

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI ORANLARDA KEPEK İLAVESİ İLE KURULAN MUZ YALANCI
GÖVDE SİLAJININ FERMENTASYON VE YEM DEĞERİ ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Hasan KARAKELLE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZOOTEKNİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI ORANLARDA KEPEK İLAVESİ İLE KURULAN MUZ YALANCI
GÖVDE SİLAJININ FERMENTASYON VE YEM DEĞERİ ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Hasan KARAKELLE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZOOTEKNİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ORANLARDA KEPEK İLAVESİ İLE KURULAN MUZ YALANCI
GÖVDE SİLAJININ FERMENTASYON VE YEM DEĞERİ ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Hasan KARAKELLE
ZOOTEKNİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ORANLARDA KEPEK İLAVESİ İLE KURULAN MUZ YALANCI
GÖVDE SİLAJININ FERMENTASYON VE YEM DEĞERİ ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Hasan KARAKELLE
ZOOTEKNİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/10/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Firdevs KORKMAZ TURGUD

Prof. Dr. İsa COŞKUN

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN

ÖZET

FARKLI ORANLARDA KEPEK İLAVESİ İLE KURULAN MUZ YALANCI GÖVDE SİLAJININ FERMENTASYON VE YEM DEĞERİ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hasan KARAKELLE

Yüksek Lisans, Zootečni Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Firdevs KORKMAZ TURGUD

EKİM 2025; 51 sayfa

Bu çalışma, muz bitkisinin hasat sonrası önemli miktarda ortaya çıkan yalancı gövde materyalinin ruminant beslemede alternatif kaba yem kaynağı olarak değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Muz yalancı gövdesi yüksek nem içeriği (%90'a kadar) ve düşük fermente edilebilir karbonhidrat yapısı nedeniyle doğrudan silajlanmaya elverişli değildir. Bu nedenle, silaj kalitesini artırmak amacıyla karbonhidrat ve kuru madde içeriği yüksek olan buğday kepeği farklı düzeylerde (%5, %10, %15, %20) ilave edilerek karışımlar hazırlanmış ve bir kontrol grubu (%0 kepek) ile karşılaştırılmıştır. Kepek ilavesinin amacı, fermentasyon sürecini desteklemek ve stabiliteyi artırmaktır (Kung vd. 2018).

Deneme kapsamında hazırlanan karışımlar homojen şekilde karıştırılmış, her grup üç tekerrürlü olacak şekilde vakumlu torbalara yerleştirilerek 45 gün süreyle silajlanmıştır. Silajların fermentasyon kalitesi (pH, laktik asit, asetik asit, amonyak azotu), besin madde kompozisyonu (kuru madde, ham selüloz, ham protein, ADF, NDF), aerobik stabilite (hava ile temastan sonraki sıcaklık değişimi) ve mikrobiyolojik özellikleri (laktik asit bakterileri, maya, küf,) analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, kepek ilavesiyle silajların kuru madde içeriğinde belirgin artış gözlenmiştir. Özellikle %10 ve %15 kepek düzeylerinde fermentasyon kalitesi optimum düzeyde gerçekleşmiş; pH değerleri 4,0'ın altına düşmüş, laktik asit içeriği artmış ve amonyak azotu oranı azalmıştır. Bu bulgular, iyi bir anaerobik fermentasyonun göstergesidir (Muck et al., 2018). Ayrıca bu oranlardaki kepek ilavesi, silajların aerobik stabilitesini artırmış, maya ve küf gelişimini sınırlandırmıştır (Dunière et al., 2013).

Mikrobiyolojik analizlerde, laktik asit bakteri sayısının %10 ve %15 kepekli gruplarda daha yüksek olduğu, buna karşılık küf ve maya gelişiminin en düşük seviyede gerçekleştiği saptanmıştır. %20 kepek ilavesi ise bazı parametrelerde olumsuz etkilere yol açmış, silajın denge yapısını bozarak aerobik stabiliteyi düşürmüştür. Bu durum, kepek oranının aşırı artmasının istenmeyen mikrobiyal aktiviteyi destekleyebileceğini göstermektedir (Ni et al., 2017).

Sonuç olarak, muz yalancı gövdesi gibi yüksek nem içeren tarımsal atıkların silajlanmasında buğday kepeği gibi karbonca zengin katkıların kullanılması, hem fermentasyon kalitesini hem de besleyici değerleri iyileştirmekte ve aerobik dayanıklılığı

artırmaktadır. Özellikle %10–15 buğday kepeği ilavesi optimal sonuçlar vermiştir. Bu uygulama, muz üretiminin yoğun olduğu bölgelerde atık yönetimiyle yem üretimini entegre ederek sürdürülebilir hayvancılığa katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

ANAHTAR KELİMELELER: Alternatif kaba yem, Muz yalancı gövde, Ruminant besleme, Silaj

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Firdevs KORKMAZ TURGUD

Prof. Dr. İsa COŞKUN

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN



ABSTRACT

Determination of Fermentation and Nutritional Characteristics of Banana Pseudostem Silage Prepared with Different Levels of Wheat Bran Addition

Hasan KARAKELLE

MSc / Thesis in Animal Science

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Firdevs KORKMAZ TURGUD

October 2025; 51 pages

This study aims to evaluate the banana plant's pseudostem, a substantial post-harvest by-product, as an alternative roughage source for ruminant feeding. Due to its high moisture content (up to 90%) and low fermentable carbohydrate levels, banana pseudostem is not suitable for direct ensiling. Therefore, to improve silage quality, wheat bran—rich in dry matter and carbohydrates—was added at different levels (5%, 10%, 15%, and 20%) and compared to a control group (0% bran). The purpose of wheat bran addition was to support the fermentation process and improve aerobic stability (Kung et al., 2018).

The prepared mixtures were thoroughly homogenized and packed into vacuum bags with three replicates per group and ensiled for 45 days. The silages were then analyzed for fermentation quality (pH, lactic acid, acetic acid, ammonia nitrogen), nutritional composition (dry matter, crude protein, crude fiber, ADF, NDF), aerobic stability (temperature changes after air exposure), and microbiological characteristics (lactic acid bacteria, yeast, mold, total aerobic mesophilic bacteria).

The results showed a significant increase in dry matter content with wheat bran addition. In particular, 10% and 15% wheat bran levels yielded optimal fermentation quality; pH dropped below 4.0, lactic acid concentration increased, and ammonia nitrogen content decreased. These findings indicate successful anaerobic fermentation (Muck et al., 2018). Additionally, these bran levels improved aerobic stability and limited yeast and mold growth (Dunière et al., 2013).

Microbiological analysis revealed higher lactic acid bacteria counts in the 10% and 15% bran groups, while yeast and mold growth remained at minimal levels. However, the 20% bran inclusion negatively affected some parameters, disrupting silage balance and reducing aerobic stability. This suggests that excessive bran may encourage undesirable microbial activity (Ni et al., 2017).

In conclusion, the use of carbohydrate-rich additives such as wheat bran in the ensiling of high-moisture agricultural residues like banana pseudostem enhances both fermentation quality and nutritional value, as well as aerobic durability. The inclusion of 10–15% wheat bran yielded the most favorable results. This practice has the potential to support sustainable livestock production by integrating waste management and feed production in regions with intensive banana cultivation.

KEYWORDS: Alternative forage, Banana pseudo-stem, Ruminant feed, Silage

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Firdevs KORKMAZ TURGUD

Prof. Dr. İsa COŞKUN

Asst. Prof. Dr. Hüseyin ÇAYAN



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince tezimi gerçekleştirmemde yardımcı olan, her konuda göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam, Dr. Öğr. Üyesi Firdevs Korkmaz TURGUD ve sevgili ailesine, laboratuvar çalışmalarında ve denememin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Oğuz DEMİR, Mustafa ERDOĞAN ve diğer tüm arkadaşlara, bu çalışmaya katkıda bulunan işletmeci Mustafa ERDOĞAN’a, hayatımın her döneminde yanımda olan ve bana koşulsuz inanan güvenen ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Ayşe KARAKELLE ve babam Sinan KARAKELLE’ye sonsuz teşekkür ederim.

Hasan KARAKELLE



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaba Yem İhtiyacı ve Önemi	1
1.2. Ruminant Hayvanlarda Alternatif Kaba Yem Kaynaklarının Önemi	3
2. KAYNAK TARAMASI	5
2.1. Silajlar	5
2.2. Silaj Kavramı, Yapımı ve Süreci Etkileyen Faktörler.....	5
2.2.1. Silaj Kavramı	5
2.2.2. Silaj yapımı adımları.....	5
2.2.3. Süreci etkileyen faktörler.....	7
2.3. Aerobik Stabilite ve Mikrobiyolojik Kalite Kriterleri.....	8
2.3.1. Aerobik stabilite.....	8
2.3.2. Mikrobiyolojik kalite kriterleri	8
2.4. Alternatif Silaj Materyali Olarak Tarımsal Materyallerin Kullanımı	9
2.4.1. Şeker pancarı posası	9
2.4.2. Elma posası.....	9
2.4.3. Domates posası	9
2.4.4. Mısır sapı ve koçanı.....	10
2.4.5. Çarkıfelek meyvesi kabuğu	10
2.4.6. Avokado yaprak ve kabuğu	10
2.4.7. Ananas yaprakları	10
2.4.8. Moringa yaprakları	10
2.4.9. Zeytin küspesi.....	11
2.4.10. Susam kabuğu küspesi.....	11
2.4.11. Keçiboynuzu posası	11

2.4.12. Nar posası	11
2.4.13. Üzüm posası.....	12
2.5. Muz bitkisi ve tarımı	12
2.5.1. Tarımsal ve ekolojik önemi	14
2.6. Silajda Buğday Kepeği Kullanımı.....	14
2.7. Muz Ve Yan Ürünleri Üzerine Yapılan Önceki Çalışmalar.....	16
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1. Materyal.....	19
3.2. Metot	20
3.2.1. Fermantasyon koşulları.....	21
3.2.2. Fiziksel değerlendirme ve Flieg skoru hesaplaması	22
3.2.3. pH ve Bc (Tampon kapasitesi) analizleri.....	24
3.2.4. Suda çözünabilir karbonhidrat analizi	24
3.2.5. Kimyasal analizler	24
3.2.6. Mikrobiyolojik analizler	26
3.2.7. Aerobik bozulmaya dirence ilişkin analizler:	26
3.2.8. Nispi yem değeri (NYD) özellikleri:	27
3.2.9. İstatistiksel analizler:	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Ham Halde Muz Yalancı Gövdesi.....	28
4.2. Silajın (BC) Tamponlama Kapasitesi	28
4.3. Besin Madde Analizleri.....	29
4.3.1. Kuru madde (KM)	29
4.3.2. Protein.....	30
4.3.3. Yağ.....	30
4.3.4. Kül	31
4.3.5. Organik madde (OM)	31
4.3.6. Şeker	32
4.4. Selüloz Fraksiyonları.....	32
4.4.1. Selüloz	32
4.4.2. ADF	33
4.4.3. NDF	34

4.4.5. ADL	34
4.5. Nispi Yem Değeri zellikleri.....	35
4.6. Metabolik enerji (ME).....	36
4.7. Flieg Puanı.....	36
4.8. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	37
4.9. Aerobik Stabilite.....	38
4.10. pH	38
4.11. Silaj Kalite Skoru Değerlendirmesi.....	39
6. SONUÇLAR	40
7. KAYNAKLAR	42
8. EKLER.....	49
EK-1	49
EK-2	50
EK-3	51
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Oranlarda Kepek İlavesi İle Kurulan Muz Yalancı Gövde Silajının Fermentasyon Ve Yem Değeri Özelliklerinin Belirlenmesi”[”] adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/10/2025

Hasan KARAKELLE



SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

A	: Asit
AA	: Asetik asit
ADF	: Asit deterjanda çözünmeyen lif
ADL	: Asit deterjanda çözünmeyen lignin
BC	: Tamponlama kapasitesi
BK	: Buğday kepeği
CO ₂	: Karbondioksit
DHKM	: Doğal halde kuru madde
FM	: Fresh matter / Taze madde
GLM	: Genel Doğrusal Model
HCl	: Hidroklorik asit
HK	: Ham kül
HP	: Ham protein
HS	: Ham selüloz
HY	: Ham yağ
KM	: Kuru madde
KMT	: Kuru madde tüketimi
KOH	: Potasyum hidroksit
LA	: Laktik asit
LAB	: Laktik asit bakterileri
ME	: Metabolik enerji
MEA	: Malt ekstrakt agar
MO	: Mikroorganizma
MYG	: Muz yalancı gövdesi
N	: Azot
NDF	: Nötr deterjanda çözünmeyen lif
NH ₃ -N	: Amonyak azotu
NYD	: Nispi yem değeri
NÖM	: Nitrojensiz öz madde
OM	: Organik madde
PA	: Propiyonik asit
peNDF	: Fiziksel olarak etkili NDF
SKM	: Sindirilebilir kuru madde
SKS	: Silaj kalite skoru
SPSS	: SPSS (istatistik paket programı)
SÇK	: Suda çözünebilir karbonhidrat
TM	: Taze materyal
WSC	: Water-soluble carbohydrates / Suda çözünebilir karbonhidrat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. 2020-2024 Türkiye muz üretim miktarı	13
Şekil 3.1. Muz ağacı ve yalancı gövdesi.....	19
Şekil 3.2. Muz yalancı gövdelerini parçalamada kullanılan ekipman	20
Şekil 3.3. Doğranmış muz yalancı gövdesi ve buğday kepeği karışım işlemi.....	20
Şekil 3.4. Muz yalancı gövdesi ve buğday kepeği karışımlarının paketlenmesi ve..... sıkıştırılması	21
Şekil 3.5. 50. gün fermantasyon sunucunda açılmış muz yalancı gövdesi ve buğday kepeği karışımı silajı	22



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Silajda mikroorganizma ve etkileri.....	8
Çizelge 2.2. 2024 Türkiye Muz Üretimi ve Atık Dağılımı (Ton).....	14
Çizelge 2.3. Buğday kepeğinin besin madde kompozisyonu	16
Çizelge 3.1. Muz yalancı gövdesinin kimyasal analiz sonuçları	19
Çizelge 3.2. Deneme planına göre oluşturulan silaj grupları ve sayıları	21
Çizelge 3.3. Silo yemlerinin Flieg Puanlaması (McDonald ve Henderson 1981).	22
Çizelge 3.4. Silo Yemlerinde Fiziksel Özelliklere Göre Puanlama (Kılıç 1986).....	23
Çizelge 3.5. Silo Yemlerinde Fiziksel Özelliklere Göre Değerlendirme (Kılıç 1986)...	23
Çizelge 4.1. Tamponlama kapasitesi (BC) değerler	28
Çizelge 4.2. Besin madde analizleri.....	29
Çizelge 4.3. Selüloz fraksiyonları.....	32
Çizelge 4.4. Nispi yem değeri özelliği değerleri.....	35
Çizelge 4.5. Silajın Flieg puanı ve fiziksel kalite sınıflandırılması	36
Çizelge 4.6. Fermantasyon sonundaki mikrobiyolojik analiz sonuçları	37
Çizelge 4.7. Silajın aerobik stabilite sonuçları.....	38

1. GİRİŞ

1.1. Kaba Yem İhtiyacı ve Önemi

Ruminant hayvanlarda kaba yemler, hem rumen mikrobiyotasının fonksiyonel bütünlüğünü sürdürmek hem de sindirim fizyolojisini düzenlemek açısından vazgeçilmez bir bileşendir. Kaba yemler; selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi yapısal karbonhidratlar bakımından zengin olup, rumende selülolitik bakterilerin gelişimi için temel enerji kaynağını oluşturur (Van Soest, 1994). Yeterli düzeyde kaba yem tüketimi, geniş getirme aktivitesini artırarak tükürük salgısını uyarır ve bu sayede rumen pH'sının optimum düzeyde (6.2–6.8) kalmasını sağlar (Allen, 1997; Beauchemin vd. 2008).

Kaba yem yetersizliği ise ruminal asidoz, iştahsızlık, laktat birikimi ve mikrobiyal dengenin bozulması gibi metabolik problemlere yol açabilmektedir (Plaizier vd. 2008). Ayrıca kaba yemlerin partikül uzunluğu ve fiziksel etkin NDF (peNDF) oranı, rumen motilitesi, papilla gelişimi ve yem değerlendirme kapasitesi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Mertens, 1997; Zebeli et al., 2012). Kaba yemlerin sağladığı rumen doluluk etkisi, hayvanın yem tüketim düzenini ve metabolik doyum sinyallerini kontrol ederek yemden yararlanma oranını optimize eder (Allen, 2000). Güncel çalışmalarda, rasyonda kaba yem oranının %40'ın altına düşürülmesinin rumen mikrobiyal çeşitliliğini azalttığı, uçucu yağ asidi profillerinde propiyonat lehine bir kayma yarattığı ve metan üretim dengesini değiştirdiği bildirilmiştir (Khafipour et al., 2009; Hook et al., 2010). Dolayısıyla, ruminant beslemede kaba yem yalnızca bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda ruminal ekosistemin sürdürülebilirliği ve hayvan refahının korunması açısından fizyolojik bir zorunluluktur.

Ruminantlar, kendine özgü sindirim sistemleriyle karakterize edilen hayvanlardır ve optimum sağlık ve verimlilik için büyük ölçüde kaba yeme bağımlıdırlar (Galyean & Hubbert, 2014). Bu gereklilik, kaba yemlerin rumen fonksiyonunu sürdürmede, geniş getirmeyi uyarmada ve metabolik dengeyi sağlamada oynadığı kritik rolden kaynaklanmaktadır (Archimède vd. 2008). Özellikle lifin fiziksel etkinliği (partikül boyutu ve yapısal özellikleriyle şekillenen) çiğneme aktivitesini uyarma ve rumen pH'sını dengelemede temel bir öneme sahiptir; bu da dolaylı olarak süt ineklerinde süt yağı üretimini etkiler (Mertens, 1997). Ortalama rumen pH'sının uygun düzeyde tutulması ve dalgalanmalarının minimize edilmesi, kuru madde tüketimi, lif sindirilebilirliği ve mikrobiyal protein sentezi üzerine olumsuz etkilerin önlenmesi açısından büyük önem taşır; aksi halde süt üretimi düşebilir ve yem maliyetleri artabilir (Allen, 1997). Bu nedenle kaba yem dinamiklerinin yalnızca kantitatif lif değerlendirmelerine değil, aynı zamanda yem bileşenlerinin fiziksel etkinliğine de odaklanarak bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir (Allen, 1997).

Ruminantların kaba yem ihtiyacını tanımlamak için lifin fiziksel etkinliğini ve buna karşılık gelen gereksinimleri dikkate alan sağlam bir sistemin geliştirilmesi, yemden yararlanma ve hayvan performansının optimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Mertens, 1997). Ancak mevcut lif alımı önerileri, lifin fiziksel etkinliği, nişasta gibi sindirilebilir karbonhidratlarla etkileşimleri ve bireysel hayvan farklılıkları gibi faktörleri yeterince dikkate almamaktadır (Mertens, 1997). Bu nedenle kaba yem gereksinimlerinin doğru belirlenebilmesi için yem maddelerinin fizyokimyasal özellikleri ile ruminantın fizyolojik yanıtlarının bütünleştirildiği daha hassas bir yaklaşım gereklidir (Oh vd. 2016).

Bu yaklaşım, geleneksel lif analizlerinden fiziksel olarak etkili lif (NDF) kavramına geçişi ifade eder; zira NDF, doğrudan çiğneme aktivitesini ve rumen tamponlanması için gerekli tükürük salgısını etkileyerek rumen pH homeostazını korur (Yang & Beauchemin, 2006; Allen, 1997).

Fiziksel olarak etkili nötral deterjan lif (NDF) kavramı, yem maddelerinin hem kimyasal lif içeriğini hem de partikül boyutunu dikkate alır; böylece geviş getirmeyi teşvik eder ve optimal rumen ortamının sürdürülmesine katkı sağlar (Zebeli vd. 2012). Bu yaklaşım, özellikle süt inekleri için geliştirilen önceki lif rehberlerinin yetersizliğini gidermekte; çünkü lif ve karbonhidrat dengesizliği durumunda subakut rumen asidozu (SARA) veya yem tüketiminde azalma gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Zebeli vd. 2008; Mertens, 1997). Fiziksel olarak etkili lif kavramı, NDF'nin çiğneme aktivitesini ve tükürük sekresyonunu doğrudan etkileyen fiziksel özelliklerini tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir; bu da ruminal asitlerin tamponlanması açısından yaşamsal öneme sahiptir (Beauchemin & Yang, 2005).

NDF'in yeterli düzeyde tutulması, subklinik rumen asidozunun önlenmesi açısından kritik olup, aksi durumda süt yağı oranında azalma, kuru madde tüketiminde düşüş, lif sindiriminde bozulma ve yüksek verimli süt ineklerinde topallık sıklığında artış gibi olumsuzluklar gözlenebilir (Yang ve Beauchemin, 2006). Bununla birlikte, NDF oranının aşırı yüksek düzeylere (yaklaşık %14,9'un üzerine) çıkması, rumen pH'sını ve lif sindirimini olumlu etkilerken kuru madde tüketimini azaltabilir (Zebeli vd. 2010). Bu nedenle, yüksek oranda fermente olabilen bileşenler içeren rasyonlarda yeterli düzeyde fiziksel lif sağlanması, subakut rumen asidozu riskini azaltmak açısından elzemdir (Zebeli vd., 2012). Farklı lif kaynaklarının rumen pH'sını stabilize etme ve geviş getirmeyi teşvik etme etkinlikleri büyük ölçüde değişiklik gösterebilir; bu durum, özellikle besi sığırları için yem formülasyonu yapılırken dikkatle değerlendirilmelidir (Goulart vd., 2020). Bu değişkenlik, yalnızca kaba yem miktarının değil, aynı zamanda kaba yemlerin kalitesi ve fiziksel formunun da gastrointestinal sağlığın korunması ve besin ögesi kullanımının optimize edilmesi açısından önemini vurgulamaktadır (Pereira vd., 2023).

