



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

**FARKLI KATKI MADDELERİNİN *LEUCAENA*
LEUCOCEPHALA SİLAJININ BAZI KİMYASAL
PARAMETRELERİ VE
İN VİTRO SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Veteriner Hekim Mert ÖZMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Kadir Emre BUĞDAYCI

BURDUR-2025

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

**FARKLI KATKI MADDELERİNİN *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*
SİLAJININ BAZI KİMYASAL PARAMETRELERİ VE
İN VİTRO SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Veteriner Hekim Mert ÖZMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI
ANABİLİM DALI**

Danışman

Doç. Dr. Kadir Emre BUĞDAYCI

*“Bu Araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel
Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0965-YL-23 proje
numarası ile desteklenmiştir.*

BURDUR-2025

KABUL ve ONAY

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mert Özmen tarafından *Doç. Dr. Kadir Emre Buğdaycı* yönetiminde hazırlanan “*Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Leucocephala Silajının Bazı Kimyasal Parametreleri ve İn Vitro Sindirilebilirliği Üzerine Etkileri*” başlıklı tez çalışması jüri üyeleri olarak tarafımızdan okunmuş; kapsamı ve niteliği açısından Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalında *Yüksek Lisans Tezi* olarak oy birliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Sınavı Tarihi 03/01/2025

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

Prof. Dr. Tuba BÜLBÜL
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Jüri

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

ONAY

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

Prof. Dr. Ramazan ADANIR
Müdür
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez dönemim süresince bana her konuda destek veren, yardım vetavsiyelerini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Kadir Emre BUĞDAYCI'ya teşekkür ederim.

Öğrencisi olmaktan gurur duyduğum Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı'nın Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Fatma KARAKAŞ OĞUZ, Prof. Dr. Numan OĞUZ, Doç. Dr. Hıdır GÜMÜŞ, Doç. Dr. Eren KUTER ve Doç. Dr. Umair AHSAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda analizlerin yürütülmesinde bana hep destek veren, her aşamasında yanımda olan, araştırmamı yürüttüğüm süreçte yardımlarını gördüğüm Dr. Öğr. Üyesi Derya Merve KARAGÖZ, Doktora öğrencileri Esra ÇAĞAN, Aykut NACAĞ, Mehmet Onur TAKKA ve Yüksek Lisans öğrencileri Adem TOCAN, Furkan BEDEL'e son olarak çok sevdiğim canım arkadaşım Veteriner Hekim Burkahan İNGEÇ'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

ETİK BEYAN

“Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Leucocephala Silajının Bazı Kimyasal Parametreleri ve İn Vitro Sindirilebilirliği Üzerine Etkileri” başlıklı tez çalışmamdaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Kadir Emre BUĞDAYCI danışmanlığında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Mert ÖZMEN

Tarih:

İmza:



İÇİNDEKİLER

KABUL

2.1. Küresel Isınmanın Kaba Yem Miktarı ve Kaba Yem Kalitesi Üzerine Etkisi	2
2.4.1. Ada Mimosası (<i>Leucaena leucocephala</i>) Bitkisinin Besin Maddesi, Yapısal Karbonhidrat ve Antibesinsel İçeriği	6
2.4.1.1. Mimosin	9
2.5. Ada Mimosası Bitkisinin Hayvan Beslemede Kullanımı	12
2.5.1. Yeşil Aksamının “Yaprak ve Dallarının” Yem Olarak Hayvan Beslemede Kullanımı	12
2.5.2. Silaj Çalışmaları	13
3. GEREÇ ve YÖNTEM	19
3.1. Bitki Materyali	19
3.2. Deneme Grupları, Silaj Katkı Maddeleri ve Silaj Yapımı	20
3.3. Fiziksel Kalite Analizi	21
3.4. Amonyak Azotu (NH ₃ -N) Analizi	23
3.5. pH Analizi	23
3.6. Besin Madde Analizleri	24
3.6.1. Kuru Madde Analizi	24
3.6.2. Ham Kül Analizi	25
3.6.3. Ham Protein Analizi	26
3.6.4. Ham Selüloz Analizi	27
3.6.5. Ham Yağ Analizi	29
3.6.6. Nötral Deterjan Fiber (NDF) Analizi	30
3.6.7. Asit Deterjan Fiber (ADF) Analizi	31
3.6.8. Asit Deterjan Lignin (ADL) Analizi	32
3.7. Diğer Besin Maddeleri	32
3.8. Yem Değerinin Belirlenmesi	33
3.8.1. Metabolize Olabilir Enerji Değerinin Belirlenmesi	34

3.9. Numunelerin İn vitro Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi	34
3.9.1. Keselerin ve Yem Numunelerinin Hazırlanması	34
3.9.2. İnkübasyon Öncesi Hazırlıklar ve Tampon Solüsyonlar	35
3.9.3. Rumen Sıvısı ve Hazırlanması	36
3.9.4. İnkübasyon Sonrası Hesaplamalar	37
3.9.5. Silaj Asitleri ve Laktik Asit Değerinin Belirlenmesi	38
3.10. İstatistiksel Analizler	39
4. BULGULAR	40
4.1. Leucaena Yaprığının Yapısal Olmayan Besin Madde İçeriği	40
4.2. Leucaena Yaprığının Yapısal Besin Madde İçeriği	40
4.3. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Elde Edilen Leucaena Silajlarının Fiziksel Özellikleri	40
4.4. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Elde Edilen Leucaena Silajlarının NH ₃ -N ve pH Düzeyleri	41
4.5. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Yapısal Olmayan Besin Madde Bileşimi Üzerine Etkisi	42
4.6. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Yapısal Besin Maddesi Bileşimi Üzerine Etkisi	44
4.7. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Metabolize Olabilir Enerji Değeri Üzerine Etkisi	45
4.8. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Yem Değeri Üzerine Etkisi	45
4.9. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının İn Vitro Protein Parçalanabilirliği ve İn Vitro Sindirilebilirlik Değerleri Üzerine Etkisi	46
4.10. Leucaena Bitkisinin Farklı Katkı Maddeleri ile Muamelesi Sonucu Elde Edilen Silajlarına Ait Asetik Asit, Propiyonik Asit, Bütirik Asit ve Laktik Asit Değerleri	47
5. TARTIŞMA	48
6. SONUÇ	

ŞEKİLLER

Şekil 2.1.	Mimosinin kimyasal yapısı (Dang ve ark., 2013).	10
Şekil 3.1.	Leucaena bitkisinin silaj yapılan aksamı	19
Şekil 3.2.	Leucaena bitkisinin yapraklarının silajlık boyutta hazırlanmasına ait görseller	20
Şekil 3.3.	(a) Silajları paketlemede kullanılan vakumlu poşet kapatma makinası, (b) Vakumlama işlemi tamamlanıp mühürlenmiş Leucaena silajlarına ait görseller	21
Şekil 3.4.	pH metre.	24
Şekil 3.5.	(a) Etüv (Memmert Model UE 500, Memmert GmbH, Nürnberg, Germany) (b) Desikatör	25
Şekil 3.6.	(a) Sartorius Model cp224s, Germany (b) (ELF 11/6B, Carbolite Gero Ltd., Derbyshire, UK)	26
Şekil 3.7.	(a) Gerhardt Model KT 20S, Königswinter, Germany (b) Vadopest® 50S Carousel, Gerhardt GmbH & Co., Königswinter, Germany	27
Şekil 3.8.	Selüloz süzme seti cihazı-vakum pompalı(Şimşek Labortek)	28
Şekil 3.9.	Soxtherm Sox 416, Gerhardt GmbH & Co., Königswinter, Germany	29
Şekil 3.10.	(a) Manyetik karıştırıcı (Ika Ikamag, Germany) (b) Ankom 2000, USA	31
Şekil 3.11.	Daisy inkübatör, Ankom Model D220, USA	35

TABLÖLAR

Tablo 2.1.	Agroforestyda en çok kullanılan baklagil yemlik ağaçlar.	5
Tablo 2.2.	Leucaena leucocephala yeşil aksamına ait mineral içeriğini bildiren literatür ve sonuçları (gr/kg).	7
Tablo 2.3.	Leucaena leucocephala yeşil aksamına ait yapısal ve yapısal olmayan besin madde içeriğini bildiren literatür ve sonuçları (%KM'de).	8
Tablo 2.4.	Leucaena yapraklarına ait amino asit içeriği (mg/gN), (NAS, 1977).	9
Tablo 3.1.	Araştırma grupları	20
Tablo 3.2.	DLG silaj değerlendirme anahtarı (DLG, 1987).	22
Tablo 3.3.	Toplam DLG (Deutsche Landwirtschafts - Gesellschaft) puanı değerlendirme kriterleri	22
Tablo 3.4.	Flieg puan cetveli (Moselhy ve ark., 2015).	33
Tablo 3.5.	Tampon çözelti miktarları (ANKOM, 2002).	36
Tablo 4.1.	Silajı yapılan ada mimozası (Leucaena leucocephala) yapraklarının yapısal olmayan besin madde içeriği (%KM'de).	40
Tablo 4.2.	Silajı yapılan ada mimozası (Leucaena leucocephala) yapraklarının yapısal besin madde içeriği (%KM'de).	40
Tablo 4.3.	Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (Leucaena leucocephala) silajının fiziksel özellikleri üzerine etkisi	41
Tablo 4.4.	Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (Leucaena leucocephala) silajının amonyak azotu ve pH düzeyleri üzerine etkisi	42
Tablo 4.5.	Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (Leucaena leucocephala) silajının yapısal olmayan besin maddeleri bileşimi üzerine etkileri (%KM'de).	43
Tablo 4.6.	Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (Leucaena leucocephala) silajının yapısal besin maddeleri bileşimi üzerine etkileri (%KM'de).	44
Tablo 4.7.	Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (Leucaena leucocephala) silajının ME değeri üzerine etkisi (%KM'de).	45
Tablo 4.8.	Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (Leucaena leucocephala) silajının yem değeri üzerine etkisi (%KM'de).	46
Tablo 4.9.	Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (Leucaena leucocephala) silajının İVHPP sindirilebilirlik değerleri üzerine etkisi (%KM'de).	46
Tablo 4.10.	Kontrol ve deneme gruplarına ait silaj asitleri ve laktik asit düzeyleri (%KM'de).	47

SİMGE ve KISALTMALAR

<	Küçüktür
>	Büyüktür
°C	Santigrat derece
μ	Mikron
μm	Mikrometre
ADF	Asit deterjan fiber
ADL	Asit deterjan lignin
AOAC	Resmi Tarım Kimyagerleri Derneği
AÖM	Azotsuz öz madde
ark.	Arkadaşları
C ₃ H ₆ O	Aseton
CA	Canlı ağırlık
Ca	Kalsiyum
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CH ₃ COOH	Asetik asit
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
CTAB	Setil trimetil amonyum bromür
Cu	Bakır
D	Düzeltilme faktörü
DLG	Alman Tarım Birliği
Fe	Demir
g	Gram
H ₂ O	Su
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
H ₃ BO ₃	Borik asit
HK	Ham kül
HNO ₃	Nitrik asit
HP	Ham protein
HS	Ham selüloz
HY	Ham yağ
İVGAFS	<i>In vitro</i> gerçek asit deterjan fiber sindirilebilirliği
İVGKMS	<i>In vitro</i> gerçek kuru madde sindirilebilirliği
İVGNDFS	<i>In vitro</i> gerçek nötral deterjan fiber sindirilebilirliği
İVGOMS	<i>In vitro</i> gerçek organik madde sindirilebilirliği
İVGS	<i>In vitro</i> gerçek sindirilebilirliği
İVHPP	<i>In vitro</i> ham protein parçalanabilirliği
K	Potasyum
K ₂ SO ₄	Potasyum sülfat
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
KH ₂ PO ₄	Mono potasyum fosfat
KM	Kuru madde
KM	Kuru madde
KMT	Kuru madde tüketimi
L	Litre
LOK	Lif olmayan karbonhidrat
m	Metre
m ³	Metreküp

Mcal	Mega kalori
ME	Metabolize olabilir enerji
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
MgSO₄	Magnezyum sülfat
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
N	Normalite
na	Katkı maddesi ilavesi yapılmayan
Na	Sodyum
Na₂CO₃	Sodyum karbonat
Na₂S	Sodyum sülfid
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
NDF	Nötral deterjan fiber
NEL	Net enerji laktasyon
NH₃	Amonyak
NH₃-N	Amonyak azotu
NPN	Protein yapısında olmayan azotlu maddeler
NYD	Nispi yem değeri
OM	Organik madde
P	Olasılık
pH	Hidrojen kuvveti
RDUP	Parçalanabilen ve parçalanamayan protein oranı
Se	Selenyum
SKM	Sindirilebilir kuru madde
TSBM	Toplam sindirilebilir besin maddeleri
UK	Birleşik Krallık
USA	Amerika Birleşik Devletleri
Zn	Çinko

ÖZET

Farklı Katkı Maddelerinin *Leucaena leucocephala* Silajının Bazı Kimyasal Parametreleri ve *İn Vitro* Sindirilebilirliği Üzerine Etkileri.

Bu araştırma farklı katkı maddelerinin *Leucaena leucocephala* bitkisinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, yem değeri ve *in vitro* sindirilebilirliği üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada 1 kontrol ve 3 deneme grubu oluşturulmuştur. Deneme gruplarına sırasıyla %5 melas, %5 arpa ve %0,5 formik asit muamele edilmiştir. Araştırma her bir grup 8 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Bitki Antalya ili Muratpaşa ilçesinden 2023'ün haziran ayında elle hasat edilmiş ve aynı gün laboratuvara getirilmiştir. Bitki 2,5-5 santimetre (cm) boyutlarında parçalanmış, deneme gruplarına ait muameleler yapılmış, plastik torbalara konularak (200 gram (g)/torba) vakum ile paketlenmiştir. Silaj olgunlaşma süresinin (60 gün) ardından, paketler açılarak gruplara ait fiziksel özellikler, amonyak azotu ve Hidrojen kuvveti (pH) düzeyleri, besin madde bileşimi, yem değeri, *in vitro* ham protein parçalanabilirliği (İVHPP) ve *in vitro* sindirilebilirlikleri belirlenmiş, silaj asitleri ve laktik asit düzeyleri ölçülmüştür. Araştırmada tüm grupların Alman Tarım Birliği (DLG) puanları (17,63 ve üzeri) silajların üst kalite sınıfı içerisinde olduğunu göstermiştir. Muamelelerin yapısal olmayan besin maddeleri üzerine etkisi ham kül oranı (%5 arpa ilave grubu) dışında önemsiz bulunmuştur. *Leucaena* silajına %5 melas ilavesi, silajın Ham selüloz (HS) ve Asit deterjan fiber (ADF) oranlarını önemli düzeyde düşürmüş, Flieg puanını önemli düzeyde artırmıştır. İncelenen diğer yem değeri parametreleri açısından (nispi yem değeri (NYD) ve kuru madde tüketimi (KMT) dışında) deneme grupları arasında önem oluşmamıştır. Muamelelerin *Leucaena* silajının metabolize olabilir enerji (ME) değeri (HS ve ADF değerinden hesaplanan) üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. *İn vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği (İVGKMS) ve *in vitro* gerçek organik madde sindirilebilirliği (İVGOMS) *Leucaena* silajına %5 melas muamelesi ile önemli düzeyde artmıştır. Araştırmada İVHPP açısından deneme grupları arasında bir farklılık oluşmamıştır. Sonuç olarak araştırmaya konu edilen katkı maddelerinin silaj kalitesini olumsuz etkilemediği, bununla birlikte optimum silaj kalitesinin %5 melas ilavesi ile sağlandığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *İn vitro* sindirilebilirlik, Kimyasal özellikler, *Leucaena leucocephala*, Silaj

ABSTRACT

Effects Of Different Additives On The Some Chemical Parameters and *In vitro* Digestibility Of *Leucaena leucocephala* Silage.