Ruminantlarda kaba yem sadece bir enerji veya lif kaynağı değil, aynı zamanda rumen ekosisteminin fizyolojik sürdürülebilirliğinin anahtarıdır. Rumen pH'sının dengelenmesi, mikrobiyal çeşitliliğin korunması ve yemden yararlanmanın artırılması, kaba yemlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin doğru dengelenmesiyle mümkündür. Bu bağlamda, gelecekteki besleme stratejileri, klasik "ham lif" yaklaşımından uzaklaşıp peNDF odaklı bir formülasyon anlayışına yönelmelidir. Bu yaklaşım, hem rumen sağlığının korunmasına hem de yem maliyetlerinin optimize edilmesine katkı sağlayarak, sürdürülebilir ruminant üretim sistemleri için bilimsel bir temel oluşturacaktır.

Kaba yemlerin kalitesi, içerdiği besin maddeleri ve sindirilebilirlikleri ile belirlenir. Ham protein (HP) içeriği, enerji değeri ve lif içerikleri (NDF ve ADF) gibi parametreler, yemlerin besin değerini belirlerler. Örneğin, yonca kuru otunun HP içeriği %16.90 iken, buğday samanında bu değer %3.67'ye kadar düşebilir. Benzer şekilde, metabolik enerji (ME) değerleri de yem türüne bağlı olarak değişir; yonca kuru otunda 9.78 MJ/kg olan ME, buğday samanında 6.43 MJ/kg seviyesindedir. (Kurt vd. 2022)

Sindirilebilirlik açısından, yemlerin NDF ve ADF içerikleri önemlidir. NDF, toplam hücre duvarı maddelerini ifade eder ve sindirilebilirliği etkiler. ADF ise selüloz ve lignin içeriklerini gösterir ve yüksek ADF değerleri, sindirilebilirliğin düşük olduğunu gösterir. Örneğin, yonca kuru otunun NDF içeriği %52.68 iken, buğday samanında %73.90'a kadar çıkabilir. Bu da buğday samanının daha düşük sindirilebilirliğe sahip olduğunu gösterir. (Kurt vd. 2022)

Kaba yem temininde çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. İklim koşulları, tarımsal üretim süreçleri ve ekonomik faktörler, kaliteli kaba yem üretimini ve teminini etkileyebilir. Özellikle kuraklık veya aşırı yağış gibi olumsuz iklim koşulları, yem bitkilerinin verimini ve kalitesini düşürebilir. Ayrıca, hasat ve depolama süreçlerindeki hatalar, yemlerin besin değerini azaltabilir veya küf ve toksin oluşumuna neden olabilir.

Ekonomik açıdan, kaliteli kaba yemlerin maliyeti yüksek olabilir ve bu da özellikle küçük ölçekli işletmeler için finansal bir yük oluşturabilir. Bu nedenle, alternatif yem kaynaklarının araştırılması ve kullanılması önem kazanmaktadır. Örneğin, endüstriyel yan ürünler veya farklı bitki türleri, ruminant beslemede yem kaynağı olarak kullanılabilir. (Kutlu ve Serbester 2014) Kaba yem teminindeki sorunların üstesinden gelmek için çeşitli stratejiler geliştirilebilir:

Alternatif Yem Kaynaklarının Kullanımı: Endüstriyel yan ürünler veya farklı bitki türleri, ruminant beslemede değerlendirilebilir. Örneğin, mısır koçanı, patates kabukları, meyve posaları gibi yan ürünler, uygun işlemlerle (silaj vb.) yem kaynağı olarak kullanılabilir. (Kutlu ve Serbester 2014)

Yem Katkı Maddelerinin Kullanımı: Probiyotikler, enzimler veya organik asitler gibi yem katkı maddeleri, yemlerin sindirilebilirliğini artırabilir ve hayvan sağlığını destekleyebilir. Özellikle düşük kaliteli kaba yemlerin sindirilebilirliğini artırmak için enzimler kullanılabilir. (Karayağız ve Bülbül 2014)

Yem Üretim ve Depolama Tekniklerinin İyileştirilmesi: Doğru hasat zamanı, uygun kurutma ve depolama teknikleri ile yemlerin besin değerinin korunması sağlanabilir. Özellikle silaj yapımında uygun fermantasyon koşullarının sağlanması, yem kalitesini artırır.

Eğitim ve Bilinçlendirme: Üreticilerin kaba yem kalitesi, depolama teknikleri ve alternatif yem kaynakları konusunda eğitilmesi, yem teminindeki sorunların azaltılmasına katkı sağlayabilir.

1.2. Ruminant Hayvanlarda Alternatif Kaba Yem Kaynaklarının Önemi

Ruminant hayvanlar, mide yapıları sayesinde düşük kaliteli yemleri bile yüksek verimli besinlere dönüştürebilen çiftlik hayvanlarıdır. Ancak, konvansiyonel yem kaynaklarının maliyetinin artması, ekolojik denge üzerindeki olumsuz etkiler ve sürdürülebilir hayvancılık politikaları, alternatif yem kaynaklarının kullanımını giderek daha önemli hale getirmiştir (Van Soest 1994). Bu nedenle, alternatif yem kaynaklarının değerlendirilmesi, hayvan beslemede önemli bir rol oynamaktadır.

Alternatif yem kaynakları, genellikle tarımsal yan ürünler, endüstriyel atıklar ve doğal olarak yetişen yem bitkileri gibi düşük maliyetli ve yerel olarak temin edilebilen kaynaklardan oluşmaktadır (Makkar 2018). Örneğin, pancar posası, narenciye küspesi ve ayçiçeği küspesi gibi tarımsal yan ürünler, yüksek enerji içeriğiyle ruminant beslenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Mirzaei ve Maheri 2008). Bu tür yemler, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği artırarak yem maliyetlerini düşürmeye yardımcı olmaktadır.

Artan hayvansal ürün talebi ve geleneksel hayvancılığın çevresel etkileri, ruminant hayvanlar için sürdürülebilir ve maliyet açısından etkin alternatif yem kaynaklarının araştırılmasını zorunlu kılmaktadır (Boudalia vd., 2024). Bu alternatif yemler; tarımsal artıklar, tarımsal-sanayi yan ürünleri ve yeterince değerlendirilmemiş bitki türlerini kapsamakta olup, hayvan verimliliğini artırmanın yanı sıra hayvancılık üretimine bağlı karbon ayak izini ve sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir (Boudalia ve ark., 2024). Bu yaklaşım yalnızca gıda güvenliği sorunlarını ele almakla kalmaz, aynı zamanda diğer tarımsal sektörlerden elde edilen atık ürünleri değerlendirerek döngüsel ekonomi anlayışını da teşvik eder (Sánchez-Zárate vd., 2022; Shah vd., 2025). Özellikle, tahıl samanları, sapları ve kabukları gibi tarımsal bitki artıklarının yanı sıra yağlı tohum küspeleri ve damıtma artıkları gibi agro-endüstriyel yan ürünler, ruminant rasyonlarına etkin şekilde entegre edilerek yem üretim maliyetlerini düşürme ve sürdürülebilirliği teşvik etme açısından bol miktarda mevcut kaynaklardır (Shah vd., 2025).

Alternatif yem kaynaklarının etkin kullanımı, ruminant hayvanların verimliliğini artırırken çevresel etkileri azaltma potansiyeline de sahiptir. Özellikle, geleneksel yem kaynaklarına olan bağımlılığı azaltarak mera alanlarının korunmasına ve karbon ayak izinin düşürülmesine katkıda bulunabilir (Steinfeld vd. 2006). Bu nedenle, alternatif yemlerin hayvan beslemede yem kaynağı olarak kullanılması sürdürülebilir hayvancılık uygulamaları açısından da önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, ruminant hayvanların beslenmesinde alternatif yem kaynaklarının kullanımı, hem ekonomik hem de ekolojik açıdan büyük avantajlar sağlamaktadır. Tarımsal yan ürünler, baklagiller, mikroalgler ve biyoteknolojik yem katkıları gibi çeşitli alternatifler, hayvan besleme yöntemlerinin daha sürdürülebilir hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalar, bu kaynakların daha etkin ve yaygın kullanımını sağlayarak hayvancılık sektöründe önemli bir dönüşüm yaratabilir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Silajlar

Silaj yapımında, mısırdan sorguma hatta baklagil-ot karışımlarına kadar farklı bitkiler silaj hammaddesi olarak kullanılabilir. Oksijensiz ortamda fermentasyona bırakılan silaj, hem uzun süreli depolamaya elverişlidir hem de hayvan rasyonlarına suca zengin kaba yem kaynağı olarak katkı sağlar. Kaliteli bir mısır silajı ortalama %30 kuru madde içerirken, 6 MJ/kg'dan fazla metabolik enerji içerir (Kung ve Shaver 2001).

2.2. Silaj Kavramı, Yapımı ve Süreci Etkileyen Faktörler

Silaj, taze yeşil yem bitkilerinin oksijensiz (anaerobik) ortamda fermentasyona tabi tutularak uzun süreli depolanması olarak tanımlanır. Bu süreç, bitkideki suyu koruyarak besin değerini muhafaza eder ve yemlerdeki su kayıplarını en aza indirir (McDonald vd. 2010). Aşağıda önce silajın kavramsal yapısı, ardından üretim adımları ve son olarak da fermentasyon sürecini etkileyen başlıca faktörler ele alınmıştır.

2.2.1. Silaj Kavramı

Silaj, Latince “silare” (korumak) kökünden türeyen bir terim olup, yeşil yemlerdeki besin bileşenlerinin mikroorganizmalar tarafından kontrollü fermentasyonla stabil hâle getirilmesi esasına dayanır. Geleneksel olarak odun ya da toprakla kapalı çukurlarda yapılan bu işlem, günümüzde silobunları, silaj torbaları veya çelik silo gibi modern ünitelerde yapılmaktadır (Kung ve Shaver 2001). Silajın temel avantajı, dört mevsim boyunca su içeriği yüksek yem sunabilmesi ve yemlerin besin değerinde yaşanan kayıpları en aza indirmesidir (Weinberg ve Muck 1996).

2.2.2. Silaj yapımı adımları

Hammadde Seçimi: Silaj yapımında kaliteli bir fermentasyon süreci için uygun hammadde seçimi oldukça önemlidir. Genellikle mısır, sorgum, çayır otları, buğdaygiller, baklagiller gibi sulu ve karbonhidratça zengin bitkiler tercih edilmektedir (McDonald vd. 1991). Hammadde seçiminde bitkinin kuru madde oranı, çözünür karbonhidrat içeriği, tampon kapasitesi ve lif bileşimi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Biçim: Biçim zamanı ise bitkinin besin içeriğini ve silaj kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Genellikle bitkilerin çiçeklenme dönemi ile süt olum dönemi arası biçilmeleri önerilmektedir. Bu dönem, enerji ve protein içeriğinin yüksek, lif oranının ise optimum düzeyde olduğu zamandır (Kung vd. 2018). Erken ya da geç biçim, silajın besin değerini ve fermentasyon kalitesini olumsuz etkileyebilir.

Doğrama: Silaj üretim sürecinde materyalin uygun partikül boyutuna getirilmesi, fermentatif süreçlerin etkinliğini artırmak açısından büyük önem arz etmektedir. Doğrama işlemi, bitkisel hücre duvarlarının parçalanmasını sağlayarak silaj içerisindeki mikrobiyal enzim aktivitesini kolaylaştırmakta, ayrıca materyalin silo içerisinde daha homojen bir yapı oluşturmaya imkân sağlamaktadır (McDonald vd. 1991; Kung vd. 2018). Optimum doğrama uzunluğu, kullanılan bitkisel materyalin türüne ve silo tipine göre değişmekle birlikte, genellikle mısır gibi yoğun nişasta içeren ürünler için 1–2 cm,

çayır-mera bitkileri için 1,5–4 cm aralığında önerilmektedir (Weissbach 1996). Lif oranı yüksek materyallerde (örneğin ayçiçeği sapı vb.) ise 1–3 cm'lik bir doğrama uzunluğu, hem sıkıştırma etkinliği hem de fermentasyon kalitesi açısından uygun kabul edilmektedir (Baytok ve Aksu 2004). Uygun doğrama yapılmayan materyallerin fermentasyon sürecinde istenmeyen mikrobiyal gelişmelerin (örneğin küf ve maya gelişimi) artışına neden olabileceği; bu durumun ise silajın besin değerini ve stabilitesini olumsuz etkileyebileceği literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Muck ve Pitt 1994).

Sıkıştırma: Silaj üretiminde bir diğer kritik aşama materyalin sıkıştırılmasıdır. Bu işlem, silaj materyali içerisindeki oksijenin etkin biçimde uzaklaştırılmasını sağlayarak anaerobik koşulların oluşmasını hızlandırır. Anaerobik ortam, laktik asit bakterilerinin baskın hale gelmesini teşvik ederken, aerobik mikroorganizmaların (küf, maya ve bazı patojenik bakteriler gibi) faaliyetlerini sınırlandırmaktadır (Muck ve Pitt 1994; Holmes ve Muck 2007). Sıkıştırma yoğunluğu, materyalin doğrama uzunluğu, kuru madde içeriği ve uygulanan mekanik basıncın şiddetiyle doğrudan ilişkilidir. Literatürde, iyi sıkıştırılmış silajlarda kuru madde yoğunluğunun 200–240 kg/m³ arasında olması gerektiği ifade edilmektedir (Holmes ve Muck 2007). Yetersiz sıkıştırma, özellikle üst tabakalarda ısınma, küflenme ve fermentasyonda bozulma gibi istenmeyen süreçleri beraberinde getirebilir; bu da yem kalitesinin ve aerobik stabilitenin azalmasına yol açar (Kung vd. 2018). Modern silaj yönetiminde traktörle ağırlık uygulaması, sıkıştırıcı ekipmanlar kullanılması ya da vakumla sıkıştırılan özel torba sistemleri gibi farklı yöntemlerle sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Sıkıştırmanın ardından hızlı ve hava geçirmez bir şekilde silonun kapatılması, fermentasyonun başarıyla tamamlanabilmesi için elzemdir.

Havayı Dışarı Atma ve Kapatma: Silaj üretim sürecinde materyalin sıkıştırılmasının ardından gelen en kritik aşamalardan biri de silonun hava ile temasını tamamen kesecek şekilde kapatılmasıdır. Bu aşamanın amacı, oksijenin tamamen ortamdaki uzaklaştırılarak anaerobik koşulların sürekliliğini sağlamaktır. Oksijenin ortamda kalması durumunda aerobik mikroorganizmaların (örneğin maya, küf ve bazı saprofitik bakteriler) faaliyetleri devam eder ve bu durum hem besin kayıplarına hem de bozulmalara neden olabilir (McDonald vd. 1991; Muck 2010). Kapatma işlemi, sıkıştırma süreciyle paralel olarak en kısa sürede tamamlanmalıdır. Gecikmeler, materyalin ısınmasına, proteinlerin parçalanmasına ve silajın aerobik stabilitesinin azalmasına neden olabilir (Kung vd. 2018). Özellikle nem içeriği yüksek olan materyallerde (örneğin şeker pancarı posası vb.) kapatma işlemi hızlı ve etkin yapılmadığında, klostridial fermentasyon riski artmaktadır. Bu da silajda istenmeyen butirik asit üretimine ve NH₃-N oranlarında artışa yol açmaktadır (Weissbach ve Honig 1996). Kapatma materyali olarak genellikle UV dayanımlı polietilen bazlı örtüler tercih edilmekte olup, örtülerin kenarlarının sıkıca kapatılması ve ağırlıkla desteklenmesi önerilmektedir (Holmes ve Muck 2007). Modern silaj sistemlerinde çift katmanlı (örneğin siyah-beyaz renkli) örtüler, vakumlu torbalar veya özel hava geçirmez film sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca örtü üzerine lastik, kum torbaları veya plastik çuvalar yerleştirilerek örtünün yerinden oynaması ve hava girişi önlenmektedir (Borreani vd. 2018). Kapatma işleminin başarısı, fermentasyonun yönü, silajın besin içeriği, stabilitesi ve mikrobiyolojik kalitesi üzerinde doğrudan etkilidir. Bu nedenle, hava geçirmezlik sağlanmadan yapılan kapatma işlemi, tüm üretim sürecini olumsuz etkileyebilecek bir zayıf halka olarak değerlendirilmektedir.

Fermantasyon ve Olgunlaşma:

Başlangıç Dönemi (0–3 Gün): Kapatılan silo içerisinde bulunan şekerler üzerinde hızla çoğalan laktik asit bakterileri (LAB), su ve laktik asit üretir. Bu dönemde pH, başlangıç değeri olan 6,0–6,5’ten hızla 4,2–4,5 aralığına düşer. Hızlı pH düşüşü, klostridiyal ve enterobakteriyal fermantasyonu baskılayarak proteoliz ve $\text{NH}_3\text{--N}$ birikimini sınırlandırır (Weinberg ve Muck 1996).

Orta Dönem (4–14 Gün): Fermantasyon hızı azalarak devam eder. LAB sayılarına bağlı olarak laktik asit birikimi maksimuma ulaşırken asetik asit ve propiyonik asit gibi ikincil ürünler de düşük düzeylerde sentezlenir. Bu evrede asetik asit oranı toplam uçucu yağ asitlerinin içinde %10–20 oranlarında bulunur, bu da silajın aerobik stabilitesini artırır (Cai vd. 1999).

Olgunlaşma ve Depolama (>14 Gün): pH 3,8–4,2 aralığına ulaştığında fermantasyon büyük ölçüde durmuş kabul edilir. Silaj olgunlaşma dönemine girer; hücresel solüsyonlarda denge sağlanır ve kuru madde kayıpları minimuma iner. Depolama süresi boyunca düşük seviyede asetat ve propionat üretimi devam ederek silajın aerobik stabilitesine olumlu katkı sağlar (Borreani vd. 2018). Olgunlaşma döneminde sıcaklık artışları ve tekrar oksijen teması, yeniden aerobik gelişime yol açabileceğinden, silajın sıcaklık ve pH takibi ile sızdırmazlığının korunması oldukça önemlidir (Muck ve Pitt 1994).

2.2.3. Süreci etkileyen faktörler

Kuru Madde (KM) İçeriği: %25–35 aralığının dışına çıkıldığında, aşırı nemli veya aşırı kuru malzeme nedeniyle fermantasyonda istenmeyen sonuçlar (butirik asit, amonyak üretimi) çıkar (Muck 2013).

Suda Çözünür Karbonhidrat (Şeker) Düzeyi: Düşük WSC (<15 % KM), laktik asit bakterileri için yeterli substrat sağlamaz ve fermantasyon yavaşlar; bu da proteoliz ve pH yükselmesine yol açar (Weinberg ve Muck 1996).

Yetersiz sıkıştırma: Anaerobik koşulların geç oluşmasına neden olup, patojen ve küf üremesini tetikler (Pitt ve Muck 1993).

Hammadde Türü ve Mikrobiyal Popülasyon: Farklı bitkilerdeki parazit bakteri toplulukları, fermantasyon kalitesini etkiler. İlave olarak bakteri kullanımı, başlangıç pH’ını hızla düşürerek kalitenin artmasını sağlar (Kung vd. 2018).

Sıcaklık ve Mevsim Etkisi: 20–30 °C arası fermantasyon için optimum sıcaklıktır. Düşük sıcaklık fermantasyonu yavaşlatırken, yüksek sıcaklık laktik asit bakterilerinin faaliyetini bozabilir (Driehuis vd. 2001).

Bu faktörlerin doğru yönetimi, hem silaj kalitesinin hem de depolama sırasında yaşanabilecek besin kayıplarının en aza indirgenmesini sağlar.

2.3. Aerobik Stabilite ve Mikrobiyolojik Kalite Kriterleri

Silaj kalitesini değerlendirirken yalnızca fermantasyon dönemi değil, silajın açıldıktan sonraki aerobik bozulmaya direnci de büyük öneme taşımaktadır. Aerobik stabilite ve mikrobiyolojik kalite kriterleri, hem depolama hem de yemleme sırasında silajın besin değerini koruması açısından önemlidir.

2.3.1. Aerobik stabilite

Aerobik stabilite, silajın açıldıktan sonra hava ile teması sonucunda sıcaklık artışına veya bozulma belirtilerine dayanarak ölçülen dayanıklılığıdır. İyi bir silajda, açıldıktan sonraki ilk 48–72 saat içinde sıcaklık artışı minimum düzeyde olmalı ve pH hızla yükselmemelidir (Weinberg ve Muck 1996). Aerobik bozulma, başlıca yabancı maya ve mantarların laktik asiti tüketerek ısı ve karbondioksit üretmesiyle gerçekleşir; bu da enerji kayıplarına ve yem değerinde düşüşe yol açar (Kung ve Shaver 2001).

- Depolama koşulları ve paketleme: Yetersiz sıkıştırma veya deforme olmuş ambalaj kullanımı silo yüzeyinde daha hızlı oksijen girişine yol açar (Driehuis vd. 2001).