This study was conducted to evaluate the effects of different additives on some physical and chemical properties, feed value, and *in vitro* digestibility of *Leucaena leucocephala*. The experiment included one control and three treatment groups. The treatment groups were subjected to 5% molasses, 5% barley, and 0.5% formic acid, respectively. The study was carried out with 8 replicates per group. The plant was hand-harvested in June 2023 from the Muratpaşa district of Antalya province and transported to the laboratory on the same day. The plant was chopped into 2.5–5 cm pieces, treated with the respective additives, and vacuum-packed in plastic bags (200 g/bag). After the silage maturation period (60 days), the bags were opened, and the physical properties, ammonia nitrogen, and pH levels, nutrient composition, feed value, *in vitro* crude protein degradability (IVCPD), and *in vitro* digestibility were determined. Silage acids and lactic acid levels were also measured. The German Agricultural Society (DLG) scores of all groups (17.63 and above) indicated that the silages were classified as top quality. The effects of treatments on non-structural nutrients were found to be insignificant, except for the crude ash content in the 5% barley-added group. The addition of 5% molasses to *Leucaena* silage significantly reduced the crude fiber (CF) and acid detergent fiber (ADF) contents and significantly increased the Flieg score. Regarding other feed value parameters, no significant differences were observed between the treatment groups, except for relative feed value (RFV) and dry matter intake (DMI). The effects of treatments on the metabolizable energy (ME) value of *Leucaena* silage (calculated from CF and ADF values) were found to be insignificant. *In vitro* true dry matter digestibility (IVTDMD) and *in vitro* true organic matter digestibility (IVTOMD) were significantly increased with the addition of 5% molasses to *Leucaena* silage. No differences were observed among the treatment groups in terms of IVCPD. In conclusion, the additives used in this study did not adversely affect silage quality. However, optimum silage quality was achieved with the addition of 5% molasses.

Key words: Chemical properties, *In vitro* digestibility, *Leucaena leucocephala*, Silage

1. GİRİŞ

Kaba yem birim hacim içinde besin maddeleri yoğunluğu az, sindirilebilirliği düşük ve kuru maddesinde %18'in üzerinde ham selüloz içeren yemlerdir olarak tanımlanmaktadır (Ergün ve ark., 2011). Günümüzde hayvancılıkta kaliteli kaba yem kaynakları olarak, çayır-meralar ve tarla tarımı içerisindeki üretimi yapılan yem bitkileri sayılmaktadır. Temel ve Kır (2015), yem bitkilerini genel olarak, hayvanların beslenmesinde ihtiyaç duyulan besin maddelerini temin etmek için yetiştirilen, otlatılarak ya da hasat edilerek doğrudan ya da silajı yapılarak veya kurutularak hayvanlara yedirilen bitkilerdir şeklinde tanımlamışlardır. Sürmen ve ark. (2008), mera alanlarındaki bitki örtüsünün günümüzde mevsim dışı, yoğun otlatma nedeniyle kalitesinin düştüğünü ve erezyona açık alanlar halinde olduklarını bildirmişlerdir. Bununla birlikte sürdürülebilir hayvancılık açısından kaliteli ve ucuz kaba yemin devamlılığını sağlamak elzemdir. Çaçan ve Kökten (2019), Türkiye'nin mevcut kaba yem açığının son yıllarda yapılan desteklemelerle kapatılmaya çalışıldığını, tarla bitkileri içerisindeki yem bitkileri yetiştiriciliği oranının %8-9 seviyelerine çıkmasına rağmen bu seviyenin kaba yem açığını kapatmaktan uzak olduğunu bildirmişlerdir.

İklim değişiklikleri nedeni yem kaynaklarının daha da kısıtlanacağı, hayvan beslemede kültür yem bitkileri ile birlikte doğal kaynakların da kullanılması gerektiği konusunda birçok uzman hemfikirdir. Ormanlık alanlar ve ağaç türleri gibi doğal kaynaklar, yem bitkileri üretiminin desteklenmesi amacıyla değerlendirilebilir. Bu doğal kaynakların, bölgedeki yerel bitki örtüsüne uyumlu olmaları durumunda yetiştirilmeleri de yüksek maliyetler doğurmamaktadır. Seidavi ve ark. (2020), 2050 yılında tahıl üretimi amaçlı kişi başına düşen ekilebilir arazi miktarının azalacağını, ruminant beslemede ağaç veya çalı yapraklarının alternatif kaba yem olma potansiyeline olan ilginin artacağını bildirmektedir.

Baklagil yem bitkileri hayvan beslemede kullanılan yem bitkilerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Söz konusu bitkiler sadece otsu türler olmayıp, çalimsı ve odunsu türlere de sahiptir. Ağaçlaşan baklagil türleri verimsiz arazilerin ağaçlandırılmasında, erezyonun önlenmesinde ve toprağın azot içeriğinin artmasında önemli rol oynamaktadır (Avcıoğlu ve ark., 2009).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Küresel Isınmanın Kaba Yem Miktarı ve Kaba Yem Kalitesi Üzerine Etkisi

Küresel ısınma, yem kıtlığını ve kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Çalışmalar, sıcaklıklar arttıkça yem kalitesinde potansiyel bir düşüş olduğunu, yüksek karbondioksit (CO₂) seviyeleri ve ısınmanın yemin besin değerinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Morris ve ark. (2022), atmosferik CO₂'nin yükselmesiyle artan fotosentez ve bitki üretiminin topraktan karşılayabileceğinden fazla miktarda azot (N) talep edilmesine neden olduğunu, bu durumun küresel yaprak azotu konsantrasyonlarının düşmesine neden olduğunu bildirmektedirler. Habermann ve ark. (2022), çevre sıcaklığındaki artışın, bitkilerin ham protein içeriğini düşürdüğünü, yapısal karbonhidratlar ve ligninleşmeyi artırdığını, bu durumun, yem bitkilerinin sindirilebilirliğini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Augustine ve ark. (2018), Kuzey Amerika' da artan çevre sıcaklıkları ve CO₂, toplam mera bitkilerinden %96'sını oluşturan yem bitkilerinin N miktarını ortalama iklime kıyasla %13 oranında azalttığını, örneğin buğday çimi (*Pascopyrum smithii*) bitkisinin *in vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliğinin (İVGKMS) %63,3'ten %61,1'e düşürdüğünü, N içeriğinin de %1,25'ten %1,04'e gerilediğini bildirmektedirler.

Küresel ısınmanın bitki örtüsünü tür sayısı açısından önemli düzeyde olumsuz etkilediğini ve özellikle serin iklim bitkilerinin sayısının daha da azalacağını bildiren Hatipoğlu ve ark. (2019), batı yarım kürede verim artışının, doğu yarım küreden daha yüksek olduğunu ancak bitki örüsü açısından Orta Asya, Kuzey Amerika, Okyanusya ve Orta Afrika'daki meraların küresel ısınmaya karşı hassasiyetinin yükseldiğini bildirmektedirler. Isaacson ve ark. (2024), yonca ve domuz ayrığı gibi soğuk mevsim çok yıllık yem bitkilerinde yetersiz yağış ve yüksek çevre sıcaklığı nedenleriyle verim kayıplarının önemli düzeyde olduğunu, sıcaklığa ve kuraklığa dayanıklı alternatif yemlerin yanı sıra hava değişkenliğine karşı dayanıklılığı artıran yönetim stratejilerinin araştırılması gerektiğini bildirmektedirler.

2.2. Agroforestry Nedir?

Ağaç ve çalılarının tarım alanlarına entegre edilmesi uygulaması olan tarımsal ormancılık, biyoçeşitliliği artırarak, toprak sağlığını iyileştirerek ve sürdürülebilir arazi kullanım çözümleri sunmaktadır. Ağaçların tarım sistemlerine dahil edilmesi, mikro iklim üzerinde etkili olmakta ve ekosistemi desteklemektedir (Swamy ve Mishra, 2014). Flora ve fauna için çeşitli habitatların oluşumuna katkıda bulunur, tozlayıcılar ve zararlıların doğal düşmanları gibi faydalı böcekler de dahil olmak üzere çok çeşitli türlere yaşam alanı sunar (Negawo ve Beyene, 2017). Agroforestry sistemleri, farklı uygulama biçimlerine sahiptir. Bunlar arasında agrosilvikültürel (tarım ve ormancılık), silvopastoral (orman ve hayvancılık) ve agrosilvopastoral (tarım, orman ve hayvancılık) sistemler bulunmaktadır (Filiz ve Tolunay, 2009). Bu sistemlerin temel amacı ekolojik, ekonomik ve sosyal faydaları bir arada sunarak arazi kullanımının etkinliğini artırmaktır.

Agroforestry, aynı yönetim ve üretim biriminde, ekonomik, ekolojik etkileri ve ilişkileri dikkate alarak tarımsal ve hayvansal üretimlerle birlikte ormancılık üretiminin gerçekleştirildiği bir arazi kullanma sistemi ya da pratiğidir (Nair, 1993). Behera ve ark. (2022), ağaçların çiftlik ve tarlaların yanında konumlandırılmasının aynı zamanda orman ağacı çeşitliliğinin de korunmasını sağlandığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte Agroforestry uygulamalarının tropikal ve subtropikal bölgelerde atmosferik karbonu tutarak iklim değişikliğinin yavaşlamasına önemli katkı sağladığı da bildirilmiştir (Afroz, 2024).

Agroforestry konusunda birçok çalışma bulunmakla birlikte Türkiye’de konu daha çok toprak verimliliği, her türlü tarımsal üretim (söğüt, kavak, fıstıkçanı, servi, yalancı akasya, kestane, ceviz) gibi kırsal yörelerde alternatif gelir kaynaklarının oluşturulması boyutunda ele alınmıştır (Güngör ve Ayaz, 2020). Filiz ve Tolunay (2009), Türkiye’de Agroforestry konusundaki ilk çalışmaların teorik düzeyde 1983’te başladığını, Isparta ilinin mera ve otlak arazilerinde yem amaçlı ağaç yaprağı üretimi ve otlatma amaçlı ağaç altında otsu bitki yetiştirilmesinin çok yaygın olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar yörede yemlik ağaç üretimine dönük ağaç yetiştirilmesi konusunda detaylı bilgi sunmamış olmakla birlikte yörede uygulanmakta olan tarımsal

ormancılık modelinde, sınır ağalandırmasında kullanılmakta olan iğde (*Eleagnus L.*), söğüt (*Salix L.*), kavak (*Populus L.*), servi (*Cupressus L.*), kızılçam (*Pinus brutia Ten.*), ardı (*Juniperus L.*), badem (*Amygdalus communis L.*), süpürge alıısı (*Calluna vulgaris* ve çeşitli meyve ağacı türlerinin bulunduğunu, Isparta ili özeli için arı yetiştiriciliğini destekleyecek bitki örtüsünün ve ağaçların yaygınlaştırılması gereğini önermişlerdir.

2.3. Tropikal Baklagil Yemlik Ağaçların Agroforestryda Kullanımı

Ağaç yaprak ve dallarının hayvan yemi olarak kullanımı, Roma dönemine kadar uzanmaktadır. Günümüze kadar odunsu bitkilerin farklı amaçlar doğrultusunda kullanıldığı bilinmekle birlikte, yem olarak değerleri geç fark edilmiştir. Örneğin, baklagil türler olan *Gliricidia maculata* ve *G. sepium* 18. yüzyılın sonunda Afrika'da kahve, çay ve kakao tarlaları için gölge ağacı olarak kullanılmış, ancak yapraklarında %20 ile 30 ham protein (HP), %14 ham selüloz (HS) ve hayvanın türüne göre %50 ile 75 arasında değişen sindirilebilirlik düzeyleri ile yem değerinin yüksek olduğu fark edilebilmiştir. (Baumer, 1992).

Baklagil yem ağaçları, hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir ve yüksek kaliteli kaba yem potansiyelleri rasyonları desteklemek için kullanılmaktadır. *Gliricidia sepium*, *Sesbania sesban* ve *Leucaena leucocephala* gibi ağaçların çeşitli aksamaları, rasyon sindirilebilirliğini artırmak, i parazitlerin kontrolü, geviş getiren hayvanlarda metan üretimini azaltmak ve özellikle ana besin maddesi mera alanları olan geç gebe ve emziren küçük baş hayvanların hayatta kalma oranlarını artırmak için hayvan besleme uygulamalarına giderek daha fazla entegre edilmektedir (Reynolds ve Jabbar, 1994; Campos ve ark., 2020; Mbambalala, 2023). Baklagil ağaçları, beslenmenin yanı sıra odun, lif, sakız, erozyon kontrolü ve bakterilerle simbiyotik ilişkiler yoluyla azot fiksasyonu gibi ek faydalar da sunmaktadır (Lpez-Lara ve ark., 1993).

Günümüzde bu ağaç türleri, özellikle yılın en kurak döneminde çiftlik hayvanlarının beslenmesinde mera besisine ek olarak verilen kaba yemin %50'sini oluşturacak şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte Orta Etyopyada yaygın olan

Erythrina burana'nın yaprakları ve hatta kabukları özellikle kurak mevsimde çiftlik hayvanlarınca sevilerek tüketilen bir kaba yem olduğu için tarımsal ormancılıkta tercih edilen çok amaçlı bir ağaçtır. *Erythrina burana* ağacının tohum veya çelikle çoğaltılması da kolaydır (genellikle 2 m uzunluğunda ve 10 cm çapında büyük çelikler kullanılır). Agroforestryda en çok kullanılan baklagil yemlik ağaçlar Tablo 2.1'de görülmektedir (Baumer, 1992).

Tablo 2.1. Agroforestryda en çok kullanılan baklagil yemlik ağaçlar

Yüksek kaliteli türler	Düşük kaliteli türler
<i>Albizia lebbek</i>	<i>Acacia aneura</i> ¹
<i>Chamaecytisus palmensis</i>	<i>Acacia nilotica</i>
<i>Cratylia argentea</i>	<i>Acacia tortilis</i> ¹
<i>Desmodium rensonii</i>	<i>Albizia chinensis</i>
<i>Desmodium virgatus</i>	<i>Albizia saman</i>
<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Calliandra calothyrsus</i>
<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Erythrina spp.</i>
<i>Leucaena diversifolia</i>	<i>Faidherbia albida</i> ¹
<i>Sesbania grandiflora</i>	<i>Flemingia macrophylla</i>
<i>Sesbania sesban</i>	<i>Prosopis juliflora</i>

¹ Başlıca yerel yetiştiriciler tarafından kullanılan türler.

Bununla birlikte *Leucaena leucocephala* türü, tükenmekte olan bitkiler içerisinde yer almamaktadır. *Leucaena* türleri içerisinde sadece, *L. matudae*, *L. magnifica* ve *L. involucrata* nadir türler içerisinde sayılmaktadır (Hughes, 1998). Özellikle protein açısından zengin olan *Leucaena leucocephala*, geleneksel otlatma sistemlerinde yerli yem kaynaklarını destekleme açısından umut vaat eden legüminöz bir ağaçtır (Hlatini ve ark., 2018).

2.4. Ada Mimosası (*Leucaena leucocephala*)

Leucaena leucocephala, yeryüzünün tropik ve yarı tropik iklim kuşağında değişik amaçlarla yetiştirilen ve hızlı büyüyen ağaç formunda bir baklagil bitkisidir. Bitkinin yetişmesi için ihtiyaç duyduğu ortalama sıcaklık 22- 30°C, yıllık yağış isteği 650 mm'nin üstündedir. Tropik bölgelerde bir yıl içerisinde tohumdan 6 m boya kadar uzadığı bildirilmiştir (Skerman ve ark., 1988). Bu ağaç, yarı kurak bölgelerde başarıyla

kullanılmış olsa da en iyi sonuçları nemli ve yarı nemli bölgelerde vermektedir. Bitkinin birçok çeşidi hali hazırda izole edilmiş ve tarımsal ormancılık amaçlı kullanılmaktadır ancak bitkinin geniş bir alana yayılması halinde psillidler gibi hastalıklara ve bitki parazitlerine karşı dikkat edilmesi gerekmektedir (Baumer, 1992).

Çukurova bölgesinde *Leucaena* bitkisi üzerinde sürdürülen araştırmalarda, bitkinin bölgede kış döneminde ekstrem düşük sıcaklıklar ortaya çıkmadıkça daima yeşil kaldığı, ekstrem düşük sıcaklıklarda ise yapraklarını dökerek ilkbaharda toprak altındaki gözlerden yeniden sürgünler verdiği, biçim sayısına göre değişmek üzere 1x1 m bitki sıklığında yetiştirilen ve 60 cm'den biçilen bitkilerin yılda 443.0-714.5 kg/da yeşil yaprak verimi ve 47.0-78.0 kg/da HP verimi sağladığı bildirilmiştir (Hatipoğlu ve ark., 1990). Brewbaker ve ark. (1974), inceledikleri üstün verimli üç *Leucaena* çeşidinde ortalama tüm toprak üstü veriminin yeşil ot olarak 10.4 ton/da, kuru madde (KM) olarak 3.3 ton/da olduğunu bildirmişlerdir. Giang ve ark. (2016), bitkinin yağışlı dönemlerde yüksek biyomas potansiyeline sahip olduğunu, önemli bir protein kaynağı olan *Leucaena*'nın özellikle bu dönemde hasat edilerek silolanmasını, kuru mevsimde değerlendirilmesini önermişlerdir.

2.4.1. Ada Mimosası (*Leucaena leucocephala*) Bitkisinin Besin Maddesi, Yapısal Karbonhidrat ve Antibesinsel İçeriği

Leucaena bitkisine ait yeşil aksama ait mineral içeriğini bildiren literatür ve sonuçları Tablo 2.2'de; bitkiye ait yaprakların KM, ham kül (HK), HP, ham yağ (HY), ham selüloz (HS), Asit deterjan fiber (ADF), nötral deterjan fiber (NDF) asit deterjan lignin (ADL), hemiselüloz, selüloz, lignin kondanse tanen ve mimosin içeriklerini bildiren araştırmalar ve sonuçları Tablo 2.3'te, görülmektedir. Yonca ve *Leucaena* yapraklarının amino asit içerikleri Tablo 2.4'te görülmektedir.

Tablo 2.2. *Leucaena leucocephala* yeşil aksamına ait mineral içeriğini bildiren literatür ve sonuçları (g/kg)

	Zapata-Campos ve ark. (2020)	Gaikwad ve ark. (2017)	Datt ve ark. (2008)
Ca	6,2	1,9	17,9
P	1,5	0,3	2,9
Fe	0,012	2,47	0,24
Cu	0,007	-	0,012
Zn	0,058	0,025	0,244
Mn	0,044	0,045	0,161
Na	1	-	-
K	5.5	-	-
Mg	1.9	-	-

Tablo 2.3. *Leucaena leucocephala* yeşil aksamına ait yapısal ve yapısal olmayan besin madde içeriğini bildiren literatür ve sonuçları (%KM'de)

%	Sutaryono ve ark.(2023)	Boğa ve ark.(2022)	Zapata- Campos ve ark.(2020)	Voltolini ve ark.(2019)	Gaikwad ve ark.(2017)	Phesatcha ve Wanapat (2016)	Rimbawanto ve ark.(2015)	Datt ve ark.(2008)	Pamo ve ark.(2005)
KM	-	-	-	36.79	28.74	32.4	38.07	32.23	-
HK	-	5.79	8.7	-	10.5	-	7.89	6.15	7.4
HP	23.47	13.05	21.9	22.45	6.12	21	22.16	23.33	24.88
HY	-	-	4.1	1.99	-	-	9.62	1.92	-
HS	20.16	6.49	-	-	16.0	-	8.32	12.83	12.55
NDF	-	37.75	39.0	63.16	56.2	31.6	-	44.63	-
ADF	-	32.91	19.9	37.29	40.8	17.3	-	19.13	30.09
ADL	-	22.73	-	-	-	-	-	3.9	-
Hemiselüloz	-	10.18	19.1	-	15.40	-	-	25.50	23.57
Selüloz	-	-	17.0	-	-	-	-	12.38	-
Lignin	-	-	5.7	-	-	-	-	-	-
Kondanse T	-	-	-	-	-	3,6	-	-	-
Mimosin	-	-	-	-	-	8,4	-	-	-

KM; kuru madde, HK; ham kül; HP: ham protein, HY; ham yağ, HS; ham selüloz, NDF; nötral deterjan fiber, ADF; asit deterjan fiber, ADL: asit deterjan lignin

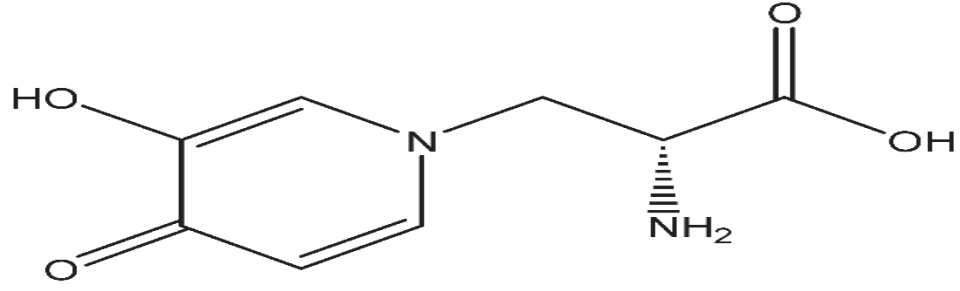
Tablo 2.4. *Leucaena* yapraklarına ait amino asit içeriği, (mg/gN), (NAS, 1977)

Amino asit	<i>Leucaena</i> yaprağı	Yonca yaprağı
Arginine	294	357
Cysteine	88	77
Histidine	125	139
Isoleucine	563	290
Leucine	469	494
Lysine	313	368
Methionine	100	96
Methionine + cysteine	188	173
Phenylalanine	294	307
Threonine	231	290
Tyrosine	263	232
Valine	338	356

Giang ve ark. (2016), *Leucaena* bitkisinin yüksek protein içeriği ve hayvanlar tarafından oldukça lezzetli bulunması nedeniyle, geviş getiren hayvanlar için yöresel olarak alternatif bir kaynak olabileceğini, protein içeriğinin, amino asit içeriğinin yonca ile karşılaştırıldığında oldukça dengeli olduğunu bildirmişlerdir. Garcia ve ark. (1996), bitkinin yaprakta %29.2, gövde ve yaprakta %22.03 gibi yüksek düzeyde protein içerdiğini bildirmişlerdir. *Leucaena* bitkisinin içerdiği tanen miktarının şişkinliğe neden olmadığı bildirilmiştir (Gupta ve ark., 1992). Tanenin rasyonlarda düşük miktarlarda bulunması, KM tüketimini olumsuz etkilemez. Kondense tanen, rumendeki protein yıkımlanabilirliğini azaltır, parçalanmadan sindirim sisteminin alt kısımlarına geçebilen rasyon proteini (by-pass protein) miktarını tanen-protein kompleksi oluşturmak suretiyle arttırır (Barry ve Duncan, 1984; Giang ve ark., 2016).

2.4.1.1. Mimosin

Mimosin, değerli birer protein kaynağı olarak kabul edilen *Leucaena leucocephala* ve *L. glauca*'yı da içeren bazı legüminöz bitkilerde bulunan serbest bir amino asittir. Yüksek düzeydeki mimosin, tiroid fonksiyonunu etkileyerek büyüme geriliğine yol açtığından, yaprak ve tohumların tek mideli hayvanlar için yem olarak kullanımı sınırlıdır (Chanchay ve Poosaran, 2009). Kimyasal yapısı Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Mimosinin kimyasal yapısı (Dang ve ark., 2013).

Ruminantlar rasyonlarında bir kısım mimosin bulunması halinde, rumende mikrobiyel enzimler aracılığı ile toksik olan 3-hidroksi-4(1H)-piridona (3,4-DHP) parçalanır. Eğer ortamda gram negatif bir bakteri olan *Synergistes jonesii* var ise; 3,4-DHP zararsız yan ürünlere kadar parçalanabilmektedir (Hegarty ve ark., 1964; Jones ve Megarrity, 1986). Söz konusu spesifik bakterinin ortamda bulunmaması 3,4-DHP'ün emilerek kana karışmasına, hayvanlarda yem tüketiminin düşmesine, guatr oluşumuna, kıl ve yapağının dökülmesine ayrıca döl verimi problemlerine (Hegarty ve ark., 1964; Hegarty ve ark., 1976) neden olabilmektedir. 3,4-DHP idrar ile atılmaktadır (Phaikaew ve ark., 2012).

Bununla birlikte bitkinin herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın gerek doğal çayır-meralarda otlayan hayvanlarda gerekse diğer yem bitkilerine %40 oranında karıştırılarak hazırlanacak olan rasyonlar ile hayvanlara verilebileceği ve verimi olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Benge, 1975). Keçi yetiştiriciliği yapılan ve ana besin maddesi olarak *Leucaena* bitkisinin yeşil aksamı olan keçi çiftliklerindeki toksisite durumunu araştıran Phaikaew ve ark. (2012), keçi çiftliklerinde toplam 3,4-DHP konsantrasyonlarının idrarda 375 ila 3357 mg/mL arasında olduğunu, *Leucaena* silajı ile beslenen süt çiftliklerinde ise 142 ila 182 mg/mL arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Günümüzde mimosin nedeni ile oluşabilecek olumsuz etkilerin bertaraf edilebilmesi ve bitkinin hayvan beslemede kullanılabilirliğini artırmak amacıyla;

kimyasal ve ısıl işlem uygulamaları (peletleme), melas ilavesi ve silaj yem olarak değerlendirmek gibi bir dizi araştırma yapılmıştır (Anghong ve ark., 2007; Khy ve ark., 2012; Phesatcha ve Wanapat, 2016). Yapılan çalışmalar *Leucaena* silajının, geviş getiren hayvanlarda yem tüketimi ve besin madde sindirilebilirliğini olumlu etkilediğini, 14-21 günlük silolama süresini takiben, bitkide bulunan mimosin miktarının yaklaşık %90 oranında azaldığını bildirmiştir (Hongo ve ark., 1986; Sunagawa ve ark., 1989). Bununla birlikte Chen ve ark. (2014), %2 şeker ilave edilen *Leucaena* silajının silaj oluşum sonrası mimosin içeriğinin %49 oranında parçalandığını bildirmişlerdir.

Chanchay ve Poosaran (2009), *Leucaena* yapraklarını 60°C'de 24 saat kurutulduktan sonra 72 saat boyunca oda sıcaklığında suda bekletmiş ve tekrar 60°C'de 48 saat kurutarak mimosin ve tanen içeriğindeki değişimi gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar mimosin içeriğinin %4,4'ten %0,2'ye düştüğünü (%94'lük azalma), tanen içeriğinin de %37,6'dan %0,3'e düştüğünü (%99,33 azalma) tespit etmişlerdir. Soedarjo ve Borthakur (1996), *Leucaena*'nın genç yapraklarını, tohum keselerini ve kırılmış tohumlarını 24 saat boyunca suda bekletmenin mimosinin %97'sine kadarını ortadan kaldırdığını, sadece genç tohumları ıslatmanın çözünür protein içeriğini etkilemeden mimosinin %20'sini elimine ettiğini bildirmişlerdir.

Herhangi bir işleme tabi tutulmamış bitkinin antinutrisyonel etki göstermesi rumen florasında *Synergistes jonesii* bakterisinin olmaması ile ilişkili de olabilmektedir. Bu antinutrisyonel etkiler dünyada bazı coğrafi bölgelerde veya bazı hayvan ırklarında veya soylarında görülebilmektedir. Söz konusu gram negatif mikroorganizmaya sahip floranın, sahip olmayan sürülere aktarımı (aşılama), bitkinin herhangi bir işlem uygulanmadan hayvanlar açısından toksisitesinin azalmasını da sağlayabilmektedir (Baumer, 1992).

Mimosinin toprakta biyoherbisit olarak kullanım olanaklarını araştıran bir araştırma (Xuan ve ark., 2006), 4:6 oranında FeCl₃ ve mimosin karışımı uygulanan topraklarda yetişen *Leucaena* bitkisinin yapraklarındaki mimosinin toksisitesinin önemli düzeyde azaldığını, *Leucaena* yapraklarının herhangi bir işlem uygulamaksızın güvenli bir şekilde sığırlarda kaba yem olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Leucaena leucocephala üzerine yapılan ve protein açısından zengin yem olarak kullanıma uygun mimosinsiz *Leucaena* çeşitleri oluşturmayı hedefleyen Yafuso ve ark. (2014), mimosin sentezinde rol oynayan O-Asetilserin (tiyol) Liyaz gibi enzimlerin etkinliğini baskılayarak mimosin içermeyen *Leucaena* çeşitleri geliştirmeye odaklanmıştır.

2.5. Ada Mimosası Bitkisinin Hayvan Beslemede Kullanımı

Leucaena leucocephala'nın sığırlar, koyunlar, keçiler ve atlar için yüksek protein, kalsiyum, beta-karoten ve ksantofil içeriği ile değerli bir legüminöz ağaç olduğu; hatta tavuk besleme açısından kısıtlı miktarlarının değerlendirilebileceği bildirilmiştir (ter Meulen ve ark., 1979; Aung, 2019).

2.5.1. Yeşil Aksamının “Yaprak ve Dallarının” Yem Olarak Hayvan Beslemede Kullanımı

İki eşit gruba ayrılan otuz altı gebe Barki koyunu (26.56 ± 0.61 kg CA) ve Shami keçisi (25.46 ± 1.40 kg CA) ile gerçekleştirilen bir araştırmada (Helal ve ark., 2018), her bir türün ilk grubuna konsantre yem + yonca kuru otu; ikinci grubuna ise konsantre yem + güneşte kurutulmuş %50 *Acacia saligna* + %25 *Prosopis juliflora* + %25 *Leucaena leucocephala* yaprağını ad libitum olarak verilmiştir. Araştırmada legüminöz yaprak karışımını tüketen hayvanların kaba yem ve toplam KM tüketiminin yonca kuru otu tüketenlere kıyasla önemli düzeyde düştüğü bildirilmiştir. Çalışmada keçilerin koyunlardan önemli düzeyde yüksek toplam KM, HP ve HS sindirilebilirliğine sahip olduğu; ancak genel azot alımının her iki tür için benzer olduğu, legüminöz yaprak karışımını tüketen hayvanlarda azot alımının yonca kuru otu tüketenlere kıyasla önemli düzeyde düşük olduğu bildirilmiştir.

Farklı düzeylerde rasyona ilave edilen (%0, 6 ve 12) *Leucaena leucocephala*'nın rumen fistüllü sığır ve mandaların rumen metanojenik bakteri popülasyonu üzerindeki etkisini değerlendirilen bir araştırmada (Suwignyo ve ark., 2016), rasyona ilave edilen *Leucaena leucocephala*'nın sığırların metanojenik rumen

bakterilerinin popülasyonunu azalttığı ve *Fibrobacter succinogenes* miktarını artırdığı bildirilmiştir.

Süt üreten hayvanların rasyonlarında pahalı protein kaynağının sürdürülebilir kullanımı, rumende parçalanabilen ve parçalanamayan protein oranına (RDUP) dayalı rasyon formülasyonunu gerektirir. Bu, mikrobiyal protein sentezinin verimliliğini artırır. *Leucaena leucocephala* gibi daha ucuz yeşil protein kaynaklarının sağlanması da pahalı protein kaynaklarına bir alternatiftir.

Permana ve ark., (2022) farklı (R1= 60:40; R2= 55:45; R3= 50:50; R4= 45:55) rumende parçalanabilen ve parçalanamayan protein oranına (RDUP) sahip rasyonlara ilave edilen farklı düzeylerdeki *Leucaena*'nın (L1= %10; L2= %20; L3= %30) *in vitro* fermente edilebilirlik ve sindirilebilirlik üzerindeki etkisini değerlendirdikleri bir araştırmada, artan RDUP oranının ruminal NH₃ konsantrasyonu ve KM sindirilebilirliğini önemli düzeyde artırdığını bildirmişlerdir. Rasyona %20 *Leucaena* ilavesinin diğer *Leucaena* uygulamalarına kıyasla ruminal NH₃ konsantrasyonunu artırdığı bildirilmiştir. Araştırmada 60:40 RDUP oranlı rasyona ilave edilen %20 ve %30 *Leucaena*, toplam VFA konsantrasyonunu diğer uygulamalara kıyasla yükseltmiştir. Rasyona *Leucaena* ilavesinin protozoa popülasyonunu artırdığını bildiren araştırmacılar rumende parçalanabilir proteinin parçalanamayan proteine oranının RDUP'nın 60:40 olduğu ve %20 *Leucaena* içeren süt rasyonunun rumen fermantasyonunu ve sindirilebilirliğini iyileştirebileceği bildirilmiştir.