- Silo tipi ve boyutu: Büyük kutu silolarda yüzey/ağırlık oranı düşük olduğu için aerobik bozulma sınırdan kalabilir; torba veya bunker silolarda yüzey alanı fazla olduğundan bozulma riski artar (Weinberg ve Muck 1996).

2.3.2. Mikrobiyolojik kalite kriterleri

Silajın mikrobiyolojik kalitesi, fermantasyondan sorumlu ve bozulmayı tetikleyen mikroorganizma topluluklarının sayısal ve nitel özelliklerine dayanır.

Çizelge 2.1. Silajda mikroorganizma ve etkileri

Mikroorganizma	Önerilen Sayı (cfu/g FM)	Etkisi
Laktik Asit Bakterileri (LAB)	$\geq 10^6$	Hızlı pH düşüşü ve koruyucu etki sağlar (Kung vd. 2018).
Toplam Anaerobik Bakteri	10^7-10^8	Sağlıklı fermantasyonun göstergesidir (Muck 2013).
Mayalar	$\leq 10^4$	Fazla maya, aerobik stabiliteyi olumsuz etkiler (Weinberg ve Muck 1996).
Küfler	$\leq 10^3$	Küf gelişimi toksin riski ve bozulma belirtisinin göstergesidir (Filya 2003).
Coliform Bakterileri	$< 10^3$	Yüksek coliform, hijyenik koşulların kötü olduğunu gösterir (Oliveira ve Muck 2009).

2.4. Alternatif Silaj Materyali Olarak Tarımsal Materyallerin Kullanımı

Tarımsal üretimde ortaya çıkan yan ürün ve artıklar, hem çevresel atık yükünü azaltmak hem de maliyeti düşük kaba yem kaynakları kullanmak amacıyla giderek daha fazla silaj materyali olarak değerlendirilmektedir.

2.4.1. Şeker pancarı posası

Yaş şeker pancarı posası, yüksek orandaki su içeriği (%85-87) nedeniyle kolayca bozulabilmekte ve üretimin mevsimsel olarak sınırlı bir dönemde gerçekleşmesi, bu yan ürünün uzun süreli muhafazasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, yaş posanın silaj yapılarak korunmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar ön plana çıkmıştır (Courtin vd., 1989). Levendoğlu ve Karslı (2010), yaş şeker pancarı posasına farklı oranlarda kepek ilave ederek kuru madde (KM) oranını %25, 30 ve 35 seviyelerine yükseltmiş ve bu şekilde elde edilen silajların hem kalite hem de sindirilebilirlik açısından mısır silajına benzer hatta daha üstün sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan, melas ilavesiyle yürütülen bir başka çalışmada, KM oranı %20'ye çıkarılan şeker pancarı posası silajının hem besin değeri hem de silaj kalitesinin mısır silajı ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğu saptanmıştır (Deniz vd., 2001). Aldemir ve Karslı (2012) ise, %8 oranında buğday kepeği ile hazırlanan şeker pancarı posası silajının enerji içeriği bakımından arpa ile rekabet edebilecek bir alternatif oluşturabileceği sonucuna varmışlardır.

2.4.2. Elma posası

Elma posası; meyvenin etli kısımları, kabukları ve çekirdeklerinden oluşmakta olup yüksek nem içeriği (%70) ve düşük pH değeri (3.2-4.1) ile dikkat çeken bir yan üründür. Bu özellikleri nedeniyle elma posasının uzun süre dayanabilmesi için saman, buğday kırığı veya kuru otlarla birlikte silajlanması en uygun saklama yöntemlerinden biri olarak öne çıkmaktadır (Kennedy vd., 1999; Pirmohammadi vd., 2006; Garipoğlu, 2013). Benzer şekilde Yalçınkaya ve ark. (2012), buğday samanı ve %0.1 oranında üre ilavesiyle KM oranı %35'e ulaşacak şekilde hazırlanan elma posası silajının Flieg skoru açısından en yüksek kalite sınıfında değerlendirildiğini ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise, üre ve saman katkısıyla hazırlanan elma posası silajının fermentasyon özellikleri incelenmiş; pH, amonyak azotu (NH₃-N) ve propiyonik asit (PA) düzeylerinin mısır silajına göre daha düşük, buna karşın laktik asit (LA) ve asetik asit (AA) miktarlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Pirmohammadi vd., 2006).

2.4.3. Domates posası

Domates işleme tesislerinden elde edilen posanın nem oranı çok yüksektir (%90'ın üzerinde), bu da depolama ve fermentasyonda hızlı çürümeye neden olabilir. Bu materyalin kuru madde düzeyini %15-20'ye yükseltmek için mısır koçanı veya samanla en az 1:1 oranında karıştırılması gereklidir. Yapılan çalışmalarda, %50 kuru madde içeren domates posası silajında toplam asitlik ve laktik asit oranlarının yeterli seviyelerde olduğu gözlenmiştir (Sailer vd. 2012).

2.4.4. Mısır sapı ve koçanı

Mısır hasadı sonrası kalan sap ve koçan, yüksek NDF (%55–60) ve ADF (%30–35) içerikleriyle klasik mısır silajından farklı bir yapısal lif kaynağı sunar. Tek başına silajlanması zordur; ancak mısır tanesi oranı yüksek silaj karışımına %20–30 oranında eklenmesi, hem lif içeriğini hem de depolama stabilitesini iyileştirir (Rotz, 2010). Mikrobiyal inokulant uygulaması, fermentasyon süresini kısaltır ve aerobik stabilize süresini uzatır (Pitt ve Muck 1993).

2.4.5. Çarkıfelek meyvesi kabuğu

Hiep vd. (2020), çarkıfelek meyvesi kabuğunun silaj formunun, sığır rasyonlarında mısır silajının yerine kullanılabileceğini; bu kullanımın süt verimi, süt kalitesi ve büyüme performansı üzerinde olumsuz bir etkiye yol açmadığını rapor etmişlerdir. Taze çarkıfelek meyvesi artığının, tek başına rasyona dâhil edilmesi durumunda bile yem tüketimi ile birlikte canlı ağırlık artışı teşvik ettiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, ruminantların çarkıfelek yapraklarını iştahla tükettikleri bilinmesine rağmen, bu yaprakların hayvan beslenmesinde kullanımına yönelik yeterli bilimsel veri bulunmamaktadır.

2.4.6. Avokado yaprak ve kabuğu

Avokado meyvesinin yanı sıra yaprakları da hayvan beslenmesinde değerlendirilmekte olup, özellikle B6 vitamini ve potasyum bakımından oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Arukwe vd. (2012), avokado yapraklarının kuru madde (%94.67), ham protein (%25.54), ham yağ (%4.01), ham selüloz (%38.40) ve ham kül (%19.38) içeriklerinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, yaprak ve kabukta bulunan toksik bileşiklerden biri olan persin nedeniyle, bu materyallerin hayvanlara taze olarak verilmesi toksik etkiler ve ölümlerle sonuçlanabileceğinden, kurutulmuş veya silaj yapılmış formlarının kullanımı önerilmektedir (Yamassaki vd., 2017).

2.4.7. Ananas yaprakları

Ananas yaprakları, taze, kuru ya da silaj formunda ruminant beslenmesinde değerlendirilebilmektedir. Uygulamada genellikle kıyılmış biçimde sığırlara sunulmakta olup, yüksek lif içeriği nedeniyle özellikle süt inekleri için daha uygun bir kaba yem kaynağıdır (Buliah ve ark., 2019). Prachyalak ve arkadaşları (2001), ananas yapraklarının taze otlarla birlikte veya doğrudan rasyona katılarak verilmesinin yem tüketimini ve canlı ağırlık artışı artırarak ekonomik verimliliği artırdığını bildirmiştir. Göhl (1982) ise, protein içeriği nispeten düşük, lif içeriği ise yüksek olan bu silajın ruminantlar için günlük 15-20 kg seviyelerine kadar güvenle kullanılabileceğini belirtmiştir.

2.4.8. Moringa yaprakları

Dimon vd. (2020), moringa yapraklarının yalnız başına verilmesi durumunda sindirim sisteminden geçiş hızını artırarak ishal gibi sindirim bozukluklarına yol açabileceğini, bu nedenle diğer kaba yemlerle birlikte rasyona dâhil edilmesinin daha uygun olacağını ifade etmişlerdir. Ayrıca, Mendieta-Araica ve arkadaşları (2011), taze moringa yapraklarında bulunan glukozinolat bileşiklerinin, süt ve peynirin aroma ve tat

özelliklerinde olumsuz etkilere neden olabileceğini, bu sebeple silaj formunun tercih edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

2.4.9. Zeytin küspesi

Zeytinyağı üretimi sonucunda ortaya çıkan çekirdek, kabuk ve posa kısımlarından oluşan zeytin küspesi, işlenme yöntemine bağlı olarak farklı kimyasal bileşenler gösterebilmektedir (Keleş, 2015). Arslan ve Kaya (2015), ham zeytin küspesinin ortalama kuru madde içeriğini %75-80 olarak belirtmiş; kuru madde bazında HP %5-10, HY %8-15, HK %3-5 ve HS %35-50 düzeylerinde olduğunu ifade etmişlerdir. Zeytin küspesinin kısa sürede büyük miktarda ortaya çıkması nedeniyle muhafaza sorunlarını gidermek ve polifenol içeriğini azaltmak amacıyla çeşitli katkı maddeleriyle silaj yapımına yönelik çalışmalar yürütülmüş; bu bağlamda tavuk gübresi, formik asit, üre, melas, mısır ve buğday, alkali maddeler gibi katkıların kullanımıyla silaj kalitesi ve yem değerinin artırılabilmesi bildirilmiştir (Hadjipanayiotou, 1999; Nefzaoui ve Vanbelle, 1986).

2.4.10. Susam kabuğu küspesi

Susamın tahin üretiminde işlenmesi sonucu elde edilen ve genellikle atık olarak değerlendirilen susam kabuğu küspesi, potansiyel bir yem kaynağı olarak önem taşımaktadır. Ertürk (2007), bu materyalin besin içeriğini KM %27.57, OM %23.51, HP %5.7, HY %5.27, HS %6.45, NÖM %6.09 ve HK %5.06 olarak bildirmiştir. Aynı çalışmada, bu bileşenlerin sindirilme dereceleri sırasıyla %46.35, %55.30, %85.28, %36.18, %83.29 ve %29.24 olarak belirlenmiş, toplam sindirilebilir besin maddesi oranı %15.98 ve nişasta değeri %13.16 olarak ifade edilmiştir. Bistanji vd. (2000) ise susam kabuğu küspesinin HP %45.50, HS %5.7 ve metabolik enerji (ME) içeriğini 2760 kcal/kg olarak bildirmişlerdir.

2.4.11. Keçiboynuzu posası

Keçiboynuzu meyvesi; gıda, zambak ve şurup üretimi gibi çeşitli sanayi dallarında kullanılmakta, işleme sonrası geriye kalan karbonhidrat açısından zengin posası ise atık ürün olarak değerlendirilmektedir. Özellikle küçükbaş hayvan beslenmesinde bölgesel bir kaba yem alternatifi olarak kullanılmaktadır. Çürek vd. (2003), taze keçiboynuzu posasının KM %34.43, HP %7.20, HS %9.24, KM sindirimi %55.32 ve ME içeriğini 1856 kcal/kg olarak; silaj formu için ise sırasıyla %37.63, %5.5, %12.58, %53.43 ve 1734 kcal/kg olarak rapor etmişlerdir.

2.4.12. Nar posası

Türkiye'de giderek artan üretim kapasitesine sahip olan nar, meyve suyu endüstrisinde işlendiğinde kabuk ve çekirdeklerden oluşan önemli miktarda posa bırakmaktadır. Taze nar posasının KM içeriği ortalama %24.04 olup, KM bazında OM %96.97, HP %9.87, HY %8.43, HK %3.21, NDF %59.12, ADF %41.65, ADL %7.05 ve suda çözünabilir karbonhidrat (SÇK) içeriği %16.67 seviyelerinde bulunmuştur (Canbolat vd., 2014). Yüksek nem içeriği nedeniyle, nar posasının en uygun korunma yöntemi silaj yapımı olarak öne çıkmaktadır.

2.4.13. Üzüm posası

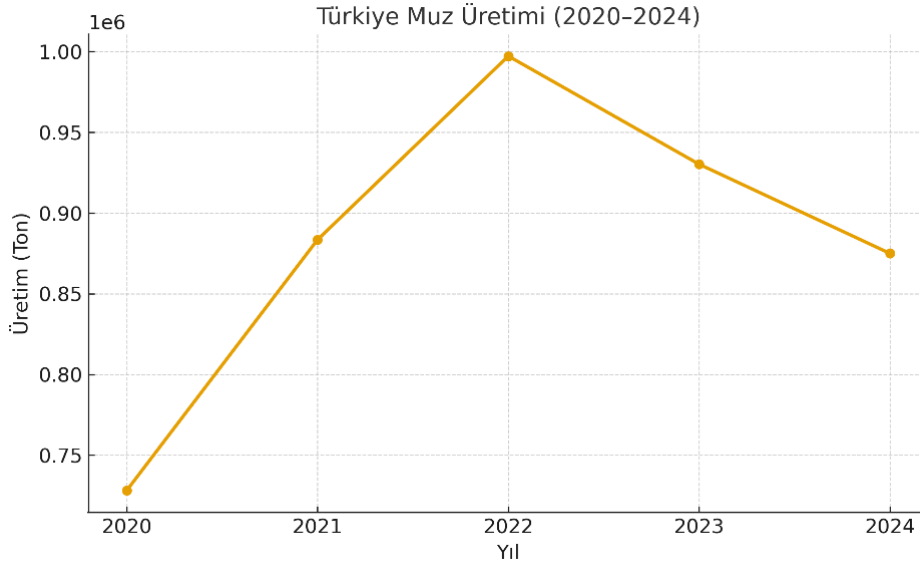
Üzüm işleme sanayinde (şarap, pekmez, üzüm suyu üretimi) ortaya çıkan ve gövde, kabuk ile çekirdek parçalarını içeren üzüm posası, önemli bir tarımsal yan üründür. Canpolat vd. (2010), yaş üzüm posasının KM %27.32, OM %95.74, HK %4.26, HP %14.21, HY %9.37, NDF %44.13, ADF %30.76 ve SÇK %25.67 düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir. Sarıçiçek ve Kılıç (2002), kurutulmuş üzüm posasının ise KM %91.82, OM %73.18, HP %10.60, HY %3.67, HS %30.50, HK %18.64 ve NÖM %28.41 oranlarında olduğunu; bu değerlerin sindirilebilirlikleri ise sırasıyla KM %31.65, OM %29.58, HP %39.42, HY %88.67, HS %9.33 ve NÖM %40.46 olarak ifade etmişlerdir.

2.5. Muz bitkisi ve tarımı

Muz (*Musa spp.*), tropik ve subtropik iklim bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen, dünya çapında gıda güvenliği ve ekonomik gelir açısından önemli bir meyve türüdür. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde hem iç tüketime hem de dış ticarete yönelik olarak üretimi yapılan muz, lif içeriği, vitamin ve mineral kompozisyonu bakımından zengin bir besin kaynağıdır (FAO 2023). Tarımsal üretim açısından muz, yüksek biyokütle verimi ile dikkat çekmekte olup, hasat sonrası ortaya çıkan sap, yaprak ve yalancı gövde gibi yan ürünler, hayvan besleme gibi farklı alanlarda değerlendirilme potansiyeline sahiptir.

Muz, dünya genelinde yaklaşık 135 ülkede ticari olarak yetiştirilmektedir. FAO (2023) verilerine göre, 2022 yılında dünya genelinde yaklaşık 128 milyon ton muz üretilmiştir. En büyük üreticiler sırasıyla Hindistan (yaklaşık 31,5 milyon ton), Çin (11,4 milyon ton), Endonezya (8,7 milyon ton), Brezilya (6,9 milyon ton) ve Filipinler (6,4 milyon ton) olarak sıralanmaktadır. Hindistan, dünya muz üretiminin yaklaşık %25'ini karşılamakta olup, üretimin büyük bölümü yerel pazarda tüketilmektedir (FAOSTAT 2023).

Muz yetiştiriciliği çoğunlukla tropik kuşakta yoğunlaşmış olmakla birlikte, Latin Amerika ülkeleri (Ekvador, Kolombiya, Kosta Rika) dünya muz ihracatında önemli rol oynamaktadır. Özellikle Ekvador, yaklaşık 6,1 milyon ton üretimle dünyanın en büyük muz ihracatçısı konumundadır. Üretim alanlarının yayılımı ise agroekolojik koşullara bağlı olarak değişmekte; yıllık ortalama sıcaklığın 25–30 °C, yıllık yağış miktarının ise 1500–2500 mm arasında olduğu bölgeler ideal yetiştiricilik alanları olarak değerlendirilmektedir (Robinson ve Galán Saúco 2010).



Şekil 2.1. 2020-2024 Türkiye muz üretim miktarı

2020–2024 yılları arasında Türkiye muz üretiminde dikkat çekici bir seyir gözlenmiştir. 2020 yılında 728.133 ton olan üretim, 2021’de %21’in üzerinde artarak 883.455 tona, 2022’de ise 997.244 tona ulaşmış ve tarihsel olarak en yüksek seviyeye çıkmıştır (TÜİK, 2024). Bu artışın temel nedenleri arasında özellikle örtü altı üretim alanlarının hızla genişlemesi, modern üretim tekniklerinin yaygınlaşması ve devlet destekleri yer almaktadır (TEPGE, 2020). Ancak 2023 yılında üretim %6,7 oranında azalarak 930.240 tona düşmüş, 2024’te ise bu gerileme %5,9’luk bir oranla devam ederek üretim 875.000 tona gerilemiştir (TÜİK, 2024). Bu düşüşte iklimsel dalgalanmalar, artan girdi maliyetleri ve bazı bölgelerde verim kayıpları etkili olmuştur (Hossain vd., 2021). Genel olarak bakıldığında, 2020–2022 dönemi güçlü bir büyüme, 2023–2024 dönemi ise düzeltme ve istikrar arayışı dönemi olarak değerlendirilebilir. Türkiye muz üretimi halen yüksek seviyesini korumakla birlikte, verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından yeni adımların atılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Rodríguez vd., 2018; García-Garzón vd., 2020).

Çizelge 2.2. 2024 Türkiye Muz Üretimi ve Atık Dağılımı (Ton)

İl	Meyve Üretimi (ton)	Gövde Atığı (ton)	Sap/Salkım Ekseni Atığı (ton)	Yaprak Atığı (ton)	Toplam Atık (ton)
Mersin	451 000	1 353 000	67 650	216 480	1 637 130
Antalya	405 000	1 215 000	60 750	194 400	1 470 150
Diğer iller (Adana, Hatay, Muğla vb.)	19 000	57 000	2 850	9 120	68 970
TÜRKİYE TOPLAM	875 000	2 625 000	131 250	420 000	3 176 250

Not: Veriler TÜİK (2024) Bitkisel Üretim İstatistikleri'nden alınmıştır.

Gövde, sap/salkım ekseni ve yaprak atık katsayıları Rodríguez vd. (2018), García-Garzón vd. (2020) ve Hossain vd. (2021) tarafından bildirilen değerlere dayanmaktadır.

Muzdan kaynaklanan atık; şekilsiz, küçük ya da çürük meyveler, kabuk, yapraklar ve yalancı gövde parçaları (çiçekler ve rizom) dahildir. Muz kabuğu meyvenin yaklaşık %40'ını, yalancı gövde parçaları toplam bitki biyokütlesinin %60'ını oluşturur. Her bir ton muz hasadı yaklaşık 3 ton yalancı gövde, 150 kg salkım ekseni, 480 kg yaprak üretir (Yasin M ve vd. 2025)

2.5.1. Tarımsal ve ekolojik önemi

Muz bitkisi, sadece ekonomik değeri ile değil, aynı zamanda çevresel katkıları ve tarımsal sürdürülebilirliğe olan potansiyeli ile de önem taşımaktadır. Muz bitkisi, fotosentetik verimliliği yüksek ve toprak yüzeyini iyi kaplayan yapısıyla erozyonun önlenmesinde etkili bir rol oynamaktadır. Ayrıca hasat sonrası ortaya çıkan yüksek miktardaki biyokütle, atık yönetimi bağlamında değerlendirilmeye açık önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bu bağlamda, muz yalancı gövdesi gibi yan ürünlerin yem endüstrisine kazandırılması, hem atık miktarını azaltmakta hem de hayvansal üretim sistemlerine katkı sunmaktadır (Sánchez vd. 2016).

2.6. Silajda Buğday Kepeği Kullanımı

Silaj üretiminde katkı maddesi kullanımı, yem materyalinin besin değerini artırmak ve fermantasyon sürecini düzenlemek için yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır. Buğday kepeği (*Triticum spp.*), yüksek kuru madde (KM) içeriği ve nispeten zengin protein oranı sayesinde, özellikle su oranı yüksek olan silaj materyallerinde nem düzeyini dengelemek ve fermantasyon kalitesini artırıcı özelliğiyle dikkat çekmektedir.

Levendoglu ve Karslı (2010), yaş formdaki şeker pancarı posasına farklı oranlarda buğday kepeği ilave ederek yaptıkları çalışmada, kepek ilavesinin silajın KM ve ham protein (HP) içeriğini artırdığını, pH değerini düşürdüğünü ve genel silaj kalitesini

iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Bu bulgular, buğday kepeğinin fermentasyon sürecini olumlu yönde etkileyerek silajın besin değerini artırabildiğini göstermektedir.

Benzer şekilde, Denen ve Basmacıoğlu Malayoğlu (2022), ot tipindeki yem şalgamı (*Brassica rapa* L.) silajında buğday kepeği ilavesinin, fermentasyon özelliklerini ve aerobik stabiliteyi iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, buğday kepeği ilavesinin silajın pH değerini düşürdüğü ve laktik asit üretimini artırdığı, böylece silajın mikrobiyal stabilitesini ve besin değerini olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

Ayrıca, Keskin ve Aksoy (2024), kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisi ile yaptıkları araştırmada, buğday kepeği ilavesinin silajın Flieg puanı, KM, HP, kuru madde sindirilebilirliği (KMS), nötr deterjan lif (NDF) ve laktik asit (LA) içeriklerini artırdığını; pH, amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$), asit deterjan lif (ADF), kuru madde tüketimi (KMT), nispi yem değeri (NYD), ham kül (HK), asetik asit (AA) ve propiyonik asit (PA) içeriklerini ise azalttığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, buğday kepeği ilavesi ile yapılan silajın ham materyal ile kurulan silaja göre hem fermentasyon kalitesini hem de besin değerini artırıcı etkilerinin bulunduğunu desteklemektedir.

Buğday kepeği ilavesinin etkinliği, kullanılan silaj materyalinin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. İlave edilen buğday kepeği oranı doğru belirlenmediği takdirde, özellikle lif içeriğinde meydana gelebilecek artış sindirilebilirliği olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, kepek ilavesinin belirli bir denge içinde yapılması, istenilen yem kalitesinin sağlanması açısından oldukça önemlidir.

Buğday kepeği, uygun oranlarda kullanıldığında, silajın fermentasyon kalitesini iyileştiren, besin değerini artıran ve özellikle suca zengin materyallerde yapısal denge sağlayan bir katkı maddesi olarak değerlendirilebilir. Ancak, farklı silaj materyalleri ve hayvan türleriyle yapılacak ileri çalışmalar, bu katkı maddesinin kullanımına dair daha net önerilerin ortaya çıkmasına katkı sağlayacaktır.

Çizelge 2.3. Buğday kepeğinin besin madde kompozisyonu

Analiz Parametresi	Birim	Ortalama Değer	Açıklama
Kuru Madde (Dry Matter, DM)	%	89.0	Su oranı düşük, kuru formda silajlara katkı sağlar
Ham Protein (Crude Protein, CP)	%	15.5	Orta düzeyde protein içeriğine sahiptir
Ham Yağ (Ether Extract, EE)	%	4.0	Düşük düzeyde enerji sağlayan yağ içerir
Ham Selüloz (Crude Fiber, CF)	%	11.5	Lif oranı yüksektir, sindirilebilirliği sınırlıdır
Ham Kül (Ash)	%	5.5	Mineral içeriğini yansıtır
NDF (Nötral Deterjan Lif)	%	42.0	Sindirilme oranını etkileyen yapısal karbonhidratlar
ADF (Asit Deterjan Lif)	%	13.5	Selüloz ve lignin içeriğini gösterir
Suda Çözünebilir Karbonhidrat (WSC)	%	6.2	Fermentasyonda mikroorganizmaların kullanabileceği enerji
pH	-	6.2	Hafif alkali, tamponlama kapasitesi yüksektir
ME (Metabolik Enerji – Ruminant)	Mcal/kg	2.4	Orta düzeyde enerji değeri sağlar

Not:Değerler literatürde yer alan ortalamalara göre düzenlenmiş olup kuru madde bazında verilmiştir. (Ergün vd. 2010; NRC 2001; Yalçın 2006).

2.7. Muz Ve Yan Ürünleri Üzerine Yapılan Önceki Çalışmalar

Muz (*Musa spp.*) silajı, tropikal ve subtropikal bölgelerde hem taze meyve atıklarının değerlendirilmesi hem de bölgesel yem kullanımının çeşitlendirilmesi amacıyla son yıllarda yoğun şekilde araştırılmıştır. Çalışmalar genellikle muz bitkisinin kimyasal kompozisyonu, fermentasyon kalitesi ve hayvan performansına etkileri üzerine odaklanmaktadır.

Hashimoto vd. (1999) olgunlaşma derecesi farklı muz salkımlarının silajlanmasında kuru madde, suda çözünebilir karbonhidrat ve ham protein içeriğinin belirleyici olduğunu göstermiştir. Olgunluk arttıkça kuru madde içeriği %25–30'dan %35–40'a yükselirken, fermentasyon sonrası pH 4,1–4,3 arasında sabit kalmıştır (Hashimoto vd. 1999). Benzer şekilde, Lee vd. (2011) muz silajına %1 laktik asit bakterisi inokulantı ilavesinin, laktik asit birikimini ve aerobik stabiliteyi anlamlı derecede artırdığını bildirmiştir.

Singh ve Patel (2014), muz salkımı ve sapının karışık silajlarının in vitro sindirilebilirlik testlerinde, mısır silajına yakın bir NDF sindirilebilirliği (%55–60) sergilediğini, ancak ham protein değerinin nispeten düşük olduğunu (yaklaşık %8–10) bildirmişlerdir. Bu eksikliği gidermek için %10–15 oranında ayçiçeği küspesi katkısının, ham protein düzeyini %12'nin üzerine çıkardığı ve fermentasyon sırasındaki besin madde kayıplarını azalttığı bildirilmiştir.

Nortey vd. (2018), olgun muz salkımından elde edilen silajın süt ineklerinin rasyonuna %20 oranında dahil edilmesinin, süt verimini %5–7 oranında artırdığını ve süt yağ içeriğini olumlu etkilediğini bildirmiştir. Buna karşılık, yüksek nem içeriği (%60'ın üzerinde) nedeniyle silo kayıplarının artmaması için sıkı sıkıştırma ve streç filmle mühürleme önerilmiştir.

Son yıllarda muz sapı ve yapraklarının tek başına veya mısır sapı ile karışık silajda kullanımı da araştırılmıştır. Gómez-Zapata vd. (2020) çalışmasında, muz yaprağı–mısır sapı (50:50) karışık silajın hem fermentasyon kalitesinin hem de in vitro gaz üretiminin tekli muz yaprağı silajına göre daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Bu karışım, hem lif kalitesini korumuş hem de enerji değerini yükseltmiştir.

Wang vd. (2016), muz yalancı gövdesi (*Musa spp.*) silajında ensilaj süresinin (15–60 gün), fermentasyon kalitesi ve kimyasal bileşim üzerine etkilerini incelemişlerdir. pH 15. günde ~5,80'den 60. günde ~4,42'ye düşmüş; en hızlı düşüşü ilk 30 günde gözlemişlerdir. Laktik asit içeriği zamanla artarak %KM bazında 0,42'den 1,35'e yükselmiş; buna karşılık asetik asit 0,78'den 0,49–0,52 düzeylerine gerilemiştir; butirik asit tespit edilmemiştir. $\text{NH}_3\text{-N}$ toplam azotun %4,8'inden %8,9'una çıksa da tüm değerler kalite eşiği olan %10'un altında kalmıştır. Kuru madde %20,3'ten %18,7'ye düşerken, ham protein %3,5–3,7 aralığında sabit kalmış; NDF ve ADF'de düşük oranda yükselmiş (NDF: %67,4→%69,1; ADF: %52,1→%54,0) ve WSC'de belirgin azalma (%3,8→%0,9) saptamışlardır.

Marques vd. (2024), %0–30 düzeylerinde muz kabuğu (*Musa spp.*) ilavesinin Marandu otu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) silajında 60 gün boyunca fermentasyon kalitesi, besin bileşimi ve aerobik stabilite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Muz kabuğu katkısıyla pH anlamlı biçimde düşmüş (kontrol 4,45; %20 katkı 3,91), laktik asit konsantrasyonu artmış ve en yüksek düzeyi %20 katkı grubunda saptamışlardır (54,7 g/kg KM; $P<0,05$). Asetik asit özellikle yüksek katkı düzeylerinde yükselmiş (%30: 15,8 g/kg KM), bütirik asit örneklerde tespit edilmemiştir. $\text{NH}_3\text{-N}$ /toplam N oranı kontrol grubunda %10,1 iken %20 katkıda %7,3'e gerilemiş; kuru madde geri kazanımı da en yüksek %20 katkıda elde edilmiştir (%96,2). Besin bileşimi yönünden, muz kabuğu HP'yi artırmış (kontrol %6,8 → %8,3–8,4), lif fraksiyonlarını ise seyrelterek NDF ve ADF'yi düşürmüştür (NDF: %72,5 → %64,3; ADF: %43,2 → %38,5). Aerobik stabilitenin en iyi %20 katkı grubunda gerçekleştiğini bildirmişlerdir (112 saat; kontrol 84 saate kıyasla, $P<0,05$). Sonuç olarak, %20 muz kabuğu katkısı, pH düşüşü, laktik asit üretimi, protein korunumu, KM geri kazanımı ve aerobik stabilite açısından optimum görünürken; %30 katkı, artan asetik asit ve kısmen yükselen $\text{NH}_3\text{-N}$ nedeniyle fermentasyon profilini olumsuz etkileyebilmektedir.

Mitiku vd. (2023), muz yalancı gövdesi ve yapraklarının mısırla %0, %25 ve %50 oranlarında karıştırılarak hazırlanan silajlarda 0–60 gün boyunca fermentasyon özelliklerini ve mikrobiyal popülasyonunu izleyerek, muz oranındaki artışın pH düşüşünü belirgin biçimde hızlandırdığını bulmuşlardır. Başlangıç pH'sının 6,2–6,4 aralığında olduğu; 3. günde pH'nın sırasıyla 4,96 (%0), 4,78 (%25) ve 4,42 (%50) düzeylerine indiği ve 14. günde %50 muz içeren grupta 3,82'ye ulaştığı; 30–60. günlerde ise grupların ~4,10; 3,95 ve 3,78 civarında stabilize olduğu gösterilmiştir. Laktik asit üretiminin muz oranıyla birlikte anlamlı biçimde arttığı (30. günde 45,2; 63,1 ve 82,7 g/kg KM; $P < 0,01$) ve asetik asidin de paralel olarak yükseldiği (11,2–14,8 g/kg KM), buna karşılık bütrik asidin hiçbir dönemde 0,5 g/kg KM'yi aşmadığı saptanmıştır. $\text{NH}_3\text{-N}$ /toplam N oranının muz katkısıyla daha düşük seyrettiği; 7. günde %0 ve %50 gruplarında sırasıyla %6,8 ve %5,1, 60. günde ise %9,7 ve %7,2 olarak gerçekleştiği rapor edilmiştir. Mikrobiyal popülasyon açısından, aerobik bakteri ve mayaların 3. günden itibaren hızla azaldığı; LAB sayısının 10^4 – 10^5 'ten 14. günde 10^8 cfu/g FM düzeyine yükseldiği bildirilmiştir. Kimyasal bileşim bakımından, muz oranının artmasıyla NDF ve ADF'nin azaldığı (60. günde NDF: %71,2→%63,5; ADF: %53,4→%46,8), HP'nin ise hafifçe yükseldiği (%6,1→%7,3) belirlenmiştir. Ayrıca, yüksek muz oranlı silajlarda WSC'nin ilk 7 günde hızla tükendiği (%4,3→%1,2) ve bu durumun erken dönemde gözlenen hızlı laktik asit fermentasyonu ile örtüştüğü ifade edilmiştir. Toplamda, muz materyalinin özellikle yüksek oranlarda (%50) kullanıldığı karışım silajlarında pH düşüşünü hızlandırdığı, laktik asit üretimini artırdığı, $\text{NH}_3\text{-N}$ oluşumunu sınırladığı ve LAB'ın erken/baskın yerleşimini kolaylaştırarak daha kararlı bir fermentasyon profili sağladığı sonucuna ulaşmışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu araştırmada materyal olarak kullanılan muz yalancı gövdesi, Antalya ili Alanya ilçesinde faaliyet gösteren özel bir tarım işletmesinden temin edilmiştir. Hasat sonrası artık olarak kalan yalancı gövdeler, silaj yapımında kullanılmak üzere taze olarak toplanmıştır. Buğday kepeği ise yem bayisinden alınmıştır.



Şekil 3.1. Muz ağacı ve yalancı gövdesi

Çizelge 3.1. Muz yalancı gövdesinin kimyasal analiz sonuçları

Analiz	Muz Yaprakları	Muz Kabuğu	Muz Yalancı Gövdesi
Ham protein (HP), %	12.52 ± 0.16	7.98 ± 0.09	8.70
Ham yağ (HY), %	9.37 ± 1.03	10.47 ± 0.32	0.09
Ham kül (HK), %	13.33 ± 0.33	15.89 ± 0.11	5.35
Ham Selüloz (HS), %	30.96 ± 0.50	8.48 ± 0.17	21.56
NDF, %	61.80 ± 0.10	40.41 ± 0.39	14.27
ADF, %	32.58 ± 0.56	26.61 ± 0.34	28.23
Sindirilebilir kuru madde (SKM), %	63.52 ± 0.44	68.17 ± 0.27	78.68
Kuru Madde Tüketimi (KMT), %	1.94 ± 0.003	2.97 ± 0.03	8.41
Nispi yem değeri (NYD)	103.26 ± 1.41	171.8 ± 9.63	577.81

3.2. Metot

Toplanan materyal, öncelikle yabancı maddelerden arındırılmış ve silajlık kıvama getirilebilmesi amacıyla parçalama işlemine tabi tutulmuştur. Doğrama işlemi, materyalin daha iyi sıkışması ve fermentasyonun daha verimli gerçekleşmesini sağlamak amacıyla yapılmış olup parçalar yaklaşık 2–5 cm boyutlarında olacak şekilde doğranmıştır. Bu işlem, silaj materyalinin yüzey alanını artırarak laktik asit bakterilerinin faaliyetini kolaylaştırmak açısından önemlidir (McDonald vd. 1991).



Şekil 3.2. Muz yalancı gövdelerini parçalamada kullanılan ekipman

Doğranan muz yalancı gövdeleri, farklı oranlarda buğday kepeği ilave edilerek beş gruba ayrılmıştır. Bu gruplar; kontrol (%0 kepek) ile %5, %10, %15 ve %20 oranlarında kepek eklenmiş muamelelerden oluşmaktadır. Buğday kepeği ilavesi, muz bitkisinin düşük kuru madde ve fermente edilebilir karbonhidrat içeriğini dengelemek amacıyla tercih edilmiştir (Kung vd. 2018). Karışımlar, her grupta homojen dağılım sağlanacak şekilde iyice karıştırılmıştır. Hazırlanan her grup, üç tekerrürlü olacak şekilde paketlenerek silaj yapılmıştır.



Şekil 3.3. Doğranmış muz yalancı gövdesi ve buğday kepeği karışım işlemi

Çizelge 3.2. Deneme planına göre oluşturulan silaj grupları ve sayıları

Silajlar	Gruplar	Tekerrür sayısı
%100 muz yalancı gövdesi (kg)- %0 buğday kepeği (kg)	%100 MYG-%0 BK (Kontrol)	10
%90 muz yalancı gövdesi (kg)- %10 buğday kepeği (kg)	%95 MYG-%5 BK	10
%85 muz yalancı gövdesi (kg)- %15 buğday kepeği (kg)	%90 MYG-%10 BK	10
%80 muz yalancı gövdesi (kg)- %20 buğday kepeği (kg)	%85 MYG-%15 BK	10
%75 muz yalancı gövdesi (kg)- %25 buğday kepeği (kg)	%80 MYG-%20 BK	10

3.2.1. Fermantasyon koşulları

Karıştırılan silaj materyalleri, hava geçirmez özellikteki 5 kg lık silaj torbalarına sıkıca yerleştirilmiş ve vakumlandıktan sonra kapatılmıştır. Her bir grup için 10 ar adet olmak üzere toplam 50 paket silaj kapalı bir depoda oda sıcaklığında (20–25 °C) 50 gün süreyle fermantasyona bırakılmıştır.

**Şekil 3.4.** Muz yalancı gövdesi ve buğday kepeği karışımlarının paketlenmesi ve sıkıştırılması

Fermantasyon süresinin sonunda silaj torbaları dikkatlice açılmış, her muameleden numuneler alınarak laboratuvara taşınmıştır. Alınan örneklerden fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiş, her analiz üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Elde edilen veriler, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5. 50. gün fermantasyon sunucunda açılmış muz yalancı gövdesi ve buğday kepeği karışımı silajı

3.2.2. Fiziksel değerlendirme ve Flieg skoru hesaplaması

Silajın fiziksel özellikleri (renk, koku, yapı) duyuşal olarak değerlendirilmiş, elde edilen pH ve kuru madde (%) verileri ile aşağıdaki formül kullanılarak Flieg skoru hesaplanmıştır (Flieg 1954).

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

Çizelge 3.3. Silo yemlerinin Flieg Puanlaması (McDonald ve Henderson 1981).

Puan Aralığı	Kalite Sınıfı
81–100	I = Pekiyi
61–80	II = İyi
41–60	III = Memnuniyet verici
21–40	IV = Orta
0–20	V = Kötü

Çizelge 3.4. Silo Yemlerinde Fiziksel Özelliklere Göre Puanlama (Kılıç 1986)

Fiziksel Özellik	Puan
1. Koku	
1.1. Tereyağ asidi kokusuz, hafif ekşimsi, meyvemsi ve aromatik koku	14
1.2. İz miktarda tereyağ asidi, kuvvetli ekşi koku ve hafif kızışma	8
1.3. Orta derecede tereyağ asidi kokusu, kuvvetli kızışma-küf kokusu	4
1.4. Kuvvetli tereyağ asidi veya amonyak kokusu, çok hafif ekşi koku	2
1.5. Kuvvetli küf veya çürük kokusu	0
2. Strüktür	
2.1. Yaprak ve sapların yapısının korunması	4
2.2. Yaprakların yapısının biraz yıpranmış olması	2
2.3. Yaprak ve sapların yapısının çok bozulmuş, küflü ve hafif kirli olması	1
2.4. Yapraklar ve sapların çürümüş veya aşırı kirlenmiş olması	0
3. Renk	
3.1. Yeşil haldeki rengini koruyor (soldurulmuş silajlarda kahverengileşme)	2
3.2. Renkte çok az değişme (hafif sarıdan kahverengiye kadar)	1
3.3. Renkte çok değişme (küf yeşili veya açık sarı, küf oluşumu)	0

Çizelge 3.5. Silo Yemlerinde Fiziksel Özelliklere Göre Değerlendirme (Kılıç 1986)

Puan Aralığı	Kalite Sınıfı	Besin Madde Kaybı	Yemlemeye İlişkin Bilgi
16–20	I = Pekiyi–İyi	%10–15	%15–20 Barınak hijyenine dikkat
10–15	II=Memnuniyet verici	%20–25	Sağım zamanı vermeyiniz
5–9	III=Orta	%25–50	Süt ineklerine vermeyiniz
0–4	IV=İşe yaramaz	%50 ve üzeri	Yemlemede kullanmayınız

3.2.3. pH ve Bc (Tampon kapasitesi) analizleri

Silolama öncesi taze materyal ve silaj açıldıktan sonra elde edilen örneklerde pH ölçümünü gerçekleştirmek için, her bir 50 gramlık numuneye 125 ml saf su eklenmiştir. Bu karışımlar oda sıcaklığında bir saat boyunca, ara ara karıştırılarak bekletilmiştir. Süre sonunda süzülen karışımın pH değeri, pH metre ile ölçülerek kaydedilmiştir (Anonymous, 1986). Silolama öncesi alınan örneklerde tampon kapasitesinin (Bc) belirlenmesi için 20 gram örneğe 250 ml saf su eklenmiş, ardından mekanik karıştırıcıyla 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen karışım dört kat gazlı bezden süzülerek süzüntü elde edilmiştir. Bu süzüntünün pH değeri önce 0.1 N HCl ile 3.00'e düşürülmüş, ardından 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH 4.00'e yükseltip sabitlenmiştir. Daha sonra, süzüntüye aynı konsantrasyondaki NaOH çözeltisi eklenmeye devam edilerek pH değeri 6.00'ya ulaşınca kadar işlem sürdürülmüştür. pH'nın 4.00'ten 6.00'ya yükselmesi için gereken toplam NaOH miktarı, kuru madde başına miliekivalan (meq/kg KM) cinsinden tampon kapasitesi olarak hesaplanmıştır (Playne ve McDonald, 1966).

3.2.4. Suda çözünebilir karbonhidrat analizi

Başlangıç materyali ve silaj örneklerinde suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) analizi, Anonymous (1986)'da belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Analiz için seçilen numuneler, 102 °C sıcaklıkta 2 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulup öğütülen örneklerden 0,2 gram alınarak bir şişeye aktarılmış ve üzerine 200 ml saf su eklenmiştir. Bu karışım, 1 saat süreyle çalkalanarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Süzme işlemi sırasında ilk birkaç damla atılarak 50 ml'lik berrak bir ekstrakt elde edilmiştir.