2.5.2. Silaj Çalışmaları

Bitki üzerine yapılan silaj çalışmalarından Phesatcha ve Wanapat (2016), yaptığı çalışma dışında gerçekleştirilen çalışmalar (Evangelista ve ark., 2005; Oduguwa ve ark., 2013; Santana ve ark., 2015; Arslan ve ark., 2017; Putra ve ark., 2017; Araújo ve ark., 2022; Sutaryono ve ark., 2023) diğer bazı bitkiler (mısır hasılı, sorgum hasılı, fil otu, kral otu ve çeşitli yerli otlar veya meyve kabukları) ile farklı oranlarda karıştırılarak hazırlanan silajların besin değeri, *in vitro* sindirilebilirliği veya silaj kalitesi üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Phesatcha ve Wanapat (2016), *Leucaena* bitkisini KM'sinin %0, 1, 2 düzeylerinde melas ve %0, 0,5, 1 düzeylerinde

üre ile muamele ederek 3x3 faktöriyel dizaynda, 3 tekerrürlü olacak şekilde 28 gün süre ile (25-30°C oda sıcaklığında, plastik torbalarda) silolamışlardır. Araştırmacılar üre veya melas ilavelerinin silaj KM, organik madde, NDF ve ADF düzeylerini etkilemediğini; ürenin artan düzeylerinin silajın HP içeriğini artırdığını, %2 melas + %1 ürenin birlikte ilave edildiği grupta mimosin konsantrasyonunun 27,1 g/kg KM'den 15,3 g/kg KM'ye düşürdüğünü bildirmişlerdir. Çalışmada özellikle her iki katkı maddesinin birlikte uygulanmasının gaz üretim kinetiğini, 96. saat toplam gaz miktarını ve *in vitro* gerçek sindirilebilirliği (İVGS), propiyonik asit ve toplam uçucu yağ asidinin artmasına neden olurken; asetik asit, bütirik asit konsantrasyonları ve metan üretimini etkilememiştir. Ürenin artan düzeyleri, NH₃-N konsantrasyonunu artırmıştır. Araştırmacılar Leucaena silajına melas + üre ilavesinin toplam bakteri, *F. succinogenes* ve *R. flavefaciens* popülasyonu önemli düzeyde artırdığını bildirmişlerdir.

Khaing ve ark. (2016), Leucaena silajı ve Leucaena kaba yeminin KM, HP, NDF, ADF, HY, tanen ve mimosin içeriklerini sırasıyla silajda; 29,23; 27,50; 37,14; 17,28; 1,87; 6,48 ve 4,38, kaba yeminde ise 28,56; 30,01; 26,43; 16,42; 3,25; 6,86 ve 4,82 olduğunu bildirmişlerdir. Ferreira ve ark. (2016), farklı düzeylerde (0, 50, 100, 200 veya 400g/kg) buriti meyve kabuğu ilave edilen Leucaena silajının *in situ* parçalanabilirliğini ve fizikokimyasal bileşimini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar ilave düzeyi arttıkça silajın KM, ADF ve HK içeriğinin arttığını, ham protein içeriğinin önemli düzeyde azaldığını, silaj pH'ı ve NH₃-N düzeyinin arttığını, KM parçalanabilirliğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Mohamed ve ark. (2000), Rahmani kuzularına arpa ile birlikte Leucaena silajı veya Leucaena kaba yemi vererek gerçekleştirdikleri bir çalışmada Leucaena silajı içeren rasyon ile beslenen kuzuların canlı ağırlığının kaba yemine kıyasla önemli düzeyde yüksek şekillendiğini bildirmişlerdir. *Leucaena leucocephala* silajına ait laktik asit, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit düzeylerinin sırasıyla %10,20; 2,50; 0,57 ve 0,77 olduğunu bildiren araştırmacılar, silaj pH'sının 4,1 olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada bitkinin silajını içeren rasyon ile beslemenin KM, organik madde, HP, HS sindirilebilirliklerinin, kuru otunu içeren rasyona kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu bildirilmiştir.

Araújo ve ark. (2022), farklı düzeylerde (KM bazında %0, 20, 40, 60 ve 80) *Leucaena* ile kombine edilmiş fil otu (*Pennisetum purpureum Schum*) silajlarının fermentasyon profili, besin kompozisyonu ve aerobik stabilitesini değerlendirilmiştir. Araştırma 3 tekerrürlü olarak hazırlanan karışımlar 30 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Silaja *Leucaena* ilavesi gaz ve atık kayıpları ile ADF, NDF, ADL, selüloz, toplam ve fibröz karbonhidratlar ile toplam sindirilebilir besin madde (TSBM) miktarını önemli düzeyde düşürmüştür. *Leucaena* bitkisi silajın KM, HY ve HP düzeyini önemli düzeyde yükseltmiştir. Araştırmacılar aerobik stabilitenin, %40 ve üzeri *Leucaena* ilavesi ile sabitlendiğini, *Leucaena* ilave edilen tüm düzeylerinin fermentasyon kayıplarını azalttığını bildirmişlerdir.

Sutaryono ve ark. (2023), KM bazında mısır hasılı farklı düzeylerde *Leucaena* (%0, 15, 30, 45) ve/veya melas (%2, 4, 6) ilave ederek 3 x 3 faktöriyel dizaynda yaptıkları bir silaj araştırmasında, 5 tekerrürlü olarak çalışmışlardır. Mısır hasılına %30 ve 45 *Leucaena* ilavesinin önemli düzeyde silajın HS içeriğini düşürdüğünü, HP içeriğini artırdığını, %4 melas ilavesinin de silaj pH'sı ve NH₃-N konsantrasyonunu düşürerek proteinlerin tampon kapasitesini baskılamada etkili olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar *Leucaena*'nın %30, 45 ve melasın %4 oranında mısır hasılına ilave edilmesinin mısır hasılı silajının kimyasal bileşimini arttırmada, silaj fermentasyonu ve rumen parçalanmasını iyileştirmede çok etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Sorgum hasılına artan düzeylerde *Leucaena* (%0, 15, 30 ve 50) ilavesinin silaj yemin kalitesine olan etkilerini değerlendiren Andrade ve ark. (2019), 500-600 kg/m³ yoğunlukta PVC tüplere siloladıkları karışımları 35 gün süre ile fermentasyona bırakmışlardır. Artan miktarlardaki *Leucaena*'nın silaj pH, su aktivitesi ve toplam NH₃-N üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını bildiren araştırmacılar; KM (%33.47'den %34.75'e), HP (%7.82'den %16.05'e) ve lignin içeriğinin (%7.29'dan %9.93'e) *Leucaena* ilavesinin artan düzeylerine paralel olarak önemli düzeyde yükseldiğini bildirmişlerdir. Araştırmada HK ve proteine göre düzeltilmiş NDF (%56.65'ten %48.37'ye) ve hemiselüloz (%24.07'den %17.67'ye) için azalan doğrusal bir etki ($p < 0.05$) söz konusudur; %0 ve 50 ekleme seviyelerinde sırasıyla %56.65'ten

%48.37'ye ve %24.07'den %17.67'ye düşmüştür. Sorgum hasılına *Leucaena* ilavesi silajın HK içeriğini önemli düzeyde düşürmüştür.

Putra ve ark. (2017), farklı düzeylerde (%10, 20 ve 30) *Leucaena* eklenmiş yerli ot silajının sindirilebilirliği üzerine etkilerini inceledikleri bir araştırmada %20 düzeyinde *Leucaena* ilave edilen ot silajının KM ve organik madde sindirilebilirliğinin diğer deneme gruplarına kıyasla önemli düzeyde arttığını, HP sindirilebilirliğinin ise %10 ilave düzeyinde en yüksek düzeyde şekillendiğini, *Leucaena*'nın artan düzeylerine paralel olarak ot silajının HP sindirilebilirliğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Arslan ve ark. (2017), mısırın (*Zea mays* L.) *Leucaena leucocephala* L. ile farklı oranlarda (%0, 20, 40 ve 60) karışımı ile elde edilen silajların ham besin maddesi içeriklerini ve kalite özelliklerini belirlemek için 6 tekerrürlü toplam 24 adet silaj yapılmıştır. Araştırmada 60 gün süre ile oda sıcaklığında olgunlaşan silajlarda *Leucaena* ilave edilen tüm deneme gruplarında HP, HK, HS, NDF, suda çözünabilir karbonhidrat, laktik asit bakterisi ve laktik asit içeriği istatistiksel açıdan önemli düzeyde artmıştır. Kontrol grubu ile kıyaslandığında *Leucaena* ilave edilen deneme gruplarında KM düzeyinin önemli düzeyde düşük olduğunu bildiren araştırmacılar, %40 ve 60 düzeyinde ilave edilen *Leucaena*'nın silajın ADF oranını önemli düzeyde düşürdüğünü bildirmişlerdir. Araştırmada tüm deneme gruplarının pH'ı 4,32'nin altına şekillenmiş ve silajların bütirik asit düzeyi kontrol grubu ile benzer bulunmuştur.

Evangelista ve ark. (2005), sorgum silajına artan düzeylerde (%0, 10, 20, 30 ve 40) *Leucaena leucocephala* ilavesinin silajın kimyasal bileşimi üzerindeki etkilerini 3 tekerrürlü olarak değerlendirdikleri bir araştırmada, ekiminden 110 gün sonra hasat ettikleri sorgumu (AG 2002) aynı gün 10 mm çapa kadar olan dallarını hasat ettikleri *Leucaena* ile muamele etmişler ve 30 gün süre ile laboratuvar şartlarında silolamışlardır. Tüm gruplarda pH'ının 3,55'i geçmediğini bildiren araştırmacılar, sorgum silajına ilave edilen *Leucaena*'nın artan düzeylerinin; HP, tampon kapasite ve NH₃-N düzeyi ile pozitif doğrusal etkiye; KM, NDF ve ADF içerikleri ile de negatif doğrusal etkiye neden olduğunu bildirmişlerdir.

Kral otunun (*Pennisetum purpureum*) (taze ve/veya güneşte 4 saat soldurulmuş) ve *Leucaena Leucocephala* (taze) bitkilerini farklı oranlarda (100:0; 75:25; 60:40; 50:50; 40:60 ve 0:100) karıştırarak oluşturulan silajları karşılaştıran Santana ve ark. (2015), her bir grup için 4 tekerrür oluşturmuştur. Taze bitki karışımlarında *Leucaena* oranı arttıkça silaj pH'sı (4,42'den 4,75'e) ve NH₃-N (5,54'ten 8,56'ya) oranının arttığını bildiren araştırmacılar kral otunun soldurma durumu ve *Leucaena* bitkisi arasında ki interaksyonun pH (4,16'dan 5,05'e) açısından önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Manyok kabuklarını, *Gliricidia sepium* ve *Leucaena leucocephala* ile 2:1 veya 1:1 oranında karıştırarak melasla (40 g/kg) silolayan Oduguwa ve ark. (2013), silajları 3 ay süre ile olgunlaşmasını beklemiştir. Fermantasyon sonrası, tüm silajların pH'sının 4,5'in altında olduğu, 1:1 *Leucaena* ilavesi grubunun en düşük laktik asit konsantrasyonuna (57,9 g/kg KM) sahip olduğu, en düşük asetik asit düzeyinin de (11,3 g/kg KM) 2:1 *Gliricidia sepium* ilave edilen grupta olduğu bildirilmiştir. Araştırmada mimosin seviyeleri 2:1 ve 1:1 *Leucaena* ilave edilen gruplarda sırası ile 11,6 ve 12,4 mg/kg KM olarak belirlenmiştir. Afrika dwarf keçileri üzerinde metabolizma kafeslerinde gerçekleştirilen sindirilebilirlik denemesinde, KM, HP, OM ve ADF sindirilebilirliğinin, 2:1 *Leucaena* grubunda diğer gruplara kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu bildirilmiştir.

Putra ve ark. (2017), %4 laktobasillus plantarum kullanarak oluşturulan yerel ot silajına farklı düzeylerde (%0, 10, 20 ve 30) ilave ettikleri *Leucaena leucocephala*'nın sindirilebilirlik üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar, her bir grup için 6 tekerrür oluşturmuştur. Araştırmada en yüksek KM sindirilebilirliğinin %20 *Leucaena* ilave edilen ot silajında, en yüksek HP sindirilebilirliğinin ise %10 *Leucaena* içeren ot silajında gerçekleştiği bildirilmiştir.

Leucaena bitkisinin Türkiye'deki mevcut yayılışı ve bitki hakkında yeterli bilgi sahibi olunmaması nedeniyle hayvan beslemede değerlendirilebilirliği son derece kısıtlı kalacaktır Bununla birlikte yapılan literatür taramada kurak iklime dayanıklı egzotik bir tür olan *Leucaena leucocephala* bitkisinin yeşil aksamının doğrudan hayvana verilerek ya da silaj yem olarak hayvancılıkta değerlendirilebildiğini ortaya

koymaktadır. Söz konusu tez projesi, göller bölgesinde belediyeler ve yöre insanı tarafından peyzaj ve diğer nedenlerle tercih edilmiş olan, kurak iklimde kendi kendine yayılış gösteren bitkinin yem değerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Leucaena'nın kaba yem olarak kullanılmasıyla ilgili bir dizi çalışma olmasına rağmen, farklı katkı maddeleri kullanılarak elde edilen Leucaena silajlarının *in vitro* sindirilebilirlik ve silaj kalite parametreleri açısından karşılaştırıldığı bir araştırmaya rastlanılmamıştır.



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Bitki Materyali

Araştırmada silajı yapılacak olan ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) bitkisinin yaprakları 15 Haziran 2023 tarihinde Antalya ili Muratpaşa ilçesinden temin edilmiştir. Numuneler, geneli temsil edebilmesi için 5 farklı ağaçtan örnekleme yapılmıştır. Fiziksel görünüm olarak koyu yeşil renkte, sık ve çok sayıda yapraklı olan *Leucaena* bitkisinin yaprak örnekleri toplanmayı takiben Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarına aynı gün içerisinde ulaştırılmıştır. *Leucaena* bitkisinin yaprakları Şekil 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. *Leucaena* bitkisinin silaj yapılan aksamı

Antalya ilinden numunelerin toplanması ve laboratuvara getirilmesini takiben silaj yapımı (parçalama, katkı maddelerinin eklenmesi, paketlenme) ve olgunlaşma (fermentasyon) aşaması tamamlanmış silajlarda fiziksel kalite analizi, amonyak azotu, pH, besin madde bileşimi, yem değeri, İVHPP ve *in vitro* sindirilebilirlik ölçümleri, ilgili laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

Leucaena yaprakları laboratuvarda bahçe makası yardımı ile parçalanmıştır. Bitkinin silajlık boyutta parçalanmasına ilişkin görsel Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Leucaena bitkisi yapraklarının silajlık boyutta hazırlanmasına ait görseller

3.2. Deneme Grupları, Silaj Katkı Maddeleri ve Silaj Yapımı

Araştırma 1 kontrol (muameleye tabi tutulmayan) ve 3 deneme grubu (1.deneme grubu, %5 melas ilave edilen grup; 2. deneme grubu, %5 arpa ezmesi ilave edilen grup; 3. deneme grubu, %0,5 formik asit ilave edilen grup) olmak üzere toplam 4 grup halinde yürütülmüştür. Her bir grup 8 tekerrürden oluşturulmuştur. Araştırma grupları Tablo 3.1’de görülmektedir.