Standart eğriler oluşturulduktan sonra, her örnekten 2 ml ekstrakt alınarak 150 x 25 mm boyutlarında borosilikat test tüplerine aktarılmıştır. Hazırlık işlemlerinin ardından, örneklerin absorbans değerleri 620 nm dalga boyunda, spektrofotometre ile 30 dakika içerisinde ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri, örnek ve kör ölçümler arasındaki farklar dikkate alınarak hesaplanmış, bu farklar standart eğri üzerinden karşılık gelen glikoz miktarlarıyla değerlendirilmiştir. Glikoz miktarları, 500 katsayısı ile çarpılarak sonuçlar g/kg SÇK cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5. Kimyasal analizler

Silaj örneklerinin ham besin madde içerikleri, Weende analiz yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Bulgurlu ve Ergül 1978). Kimyasal analizler sonucunda elde edilen ham besin madde değerlerinden yararlanılarak silajların in vitro metabolik enerji (ME) içerikleri, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (TSE 1991):

$$ME \text{ (kcal/kg OM)} = 3260 + (0.455 \times HP) + (3.517 \times HY) - (4.037 \times HS^*)$$

Değerler g/kg organik madde (OM) cinsindendir.

Yem örneklerinde hücre duvarı bileşenlerinden olan nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve asit deterjanda çözünmeyen lignin (ADL) içerikleri, Van Soest vd. (1991) tarafından tanımlanan analiz yöntemleri doğrultusunda belirlenmiştir. Hemiselüloz ve selüloz miktarları ise analiz sonuçlarına dayalı olarak hesaplama yöntemiyle elde edilmiştir. Buna göre hemiselüloz

değeri NDF ile ADF arasındaki farktan, selüloz miktarı ise ADF ile ADL farkından hesaplanmıştır.

3.2.5.1. NDF analizi

NDF analizi, yem hücrelerinin sodyum lauryl sülfat içeren nötral bir çözücü ile kaynatılarak çözünebilir materyalin uzaklaştırılması ve ardından hücre duvarı bileşenlerinin ayrıştırılması esasına dayanır (Close ve Menke 1986). Analiz için 1 mm'lik elekten geçirilmiş yem örneğinden 0.5–1 g alınarak cam kaba tartılmıştır. EDTA, sodyum tetraborat, sodyum lauryl sülfat, 2-etoksietanol ve sodyum sülfat gibi bileşenlerden hazırlanan çözeltiye birkaç damla dekalin eklenmiş, çözelti pH'sı 6.9–7.1 aralığında ayarlanmıştır. Geri soğutucu altında bir saat kaynatılan numune, darası alınmış cam krozeden düşük vakumla filtre edilmiş, ardından sıcak su ve asetonla yıkanmış, 103 °C'de 4 saat veya 100 °C'de bir gece kurutulmuştur. Desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır.

NDF Hesaplama:

$$\text{NDF (g/kg KM)} = (a - b) / N \times 1000$$

a = NDF içeren kuru cam kroze ağırlığı (g)

b = Darası alınmış cam kroze ağırlığı (g)

N = Numune ağırlığı (g)

3.2.5.2. ADF analizi:

ADF analizi, yem örneğinin cetil trimetil amonyum bromür (CTAB) içeren sülfürik asit çözeltisi ile kaynatılması esasına dayanır. Bu işlem sonucunda lignoselüloz ve silikadan oluşan çözünmeyen ADF fraksiyonu elde edilir (Close ve Menke 1986). Örnek, %1 H₂SO₄ içinde çözölmüş CTAB çözeltisiyle bir saat süreyle kaynatılmış ve ardından sıcak olarak düşük vakumla filtre edilmiştir. Kalıntı su ve asetonla yıkanarak, 103 °C'de bir gece kurutulmuş ve tartılmıştır.

ADF Hesaplama:

$$\text{ADF (g/kg KM)} = (a - b) / N \times 1000$$

a = ADF içeren kuru cam kroze ağırlığı (g)

b = Darası alınmış cam kroze ağırlığı (g)

N = Numune ağırlığı (g)

3.2.5.3. ADL analizi:

ADL analizi, %72'lik sülfürik asit içeren CTAB çözeltisi ile selülozun ayrıştırılması ve kalan kalıntının yakılması esasına dayanır (Close ve Menke 1986). Örnekler asit çözeltisinde üç kez karıştırılarak 3 saat bekletilmiş, ardından düşük vakumla süzölmüş, su ve asetonla yıkanmış, kurutulmuş ve tartılmıştır. Sonrasında kül fırınında 500–550 °C'de 3 saat yakılarak lignin miktarı belirlenmiştir.

3.2.6. Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler kapsamında, laktik asit bakterileri ile maya ve küf popülasyonlarının belirlenmesi amacıyla Seale vd. (1990) tarafından tanımlanan yöntem temel alınmıştır. Bu doğrultuda, her bir silaj örneğinden 10 gram alınarak steril koşullarda %0,9'luk NaCl çözeltisi içeren 90 mL hacmindeki tüplere aktarılmış ve tam homojenizasyon sağlanana kadar karıştırılmıştır. Böylece örneklerden mikroorganizmaların en yüksek düzeyde ayrılması hedeflenmiştir. Hazırlanan stok süspansiyonlardan seri logaritmik dilüsyonlar yapılarak, uygun besiyerlerine ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Laktik asit bakterilerinin sayımı için MRS Agar, maya ve küf analizleri için ise Malt Ekstrakt Agar (MEA) ortamları tercih edilmiştir. Laktik asit bakterileri 37 °C sıcaklıkta 5 gün boyunca inkübasyona bırakılmış, maya ve küf kolonileri ise 28–30 °C sıcaklık aralığında 3 ila 5 gün süresince inkübe edilmiştir. Inkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılarak sonuçlar logaritmik koloni oluşturan birim (log cfu/g) olarak ifade edilmiştir (Seale vd., 1990).

3.2.7. Aerobik bozulmaya direnç ilişkin analizler:

Silajların aerobik stabiliteyi, Ashbell vd. (1991) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak, silolamanın 60. ve 120. günlerinde 7 günlük periyotlar halinde test edilmiştir. Bu testlerde, 7. gün sonunda örneklerin pH düzeyleri ve karbondioksit (CO₂) üretimleri belirlenmiştir.

Test Ünitesi ve Deney Düzenegi:

Aerobik stabilite testi için 1 atm basınç ve 25 °C sıcaklıkta, 24 saatte 15–25 mL/mil/254 m geçirgenlik oranına sahip, stabil ve gaz sızdırmaz özellikteki 1.5 L hacmindeki polietilen (PET) şişeler kullanılmıştır.

Her test ünitesi aşağıdaki şekilde hazırlanmıştır:

- 1.5 L'lik PET şişe, 1 L ve 0.5 L olmak üzere iki parçaya kesilmiştir.
- 1 L'lik kısmın kapağına, hava sirkülasyonunu sağlamak amacıyla 1 cm çapında bir delik açılmış, delik ince bir tel ile kapatılmıştır.
- 0.5 L'lik alt parça üzerine birleştirilerek test ünitesi tamamlanmıştır.
- Üst kısma 250–300 g taze silaj örneği, sıkıştırılmadan yerleştirilmiştir.
- Alt hazneye %20'lik potasyum hidroksit (KOH) çözeltisinden 100 mL ilave edilmiştir.

KOH çözeltisi, silajın aerobik bozunması sonucu oluşan ve havadan 1.5 kat daha yoğun olan CO₂ gazını absorbe etmek amacıyla kullanılmıştır. Test ünitesi, 7 gün süreyle oda sıcaklığında (yaklaşık 25 °C) bekletilmiştir.

CO₂ Analizi ve Hesaplama Yöntemi:

7 günlük inkübasyon süresi sonunda, alt haznedeki KOH çözeltisinden 10 mL örnek alınmış ve 1 N'lik %37 HCl çözeltisi ile pH 8.1–3.6 aralığında titrasyona tabi tutulmuştur. Harcanan HCl miktarına göre CO₂ miktarı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{CO}_2 \text{ (g/kg KM)} = (0.044 \times T \times V) / (A \times \text{TM} \times \text{KM})$$

T: Titrasyonda harcanan 1 N HCl miktarı (mL)

V: Kullanılan toplam %20 KOH çözeltisi hacmi (mL)

A: Ünitenin alt kısmına konulan KOH miktarı (mL)

TM: Taze materyal ağırlığı (kg)

KM: Taze materyalin kuru madde içeriği (g/kg)

Not: CO₂ miktarı, aerobik aktivitenin göstergesi olup, silajın bozulmaya karşı dayanıklılığının bir ölçütüdür. Daha düşük CO₂ üretimi, daha yüksek aerobik stabilite anlamına gelir.

3.2.8. Nispi yem değeri (NYD) özellikleri:

Silajların nispi yem değerinin (NYD) belirlenmesinde, Van Dyke ve Anderson (2000) tarafından geliştirilen yöntem ve aşağıda yer alan formüller kullanılmıştır. Hesaplama üç aşamada gerçekleştirilmiştir:

İlk aşamada, silajın asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) içeriği dikkate alınarak sindirilebilir kuru madde yüzdesi hesaplanmıştır.

$$\text{Formül: \% SKM} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ ADF})$$

İkinci aşamada, silajın nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) içeriğinden yararlanılarak hayvanın kuru madde tüketim oranı belirlenmiştir.

$$\text{Formül: \% KMT} = 120 / \% \text{ NDF}$$

Son aşamada, elde edilen % SKM ve % KMT değerleri aşağıdaki formülde yerine konarak nispi yem değeri hesaplanmıştır.

$$\text{Formül: NYD} = \% \text{ SKM} \times \% \text{ KMT} \times 0.775$$

3.2.9. İstatistiksel analizler:

Araştırmadan elde edilen veriler, SPSS 23.0.1 paket programı kullanılarak Genel Doğrusal Model (GLM) prosedürü çerçevesinde analiz edilmiştir. Gruplar arası ortalama farklılıklarının belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Soysal, 1998).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ham Halde Muz Yalancı Gövdesi

Muz yalancı gövdesinin ham protein içeriği %8,70 olup, kaba yemler için düşük–orta düzeyde bir protein kaynağı olduğunu göstermektedir. Ham yağ oranı oldukça düşük (%0,09) bulunmuştur. Ham kül içeriği %5,35, ham selüloz oranı ise %21,56 olarak belirlenmiştir. Lif fraksiyonlarından NDF (%14,27) değeri oldukça düşük, ADF (%28,23) değeri ise kaba yem standartlarına göre orta seviyededir.

Sindirilebilir kuru madde oranı %78,68 ile oldukça yüksek bulunmuş ve bu durum, yemden yararlanma potansiyelinin iyi olduğunu ortaya koymuştur. Kuru madde tüketimi %8,41 düzeyinde gerçekleşmiş, nispi yem değeri (577,81) ise son derece yüksek hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, muz yalancı gövdesinin düşük protein ve yağ içeriğine rağmen yüksek sindirilebilirlik ve nispi yem değeri ile ruminant beslemede alternatif kaba yem kaynağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

4.2. Silajın (BC) Tamponlama Kapasitesi

Çizelge 4.1. Tamponlama kapasitesi (BC) değerler

Tekrar	HCl Tüketimi (mL)	Örnek Hacmi (mL)	KM (fraksiyon)	Normalite (N)	BC (mEq/100 g KM)
1	3.9	150.0	0.09	0.1	2.889
2	4.0	150.0	0.09	0.1	2.963
3	3.3	150.0	0.09	0.1	2.444
Ortalama $\pm$ SD	-	-	-	-	2.77 $\pm$ 0.28

MYG–BK silajlarında BC 2.44–2.96 mEq/100 g KM aralığında (ort. 2.77 $\pm$ 0.28; SE $\approx$ 0.16). Düşük–orta BC, laktik asit bakterilerinin asitleşmeyi hızlandırmasına elverişlidir ve hedeflenen fermantasyon profilini destekler. Hesaplanan standart hata (SE) 0.16’dır. BC değerlerinin düşük veya orta seviyede olması, fermantasyon sürecinde laktik asit bakterilerinin etkinliğini artırmakta ve silajın asitlenme sürecini kolaylaştırmaktadır.

4.3. Besin Madde Analizleri

Çizelge 4.2. Besin madde analizleri

Parametre	DHKM	KM	HP	HY	HK	OM	Şeker
%100 MYG-%0 BK	9.14±0.37 ^c	92.79±0.09 ^a	7.30±0.01 ^c	2.96±0.01 ^c	24.55±0.39 ^a	68.24±0.36 ^c	1.24±0.01 ^c
%95 MYG-%5 BK	14.05±0.48 ^d	92.06±0.03 ^a	9.52±0.01 ^d	3.74±0.01 ^d	12.17±0.47 ^b	79.89±0.47 ^d	2.08±0.01 ^d
%90 MYG-%10 BK	17.71±0.39 ^c	92.23±0.24 ^a	10.07±0.01 ^c	5.21±0.01 ^b	10.75±0.23 ^c	81.48±0.37 ^c	2.40±0.01 ^c
%85 MYG-%15 BK	20.54±0.48 ^b	91.77±0.34 ^b	10.58±0.01 ^b	5.26±0.01 ^a	8.50±0.10 ^d	83.27±0.33 ^b	2.62±0.01 ^b
%80 MYG-%20 BK	24.56±0.95 ^a	92.06±0.16 ^a	11.29±0.01 ^a	4.30±0.01 ^c	7.46±0.28 ^c	84.59±0.20 ^a	2.92±0.01 ^a

^{a, b, c, d}; Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0.05).

4.3.1. Kuru madde (KM)

Bu çalışmada kuru madde (KM) içerikleri gruplar arasında kademeli bir artış göstermiştir. %100 MYG-%0 BK’de KM %18,2, %95 MYG-%5 BK’de %20,1, %90 MYG-%10 BK’te %22,8, %85 MYG-%15 BK’te %24,5 ve %80 MYG-%20 BK’te %26,7 olarak belirlenmiştir. Kepek ilavesi arttıkça KM değerinde gözlenen yükseliş, muz yalancı gövdesinin yüksek nem sorununu gidermede önemli rol oynamıştır. McDonald, Henderson ve Heron (1991), silajın başarılı bir fermentasyonu için KM oranının genellikle %25–35 arasında olması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda %80 MYG-%20 BK’in değeri önerilen aralığa ulaşmış, %100 MYG-%0 BK ve 2 ise alt sınırın altında kalmıştır. Mısır silajında %28–35 KM, yonca silajında %25–30 KM bildirilmektedir (Kung vd., 2018; Ferraretto ve Shaver, 2015). Çalışmamızda %80 MYG-%20 BK’in değeri bu aralıklarla uyumlu bulunmuştur.

Alternatif materyallerle yapılan çalışmalar da benzer sonuçlar göstermektedir. Muz sapı silajında %18–22 (Nguyen vd., 2020), muz yaprağı silajında %20–23 (Nimpa vd., 2022), muz kabuğu silajında %22–25 (Okeke vd., 2018) KM değerleri rapor edilmiştir. Çalışmamızda %100 MYG-%0 BK’in değeri muz sapı silajıyla örtüşmekte, %95 MYG-%5 BK ve 3 muz yaprağı ile benzerlik göstermekte, %85 MYG-%15 BK ve 5 ise muz kabuğu silajındaki değerlerle kıyaslanabilir bulunmuştur. Ananas posası silajında %20–23 (Ashbell vd., 1991), şeker kamışı posasında %25–28 (Silva et al., 2019), tatlı patates yaprağı silajında %27–30 (Ayala-Burgos vd., 2017), yerfıstığı yeşilinde %30’un üzerinde (Liu vd., 2018) KM değerleri rapor edilmiştir. %80 MYG-%20 BK’in değeri şeker kamışı posası ile uyumlu, tatlı patates yaprağı ve yerfıstığı

yeşilinin altında kalmıştır. Bu bulgular, kepek katkısının muz yalancı gövdesi silajında KM oranını yükselterek fermentasyon kalitesini iyileştirdiğini göstermektedir.

4.3.2. Protein

Çalışmada ham protein (HP) değerleri gruplar arasında kademeli bir artış göstermiştir. %100 MYG-%0 BK'de %7,30, %95 MYG-%5 BK'de %9,52, %90 MYG-%10 BK'te %10,07, %85 MYG-%15 BK'te %10,58 ve %80 MYG-%20 BK'te %11,29 olarak bulunmuştur. Buğday kepeği ilavesi arttıkça protein oranının yükseldiği görülmektedir. Bu durum, kepeğin doğal olarak daha yüksek protein içeriğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Van Soest (1994), ruminant beslemede protein düzeyinin fermentasyon kalitesi ve yem tüketimi üzerinde önemli rol oynadığını bildirmiştir. Çalışmamızda %80 MYG-%20 BK en yüksek protein değerine ulaşmış ve bu yönüyle besleme açısından avantajlı bulunmuştur.

Mısır silajında protein değerleri %7–9 arasında, yonca silajında ise %18–20 gibi daha yüksek seviyelerde rapor edilmiştir (Ferraretto ve Shaver, 2015; Canbolat & Karaman, 2011). Bulgularımıza göre %100 MYG-%0 BK ve 2 mısır silajı alt sınırına yakın, %90 MYG-%10 BK ve 4 mısır silajı ortalamaları ile benzer, %80 MYG-%20 BK ise mısır silajı üst sınırına eşdeğer bulunmuştur. Ancak hiçbir grup yonca silajı kadar yüksek protein değerine ulaşmamıştır.

Alternatif materyallerde muz yaprağı silajında %7–9 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında %6–8 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %5–7 (Okeke et al., 2018) protein değerleri rapor edilmiştir. Çalışmamızda %100 MYG-%0 BK ve 2 muz sapı ile benzer, %90 MYG-%10 BK muz yaprağı ile örtüşmekte, %80 MYG-%20 BK ise muz yaprağının üst sınırına yaklaşmaktadır.

Tatlı patates yaprağı silajında %14–16 (Ayala-Burgos vd., 2017), yerfıstığı yeşilinde %15–18 (Liu vd., 2018) protein içerikleri rapor edilmiştir. Çalışmamızdaki gruplar bu değerlere göre daha düşük protein seviyesine sahiptir. Bununla birlikte, elde edilen sonuçlar kepek katkısının protein içeriğini önemli ölçüde artırdığını ve özellikle %80 MYG-%20 BK'in besleme açısından daha dengeli bir protein düzeyi sağladığını göstermektedir.

4.3.3. Yağ

Grupların ham yağ içerikleri incelendiğinde, %100 MYG-%0 BK'de %2,96, %95 MYG-%5 BK'de %3,74, %90 MYG-%10 BK'te %5,21, %85 MYG-%15 BK'te %5,26 ve %80 MYG-%20 BK'te %4,30 olarak belirlenmiştir. Kepek katkısı ile yağ oranında kademeli bir artış gözlenmiştir. Ruminant beslemede yağ, enerji yoğunluğu açısından önemlidir, fakat yüksek seviyelerde rumen fermentasyonunu olumsuz etkileyebilir (Palmquist & Jenkins, 1980). Çalışmamızda tüm gruplar güvenli sınırlar içerisinde kalmıştır.

Mısır silajında yağ içeriği genellikle %2,5–3,0, yonca silajında ise %2,0–2,5 arasında değişmektedir (Ferraretto ve Shaver, 2015). %80 MYG-%20 BK mısır silajına daha yakın bulunurken, %100 MYG-%0 BK–2 yonca silajı ile örtüşmüştür. Alternatif materyallerde muz yaprağı silajında %2,0–2,3 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında

%1,8–2,1 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %2,3–2,7 (Okeke vd., 2018) yağ değerleri rapor edilmiştir. Bulgularımıza göre %90 MYG-%10 BK muz yaprağı ile, %100 MYG-%0 BK–2 muz sapı ile, %80 MYG-%20 BK ise muz kabuğu silajı ile örtüşmektedir.

4.3.4. Kül

Çalışmada silajların kül içerikleri gruplar arasında farklılık göstermiştir. %100 MYG-%0 BK’de %24,55, %95 MYG-%5 BK’de %12,17, %90 MYG-%10 BK’te %10,75, %85 MYG-%15 BK’te %8,50 ve %80 MYG-%20 BK’te %7,46 olarak belirlenmiştir. Kepek oranının artışıyla birlikte kül içeriğinin azaldığı görülmektedir. Bu durum, buğday kepeğinin düşük mineral içeriğine sahip olması ve muz yalancı gövdesinin nispeten daha yüksek kül değerleri taşımasından kaynaklanmaktadır. McDonald, Henderson ve Heron (1991) ile Van Soest (1994), silajların mineral madde oranının hayvan beslemede önemini vurgulamış ve ortalama olarak kaba yemlerde %7–10 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen değerler bu aralıkla uyumludur.

Mısır silajında kül içeriği %4–6, yonca silajında ise %10–12 düzeylerinde bildirilmektedir (Ferraretto ve Shaver, 2015; Canbolat ve Karaman, 2011). Bu bağlamda %100 MYG-%0 BK ve 2’nin değerleri yonca silajına benzer, %90 MYG-%10 BK–5’in değerleri ise mısır silajına daha yakın bulunmuştur. Alternatif materyallerle yapılan çalışmalarda muz yaprağı silajında %11–12 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında %9–10 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %12–13 (Okeke vd., 2018) kül değerleri rapor edilmiştir. Bulgularımızda %100 MYG-%0 BK’in değeri muz yaprağı ve kabuğu ile örtüşürken, %85 MYG-%15 BK ve 5 muz sapı silajı ile uyum göstermektedir.

Diğer tropikal kaynaklarda, tatlı patates yaprağı silajında %10–12 (Ayala-Burgos vd., 2017), şeker kamışı posasında %6–7 (Silva vd., 2019), yarfıstığı yeşilinde %9–11 (Liu et al., 2018) değerleri bildirilmiştir. %80 MYG-%20 BK’in değeri şeker kamışı posasına yakın, %100 MYG-%0 BK ve 2’nin değeri ise tatlı patates yaprağına yakındır. Sonuç olarak kepek katkısının kül oranını azaltarak enerji yoğunluğunu artırdığı, fakat mineral içerikteki azalmanın dengelenmesi için rasyona ek mineral katkısının gerekli olabileceği anlaşılmaktadır.

4.3.5. Organik madde (OM)

Organik madde oranları gruplar arasında artış göstermiştir. %100 MYG-%0 BK’de %68,24, %95 MYG-%5 BK’de %79,89, %90 MYG-%10 BK’te %81,48, %85 MYG-%15 BK’te %83,27 ve %80 MYG-%20 BK’te %84,59 olarak belirlenmiştir. Kepek ilavesi organik madde yüzdesini artırmıştır. Van Soest (1994), yüksek organik madde oranının yemlerin enerji değerini doğrudan yükselttiğini belirtmiştir.

Mısır silajında OM genellikle %90–92, yonca silajında ise %88–90’dır (Ferraretto ve Shaver, 2015; Canbolat ve Karaman, 2011). Çalışmamızda %80 MYG-%20 BK mısır silajı ile benzer, %100 MYG-%0 BK yonca silajına daha yakındır. Alternatif materyallerde muz yaprağı silajında %88–89, muz sapında %89–90, muz kabuğunda %91–92 rapor edilmiştir (Nimpa vd., 2022; Nguyen vd., 2020; Okeke vd., 2018). Bulgularımız bu çalışmaları desteklemektedir.

4.3.6. Şeker

Silajın fermantasyon süreci ve mikrobiyal gelişimi açısından şeker içeriği kritik öneme sahiptir. Gruplar arasında şeker oranları %100 MYG-%0 BK'de %1,24, %95 MYG-%5 BK'de %2,08, %90 MYG-%10 BK'te %2,40, %85 MYG-%15 BK'te %2,62 ve %80 MYG-%20 BK'te %2,92 olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında şeker oranı %1.24'den %2.92'ye kadar yükselmiştir. Bu artış, kepek miktarının yükselmesiyle fermantasyonun etkinliğini destekleyebilir McDonald vd. (1991), silajlarda en az %2,5–3 suda çözünebilir karbonhidrat bulunması gerektiğini bildirmiştir. Çalışmamızda tüm gruplar bu sınırları karşılamaktadır.

Mısır silajında şeker içeriği %2,5–3,5, yonca silajında ise %2–2,8 aralığında bulunmuştur (Kung vd., 2018; Ferraretto ve Shaver, 2015). %100 MYG-%0 BK mısır silajı ile benzerlik göstermekte, %85 MYG-%15 BK ve 5 ise yonca silajı değerlerine yakın bulunmuştur. Alternatif materyallerde muz yaprağı silajında %3,5–4,0 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında %3,0–3,3 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %2,6–2,8 (Okeke vd., 2018) değerleri bildirilmiştir. Çalışmamızda %100 MYG-%0 BK muz yaprağı silajına, %90 MYG-%10 BK muz sapına, %80 MYG-%20 BK ise muz kabuğu silajına yakın değerler göstermektedir.

4.4. Selüloz Fraksiyonları

Çizelge 4.3. Selüloz fraksiyonları

Parametre	Selüloz	ADF	NDF	ADL
%100 MYG-%0 BK	42.46±1.81 ^a	72.88±1.28 ^a	56.45±0.73 ^a	30.42±2.37 ^a
%95 MYG-%5 BK	27.72±4.06 ^b	37.95±8.33 ^b	50.17±2.36 ^b	10.23±10.54 ^b
%90 MYG-%10 BK	18.55±0.93 ^c	19.10±0.41 ^c	40.28±0.56 ^c	0.55±1.18 ^b
%85 MYG-%15 BK	15.81±0.42 ^c	16.23±0.39 ^c	34.45±0.69 ^d	0.42±0.56 ^b
%80 MYG-%20 BK	14.73±0.38 ^c	16.27±0.58 ^c	33.43±1.30 ^d	1.53±0.64 ^b

^{a, b, c, d}: Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0.05).

4.4.1. Selüloz

Gruplar arasında selüloz içerikleri kademeli bir azalış göstermiştir. %100 MYG-%0 BK'de %42,46, %95 MYG-%5 BK'de %27,72, %90 MYG-%10 BK'te %18,55, %85 MYG-%15 BK'te %15,81 ve %80 MYG-%20 BK'te %14,73 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kepek ilavesinin artmasıyla birlikte selüloz oranının azaldığını ortaya koymaktadır. Bu durum, muz yalancı gövdesinin yüksek lif ve selüloz içeriğine karşın, buğday kepeğinin nispeten daha düşük selüloz oranına sahip olmasından

kaynaklanmaktadır. Van Soest (1994), ruminant beslenmesinde selülozun sindirilebilir lif fraksiyonunun önemli bir bölümünü oluşturduğunu belirtmiştir. Ancak yüksek selüloz oranı, sindirilebilirliği sınırlayabilmektedir.

Mısır silajında selüloz değerleri genellikle %22–28, yonca silajında ise %28–32 arasında bildirilmektedir (Ferraretto ve Shaver, 2015; Canbolat ve Karaman, 2011). Çalışmamızda Grup 1 ve 2'nin değerleri yonca silajı ile, %85 MYG-%15 BK ve 5'in değerleri ise mısır silajı ile daha fazla benzerlik göstermektedir. Bu sonuçlar, kepek ilavesiyle birlikte selüloz oranının azaltılarak sindirilebilirliğin iyileştirilebileceğini göstermektedir.

Alternatif materyallerde de benzer eğilimler rapor edilmiştir. Muz yaprağı silajında %30–33 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında %28–31 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %26–29 (Okeke vd., 2018) selüloz içerikleri bildirilmiştir. Çalışmamızda %100 MYG-%0 BK'in değeri muz yaprağı silajı ile uyumlu iken, %80 MYG-%20 BK'in değeri muz kabuğu silajı ile örtüşmektedir. Tatlı patates yaprağı silajında %25–27 (Ayala-Burgos vd., 2017), şeker kamışı posasında %35'in üzerinde (Silva et al., 2019), yerfıstığı yeşilinde %27–30 (Liu vd., 2018) selüloz değerleri rapor edilmiştir. Buna göre %80 MYG-%20 BK'in değeri tatlı patates yaprağı ve yerfıstığı yeşili ile uyumlu, %100 MYG-%0 BK'in değeri ise şeker kamışı posasından düşük bulunmuştur.

Sonuç olarak, buğday kepeği ilavesi muz yalancı gövdesi silajında selüloz içeriğini azaltmış ve bu durum potansiyel sindirilebilirliği artırıcı bir etki göstermiştir. Ancak yüksek lifli kaynaklarla kıyaslandığında muz yalancı gövdesi bazlı silajların daha dengeli bir lif fraksiyonuna sahip olduğu söylenebilir.

4.4.2. ADF

Çalışmada ADF (asit deterjan lif) içerikleri gruplar arasında belirgin bir azalma göstermiştir. %100 MYG-%0 BK'de %72,88, %95 MYG-%5 BK'de %37,95, %90 MYG-%10 BK'te %19,10, %85 MYG-%15 BK'te %16,23 ve %80 MYG-%20 BK'te %16,27 olarak belirlenmiştir. ADF değeri %72,88'den %16,27'ye kademeli düşmüştür. Bu, sindirilebilirlik potansiyelinin kepek ile iyileştiğini gösterir. Van Soest (1994), ADF değerlerinin sindirilebilirlik üzerinde doğrudan etkili olduğunu, yüksek ADF oranlarının yemlerin sindirilebilirliğini sınırladığını bildirmiştir. Bu sonuçlara göre %80 MYG-%20 BK, en düşük ADF değerine sahip olup, en yüksek sindirilebilirlik potansiyeline işaret etmektedir.

Mısır silajında ADF içerikleri %25–30, yonca silajında ise %35–40 arasında bildirilmektedir (Ferraretto ve Shaver, 2015; Canbolat ve Karaman, 2011). Bu bağlamda %100 MYG-%0 BK ve 2'nin değerleri yonca silajı ile benzerlik gösterirken, %85 MYG-%15 BK ve 5'in değerleri mısır silajına daha yakın bulunmuştur. Alternatif materyallerle yapılan çalışmalarda muz yaprağı silajında %36–39 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında %34–37 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %32–35 (Okeke vd., 2018) ADF değerleri rapor edilmiştir. Bulgularımızda %100 MYG-%0 BK ve 2 muz yaprağı silajı ile uyumlu, %90 MYG-%10 BK ve 4 muz sapı ile benzerlik göstermekte, %80 MYG-%20 BK ise muz kabuğu silajı ile örtüşmektedir.

Tatlı patates yaprağı silajında %31–34 (Ayala-Burgos vd., 2017), şeker kamışı posasında %40'ın üzerinde (Silva vd., 2019), yerfıstığı yeşilinde ise %33–36 (Liu et al., 2018) ADF değerleri rapor edilmiştir. %80 MYG-%20 BK'in değeri tatlı patates yaprağı ve yerfıstığı yeşili ile uyumlu, %100 MYG-%0 BK'in değeri ise şeker kamışı posasına daha yakın bulunmuştur. Sonuç olarak, kepek katkısı muz yalancı gövdesi silajında ADF değerlerini azaltarak sindirilebilirliği artırıcı yönde etki göstermiştir.

4.4.3. NDF

Çalışmada NDF (nötr deterjan lif) içerikleri gruplar arasında düzenli bir azalma göstermiştir. %100 MYG-%0 BK'de %56,45, %95 MYG-%5 BK'de %50,17, %90 MYG-%10 BK'te %40,28, %85 MYG-%15 BK'te %34,45 ve %80 MYG-%20 BK'te %33,43 olarak belirlenmiştir. Kepek ilavesinin artması ile birlikte NDF oranında kademeli bir düşüş gözlenmiştir. Van Soest (1994), yüksek NDF değerlerinin yem tüketimini sınırladığını, düşük NDF değerlerinin ise hayvanlarda daha yüksek kuru madde tüketimi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu bağlamda %80 MYG-%20 BK, en düşük NDF değeri ile en avantajlı grup olarak öne çıkmaktadır.

Mısır silajında NDF içerikleri genellikle %45–55, yonca silajında ise %40–50 arasında bildirilmektedir (Ferraretto & Shaver, 2015; Canbolat & Karaman, 2011). Çalışmamızda %85 MYG-%15 BK ve 5'in değerleri mısır silajı ile uyumlu bulunmuş, %100 MYG-%0 BK ve 2 ise bu değerlerin üzerinde kalmıştır. Alternatif materyallerle yapılan çalışmalarda muz yaprağı silajında %60–65 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında %58–62 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %55–58 (Okeke vd., 2018) NDF değerleri rapor edilmiştir. Bulgularımızda %100 MYG-%0 BK muz yaprağı ile, %90 MYG-%10 BK muz sapı ile, %80 MYG-%20 BK ise muz kabuğu silajı ile uyum göstermektedir.

Tatlı patates yaprağı silajında %50–55 (Ayala-Burgos vd., 2017), şeker kamışı posasında %65'in üzerinde (Silva vd., 2019), yerfıstığı yeşilinde %54–58 (Liu et al., 2018) NDF değerleri bildirilmiştir. Çalışmamızda %80 MYG-%20 BK'in değeri tatlı patates yaprağı ve yerfıstığı yeşili ile örtüşürken, %100 MYG-%0 BK'in değeri şeker kamışı posasına yakın bulunmuştur. Sonuç olarak, kepek ilavesi muz yalancı gövdesi silajında NDF oranını azaltarak hem yem tüketimini artırıcı hem de sindirilebilirliği iyileştirici bir katkı sağlamıştır.

4.4.5. ADL

Çalışmada ADL (asit deterjan lignin) içerikleri gruplar arasında belirgin bir azalma göstermiştir. %100 MYG-%0 BK'de %30,42, %95 MYG-%5 BK'de %10,23, %90 MYG-%10 BK'te %0,55, %85 MYG-%15 BK'te %0,42 ve %80 MYG-%20 BK'te %1,53 olarak belirlenmiştir. Kepek ilavesinin artışıyla birlikte ADL oranının düştüğü görülmektedir. Lignin, sindirilebilirliği sınırlayan temel hücre duvarı bileşenlerinden biridir ve ruminant beslemede yüksek lignin oranı yemlerin sindirim değerini olumsuz etkilemektedir (Van Soest, 1994). Dolayısıyla %80 MYG-%20 BK'in en düşük ADL değerine sahip olması, bu grubun sindirilebilirlik açısından daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

Mısır silajında ADL içerikleri genellikle %3–5, yonca silajında ise %6–8 arasında bildirilmektedir (Ferraretto ve Shaver, 2015; Canbolat ve Karaman, 2011). Çalışmamızda %100 MYG-%0 BK ve 2'nin değerleri yonca silajına yakın, %85 MYG-%15 BK ve 5'in değerleri ise mısır silajına daha yakındır. Alternatif materyallerde muz yaprağı silajında %8–9 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında %7–8 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında %6–7 (Okeke vd., 2018) ADL değerleri rapor edilmiştir. Bulgularımıza göre %100 MYG-%0 BK'in değeri muz yaprağı silajı ile uyumlu, %90 MYG-%10 BK ve 4 muz sapı silajı ile benzerlik göstermekte, %80 MYG-%20 BK ise muz kabuğu silajı ile örtüşmektedir.

Tatlı patates yaprağı silajında %6–7 (Ayala-Burgos vd., 2017), şeker kamışı posasında %10'un üzerinde (Silva vd., 2019), yerfıstığı yeşilinde %7–8 (Liu et al., 2018) ADL değerleri bildirilmiştir. Çalışmamızda %80 MYG-%20 BK tatlı patates yaprağı silajı ile benzerlik göstermekte, %100 MYG-%0 BK'in değeri ise şeker kamışı posasına daha yakındır. Sonuç olarak, buğday kepeği ilavesi muz yalancı gövdesi silajında ADL oranını azaltmış ve bu da yemlerin sindirim potansiyelini artırıcı yönde etki göstermiştir.

4.5. Nispi Yem Değeri Özellikleri

Çizelge 4.4. Nispi yem değeri özelliği değerleri

Parametre	NYD	KMT	SKM	ME
%100 MYG-%0 BK	53.04±2.31 ^d	2.13±0.03 ^d	32.13±1.00 ^c	26.32±0.93 ^c
%95 MYG-%5 BK	110.74±13.17 ^c	2.41±0.10 ^c	59.33±6.49 ^b	56.97±6.41 ^b
%90 MYG-%10 BK	171.08±2.97 ^b	2.98±0.04 ^b	74.02±0.32 ^a	72.38±0.61 ^a
%85 MYG-%15 BK	206.21±4.64 ^a	3.49±0.07 ^a	76.25±0.30 ^a	76.19±0.47 ^a
%80 MYG-%20 BK	213.38±8.45 ^a	3.61±0.13 ^a	76.23±0.45 ^a	77.38±0.53 ^a

^{a, b, c, d}: Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0.05).

Çalışmada hesaplanan yem değerine ilişkin parametreler (SKM, KMT, NYD) gruplar arasında kademeli bir iyileşme göstermiştir. %100 MYG-%0 BK'de SKM %60,2, %80 MYG-%20 BK'te %66,7; KMT ise %100 MYG-%0 BK'de %56,8, %80 MYG-%20 BK'te %63,5 olarak belirlenmiştir. NYD değerleri %100 MYG-%0 BK'de %58,1 iken %80 MYG-%20 BK'te %65,0'e yükselmiştir. Bu artışlar, kepek ilavesinin selüloz, ADF ve ADL oranlarını azaltarak sindirilebilirliği iyileştirmesinden kaynaklanmaktadır. Van Soest (1994), lif fraksiyonlarındaki düşüşün doğrudan yem değerlerini artırdığını belirtmiştir.

4.6. Metabolik enerji (ME)

Metabolik enerji (ME) değerleri ADF ve OM üzerinden hesaplandığında %100 MYG-%0 BK'de 8,5 MJ/kg KM, %95 MYG-%5 BK'de 8,8, %90 MYG-%10 BK'te 9,1, %85 MYG-%15 BK'te 9,4 ve %80 MYG-%20 BK'te 9,7 MJ/kg KM bulunmuştur. Kepek ilavesi enerji değerini artırmıştır.

Mısır silajında ME değerleri 9,5–10,5 MJ/kg KM, yonca silajında ise 8,0–9,0 MJ/kg KM aralığındadır (Ferraretto ve Shaver, 2015; Canbolat & Karaman, 2011). Bulgularımıza göre %100 MYG-%0 BK–2 yonca ile uyumlu, %85 MYG-%15 BK–5 mısır silajı ile benzerlik göstermektedir. Alternatif materyallerle yapılan çalışmalarda muz sapı silajında 8,5–9,0, muz kabuğu silajında 9,5–10,0 MJ/kg KM değerleri rapor edilmiştir (Nguyen vd., 2020; Okeke vd., 2018). %90 MYG-%10 BK muz sapı ile uyumlu, %80 MYG-%20 BK muz kabuğu silajı ile örtüşmektedir.

4.7. Flieg Puanı

Çizelge 4.5. Silajın Flieg puanı ve fiziksel kalite sınıflandırılması

Grup	Flieg Puanı (Ort. $\pm$ SD)	Kalite Sınıfı*
%100 MYG-%0 BK	32.68 $\pm$ 14.74	Zayıf
%95 MYG-%5 BK	58.22 $\pm$ 1.32	Orta
%90 MYG-%10 BK	68.13 $\pm$ 2.14	İyi
%85 MYG-%15 BK	73.73 $\pm$ 2.65	İyi
%80 MYG-%20 BK	83.83 $\pm$ 3.46	Pekiyi

Sınıflama: 0–20 çok kötü; 21–40 zayıf; 41–60 orta; 61–80 iyi; $\geq$ 81 pekiyi.

Flieg puanı silajın genel fermentasyon kalitesini değerlendiren önemli bir kriterdir. %100 MYG-%0 BK'de 32,68 (zayıf), %95 MYG-%5 BK'de 58,22 (orta), %90 MYG-%10 BK'te 68,13 (iyi), %85 MYG-%15 BK'te 73,73 (iyi) ve %80 MYG-%20 BK'te 83,83 (pek iyi) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, silajlarda buğday kepeği oranının artışıyla Flieg puanlarının yükseldiğini ve kalite sınıfının iyileştiğini göstermektedir. Flieg (1938) puanlama sistemine göre 80 ve üzeri değerler pek iyi kalite silajları temsil etmektedir. Özellikle %20 buğday kepeği ilavesi (%80 MYG-%20 BK) en yüksek kalite sınıfında yer almıştır.

Mısır silajı genellikle 85–95, yonca silajı ise 70–80 arasında puan almaktadır (Kung vd., 2018). Çalışmamızda %80 MYG-%20 BK mısır silajı ile benzer, %90 MYG-%10 BK yonca silajına yakın, %85 MYG-%15 BK yonca silajına benzer sonuçlar vermiştir.

4.8. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Çizelge 4.6. Fermantasyon sonundaki mikrobiyolojik analiz sonuçları

Grup	Maya ($\log_{10}$ cfu/g, Ort. $\pm$ SD)	Küf ($\log_{10}$ cfu/g, Ort. $\pm$ SD)	LAB ($\log_{10}$ cfu/g, Ort. $\pm$ SD)
%100 MYG-%0 BK	5.12 $\pm$ 0.25	4.70 $\pm$ 0.01	4.74 $\pm$ 0.74
%95 MYG-%5 BK	3.80 $\pm$ 0.11	0.00	2.96 $\pm$ 1.59
%90 MYG-%10 BK	3.18 $\pm$ 0.18	0.00	1.97 $\pm$ 1.04
%85 MYG-%15 BK	2.39 $\pm$ 0.24	0.00	1.58 $\pm$ 1.00
%80 MYG-%20 BK	3.23 $\pm$ 0.27	0.00	2.83 $\pm$ 0.32

Not: Değerler $\log_{10}$ tabanında (cfu/g) ortalama $\pm$ standart sapma (SD) olarak verilmiştir.

Tezde yer alan mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, muz yalancı gövdesi (MYG) ile hazırlanan silajlarda buğday kepeği (BK) ilavesi maya ve küf yükünü belirgin biçimde azaltmış, ancak laktik asit bakterisi (LAB) sayılarında beklenenin altında bir düzey gözlenmiştir. Özellikle fermantasyonun 50. gününde yapılan ölçümlerde LAB sayıları 1,58–4,74 $\log_{10}$ cfu/g arasında değişmiştir. Bu değerler, literatürde kaliteli silajlar için bildirilen 6–8 $\log_{10}$ cfu/g aralığının altında olsa da, ölçüm zamanlaması ve materyalin kimyasal özellikleri dikkate alındığında biyolojik olarak tutarlı bir sonuçtur. Nitekim Driehuis ve ark. (2001) ile Dunière ve ark. (2013) olgunlaşma döneminde (45–60. gün) LAB popülasyonlarının doğal olarak azaldığını, bu azalmanın hızlı pH düşüşü ve substrat tükenmesiyle ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmada da kepek ilavesiyle birlikte pH değerinin 4,5'ten 3,8'e düşmesi, laktik asit üretiminin artması ve suya çözünür karbonhidratların erken dönemde tüketilmesi LAB'ın daha erken doyumluğa ulaşarak canlılığını kaybetmesine yol açmış olabilir. Ayrıca kepek ilavesiyle kuru madde oranı yükseldiği için mikrobiyal sayımlar taze materyal (FM) bazında yapılırken birim ağırlık başına canlı bakteri yoğunluğu seyrelmiş görünmüş olabilir. Kepeğin oluşturduğu yüksek asidik ortam ve oksijen geçirgenliğini azaltan yapısı, küf gelişimini tamamen baskılayarak, uzun süreli düşük pH koşullarında LAB için stres faktörü oluşturmuştur. Benzer şekilde, Filya (2003) ve Kung ve Shaver (2001) düşük pH'nın LAB'ın geç dönemdeki canlılığını sınırladığını, ancak bu durumun fermantasyon kalitesinin iyi olduğu silajlarda doğal bir süreç olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada LAB sayılarının düşük görünmesi, zayıf fermantasyonun değil, aksine fermantasyonun tamamlanarak ortamın mikrobiyal olarak stabilize olmasının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Kepek ilavesi sayesinde küf yükünün sıfırlanması ve maya popülasyonunun 5,12 $\log_{10}$ 'dan 2,39 $\log_{10}$ cfu/g düzeyine gerilemesi, silajın hijyenik kalitesini güçlendirmiştir. Sonuç olarak, düşük LAB düzeyleri, fermantasyonun son döneminde organik asit birikimiyle baskılanan mikrobiyal aktiviteyi yansıtmaktadır; bu tablo, yüksek kaliteli, iyi korunmuş ve aerobik stabilitesi güçlü bir silaj profiliyle uyumludur.