Tablo 3.1. Araştırma grupları

	Grup adı	Uygulama	Tekerrür sayısı
Kontrol:	Kontrol grubu	Na	8 tekerrür
1. Deneme grubu:	Melas grubu	%5 melas	8 tekerrür
2. Deneme grubu:	Arpa grubu	%5 arpa ezmesi	8 tekerrür
3. Deneme grubu:	Formik asit grubu	%0,5 formik asit	8 tekerrür

Na: katkı maddesi ilavesi yapılmayan

Her bir araştırma grubuna ait muamele yaş ağırlığa oranlanarak laboratuvar ortamında el yordamıyla yapılmıştır. Her bir vakum poşetine (25 × 35 cm boyutlu, 110

mikron kalınlıklı) 200 g örnek tartılmış ve ticari vakumlu poşet kapatma makinası (Sonkaya Makine Anonim şirketi/İstanbul) aracılığı ile paket içindeki hava uzaklaştırılmıştır. İşlemler neticesinde anaerob ortam sağlanmış ve paketler mühürlenmiştir. şekil 3.3'te silaj yapımına ilişkin gorseller gürölmektedir.



(a)

(b)

şekil 3.3. (a) Silajları paketlemede kullanılan vakumlu poşet kapatma makinası, (b) Vakumlama işlemi tamamlanıp mühürlenmiş Leucaena silajlarına ait gorseller

Silolama işleminden sonra silajın olgunlaşması için 60 gün beklenmiştir. Silaj olgunlaşmasını takiben fiziksel kalite, pH, amonyak azotu, besin madde bileşimi ve diğer *in vitro* analizler geręekleřtirilmiřtir.

3.3. Fiziksel Kalite Analizi

Araştırmada silajların olgunlaşma süreci tamamlandıktan sonra, fiziksel kontroller üç araştırmacı tarafından yapılmıştır. Koku, strüktür (yapı) ve renk gibi fiziksel özellikler değerlendirilmiş; her uzman tarafından verilen puanların ortalaması alınarak nihai fiziksel değerlendirme puanı oluşturulmuştur. Bu puanlama Tablo 3.2'de detayları açıklanan, DLG (Deutsche Landwirtschafts - Gesellschaft) silaj değerlendirme anahtarı temel alınarak yapılmıştır (DLG, 1987).

Fiziksel kalite özelliklerine ait toplam puanlar DLG puanı olarak ifade edilmiştir. Bu kapsamda silaj kalite değerlendirmesinde kullanılan kriterler Tablo 3.3'te görülmektedir.

Tablo 3.2. DLG silaj değerlendirme anahtarı (DLG, 1987).

Özellik	Gözlem	Puan
Koku	Tereyağ asidi kokusu yok, hafif ekşimsi, meyvemsi ve ekmeğimsi koku	14
	Az miktarda tereyağ asidi, kuvvetli ekşi koku veya küf kokusu	8
	Orta derecede tereyağ asidi kokusu, kuvvetli küf kokusu	4
	Kuvvetli tereyağ asidi kokusu ve amonyak kokusu	2
	Çürük veya pis ve kuvvetli küf kokusu	0
Strüktür	Yaprak ve sap strüktürü normal	4
	Yaprakların strüktürü biraz bozulmuş	2
	Yaprak ve sapların strüktürü belirgin derecede bozulmuş, hafif küflü	1
	Yapraklar ve saplar çürümüş, aşırı küflü ve fazla kirli	0
Renk	Yeşil yem renginde (Soldurulmuş silajda hafif esmerce)	2
	Sarı veya esmer kahverengi	1
	Renk çok değişmiş açık sarı veya çok koyu	0

Tablo 3.3. Toplam DLG (Deutsche Landwirtschafts - Gesellschaft) puanı değerlendirme kriterleri

Toplam DLG Puanı	Silajın Kalite Sınıfı	Ortalama Besin Madde Kaybı
18-20	Çok İyi Kaliteli	%10-15
14-17	İyi Kaliteli	%15-20
10-13	Orta Kaliteli	%20-25
5-9	Düşük Kaliteli (Kalitesiz)	%25-50
0-4	Çok Düşük Kaliteli (Bozulmuş)	%50 ve üzeri

3.4. Amonyak Azotu (NH₃-N) Analizi

Amonyak azotu, anabilim dalı laboratuvarında Kjeldahl metodu kullanılarak belirlenmiştir (Kjeldahl, 1883). Silaj olgunlaşma aşaması tamamlanmış olan silaj numunelerinin poşetleri açıldıktan hemen sonra her birinden ayrı ayrı 25 g silaj örneği alınarak karıştırıcıya koyulmuş ve üzerlerine 125 ml 0,1 N sülfürik asit ilave edilmiştir. Homojen karışım sağlanabilmesi için 2-3 dakika sürecek şekilde karıştırma işlemi uygulanmıştır. İşlem sonucunda elde edilen homojen karışım, çift kat tülbent yardımı ile süzölmüş ve süzöntüden 10 ml alınarak 250 ml'lik cam tüpler içerisinde tam otomatik distilasyon ve titrasyon cihazında (Vapodest, Gerhardt, Germany) işlenerek amonyak azotu düzeyi tespit edilmiştir (NH₃ molar kütle ağırlığı= 17031 mg). Silaj NH₃-N düzeyi, Takahashi ve ark. (2005), Bingöl ve ark. (2009), Nkosi ve ark. (2012) ile Filya ve ark. (2006) bildirişlerindeki aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{NH}_3\text{-N(mg/100ml)} = \frac{17031 \text{ mg} \times \text{titrisol normalitesi} \times \text{harcanan titrisol (ml)}}{10 \times \text{Numune ağırlığı (ml)}} \times 100$$

3.5. pH Analizi

Fermantasyon aşaması tamamlanmış olan silaj numunelerinin poşetleri açıldıktan hemen sonra her birinden ayrı ayrı 25 g silaj örneği, 100 ml distile su ile birlikte karıştırıcıya koyularak 5-10 dakika sürecek şekilde karıştırma işlemi uygulanmıştır ve homojen karışım elde edilmiştir. İşlem sonrasında karışım çift kat tülbent yardımı ile süzölmüş ve süzöntünün pH değeri pH metre (Hanna HI 9124 Portatif pH Metre, Hanna Instruments Ltd, Bedfordshire, UK) cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Buğdaycı ve ark., 2023). Ölçüm yapılan cihaza ait görsel Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4. pH metre

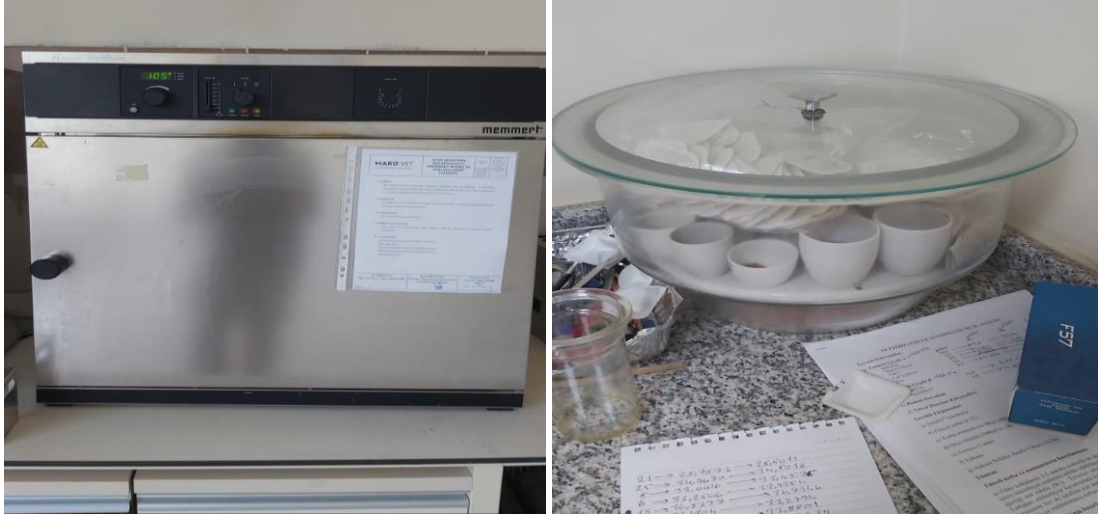
3.6. Besin Madde Analizleri

Leucaena silajı örneklerinin besin madde miktarları belirlenmiştir. Bu amaçla ilk olarak örneklerin KM, ham kül (HK), ham protein (HP) ve ham yağ (HY) analizleri AOAC (2019) tarafından bildirilen standart metotlara göre gerçekleştirilmiştir. Ham selüloz analizinde ise Crampton ve Maynard'ın (1938) metodu uygulanmıştır. NDF, ADF ve ADL analizlerinde Goering ve Van Soest (1970) tarafından geliştirilen metodlar kullanılmıştır.

3.6.1. Kuru Madde Analizi

Kuru madde (KM) analizi için ilk ağırlıkları tartılan silaj numune örnekleri darası kaydedilmiş kaplara alınarak 105°C'deki etüvde (Mettler Model UE 500, Mettler GmbH, Nürnberg, Germany) sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan örnekler desikatöre alınarak oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiş, ardından tartılmış ve örneklerin son ağırlıkları kap darası ile birlikte kaydedilmiştir. KM düzeyi belirlenmiş örnekler değirmenden geçirilerek öğütülmüştür. KM düzeyinin belirlenmesinde aşağıda gösterilen formül kullanılmıştır:

$$\text{Kuru madde miktarı (\%)} = \frac{\text{Son ağırlık (g)} - \text{Dara (g)}}{\text{İlk ağırlık (g)}} \times 100$$



(a)

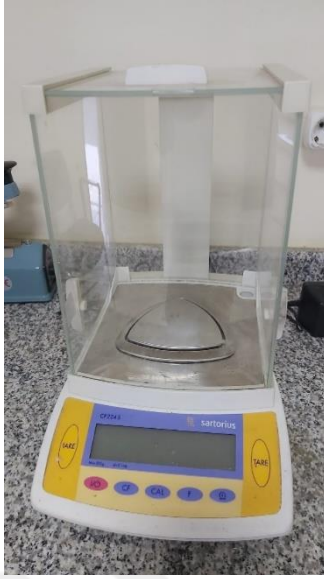
(b)

Şekil 3.5. (a) Etüv (Memmert Model UE 500, Memmert GmbH, Nürnberg, Germany), (b) Desikatör

3.6.2. Ham Kül Analizi

Araştırmada silajların ham kül analizinde kullanılacak porselen krezeler 0,001 g hassasiyetli analitik terazide (Sartorius Model cp224s, Germany) tartılmış ve daraları belirlenmiştir. Daraları kaydedilen her bir kroze içerisine yaklaşık 1g örnek tartılmıştır. Hazırlanan krezeler kül fırınına (ELF 11/6B, Carbolite Gero Ltd., Derbyshire, UK) yerleştirilmiştir. Numuneler 550°C sıcaklıkta (yaklaşık 6-8 saat) yakılmıştır. Yakma işlemi sonrası krezeler desikatör içerisine alınarak oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiş ardından tartılarak son ağırlıkları kaydedilmiştir. Ham kül düzeyinin belirlenmesinde aşağıda gösterilen formül kullanılmıştır:

$$HK (\%) = \frac{\text{Son ağırlık (g)} - \text{Dara (g)}}{\text{İlk ağırlık (g)}} \times 100$$



(a)



(b)

Şekil 3.6. (a) Sartorius Model cp224s, Germany, (b) (ELF 11/6B, Carbolite Gero Ltd., Derbyshire, UK)

3.6.3. Ham Protein Analizi

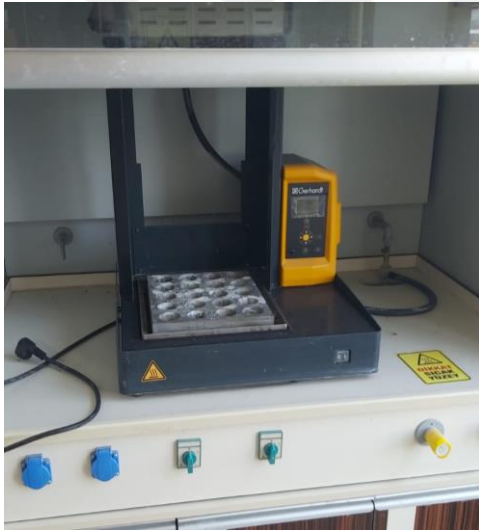
Araştırmada silajların ham protein düzeyinin belirlenmesinde üç aşamadan (yaş yakma, distilasyon ve titrasyon) oluşan Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır (Kjeldahl, 1883). İlk aşaması olan yaş yakma için öğütülmüş *Leucaena* bitkisi yapraklarının silaj örneklerinin her birinden yaklaşık 0,5 g analitik terazide tartılarak, cam Kjeldahl tüplerine koyulmuştur. Tüplerde bulunan silaj örneklerinin üzerine 25 ml konsantre sülfürik asit (H_2SO_4) ve bir adet katalizör tablet [3,5 g potasyum sülfat (K_2SO_4) + 35 mg selenyum (Se)] (Kjelcat-Se, Gerhardt GmbH and Co., Königswinter, Germany) eklenerek ısıtıcı tabla üzerinde sırası ile 30 dakika ısınma, 90 dakika sabit $410^{\circ}C$ 'de yakma ve 30 dakika soğutma olmak üzere toplam 150 dakikalık yaş yakma işlemi uygulanmıştır.

Yaş yakma aşaması tamamlanmış tüpler analizin distilasyon ve titrasyon aşamaları için tam otomatik azot protein tayin cihazına (Vadapest® 50s Carousel, Gerhardt GmbH & Co., Königswinter, Germany) yerleştirilmiştir. Distilasyon aşamasında her bir örnek tüp için içerisine 100 ml (%35'lik) sodyum hidroksit (NaOH)

ve titrasyon beherine 60 ml borik asit (H_3BO_3) cihaz tarafından otomatik olarak eklenmiş ve sıcak su buharı yardımıyla titrasyon işlemi gerçekleşmiştir.

Titrasyon aşamasında ise titrisol olarak 0,1 N sülfürik asit kullanılmıştır. Titrasyon beheri içerisine titrisol kontrollü olarak aktarılmıştır ve pH değişimi pH metre aracılığı ile kontrol edilmiştir. pH değerinin sabitlendiği aşamada kullanılan titrisol miktarı kaydedilmiştir ve ham protein düzeyi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Titrasyon işlemi yapıp harcanan titrant miktarı cihaz tarafından kaydedilerek analiz tamamlanmıştır.

$$HP (\%) = \frac{\text{Örnek miktarı (g)} \times \text{Sülfürik asitin normalitesi (0,1)} \times 1,4007}{\text{Harcanan titrisol (ml)}} \times 6,25$$



(a)



(b)

Şekil 3.7. (a) Gerhardt Model KT 20S, Königswinter, Germany, (b) Vadopest® 50s Carousell, Gerhardt GmbH and Co., Königswinter, Germany

3.6.4. Ham Selüloz Analizi

Ham selüloz tayini için her bir silaj örneği hassas terazi yardımıyla yaklaşık 1 g olacak şekilde selüloz tüplerine tartılmıştır. Tüplere 2,5 ml nitrik asit (HNO_3) ve 12,5 ml glasiyel asetik asit (CH_3COOH) eklenmiştir. Selüloz tüpleri benmari usulü

diğer bir beher içerisinde sıcak tabla üzerinde 30 dakika süre ile kaynama sıcaklığında tutulmuştur. Süre sonunda selüloz tüpleri ağırlıkları kaydedilmiş Gooch krozelerinin (por genişliği 40-100 µm) içerisine tüplerde örnek kalmayacak şekilde sıcak saf suyla yıkanarak aktarılmış ve vakum sistemi ile süzölmüştür. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra numunelerin üzerini örtecek kadar aseton (C₃H₆O) eklenerek asetonun da krozeden geçmesi sağlanmıştır. Süzme işlemi sonrası Gooch krozeleri 105°C’de etüvde sabit ağırlığa ulaşincaya kadar (yaklaşık 8 saat) bekletilmiş ve ardından desikatöre alınarak oda sıcaklığına ulaşincaya kadar beklenilmiştir. Daha sonra hassas terazide tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Sonrasında Gooch krozeleri 550°C’lik kül fırınında (yaklaşık 6-8 saat) yakılmıştır. Yakma işleminin ardından Gooch krozeleri desikatör içerisine alınarak oda sıcaklığına ulaşincaya kadar bekletilmiş ve daha sonra ağırlıkları tartılarak kaydedilmiş ve ham selüloz düzeyi aşağıdaki formöl yardımıyla hesaplanmıştır:

$$HS(\%) = \frac{\text{Kurutma sonrası ağırlık (g)} - \text{Yakma sonrası ağırlık (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$



Şekil 3.8. Selüloz süzme seti cihazı-vakum pompalı (Şimşek Labortek)

3.6.5. Ham Yağ Analizi

Araştırmada ham yağ analizi, Leucaena bitkisi yapraklarının silaj örneklerinin her birinden yaklaşık 1g olacak şekilde filtre kağıdı içerisine tartılmış ve filtre kağıdı dikkatle katlanarak selüloz ekstraksiyon kartuşunun içine yerleştirilmiştir. Selüloz ekstraksiyon kartuşları darası kaydedilmiş Soxhlet ekstraksiyon beheri içerisine yerleştirilmiştir ve üzerine 150 ml petrol eteri ilave edilmiştir. Beherler, Soxhlet ekstraksiyon cihazına (Soxtherm Sox 416, Gerhardt GmbH & Co., Königswinter, Germany) yerleştirilmiş ve cihaz çalıştırılarak 150°C'lik yüzey üzerinde 160 dakika eterin devir daim etmesi sağlanmıştır.