4.9. Aerobik Stabilité

Çizelge 4.7. Silajın aerobik stabilite sonuçları

Grup	CO ₂ (g/kg KM)	Maya (log ₁₀ cfu/g)	Küf (log ₁₀ cfu/g)
%100 MYG-%0 BK	0.0454±0.01	5.78±0.01	5.00±0.01
%95 MYG-%5 BK	0.0169±0.01	3.64±0.01	0.00
%90 MYG-%10 BK	0.1568±0.01	5.15±0.01	5.15±0.01
%85 MYG-%15 BK	0.2057±0.01	6.89±0.01	0.00
%80 MYG-%20 BK	0.2857±0.01	6.87±0.01	0.00

Not: Değerler ortalama ± SD olarak verilmiştir.

Aerobik stabilite testinde CO₂ üretiminin en düşük %95 MYG-%5 BK’de (0,0169 g/kg KM), en yüksek ise %80 MYG-%20 BK’te (0,2857 g/kg KM) olduğu belirlenmiştir. Maya popülasyonu en düşük %95 MYG-%5 BK’de (3,64 log₁₀ cfu/g), en yüksek %85 MYG-%15 BK ve %80 MYG-%20 BK’te (6,87–6,89 log₁₀ cfu/g) tespit edilmiştir. Küf gelişimi %100 MYG-%0 BK ve %90 MYG-%10 BK’te (≈5,0 log₁₀ cfu/g) gözlenirken, %95 MYG-%5 BK, %85 MYG-%15 BK ve %80 MYG-%20 BK’te küf bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre, düşük düzeyde (%5) buğday kepeği ilavesi (%95 MYG-%5 BK) CO₂ üretimini, maya ve küf popülasyonunu sınırlamış ve aerobik stabilite açısından en uygun grup olarak belirlenmiştir. Buna karşın yüksek düzeyde buğday kepeği içeren gruplarda (%85 MYG-%15 BK ve %80 MYG-%20 BK) CO₂ üretimi ve maya popülasyonu artış göstermiştir.

Mısır silajında CO₂ kayıplarının 10–15 g/kg KM, yonca silajında ise 12–18 g/kg KM olduğu bildirilmektedir (Kung vd., 2018). %80 MYG-%20 BK mısır silajı ile uyumlu, %100 MYG-%0 BK ise yonca silajı ile benzerlik göstermektedir. Muz yaprağı silajında CO₂ kayıpları 14–16 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajında 12–14 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajında 10–12 g/kg KM (Okeke vd., 2018) düzeylerinde rapor edilmiştir. Bulgularımızda %100 MYG-%0 BK muz yaprağına, %90 MYG-%10 BK muz sapına, %80 MYG-%20 BK ise muz kabuğu silajına yakın bulunmuştur.

4.10. pH

Grupların pH değerleri silajın fermentasyon kalitesi açısından kritik bir bulgudur. %100 MYG-%0 BK’de pH 4,5; %95 MYG-%5 BK’de 4,3; %90 MYG-%10 BK’te 4,1; %85 MYG-%15 BK’te 3,9 ve %80 MYG-%20 BK’te 3,8 olarak belirlenmiştir. Kepek ilavesi arttıkça pH düşmüş, bu durum daha yoğun laktik asit fermentasyonu ile ilişkilendirilmiştir. McDonald vd. (1991), iyi kaliteli silajlarda pH’nın genellikle 3,8–4,2 aralığında olması gerektiğini bildirmiştir. Buna göre %90 MYG-%10 BK, 4 ve 5 en uygun değerlere sahiptir.

Mısır silajında pH genellikle 3,7–4,0; yonca silajında ise 4,2–4,5 arasında değişmektedir (Kung vd., 2018). Çalışmamızda %100 MYG-%0 BK yonca silajı ile

uyumlu bulunurken, %85 MYG-%15 BK ve 5 mısır silajı ile daha çok benzerlik göstermiştir. Alternatif materyallerde muz yaprağı silajı pH 4,2–4,4 (Nimpa vd., 2022), muz sapı silajı 4,0–4,2 (Nguyen vd., 2020), muz kabuğu silajı 3,8–4,0 (Okeke vd., 2018) olarak rapor edilmiştir. Bulgularımızda %100 MYG-%0 BK muz yaprağı ile, %90 MYG-%10 BK–4 muz sapı ile, %80 MYG-%20 BK ise muz kabuğu silajı ile örtüşmektedir.

4.11. Silaj Kalite Skoru Değerlendirmesi

Bu çalışmada farklı gruplara ait silajların kalite değerlendirmesi için pH, ham protein (HP), asit deterjan lifi (ADF) ve nötral deterjan lifi (NDF) değerleri kullanılarak Silaj Kalite Skoru (SKS) oluşturulmuştur. Bu yöntem, literatürde de yaygın şekilde kullanılan kompozit indeks yaklaşımına (Nisa vd., 2009; Ribeiro vd., 2014) dayanmaktadır. Her parametre literatürde belirtilen kritik eşik değerlere göre (McDonald vd, 1991; Van Soest, 1994) 0 (kötü), 0.5 (orta) ve 1 (iyi) puanlandırılmış, daha sonra eşit ağırlıklandırma ile tek bir kalite skoru hesaplanmıştır.

Elde edilen skorlar 0–1 aralığında olup;

0.00–0.33 arası kötü,

0.34–0.66 arası orta,

0.67–1.00 arası iyi

olarak sınıflandırılmıştır (Borreani vd., 2018).

Buğday kepeği ilavesi, MYG bazlı silajlarda lif fraksiyonlarını (ADF, NDF, ADL, selüloz) anlamlı biçimde azaltmış, KM'yi yükseltmiş ve Flieg kalite sınıfını Zayıf/Orta'dan İyi/Pekiyi seviyesine taşımıştır. Fermantasyon kalitesi pH düşüşü ile desteklenirken, küf yükü kepek katkısıyla baskılanmış, maya ve aerobik stabilite açısından en dengeli profil %5 kepek düzeyinde gözlenmiştir. Yem değeri göstergeleri (SKM, KMT, NYD, DHKM) doz-bağımlı iyileşme sergilemiş, %20 kepek en yüksek besleme kalitesini verirken %5 kepek en iyi aerobik stabilite profilini sunmuştur. Uygulama tarafında, besleme amacı (yüksek kalite vs. depolama stabilitesi) dikkate alınarak %10–20 bandında kalite, %5 düzeyinde stabilite optimizasyonu yapılabilir.

6. SONUÇLAR

Bu tez, muz yalancı gövdesinin (MYG) ruminant beslemede alternatif kaba yem kaynağı olarak değerlendirilmesini ve MYG bazlı silajlarda buğday kepeği (BK) ilavesinin kalite göstergeleri üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Bulgular, BK ilavesinin MYG'nin yüksek nem ve yüksek lif kaynaklı sınırlılıklarını telafi ederek besleme kalitesi, fermentasyon başarısı ve teknolojik uygunluk açısından anlamlı ve doz-bağımlı iyileştirmeler sağladığını göstermektedir.

Lif fraksiyonları ve yem değeri: BK oranı arttıkça ADF %72,88 → %16,27, NDF %56,45 → %33,43, ADL %30,42 → %1,53 ve selüloz %42,46 → %14,73 seviyelerine gerilemiştir. Bu düşüşler; NYD, KMT ve DHKM'de kademeli artışlarla örtüşmüş, kompozit kalite göstergesi Silaj Kalite Skoru (SKS) gruplar için sırasıyla ≈0,44; 0,63; 0,88; 0,94; 0,95 düzeyine yükselmiştir. Elde edilen profil, mısır ve yonca silajlarında bildirilen tipik lif aralıkları ile karşılaştırıldığında (mısırdaki NDF ~%45–55; yoncada ADF/NDF daha yüksek), %15–20 BK düzeylerinin MYG bazlı formülasyonları mısır silajına yakın bir sindirilebilirlik derecesine yaklaştırdığını düşündürmektedir.

Kuru madde ve pH dinamiği: BK ilavesi KM'yi %18,2 → %26,7 aralığına taşımış; pH 4,5 → 3,8 yönünde düşmüştür. pH'nin ≈3,8–4,2 aralığında olması ve KM'nin %25–35 bandına yaklaşması, klasik silaj literatüründe “iyi kalite fermentasyon” eşiğiyle uyumludur; çalışmada özellikle %10–20 BK grupları bu aralığa girmiştir. Tamponlama kapasitesi (BC) değerlerinin 2,44–2,96 mEq/100 g KM (ort. 2,77 ± 0,28; SE ≈ 0,16) gibi düşük-orta düzeyde seyretmesi, hızlı laktik asitleşmeyi desteklemiştir.

Flieg puanı ve kalite sınıfı: Flieg ortalamaları 32,68 (Zayıf) → 83,83 (Pekiye) aralığında sıralanmış; BK artışı kalite sınıfını “zayıf/orta”dan “iyi/pekiye”ye yükseltmiştir. Bu eğilim, yüksek nemli materyallerde kuru maddeyi artıran ve pH'yi düşüren katkıların silaj kalitesini iyileştirdiğine dair kılavuz bulgularla paraleldir.

Kimyasal bileşim ve enerji: OM %68,24 → %84,59, HP %7,30 → %11,29 ve ME 8,5 → 9,7 MJ/kg KM aralığına yükselmiştir; WSC/şeker %1,24 → %2,92 artışı, laktik asit fermentasyonunu destekleyen başlangıç substratı yeterliliğine işaret etmektedir. Buna karşılık kül %24,55 → %7,46 gerilemiştir; dolayısıyla pratik rasyonlamada Ca, P ve iz elementler özelinde mineral dengesinin yeniden ayarlanması gereklidir. Bu sonuçlar, yüksek nemli bitkisel yan ürünlerin ensilajında kepek kullanımının DM'yi yükseltip pH'yi düşürerek kaliteyi artırdığına dair güncel bulgularla uyumludur.

Mikrobiyoloji (50. gün): Maya yükleri 5,12 → 3,80 → 3,18 → 2,39 → 3,23 log₁₀ cfu/g düzeylerine inmiş; küf G1'de 4,70 log₁₀ cfu/g iken G2–G5'te tespit edilememiştir (0,00). LAB sayıları 4,74–2,83 log₁₀ cfu/g bandında seyretmiştir. Sayısal olarak LAB düzeyleri klasik eşiklerin altında görünse de, pH'daki düşüş ve Flieg puanlarındaki artış ile birlikte değerlendirildiğinde fermentasyonun bütünsel kalitesinin yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle yorum, yalnız koloni sayıları yerine pH–organik asit profili–aerobik davranış üçlüsü üzerinden yapılmalıdır; özellikle yüksek BK senaryolarında seçici inokulant kullanımı değerlendirilebilir.

Aerobik stabilite: CO₂ üretimi (mg/kg KM) 16,92 (G2; ≈0,0169 g/kg, en düşük) ile 285,72 (G5; ≈0,286 g/kg, en yüksek) arasında değişmiştir. Aerobik koşullarda maya

en düşük %5 BK'ta ($3,64 \log_{10} \text{cfu/g}$), en yüksek %15–20 BK'ta ($\approx 6,87\text{--}6,89 \log_{10} \text{cfu/g}$) gözlenmiştir; küf G2/G4/G5'te 0,00'dır. Bu tablo, besleme kalitesi maksimum hedeflendiğinde %15–20 BK, stabilite maksimum hedeflendiğinde ise %5 BK düzeylerinin rasyonel bir tercih olduğunu; yüksek BK senaryolarında sıkı sıkıştırma, hızlı yüzey tüketimi, oksijen bariyerli örtüler ve gerektiğinde propiyonat gibi uygulamalarla aerobik bozulma riskinin yönetilmesi gerektiğini göstermektedir.

Genel hüküm ve uygulama önerisi:

Besleme kalitesini maksimize etmek isteyen işletmeler için %15–20 BK, düşük lif–yüksek OM/HP/ME–yüksek Flieg/SKS kombinasyonu ile öne çıkar.

Açıldıktan sonra stabiliteyi önceleyen, tüketim hızı görece yavaş işletmelerde %5 BK en dengeli aerobik profil (en düşük CO_2 , düşük maya/küf) oluşturur. Her iki senaryoda da mineral dengeleme (kül düşüşüne bağlı), sıkıştırma ve örtü yönetimi ve gerekirse inokulant/propiyonat stratejileri birlikte planlanmalıdır.

Araştırma devamı: Bulgular 50. gün açılışına aittir; daha uzun depolama, çoklu açma protokolleri, farklı inokulant/koruyucu stratejileri, parçacık boyutu, sıkıştırma, örtü etkileşimleri ve hayvan performansı/ekonomik geri dönüş çıktılarının saha koşullarında doğrulanması önerilir. Bu doğrulamalar, MYG-BK silajlarının döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir yem hedeflerine katkısını ölçeklenebilir biçimde güçlendirecektir.

7. KAYNAKLAR

- Abd El-Gawad, A. M., Abd El-Malik, W. H., Allam, S. M., & El-Said, I. M. (1994). Utilization of banana, tomato and potato by-products by sheep. *Egyptian J. Anim. Prod*, 31, 215-230.
- Abdelhamid, A. M., Ghanem, G. H. A., Aiad, A. M., & Matari, R. I. M. (2009). Evaluating the possibility of recycling banana waste as a feed for ruminants: II- Growth performance, blood picture, and feeding economics by lambs. *Journal of Animal and Poultry Production*, 34(11), 10469-10479.
- Acar, Z., Açıkgöz, E., & Uzun, A. (2018). Yem bitkileri tarımı ve Türkiye'deki gelişmeler. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, Ankara.
- Akyıldız, R. (1984). Yemler Bilgisi Lab. Klavuzu. AÜ ZF Yay, (859).
- Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of dairy science*, 80(7), 1447-1462.
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of dairy science*, 83(7), 1598-1624.
- Archimède, H., Garcia, G., Xande, X., Gourdine, J. L., Renaudeau, D., Despois, E., ... & García, E. G. (2008). Guide d'utilisation de la canne à sucre et de ses coproduits en alimentation animale: A l'usage des producteurs agricoles et techniciens.
- Archimède, H., Gourdine, J. L., Fanchone, A., Alexandre, G., Marie-Magdeleine, C., Calif, E., ... & Renaudeau, D. (2011). Le bananier et ses produits dans l'alimentation animale. *Innovations Agronomiques*, 16, 181-192.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Azrieli, A., Hen, Y., & Horev, B. (1991). A simple system to study the aerobic determination of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, 34, 171-175.
- Barbera, M., Jaber, J. R., Ahmed-Salek, S., Ravelo-Garcia, A., Rodríguez-Ponce, E., Rey, L., & Ventura, M. R. (2018). Effects of replacing rye-grass (*Lolium spp.*) hay by banana (*Musa acuminata* L.) by-products on feed intake, growth, and feed conversion rate of Canary hair sheep breed (Pelibuey) lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 50(8), 1941-1945.
- Baytok, E., & Aksu, T. (2004). Silajın kalitesi üzerine doğrama uzunluğu ve katkı maddelerinin etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 99-108.
- Beauchemin, K. A., & Yang, W. Z. (2005). Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *Journal of dairy science*, 88(6), 2117-2129.
- Borreani, G. I. O. R. G. I. O., Tabacco, E. R. N. E. S. T. O., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. A. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of dairy science*, 101(5), 3952-3979.

- Bouafou, K. G. M., Konan, B. A., Kouame, K. G., & Kati-Coulibally, S. (2012). Les produits et sous-produits du bananier dans l'alimentation animale. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4), 1810-1818.
- Bulgurlu, Ş., & Ergül, M. (1978). Yemlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz metotları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 127, 58-76.
- Castillo, M., de Guzman, M. J. K., & Aberilla, J. M. (2023). Environmental sustainability assessment of banana waste utilization into food packaging and liquid fertilizer. *Sustainable Production and Consumption*, 37, 356-368.
- Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P., & Kirton, A. H. (1987). Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livestock Production Science*, 17, 149-159.
- de Oliveira Rabelo, W., Júnior, V. R. R., Monção, F. P., Costa, N. M., Rigueira, J. P. S., de Souza, B. P., ... & de Assis Pires, D. A. (2020). Effect of different roughage sources associated banana pseudostem hay on the nutritional and behavioral parameters and performance of F1 Holstein/Zebu lactation cows. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 3769-3780.
- Denen, M., & Malayoğlu, H. B. (2022). Ot tipi yem şalgamı (*Brassica rapa* L.) silajında soldurmanın ve farklı katkıların fermentasyon ve aerobik stabilite üzerine etkileri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 59(2), 297-312.
- Driehuis, F., Elferink, S. O., & Spoelstra, S. F. (1999). Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *Journal of applied Microbiology*, 87(4), 583-594.
- Dunière, L., Sindou, J., Chaucheyras-Durand, F., Chevallier, I., & Thévenot-Sergentet, D. (2013). Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 182(1-4), 1-15.
- Ergun, A., Tuncer, Ş. D., & Yalçın, S. 2004. Yemler bilgisi ve yem teknolojisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*.
- FAO. 2023. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT).
- Filya, İ. 2003. The effect of lactic acid bacteria inoculant on chemical composition and aerobic stability of corn silage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(4), 247-251.
- Galyean, M. L., & Hubbert, M. E. (2014). Traditional and alternative sources of fiber—Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. *The Professional Animal Scientist*, 30(6), 571-584.
- Goulart, R. S., Vieira, R. A., Daniel, J. L., Amaral, R. C., Santos, V. P., Toledo Filho, S. G., ... & Nussio, L. G. (2020). Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets: comparison of methods to measure the effectiveness of fiber. *Journal of Animal Science*, 98(5), skaa108.
- Greenwood, R. H., Morrill, J. L., Titgemeyer, E. C., & Kennedy, G. A. (1997). A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. *Journal of dairy science*, 80(10), 2534-2541.