Ekstraksiyon işlemi bittikten sonra beher içerisinde kalan petrol eteri ve suyun tamamen buharlaştırılması için beherler etüve (105°C) kaldırılmış ve sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Daha sonra beherler desikatör içerisine alınarak oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Uygun sıcaklığa gelen beherler hassas terazide tartılmış ve ağırlıkları kaydedildikten sonra aşağıdaki formül kullanılarak ham yağ düzeyleri hesaplanmıştır:

$$HY (\%) = \frac{\text{Beherin son ağırlığı (g)} - \text{Beher darası (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$



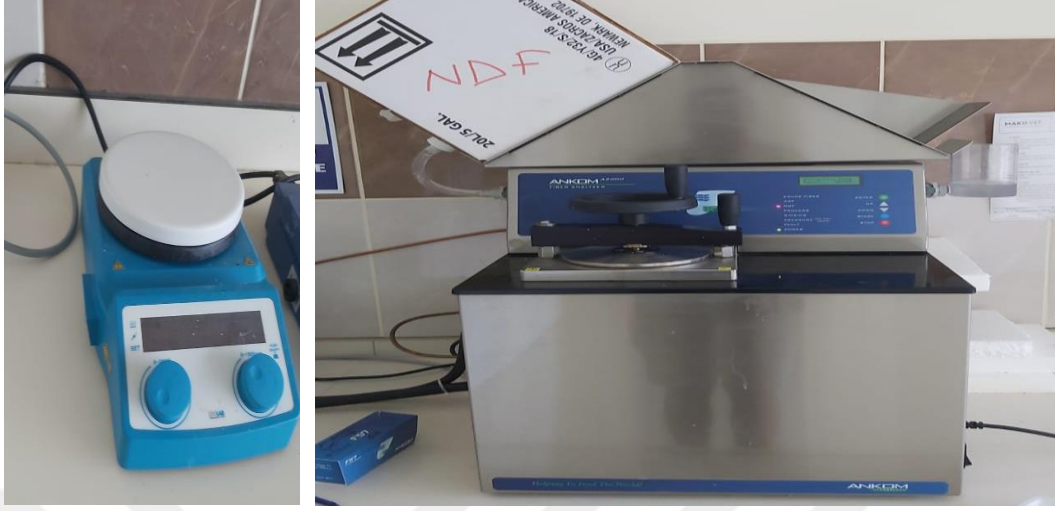
Şekil 3.9. Soxtherm Sox 416, Gerhardt GmbH and Co., Königswinter, Germany

3.6.6. Nötral Deterjan Fiber (NDF) Analizi

Araştırmada NDF, ADF ve ADL analizlerinde Goering ve Van Soest (1970) tarafından geliştirilen metodlar kullanılmıştır. Analizde kullanılmak üzere NDF solüsyonu, 1,8 litre distile suya 120 gr FND20C/1 ve 20 ml trietilen glikol FND20C/2 ekleyerek çözünene kadar manyetik karıştırıcı (Ika Ikamag, Germany) yardımıyla karıştırılmış ve 2 litreye distile su ile tamamlanmıştır. Her bir silaj numunesi, darası alınan 57 µ gözenek çaplı kese içerisine yaklaşık 0,5g olacak şekilde tartılarak, sıcak mühürlemeyle aracılığıyla ağızları kapatılmıştır. NDF solüsyonu ile 4 ml sulandırılmış alfa amilazın bulunduğu beher cihazın ilgili alanına yerleştirilmiştir. Hazırlanmış olan keseler otomatik selüloz tayin cihazı (Ankom 2000 Fiber Analyzer, USA) içerisindeki numune alanına yerleştirildikten sonra cihaz çalıştırılmıştır. Analiz işlemi 75 dakika sürdükten sonra cihaz tarafından otomatik olarak 2000 ml sıcak su ve 4 ml sulandırılmış alfa amilaz eklenerek yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminin ardından keseler behere alınmış ve üzerini örtecek kadar aseton içerisinde 3-4 dakika bekletilmiştir. Kabin içerisinde çıkarılan keseler önce 10 dakika asetonun uçması için dışarda bekletilmiştir ardından 105°C'lik etüvde kurutulmuştur. Keseler poşetlenerek desikatöre kaldırılmıştır. Tartılan keseler darası alınan porselen krozeler aracılığıyla 550-600°C'deki kül fırınında 5 saat yakılmıştır. Yanan numuneler desikatöre alınmış, oda sıcaklığına ulaşınca son tartımları yapılmış ve aşağıdaki formül yardımıyla NDF düzeyleri hesaplanmıştır:

$$\text{NDF (\%)} = \frac{[\text{Analiz sonrası ağırlık (g)} - \text{ham kül}] - [\text{Kese ağırlığı (g)} \times D]}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

$$\text{Düzeltilme faktörü (D)} = \frac{\text{Etüv sonrası ağırlık (g)} - \text{Kül fırını sonrası ağırlık (g)}}{\text{Boş kese ağırlığı (g)}} \times 100$$



Şekil 3.10. (a) Manyetik karıştırıcı (Ika Ikamag, Germany), (b) Ankom 2000, USA

3.6.7. Asit Deterjan Fiber (ADF) Analizi

Analizde kullanılmak üzere ADF solüsyonu, 40 g CTAB (Cetyltrimethylammoniumbromide) 2 litre 1,0 Normal H_2SO_4 içerisinde manyetik karıştırıcı (Janke and Kunkel IKA IKAMAG RH, Germany) yardımıyla karıştırılıp çözdürülerek hazırlanmıştır. Darası alınan 57 μ gözenek çaplı keselerin içerisine silaj numuneleri yaklaşık 500 mg kadar tartılarak ağızları sıcak ile mühürlenmiştir. ADF solüsyonu lif analiz cihazının ilgili alanına yerleştirilmiş ve 60 dakikalık analiz başlatılmıştır. Analiz sonunda cihazdan çıkarılan numuneler öncelikle soğuk suda yıkanmış ardından bir kaba alınıp tamamı içinde kalacak şekilde aseton eklenmiş ve 3-4 dakika bekletilmiştir. Kabin içerisinden çıkarılan keseler önce 10 dakika asetonun uçması için dışarda bekletilmiş, ardından 105°C’de 4 saat etüve kaldırılarak kurutulmuştur. Keseler havanın nemini almadan torbalara koyularak oda sıcaklığına ulaşması için desikatöre kaldırılmış ve ardından hassas terazide tartılmıştır. Ağırlıkları belirlenen keseler darası alınan porselen krozelerde 550-600°C’deki kül fırınında 5 saat yakılmıştır. Yanan numuneler desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca son tartımları yapılmış ve aşağıdaki formül yardımıyla ADF değerleri hesaplanmıştır:

$$\text{ADF (\%)} = \frac{[\text{Analiz sonrası ağırlık (g)} - \text{ham kül}] - [\text{Kese ağırlığı (g)} \times D]}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

$$\text{Düzeltilme faktörü (D)} = \frac{\text{Etüv sonrası ağırlık (g)} - \text{Kül fırını sonrası ağırlık (g)}}{\text{Boş kese ağırlığı (g)}} \times 100$$

3.6.8. Asit Deterjan Lignin (ADL) Analizi

Araştırmada ADL analizinin yapılışı yakma işlemine kadar ADF analizi ile aynı işlemlerden oluşmaktadır. Analiz süreci bu aşamadan sonra değişiklik göstermektedir. Etüvde kurutulan keseler 3 litrelik beher içerisine koyularak, keselerin üzeri tamamen kapatılacak şekilde sülfürik asit (%72'lik) eklenmiştir. Örnekler 3 saat süre ile 30 dakikada bir karıştırılmıştır. Akabinde sülfürik asit boşaltılmış ve keseler sıcak distile su ile pH 6,5-7,0'ye yaklaşıncaya kadar yıkanmıştır. Kurutma işlemi için keseler 105°C'lik etüve kaldırılarak 4 saat bekletilmiştir. Kurutma işlemi sonrası keseler torbalara alınarak oda sıcaklığına ulaşınca kadar desikatörde bekletilmiştir. Ardından keseler tartılıp darası alınan krezeller içerisinde kül fırınına yerleştirilmiştir. 550°C'de 5 saat süreyle yakılan krezeller desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca son tartımları yapılmış ve aşağıdaki formül yardımıyla ADL düzeyleri hesaplanmıştır:

$$\text{ADL (\%)} = \frac{[\text{Analiz sonrası ağırlık (g)} - \text{ham kül}] - [\text{Kese ağırlığı (g)} \times D]}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

$$\text{Düzeltilme faktörü (D)} = \frac{\text{Etüv sonrası ağırlık (g)} - \text{Kül fırını sonrası ağırlık (g)}}{\text{Boş kese ağırlığı (g)}} \times 100$$

3.7. Diğer Besin Maddeleri

Araştırmada uygulanan analizlerin sonuçları değerlendirilerek bazı besin maddelerinin düzeyleri hesaplanmıştır. Hesaplama Horrocks ve Valentine (1999) tarafından bildirilen aşağıdaki formüller kullanılmış ve tüm hesaplamalar KM (%) bazında yapılmıştır.

Azotsuz Öz Madde = 100 – (Ham kül + Ham protein + Ham yağ + Ham selüloz)

Yapısal Olmayan Karbonhidrat = 100 – (Nötral deterjan fiber + Ham protein + Ham kül + Ham yağ)

Hemiselüloz = Nötral deterjan fiber – Asit deterjan fiber

Selüloz = Asit deterjan fiber – Asit deterjan lignin

3.8. Yem Değerinin Belirlenmesi

Araştırmada yem değeri ölçütleri olarak Flieg puanı, KM tüketimi (%canlı ağırlık), sindirilebilir kuru madde (SKM) miktarı, NYD, net enerji laktasyon (NEL) düzeyi (Mcal/kg) ve TSBM miktarı belirlenmiştir.

Silajların kalite özelliklerinin önemli bir ölçütü olan Flieg puanı Moselhy ve ark. (2015), tarafından bildirilen aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

Flieg puanı = 220 + [2 × Kuru madde (%) – 15] – (40 × pH değeri)

Yukarıdaki hesaplama sonucuna göre silajlar Tablo 3.4’de detayları verilen kategoride sınıflandırılmaktadır.

Tablo 3.4. Flieg puan cetveli (Moselhy ve ark., 2015).

Puan aralığı	Silaj Kalite Sınıfı
20 puan ve altı	Çok kötü kaliteli silaj
21-40 puan arası	Düşük kaliteli silaj
41-60 puan arası	Orta kaliteli silaj
61-80 puan arası	İyi kaliteli silaj
81 puan ve üzeri	Çok iyi kaliteli silaj

Diğer yem değeri ölçütleri Horrocks ve Valentine (1999), tarafından bildirilen aşağıdaki formüller kullanılmış ve tüm hesaplamalar KM (%) bazında yapılmıştır.

$$\text{Sindirilebilir Kuru Madde (\%)} = 98,9 - (0,779 \times \text{Asit deterjan fiber})$$

$$\text{Kuru Madde Tüketimi (\% Canlı ağırlık)} = 120 \div \text{Nötral deterjan fiber}$$

$$\text{Nispi Yem Değeri} = \text{Sindirilebilir kuru madde (\%)} \times \text{Kuru madde tüketimi (\%)} \times 0,775$$

$$\text{Net Enerji Laktasyon (Mcal/kg)} = [1,044 - (0,0119 \times \text{Asit deterjan fiber})] \times 2,205$$

$$\text{Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri} = (-1,291 \times \text{Asit deterjan fiber}) + 101,35$$

3.8.1. Metabolize Olabilir Enerji Değerinin Belirlenmesi

Araştırmada silaj numunelerinin HS ve ADF değerlerini ayrı ayrı ve birlikte içeren metabolize olabilir enerji (ME) denklemleri kullanılarak (Kirchgeßner ve Kellner 1977; Kirchgeßner ve Kellner 1981; Kirchgeßner ve ark. 1977), silajların ME değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan formüller aşağıda görülmektedir:

$$\text{ME} - 1, \text{kcal/kg KM} = 3309.50 - 35.64 \times \text{HS}$$

$$\text{ME} - 2, \text{kcal/kg KM} = 238.85 \times (14.70 - 0.15 \times \text{ADF})$$

$$\text{ME} - 3, \text{kcal/kg KM} = 3464.70 - 58.10 \times \text{ADF} + 27.99 \times \text{HS}$$

3.9. Numunelerin *İn vitro* Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi

İn vitro sindirilebilirliğin belirlenmesinde ANKOM (2002)'de bildirilen metodoloji takip edilmiştir. Metot keselerin ve yemlerin hazırlanmasını, inkübasyon öncesi tampon solüsyonların hazırlanmasını, rumen sıvısının hazırlanmasını ve hesaplamaları içermektedir.

3.9.1. Keselerin ve Yem Numunelerinin Hazırlanması

Analizde kullanılan keseler öncelikle asit ve alkaliye dirençli mürekkebe sahip özel kalem kullanılarak numaralandırılmıştır. Analiz esnasında mikrobiyal sindirimi

inhibe edebilecek unsurları uzaklaştırmak amacıyla keseler 5 dakika aseton içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra kurutma işlemi için 105°C'lik etüve kaldırılarak 8 saat bekletilmiştir. Kurutma işlemi sonrası keseler, nem almaması için poşetlenerek oda sıcaklığına ulaşmaya kadar desikatörde bekletilmiştir. Ardından keseler içerisine 500 mg kadar numune örneği tartılmış ve ağızları ısı yardımıyla mühürlenmiştir. İnkübatör (Daisy inkübatör, ANKOM TECHNOLOGY, New York, USA) kavanozlarına düzeltme faktörü hesaplaması için bir adet boş kese ile birlikte hazırlanan numune keseleri yerleştirilmiştir.



Şekil 3.11. Daisy inkübatör, Ankom Model D220, USA

3.9.2. İnkübasyon Öncesi Hazırlıklar ve Tampon Solüsyonlar

Analiz için aşağıdaki Tablo 3.5'te bileşenleri verilen A ve B tampon çözeltileri kullanılmıştır. Her bir kavanoza 1330 ml A tampon çözeltisi ve 266 ml B tampon çözeltisi eklenmiştir. 39°C'de 6,8 pH değerinin sağlanmasıyla karışım oranının doğruluğu kontrol edilmiştir.

Tablo 3.5. Tampon çözelti miktarları (ANKOM, 2002).

Çözeltiler	Kimyasal	Miktar (g)
A (1 kavanoz= 1330 ml)	KH_2PO_4	13,3
	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,665
	NaCl	0,665
	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,133
	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	0,665
B (1 kavanoz= 266 ml)	Na_2CO_3	3,99
	$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	0,266

3.9.3. Rumen Sıvısı ve Hazırlanması

Araştırmada kullanılacak rumen içeriği, Burdur Güçbirliği mezbahasından 39°C'ye sıcaklığı ayarlanan 2 litrelik termoslara alınarak, içerisinde ısıtıcı pedler (39°C) bulunan bir çantada 20 dakika içinde laboratuvara getirilmiştir. İnkübasyonda kullanılacak huni, içerisinde distile su bulunan 4 litrelik beher ve 1 litrelik mezür 39°C olan etüve yerleştirilerek rumen içeriği alınmadan önce hazır şekilde bulundurulmuştur. Etüve koyularak 39°C'ye ulaştırılan distile su dolu beherin içerisine yine 39°C'deki bir litrelik mezür ve huni koyularak rumen içeriği tülbent yardımıyla süzölmüştür. Süzölen rumen içeriğinden 400 ml inkübatör içerisine koyulmuş ardından tampon çözeltiler ilave edilerek hazırlanan valfli kavanoz kapakları kapatılmıştır. Bütün bu aşamalar karbondioksit gazı ile destekli yapılmış ve anaerobik ortam oluşturulmuştur. Ardından kavanozlar inkübatöre yerleştirilerek 48 saatlik inkübasyona bırakılmıştır.

3.9.4. İnkübasyon Sonrası Hesaplamalar

İnkübasyon aşamasının 48 saat sonra bitmesinin ardından kavanozlardan çıkartılan kesler su ile, çıkan suyun rengi berraklaşana kadar yıkanmıştır. Keseler NDF ve ADF analizi için otomatik selüloz tayin cihazına (ANKOM 2000 Fiber Analyzer, ANKOM TECHNOLOGY, New York, USA) yerleştirilmiş ve yukarıda detayları verilen NDF ve ADF analizleri yapılmıştır. Ankom cihazında NDF analiz yapılırken ADF analizi yapılacak olan diğer keseler -20°C derin dondurucu içinde bekletilmiştir.

İn vitro sindirim düzeylerinin hesabı aşağıdaki eşitlikler ile yapılmıştır.

T1 = Kese ağırlığı (g)

T2 = Örnek ağırlığı (g)

T3 = *İn vitro* inkübasyon ve NDF analizleri sonunda elde edilen numune ve torba ağırlığı (g)

T4 = *İn vitro* inkübasyon ve ADF analizleri sonunda elde edilen numune ve torba ağırlığı (g)

T5 = *İn vitro* inkübasyon sonunda arta kalan numune ve torba ağırlığı (g)

HP1 = *İn vitro* inkübasyon öncesi ham protein oranı

HP2 = *İn vitro* inkübasyon sonrası ham protein oranı

K = Yakma sonu (kroze hariç) ağırlık (g)

KM = Kuru madde oranı (Örneğin %57 = 57/100 = 0,57)

OM = Organik madde oranı

NDF = Nötral deterjan fiber oranı

ADF = Asit deterjan fiber oranı

D (boş kese düzeltme faktörü) = $\frac{\text{Etüvde kurutma sonrası kese ağırlığı}}{\text{Etüvde kurutma öncesi kese ağırlığı}}$

İn vitro gerçek kuru madde sindirilebilirliği (İVGKMS):

$$\text{İVGKMS}(\%) = \frac{100 - [(T3 - K) \times (T1 \times D)]}{T2 \times KM} \times 100$$

İn vitro gerçek organik madde sindirilebilirliği (İVGOMS):

$$\text{İVGOMS}(\%) = \frac{100 - [(T3 - K) \times (T1 \times D)]}{T2 \times OM} \times 100$$

İn vitro gerçek nötral deterjan fiber sindirilebilirliği (İVGNDFS):

$$\text{İVGNDFS}(\%) = \frac{(T2 \times NDF) - [(T3 - K) \times (T1 \times D)]}{(T2 \times NDF) \times KM} \times 100$$

İn vitro gerçek asit deterjan fiber sindirilebilirliği (İVGADFS):

$$\text{İVGADFS}(\%) = \frac{(T2 \times ADF) - [(T4 - K) \times (T1 \times D)]}{(T2 \times ADF) \times KM} \times 100$$

İn vitro ham protein parçalanabilirliği (İVHPP):

$$\text{İVHPP}(\%) = \frac{(T2 \times HP1) - [(T5 \times HP2) \times (T1 \times D)]}{(T2 \times HP1) \times KM} \times 100$$

3.9.5. Silaj Asitleri ve Laktik Asit Değerinin Belirlenmesi

Olgunlaşan silaj numuneleri, laboratuvar ortamında açılmış ve yaş halde her bir gruptan üçer adet yaş numune, silaj asitleri ve laktik asit değerlerinin çalışılacağı zamana kadar derin dondurucuda (-20°C) bekletilmiştir. Silaj asitleri ve laktik asit düzeyleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Analizde derin dondurucuda saklanan silaj örneklerinden 25g alınarak çelik laboratuvar blenderinde 450 mL bidistile su ile 5 dakika karıştırılarak homojenize edildikten sonra karışım, 4 kat tülbentten süzölmüş ve süzöntünün pH'ı ölçölmüştür. İçerik 5 mL alınarak, 12 N H₂SO₄ ile pH'ı 2-3 olacak şekilde ayarlanarak, +4°C'de, 26000 g (santrifüj kuvvetinde) 30 dakika santrifüj edilmiş ve HPLC'ye enjekte edilmeye hazır hale getirilmiştir (Tjardes ve ark., 2000).

Uçucu yağ asitlerinin HPLC ile metod validasyonunda; laktik, asetik asit ve bütirik asitlerin standartlarının tek ve mix olarak farklı ppm miktarları HPLC'ye enjekte edilerek kromatogramları alınmıştır. Kullanılan likit kromatografi cihazı, oto enjektörlü Agilent 1100 yüksek performanslı likit kromatografidir. Organik asit analiz kolonu olarak (300 mm ×7.8 mm i.d.; AMINEX HPX 87H Ion Exchange) Bio Rad. kolonu kullanılmıştır. Analizlin yürütüldüğü şartlar şu şekildedir. Mobil faz, 0,005 M H₂SO₄; akış hızı 0,6mL/dak; kolon sıcaklığı 41°C; enjeksiyon hacmi 10 µL; ultraviyole deteksiyon 210 nm dir (Canale ve ark., 1984). Her bir örneğin okuması, 30 dakika örnek ve 15 dakika mobil faz olmak üzere, 45 dakika sürmüştür.

3.10. İstatistiksel Analizler

Gruplara ait istatistik hesaplamalar ve grupların ortalama değerleri arasındaki farklılıkların önemliliği için Variyans analiz metodu, gruplar arasındaki farkın önemlilik kontrolü için de Tukey testi uygulanmıştır (Dawson ve Trapp, 2001).

4. BULGULAR

4.1. Leucaena Yaprığının Yapısal Olmayan Besin Madde İçeriği

Leucaena'nın yaprak ve ince dallarına ait yapısal olmayan besin madde içeriği Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Silajı yapılan ada mimosası (*Leucaena leucocephala*) yapraklarının yapısal olmayan besin madde içeriği (%KM'de).

KM %	HK %	HP %	HY %	AÖM %	NFC %
36,88	9,81	23,67	2,26	44,90	16,77

KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, AÖM: Azotsuz öz madde, NFC: Lif olmayan karbonhidrat

4.2. Leucaena Yaprığının Yapısal Besin Madde İçeriği

Leucaena'nın yaprak ve ince dallarına ait yapısal besin madde içeriği Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Silajı yapılan ada mimosası (*Leucaena leucocephala*) yapraklarının yapısal besin madde içeriği (%KM'de).

HS %	NDF %	ADF %	ADL %	Hemiselüloz %	Selüloz %
15,10	47,49	29,72	9,66	17,17	20,06

HS: Ham selüloz, NDF: Nötral deterjan fiber, ADF: Asit deterjan fiber, ADL: Asit deterjan lignin, Hemiselüloz = NDF – ADF, Selüloz = ADF – ADL

4.3. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Elde Edilen Leucaena Silajlarının Fiziksel Özellikleri

Farklı katkı maddeleri kullanılarak elde edilen silajlarda fiziksel kalite (renk, koku, strüktür) analizlerine ilişkin puanlamalar ve bu puanlar kullanılarak hesaplanan DLG (Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft) puanları Tablo 4.3'te görülmektedir.

Tablo 4.3. Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) silajının fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Fiziksel özellikler	Deneme grupları				P
	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu	
Renk	1,95 ± 0,04 a	1,62 ± 0,10 b	1,83 ± 0,07 ab	1,66 ± 0,09 b	0,020
Koku	13,25 ± 0,18 a	12,58 ± 0,26 b	13,54 ± 0,12 a	12,29 ± 0,19 b	0,001
Strüktür	3,91 ± 0,05	3,62 ± 0,11	3,87 ± 0,06	3,66 ± 0,09	0,050
DLG puanı*	19,12 ± 0,17 a	17,83 ± 0,36 b	19,25 ± 0,19 a	17,62 ± 0,29 b	0,001

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; DLG silaj Sınıfı: 18-20: Pekiyi, 14-17: İyi, 10-13: Orta, 5-9: Değeri az, 0-4: Kötü; *DLG puanı = Renk + Koku + Strüktür; P<0,05

Bağımsız 3 araştırmacının DLG puan sistemini kullanarak puanladıkları renk ve koku özellikleri kontrol ve arpa gruplarında benzer bulunmuştur. Renk açısından arpa ve formik asit gruplarında önemli bir fark bulunmazken, melas ve formik asit gruplarının renk değeri kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde düşük ($P<0,020$) bulunmuştur. Koku değeri açısından da benzer bir durum söz konusudur. Melas ve formik asit gruplarının koku değerleri araştırmacılar tarafından kontrol ve arpa gruplarına kıyasla önemli düzeyde düşük ($P<0,001$) olarak puanlanmıştır. Melas ve formik asit grupları arasında silaj rengi ve kokusu açısından istatistik bir fark oluşmamıştır.

Silaj numunelerine ait strüktür değerleri arasında herhangi bir istatistik farklılık oluşmamıştır. Araştırmada koku, renk ve strüktür değerlerinin toplamı ile belirlenen DLG puanın, kontrol ve arpa gruplarında benzer olduğu, melas ve formik asit gruplarının ise kontrol ve arpa gruplarına kıyasla önemli düzeyde düşük olduğu ($P<0,001$) belirlenmiştir. Melas ve formik asit grupları arasında strüktür açısından önemli bir farklılık oluşmamıştır.

4.4. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Elde Edilen Leucaena Silajlarının $\text{NH}_3\text{-N}$ ve pH Düzeyleri

Farklı katkı maddeleri kullanılarak elde edilen silajlara ilişkin $\text{NH}_3\text{-N}$ ve pH düzeyleri Tablo 4.4'te görülmektedir.

Tablo 4.4. Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) silajının amonyak azotu ve pH düzeyleri üzerine etkisi

Deneme grupları					
	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu	P
NH₃-N	15,09 ± 0,22	15,56 ± 0,67	17,13 ± 0,38	15,88 ± 0,78	0,081
pH	5,52 ± 0,02 a	4,37 ± 0,03 c	5,05 ± 0,01 b	4,94 ± 0,12 b	0,001

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; NH₃-N: Amonyak azotu, mg/100ml

Araştırmada kontrol grubu ve deneme grupları arasında amonyak azotu (NH₃-N) düzeyi açısından istatistik önem taşıyan bir farklılık oluşmamıştır. Silaj pH' ları açısından arpa ve formik asit gruplarının pH düzeyleri benzerken, kontrol grubundan önemli düzeyde yüksek, melas grubundan ise önemli düzeyde düşük (P<0,001) belirlenmiştir.

4.5. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Yapısal Olmayan Besin Madde Bileşimi Üzerine Etkisi

Farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının yapısal olmayan besin maddeleri üzerine etkileri Tablo 4.5'te görülmektedir.

Tablo 4.5. Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) silajının yapısal olmayan besin maddeleri bileşimi üzerine etkileri (%KM'de).

	Deneme grupları				P
	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu	
KM%	34,24 ± 0,34 b	35,37 ± 0,34 ab	36,32 ± 0,82 a	35,83 ± 0,43 ab	0,044
HK%	10,81 ± 0,23 a	10,88 ± 0,30 a	9,85 ± 0,12 b	10,24 ± 0,76 ab	0,002
HP%	22,77 ± 0,49	22,93 ± 0,14	22,35 ± 0,24	22,27 ± 0,17	0,349
HY%	3,01 ± 0,17	3,63 ± 0,42	3,74 ± 0,20	3,45 ± 0,15	0,218
AÖM%	42,12 ± 0,57	43,75 ± 0,65	43,73 ± 0,79	44,21 ± 0,45	0,110
LOK%	17,87 ± 0,82	19,07 ± 1,30	18,88 ± 0,89	17,95 ± 0,63	0,735

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, AÖM: Azotsuz öz madde, LOK: Lif olmayan karbonhidrat

Araştırmada KM açısından deneme grupları arasında istatistik bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Arpa grubunun KM'si %36,32 ile en yüksek, kontrol grubunun KM'si %34,24 ile en düşük KM değerleri olarak belirlenmiş ve aradaki farkın istatistik açıdan önemli ($P < 0,044$) olduğu görülmüştür. Araştırmada deneme gruplarından melas ve formik asit grupları ile kontrol grubu arasında KM değerleri arasındaki fark, istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Ham kül oranı açısından kontrol grubu ile deneme gruplarından melas ve formik asit grupları arasındaki rakamsal farklılıklar istatistik önem oluşturmamıştır. Araştırmada arpa grubu melas, formik asit ve kontrol grubuna göre en düşük (%9,85) HK değerine sahiptir. Arpa grubu ile melas grubu ve kontrol grubu arasındaki fark istatistik önem oluşturmamıştır ($P < 0,002$). Araştırmada besin maddelerinden HP ve HY değerleri açısından, kontrol ve deneme grupları arasında istatistiksel bir önem oluşmamıştır.

Azotsuz öz madde (NÖM) değeri açısından kontrol grubu ile melas grubu arasında istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır. Bununla birlikte arpa ve formik asit gruplarının NÖM değerlerinin kontrol ve melas gruplarına kıyasla önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir ($P < 0,001$). Deneme gruplarından arpa ve formik asit gruplarının NÖM değerleri arasında da istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir. Araştırma yapısal olmayan karbonhidrat değerleri açısından değerlendirildiği zaman

deneme grupları ile kontrol grubu arasında herhangi bir farklılığın olmadığı görülmüştür.

4.6. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Yapısal Besin Maddesi Bileşimi Üzerine Etkisi

Farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının yapısal besin maddeleri bileşimi üzerine etkileri Tablo 4.6’da görülmektedir.

Tablo 4.6. Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) silajının yapısal besin maddeleri bileşimi üzerine etkileri (%KM’de).

	Deneme grupları				P
	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu	
HS	16,91 ± 0,49 a	14,54 ± 0,29 b	15,29 ± 0,69 ab	14,68 ± 0,37 b	0,004
ADF	22,26 ± 0,34 a	19,67 ± 0,55 b	21,20 ± 0,36 ab	21,02 ± 0,36 ab	0,001
NDF	45,52 ± 0,71	43,47 ± 1,05	45,16 ± 0,77	46,07 ± 0,66	0,142
ADL	4,96 ± 0,25	4,90 ± 0,37	5,78 ± 0,13	5,38 ± 0,33	0,129
Hemiselüloz	23,25 ± 0,45	23,80 ± 1,17	23,96 ± 0,85	25,04 ± 0,74	0,512
Selüloz	17,30 ± 0,42 a	14,76 ± 0,23 b	15,41 ± 0,28 b	15,63 ± 0,44 b	0,001

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; ADF: Asit deterjan fiber, NDF: Nötral deterjan fiber, ADL: Asit deterjan lignin, Hemiselüloz = NDF – ADF, Selüloz = ADF – ADL

Ham selüloz içeriği açısından kontrol grubu ile arpa grubu arasında istatistiksel bir farklılık oluşmazken, melas ve formik asit gruplarının HS değeri kontrol grubundan önemli düzeyde düşük şekillenmiştir ($P<0,004$). Araştırmada deneme grupları arasında HS değeri açısından istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır. ADF değerleri açısından kontrol grubunun %22,26 ile en yüksek, %19,67 ile de melas grubunun en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiş, aradaki farklılık istatistik açıdan önemli olduğu görülmüştür ($P<0,001$). Çalışmada NDF, ADL ve hemiselüloz değerlerinde deneme grupları ve kontrol grubu arasında önemli bir farklılığın şekillenmediği belirlenmiştir. Selüloz değeri açısından deneme grupları arasında istatistik bir farklılığın şekillenmediği ancak deneme gruplarının selüloz değerinin kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0,001$).