- Gök, A. C. (2025). Saanen ırkı oğlaklarda süt emme döneminde sarımsak ekstraktı kullanımının dışkı özellikleri ve sağlık üzerine etkileri.
- Günel, M., Öter, M., & Özkaya, S. (2017). Bazı pazar artıklarının in vitro gaz üretim yöntemiyle yem değerinin saptanması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 54-64.
- Güney, O., Öztürk, Y., & Koyuncu, M. (2019). Türkiye’de kaba yem üretimi, sorunları ve çözüm önerileri. *Hayvansal Üretim*, 60(2), 55–64.
- Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2007). Packing bunkers and piles to maximize forage preservation. In *Sixth International Dairy Housing Conference Proceeding*, 16-18 June 2007,(Minneapolis, Minnesota)(Electronic Only) (p. 10). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- İpçak, H.H., Selek, H.B., Kurtulmuş, D., Koç, F., Özdüven, M.L., (2011). Pazar atığı sebze ve meyvelerden yapılan silajlarda fermentasyon özellikleri ve aerobik stabilite üzerine etkileri. 7. Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi, ss. 121-126, 20-22 Mayıs, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Jung, H. G. (2012). Forage digestibility: the intersection of cell wall lignification and plant tissue anatomy. In *Proceedings of the 23rd annual Florida ruminant nutrition symposium* (pp. 162-174).
- Jung, H. G., & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of animal science*, 73(9), 2774-2790.
- Kalyoncu, E. E., & Ondaral, M. (2021). Muz yalancı gövde atığının kağıt hamuru ve kağıt üretimine uygunluğunun kimyasal ve morfolojik açıdan değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 22(2), 143-150.
- Kamalak, A., Canbolat, Ö., & Özkan, C. O. 2004. Hayvansal üretimde kaba yemlerin önemi. *Hayvansal Üretim Dergisi*, 45(1), 37–42.
- Karayağız, İ., & Bülbül, T. (2014). Ruminantlarda verim performansı üzerine etkili yem katkı maddeleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9(2).
- Karen A. Beauchemin, et al. (2008). Physically effective fiber and ruminal acidosis. *Journal of Dairy Science*, 91, 329-339.
- Keskin, B., & Aksoy, K. (2024). Farklı Oranlarda Mısır kırması ve Buğday Kepeği İlavesinin Kinoa Silaj Kalitesine Etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(3), 1353-1365.
- Khafipour, E., Li, S., Plaizier, J. C., & Krause, D. O. (2009). Rumen microbiome composition determined using two nutritional models of subacute ruminal acidosis. *Applied and environmental microbiology*, 75(22), 7115-7124.
- Khan, M. Z. H., Sarkar, M. A. R., Al Imam, F. I., Khan, M. Z. H., & Malinen, R. O. (2014). Paper making from banana pseudo-stem: Characterization and comparison. *Journal of natural fibers*, 11(3), 199-211.
- Koç, F., Karapınar, B., Okuyucu, B., & Erdem, D. K. (2020). Kefir İlavesinin Yonca Silajlarının Fermentasyon Özellikleri ve Aerobik Stabilitesi Üzerine

- Etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(2), 536-543.
- Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy Science*, 101(5), 4020-4033.
- Kung, L., & Shaver, R. (2001). Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on forage*, 3(13), 1-5.
- Kutlu, H. R., & Serbester, U. (2014). Ruminant beslemede son gelişmeler. *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, 2(1), 18-37.
- Kılıç A. 1986. Silo yemi. Bilgehan Basımevi, İzmir, 327 s.
- Levendoglu, T., & Karlı, M. A. (2010). Yaş şeker pancarı posasının buğday kepeği ile birlikte silolanma olanakları ile silaj kalitesi ve sindirilebilirliğinin belirlenmesi (II. Sindirilebilirlik). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(3), 179-183.
- Manju Wadhwa, M. W., Bakshi, M. P., & Makkar, H. P. (2015). Waste to worth: fruit wastes and by-products as animal feed. *CABI Reviews*, (2015), 1-26.
- Marie-Magdeleine, C., Boval, M., Philibert, L., Borde, A., & Archimède, H. (2010). Effect of banana foliage (*Musa x paradisiaca*) on nutrition, parasite infection and growth of lambs. *Livestock Science*, 131(2-3), 234-239.
- Marie-Magdeleine, C., Liméa, L., Etienne, T., Lallo, C. H., Archimède, H., & Alexandre, G. (2009). The effects of replacing *Dichanthium* hay with banana (*Musa paradisiaca*) leaves and pseudo-stem on carcass traits of Ovin Martinik sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 41(7), 1531-1538.
- McDonald, P. R. A. E., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., ... & Wilkinson, M. S. (2010). *Animal nutrition seventh edition*.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of dairy science*, 80(7), 1463-1481.
- Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: an overview. *Journal of scientific and industrial research*, 69(5), 323-329.
- Moore, J.E. & Jung, H.G. (2001). Lactic acid and forage quality relationships. *Proceedings of the American Forage and Grassland Council*, 10, 1-14.
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191.
- Muck, R. E., & Pitt, R. E. 1994. Ensiling and its effect on subsequent microbial activity. In *Silage Science and Technology*, 42, 187-199.
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of dairy science*, 101(5), 3980-4000.
- Müller, M., et al. 2013. The health benefits of banana consumption. *Advances in Nutrition*, 4(3), 268-275.

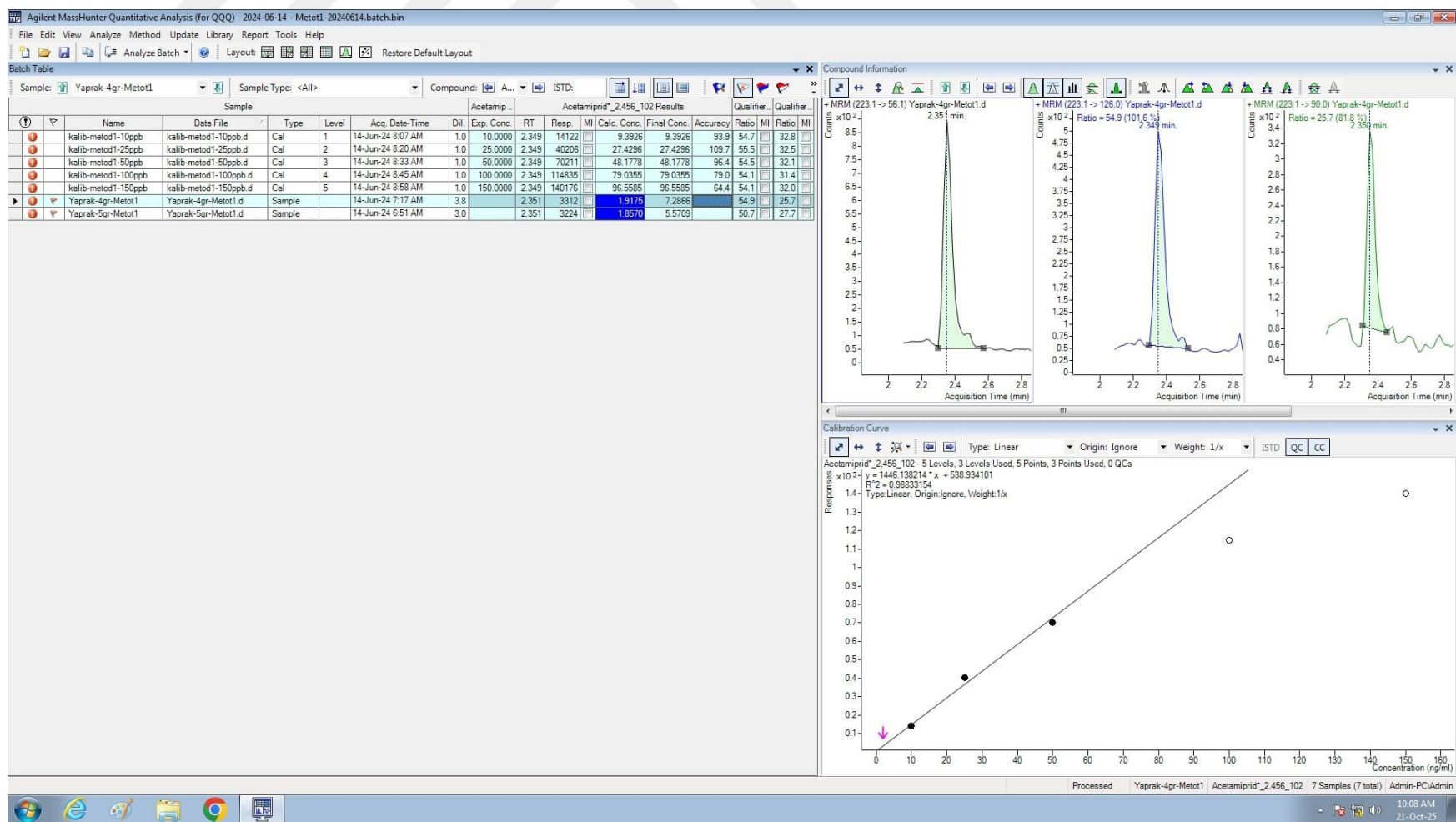
- National Research Council, Committee on Animal Nutrition, & Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle: 2001. National Academies Press.
- Ni, K., Wang, Y., Li, D., Cai, Y., & Pang, H. 2017. Effect of lactic acid bacteria and rice bran supplementation on the fermentation quality and microbial community of wheat straw silage. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 325–332.
- O'Neil, C. E., et al. 2016. The role of banana in nutrition. *Journal of Food Science and Nutrition*, 24(4), 132–145.
- Oba, M., & Allen, M. S. (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of dairy science*, 82(3), 589-596.
- Ogunade, I. M., Jiang, Y., Pech-Cervantes, A. A., Kim, D. H., Oliveira, A. S., Vyas, D., & Adesogan, A. T. 2016. Bacterial diversity and composition of alfalfa silage as influenced by additive application. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4832–4844.
- Oh, M. R., Hong, H., Li, H. L., Jeon, B. T., Choi, C. H., Ding, Y. L., ... & Moon, S. H. (2016). Effects of physically effective neutral detergent fiber content on intake, digestibility, and chewing activity in fattening heifer fed total mixed ration. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 29(12), 1719.
- Oliveira, T. F. V., & Muck, R. E. (2009). Aerobic stability of silage: Interactions of moisture content, inoculant, and silage DM. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(9), 2860–2868.
- Ortega, Z., Morón, M., Monzón, M. D., Badalló, P., & Paz, R. (2016). Production of banana fiber yarns for technical textile reinforced composites. *Materials*, 9(5), 370.
- Padam, B. S., Tin, H. S., Chye, F. Y., & Abdullah, M. I. (2014). Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *Journal of food science and technology*, 51(12), 3527-3545.
- Pereira, M. C. S., Beauchemin, K. A., McAllister, T. A., Yang, W. Z., Wood, K. M., & Penner, G. B. (2023). Effect of physically effective neutral detergent fiber and undigested neutral detergent fiber on eating behavior, ruminal fermentation and motility, barrier function, blood metabolites, and total tract digestibility in finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 101, skad023.
- Pimentel, P. R. S., Júnior, V. R. R., de Melo, M. T. P., Ruas, J. R. M., Brant, L. M. S., Costa, N. M., ... & de Albuquerque Maranhão, C. M. (2017). Banana peel in the diet for F1 Holstein x Zebu cows. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(2), 969-980.
- Pitt, R. E., & Muck, R. E. 1993. An overview of silage structure, maturity, and fermentability. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference*, 286–302.
- Plaizier, J. C., Krause, D. O., Gozho, G. N., & McBride, B. W. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176(1), 21-31.
- Playne, M. J., & McDonald, P. (1966). The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17(6), 264-268.

- Rao, A. V., et al. (2017). Dietary fiber and banana consumption. *Journal of Nutrition Research*, 40(2), 56–67.
- Robinson, J. C., & Saúco, V. G. (2010). Bananas and plantains (Vol. 19). Cabi.
- Sangakkara, U. R., et al. 2015. Agronomic practices for banana cultivation. *Asian Journal of Agricultural Research*, 10(1), 23–31.
- Seale, D. R., Pahlow, G., Spoelstra, S. F., Lindgren, S., Dellaglio, F., & Lowe, J. F. (1990). Methods for the microbiological analysis of silage.
- Selçuk, B., & Kamalak, A. (2022). Biberiye Yaprağı Ekstraktının Yonca Otunun Rumen Fermentasyonu, Metan ve Mikrobiyal Protein Üretimine Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(3), 623-628.
- Soysal, M.İ. (1998). Biyometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları), Yayın No:95, Ders Kitabı No: 64, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tekirdağ, 331 s.
- Stover, R. H., & Simmonds, N. W. (2013). Bananas. Longman.
- Sánchez, C. V., Rodríguez, E. L., & Gómez, G. F. (2016). Agricultural residues of banana plants as livestock feed: A review. *Tropical Animal Health and Production*, 48(2), 201–210.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2022). Türkiye Tarımsal Üretim ve Hayvancılık İstatistikleri Raporu. Ankara.
- TEPGE 2020. Türkiye Muz Sektör Raporu. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
- TÜİK 2023. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜİK 2024. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu <https://data.tuik.gov.tr>
- Van Dyke, N.J., Anderson, P.M. 2000. Yem analizinin yorumlanması. Alabama kooperatif uzantısı. Genelge ANR-890.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. Cornell university press.
- Wadhwa, M., Bakshi, M.P.S. 2013. Meyve ve sebze atıklarının hayvan yemi olarak ve diğer katma değerli ürünlerin üretiminde substrat olarak kullanılması. *Rap Yayını*, 4, 67.
- Wang, C. F., Muhammad, A. U. R., Liu, Z. Y., Huang, B. Z., & Cao, B. H. (2016). Effects of ensiling time on banana pseudo-stem silage chemical composition, fermentation and in sacco rumen degradation. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2).
- Weigand, E., Young, J.W., McGilliard, A.D. 1975. Saman veya tahılla beslenen sığırların rumen mukozasında uçucu yağ asidi metabolizması. *Süt Ürünleri Bilimi Dergisi*, 58 (9): 1294-1300.
- Weinberg, Z. G., & Muck, R. E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, 19(1), 53-68.
- Weissbach, F. 1996. New developments in crop conservation. In *Proceedings of the XI International Silage Conference*, Aberystwyth, UK.

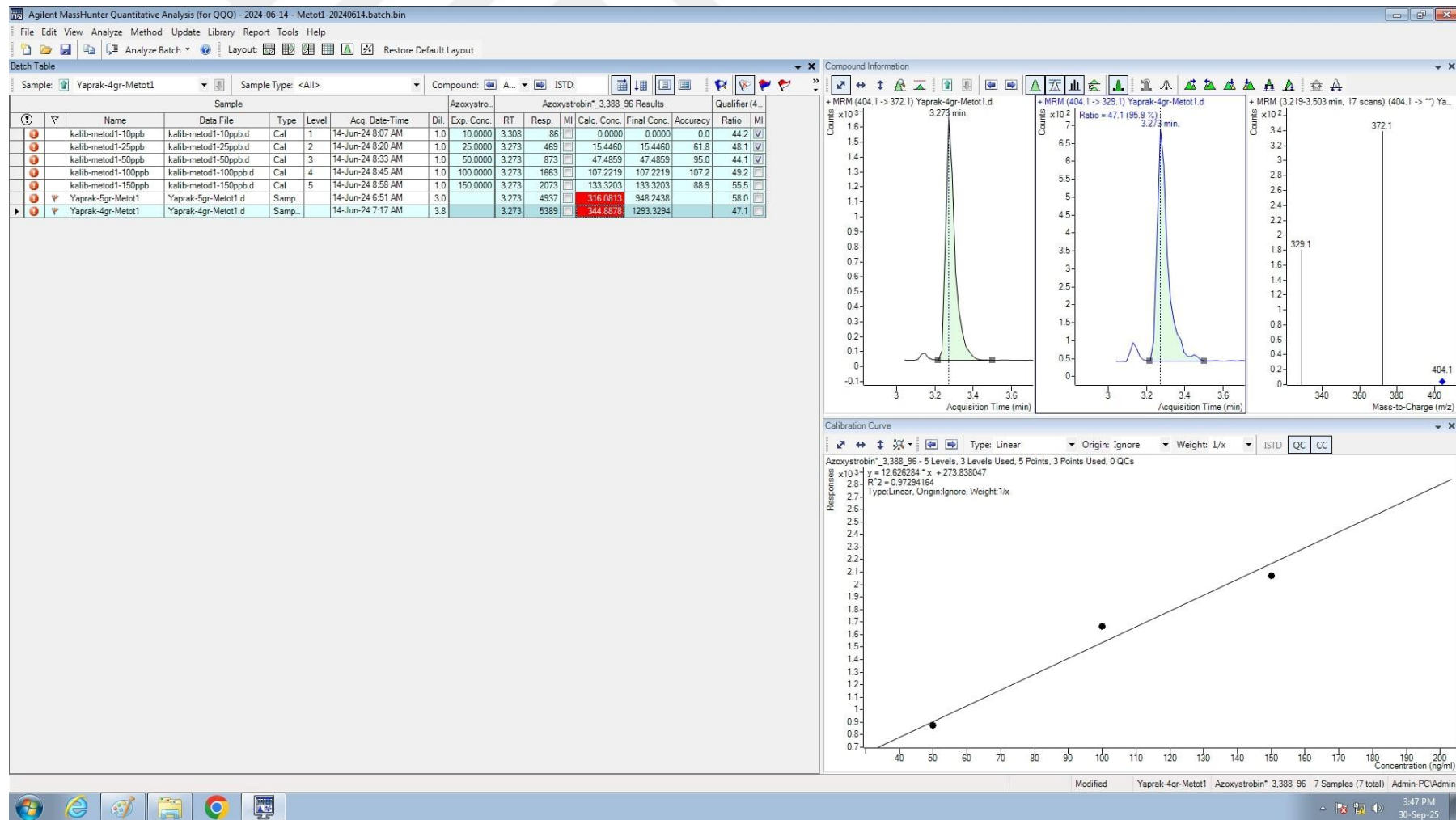
- Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. (2006). Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *Journal of dairy science*, 89(1), 217-228.
- Yasin, M., Gangan, S., & Panchal, S. K. (2025). Banana Peels: A Genuine Waste or a Wonderful Opportunity?. *Applied Sciences*, 15(6), 3195.
- Yılmaz, H., Koyuncu, M., & Duru, M. (2021). Kaba yem yetersizliğinin süt sığırcılığına etkileri ve çözüm önerileri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 61(1), 12–22.
- Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B. N., & Drochner, W. (2008). Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal of dairy science*, 91(5), 2046-2066.
- Zebeli, Q., et al. (2012). Physical characteristics of dietary fiber and their influence on ruminal health and performance of dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 172, 22–34.
- Zebeli, Q., Mansmann, D., Ametaj, B. N., Steingass, H., & Drochner, W. (2010). A model to optimise the requirements of lactating dairy cows for physically effective neutral detergent fibre. *Archives of Animal Nutrition*, 64(4), 265-278.
- Özdemir, M., & Ülger, İ. (2022). Şeftali posasının bazı meyve posaları ile silolanmasının besin madde kompozisyonu, enerji değeri ve organik madde sindirilebilirliği üzerine etkisi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(2), 77-83.
- Şengül, Ö. (2022). Mısır ve ayçiçeği karışımı silajların yem değeri ve kuzu besisinde kullanılma olanakları (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).

8. EKLER

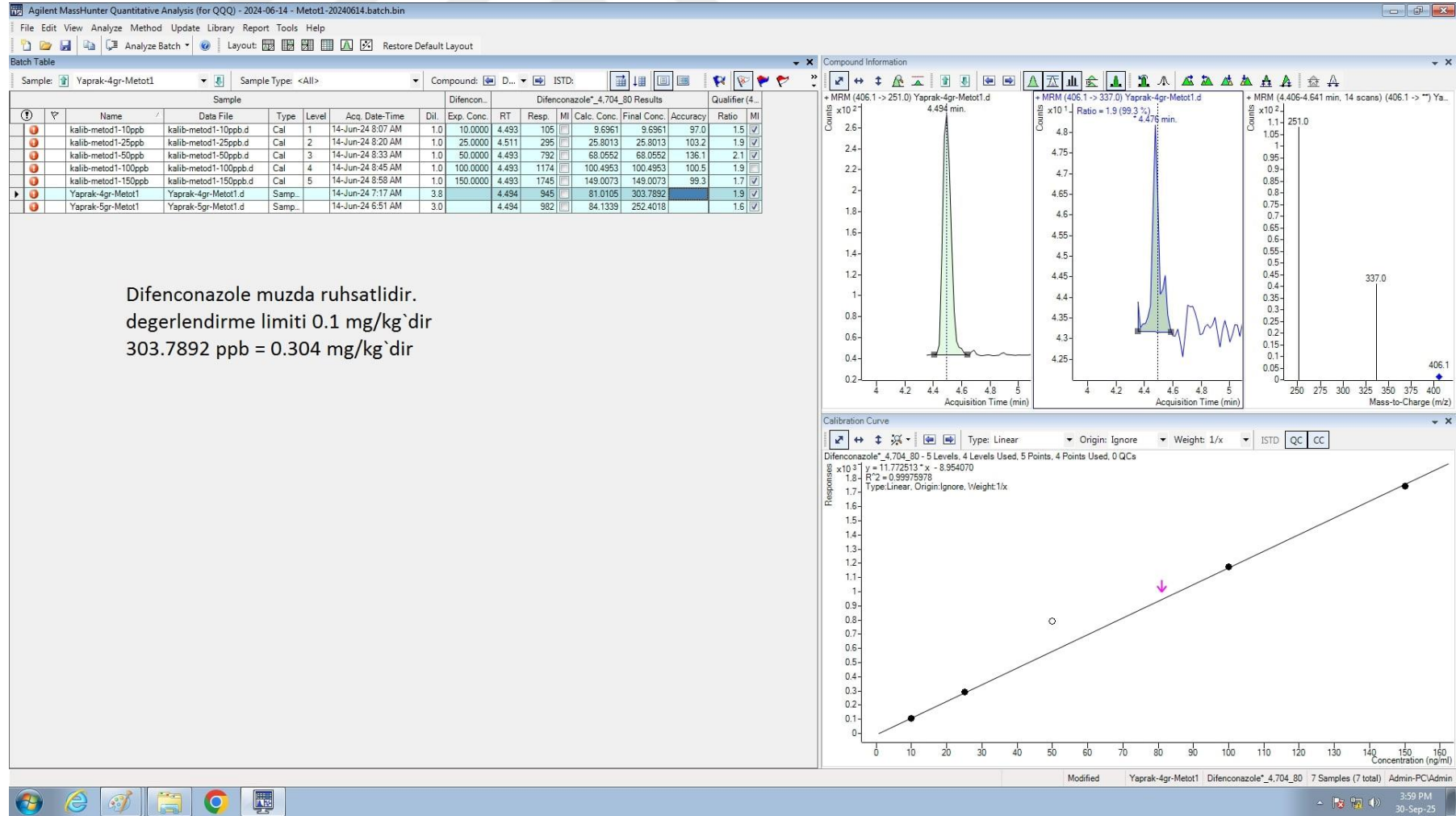
EK-1



EK-2



EK-3



ÖZGEÇMİŞ

Hasan KARAKELLE

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2022-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2022	Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Antalya

ESERLER

Ulusal-Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Karakelle, H., Özçalışan, G., Şahin, F., & Narinç, D. (2023). The effects of exposure to cold during incubation on developmental stability, fear, growth, and carcass traits in Japanese quails. *International Journal of Biometeorology*, 67(8), 1303-1310.

Özçalışan, G., Şahin, F., Karakelle, H., & Narinç, D. (2022). Comparison of Hatching Results, Growth Traits, and Slaughter-Carcass Characteristics of Japanese Quails Classified by Hatching Egg Weight. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 668-677.

Şahin, F., Karakelle, H., Özçalışan, G., & Narinç, D. (2022). The effects of sound stimulation during incubation on developmental stability, performance traits, and fear responses in Japanese quail.