4.7. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Metabolize Olabilir Enerji Değeri Üzerine Etkisi

Araştırmada silaj numunelerinin ham selüloz ve ADF değerlerini ayrı ayrı ve birlikte içeren metabolize olabilir enerji denklemleri kullanılarak (Kirchgeßner ve Kellner 1977; Kirchgeßner ve Kellner 1981; Kirchgeßner ve ark. 1977), silajların ME'leri hesaplanmıştır. Farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının ME değeri üzerine etkileri Tablo 4.7'de görülmektedir.

Tablo 4.7. Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) silajının ME değeri üzerine etkisi (%KM'de).

	Deneme grupları				P
	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu	
ME-1	2706,73 ± 17,54 b	2791,26 ± 10,56 a	2764,48 ± 24,77 ab	2786,13 ± 13,46 a	0,004
ME-2	2713,26 ± 12,43 b	2806,23 ± 19,95 a	2751,54 ± 13,09 ab	2757,72 ± 13,12 ab	0,001
ME-3	2644,27 ± 21,94	2728,64 ± 28,06	2660,99 ± 30,86	2654,02 ± 14,71	0,075

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; ME: Metabolize olabilir enerji; ME – 1, kcal/kg KM = 3309.50 – 35.64 × HS, ME – 2, kcal/kg KM = 238.85 × (14.70 – 0.15 x ADF), ME – 3, kcal/kg KM = 3464.70 – 58.10 × ADF + 27.99 × HS

Araştırmada 3 farklı yöntemle ME değerleri hesaplanmıştır. ME-1'de deneme grupları arasında bir önem oluşmaz iken, melas ve formik asit gruplarının enerji değerinin kontrol grubundan önemli düzeyde yüksek olduğu görülmüştür. ME-2 değeri açısından melas grubunun ME değeri kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuş, bununla birlikte diğer deneme grupları ile arasında önemli bir farklılık oluşmamıştır. ME-3 değeri açısından ise deneme grupları ve kontrol grubu arasında istatistik önem oluşmamıştır.

4.8. Farklı Katkı Maddelerinin Leucaena Silajının Yem Değeri Üzerine Etkisi

Farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının yem değeri üzerine etkisi Tablo 4.8'de görülmektedir.

Tablo 4.8. Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) silajının yem değeri üzerine etkisi (%KM'de).

	Deneme grupları				P
	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu	
KMT	2,64 ± 0,16	2,78 ± 0,70	2,66 ± 0,04	2,61 ± 0,03	0,102
SKM	81,55 ± 0,27 b	83,57 ± 0,43 a	82,38 ± 0,28 ab	82,51 ± 0,28 ab	0,001
NYD	167,33 ± 3,18 b	180,41 ± 4,60 a	170,43 ± 3,13 ab	167,10 ± 2,51 b	0,027
NEL	1,71 ± 0,01 b	1,78 ± 0,01 a	1,74 ± 0,01 ab	1,75 ± 0,01 ab	0,001
TSBM	72,60 ± 0,44 b	75,95 ± 0,71 a	73,98 ± 0,47 ab	74,20 ± 0,47 ab	0,001
Flieg*	52,59 ± 1,05 c	100,95 ± 2,30 a	75,40 ± 1,98 b	78,77 ± 6,100 b	0,001

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; KMT: Kuru madde tüketimi (%canlı ağırlık), SKM: Sindirilebilir kuru madde (%), NYD: Nispi yem değeri, NEL: Net enerji laktasyon (Mcal/kg), TSBM: Toplam sindirilebilir besin maddeleri (%), Flieg puanı = (205 + (2 × DM%) – (40 × pH)); P<0,05

4.9. Farklı Katkı Maddelerinin *Leucaena* Silajının *İn Vitro* Protein Parçalanabilirliği ve *İn Vitro* Sindirilebilirlik Değerleri Üzerine Etkisi

Farklı katkı maddelerinin *Leucaena leucocephala* silajının İVHPP ve *in vitro* sindirilebilirlik değerleri üzerine etkisi Tablo 4.9'da görülmektedir.

Tablo 4.9. Farklı katkı maddelerinin ada mimozası (*Leucaena leucocephala*) silajının İVHPP ve sindirilebilirlik değerleri üzerine etkisi (%KM'de).

%	Deneme grupları				P
	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu	
İVHPP	45,81 ± 1,70 a	42,04 ± 1,97 ab	35,58 ± 2,10 b	36,76 ± 2,04 b	0,001
İVGS	80,10 ± 0,60 b	83,48 ± 0,74 a	80,32 ± 0,54 b	80,31 ± 0,57 b	0,001
İVGKMS	79,20 ± 0,64 b	82,76 ± 0,76 a	79,28 ± 0,58 b	79,17 ± 0,62 b	0,001
İVGOMS	79,80 ± 0,60 b	83,64 ± 0,74 a	80,35 ± 0,49 b	80,39 ± 0,62 b	0,001
İVGNDFS	57,69 ± 1,17	60,36 ± 1,35	58,72 ± 1,01	62,52 ± 1,53	0,054
İVGADFS	33,75 ± 0,56 b	40,51 ± 1,45 a	37,57 ± 1,13 ab	37,45 ± 1,56ab	0,004

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; İVHPP: *İn vitro* ham protein parçalanabilirliği, İVGS: *İn vitro* gerçek sindirilebilirliği, İVGKMS: *İn vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği, İVGOMS: *İn vitro* gerçek organik madde sindirilebilirliği, İVGNDFS: *İn vitro* gerçek nötral deterjan fiber sindirilebilirliği, İVGADFS: *İn vitro* gerçek asit deterjan fiber sindirilebilirliği

Araştırmada arpa ve formik asit gruplarının İVHPP kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde ($P<0,001$), melas grubuna kıyaslaya da rakamsal olarak düşük şekillenmiştir. *İn vitro* protein parçalanabilirliği açısından melas grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır. Araştırmada melas grubuna ait İVGS, İVGKMS ve İVGOMS diğer deneme grupları ve kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,001$). Söz konusu parametreler açısından arpa ve formik asit grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık şekillenmemiştir.

Araştırmada İVGNDFS %62,52 ile en yüksek formik asit grubunda, %57,69 ile de en düşük kontrol grubunda şekillenmiştir. Her iki değer arasındaki fark istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($P<0,054$). *İn vitro* ADF sindirilebilirliği açısından melas grubu ile diğer deneme grupları arasındaki farklılık önemsizken, kontrol grubu ile arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,004$).

4.10. Leucaena Bitkisinin Farklı Katkı Maddeleri ile Muamelesi Sonucu Elde Edilen Silajlarına Ait Asetik Asit, Propiyonik Asit, Bütirik Asit ve Laktik Asit Değerleri

Farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının silaj asitleri ve laktik asit değerleri üzerine etkisi Tablo 4.10'da görülmektedir.

Tablo 4.10. Farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının silaj asitleri ve laktik asit değerleri üzerine etkisi (%KM'de).

	Kontrol grubu	Melas grubu	Arpa grubu	Formik asit grubu
Asetik asit	1,41 ± 0,004	1,13 ± 0,009	1,19 ± 0,002	1,15 ± 0,001
Propiyonik asit	1,67 ± 0,010	1,33 ± 0,007	1,25 ± 0,007	0,94 ± 0,002
Bütirik asit	0,66 ± 0,003	1,80 ± 0,005	0,14 ± 0,001	0,22 ± 0,001
Laktik asit	12,73 ± 0,036	10,64 ± 0,098	9,50 ± 0,261	6,74 ± 0,054

Melas grubu: %5 melas ilaveli grup, Arpa grubu: %5 arpa ilaveli grup, Formik asit grubu: %0,5 formik asit ilaveli grup; n=3

5. TARTIŞMA

Araştırmada farklı katkı maddeleri kullanılarak silajı yapılan *Leucaena*'nın yaprak ve ince dallarına ait KM içeriği %36,88 bulunmuştur (Tablo 4.1). Bu değer, bir dizi araştırmaya konu edilen *Leucaena leucocephala* yaprağının KM içeriğine (%31,66 – 38,0) benzerdir (Mohamed ve ark., 2000; Santana ve ark., 2015; Phasatcha ve Wanapat, 2016; Voltolini ve ark., 2019). Çalışmalar arasındaki KM farklılığı, bitkinin hasat döneminden kaynaklanıyor olabilir. Araştırmada 2023 yılı Haziran ayında Antalya ilinden toplanan *Leucaena* yaprakları kullanılmıştır. Bitkinin yapraklarına ait ham kül içeriği (%9,81) Voltolini ve ark. (2019) ve Santana ve ark. (2015) ile benzer olmakla birlikte bazı araştırmacılar (Mohammed ve ark., 2000; Phasatcha ve Wanapat, 2016) HK içeriğini %6,21 ve %7,6 olarak bildirmişlerdir. Söz konusu durum, yaprak ve sap oranından kaynaklanmış olabileceği gibi bitkinin farklı türlerinin araştırmaya konu edilmiş olması da etkili olabilir.

Legümunöz bir bitki olan *Leucaena* bitkisinin araştırmada silaj yapılan yaprak ve ince dallarına ait HP içeriği %23,67 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Araştırmalar bitkinin HP değerini en düşük %18,6 (Voltolini ve ark., 2019), en yüksek %25,94 (Mohamed ve ark., 2000) olarak bildirmiştir. Söz konusu farklılık, bitkinin hasat dönemiyle ilişkili olabilir. Benzer olarak bitkinin yaprak ve ince dallarına ait HY içeriği araştırmada %2,26 olarak belirlenmiş olmakla birlikte Voltolini ve ark. (2019), bitkiye ait HY değerini %14,2 olarak bildirmiştir. Bununla birlikte Santana ve ark. (2015), araştırma bulgularına paralel olarak bitkinin HY değerini %2,5 olarak bildirmiştir.

Leucaena bitkisine ait yaprak ve ince dalların HS içeriği %15,10 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.2). Söz konusu değer, Mohamed ve ark. (2000), tarafından bildirilen (%13,09) HS değerlerine benzerdir. Bununla birlikte Santana ve ark. (2015), bitkinin HS içeriğini %26,53 olarak bildirmişlerdir. Zapata-Compos ve ark. (2020), hesaplama bulunan değerler açısından bitkiye ait selüloz içeriğini %17,0 ve hemiselüloz içeriğini de %19,1 olarak bildirmişlerdir. Araştırmada bitkiye ait hemiseloz içeriği %17,17 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu farklılıklar bitkinin hasat zamanı, ince dal oranı ve türü ile ilişkili olabilir.

Araştırmada belirlenen bitkinin ADF, NDF ve ADL düzeyleri (sırası ile %29,72, 47,49 ve 9,66) araştırmalarda farklılıklar göstermektedir (Tablo 4.2). Mohamed ve ark. (2020), araştırma bulgularına paralel olarak bitkinin ADL düzeyini %8,16 olarak bildirmiş, ancak ADF ve NDF değerlerini sırasıyla %20,86 ve 33,15 olarak tespit etmişlerdir. Benzer olarak Phasatcha ve Wanapat (2016), ADF ve NDF değerlerini sırası ile %22,4 ve 38,7 olarak bildirmişlerdir ve bu değerler araştırma bulgularından düşüktür. Bununla birlikte Voltolini ve ark. (2019), bitkinin ADF ve NDF değerlerini sırasıyla %46,5 ve 63,1 olarak bildirmişlerdir. Söz konusu değerler ADF oranı açısından araştırma bulguları ile benzerken, NDF değeri açısından oldukça yüksektir. Sonuç olarak literatür, bitkinin ADF ve NDF değerlerini sırasıyla %19,9 - 46,5 ve 33,15 - 63,1 arasında değiştiğini bildirmektedir. Yapısal olan karbonhidratlar açısından şekillenen bu farklılıklar, bitkinin hasat edilme zamanı ve türü ile ilişkili olabilir.

Araştırmada farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının fiziksel özellikleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde deneme grupları ve kontrol grubu DLG puanının, silaj sınıflandırılma kriterlerine göre 17 puan ve üzerinde olduğu, dolayısıyla “pekiyi” olarak sınıflandırıldığı görülmektedir (Tablo 4.3). Literatürde Leucaena silajının fiziksel kalite parametrelerini değerlendiren bir araştırmaya rastlanılmamıştır. DLG puanlamasının 3 bağımsız araştırmacının verdiği puanların (renk, koku ve strüktür) ayrı ayrı toplanıp ortalamaları alınarak oluşturulan bir puanlama metodu olması, araştırmacıları daha objektif parametreler üzerinden silaj kalite parametrelerini değerlendirmeye iletmış olabilir. Bununla birlikte araştırmada kontrol ve arpa gruplarına ait DLG puanı melas ve formik asit gruplarından yüksek değerlendirilmiştir ($P<0,001$). Aykan ve Saruhan (2018), araştırma bulgularımıza paralel olarak katkı ilavesiz yem bezelyesi silajının (pH: 3,93) renk, koku ve strüktür puanlarının sırası ile 1,75; 13,50 ve 2,50 olduğunu, toplam DLG puanının 17,75 olduğunu bildirmişlerdir.

Dumlu ve Tan (2009), Erzurum ili şartlarında yetişen bazı baklagil yem bitkileri ve karışımlarının silaj DLG puanlamasını yaptıkları bir araştırmada, silaj pH'sı 5,5'in altında olan korunga, çayır üçgülü, sarı taş yoncası ve gazalboynuzu + buğdaygil karışımlarının DLG puanlarının 5 ila 10 arasında değiştiğini (orta kalite silaj) bildirmişlerdir. Araştırmacılar söz konusu bitkilere %5 arpa ve %1 tuz ilave

edilen silajlar açısından, DLG puanının 9 ila 14 aralığına yükseldiğini bildirmişlerdir. Söz konusu değerler, araştırma bulgularımızdakilere göre oldukça düşüktür. Benzer bir çalışmada Dumlu Gül ve ark. (2015), %5 melas katkısı, %10 arpa kırması veya her iki katkının birlikte kullanıldığı yonca silajlarında fiziksel değerlendirme sonuçlarının az değerli veya orta kalite sınıfında olduğu, katkı maddesi ilave edilmeyen kontrol grubunun ise kötü kalite sınıfında olduğu bildirilmiştir.

Farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının pH ve $\text{NH}_3\text{-N}$ düzeyleri üzerine etkisini değerlendirilen araştırma çok fazla bulunmamakla birlikte, yaklaşık %3 melas katkısı ilave edilen (Mohamed ve ark., 2000) ya da katkısız silolanan Leucaena silajlarının (Ferraira ve ark., 2016) pH düzeyleri sırası ile 4,1 ve 3,48 olarak bildirilmiştir. Söz konusu değerler, kontrol grubu ve deneme gruplarımız açısından, araştırma bulgularımızdan düşüktür. pH değişiklik hızı araştırmada belirlenmemiş olmakla birlikte araştırmamızda kontrol grubu pH'sının en yüksek, melas grubunun pH'sının ise en düşük olduğu görülmüştür (Tablo 4.4). Söz konusu durum, melasın kolay eriyebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması ve laktik asit bakterilerinin gelişimini teşvik ederek ortamı hızlı bir şekilde asitleştirmesi neticesinde olmuş olabilir. Bununla birlikte Mohamed ve ark. (2000), Leucaena silajının $\text{NH}_3\text{-N}$ düzeyinin 3,84 mg/100ml olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmamızda (Tablo 4.4) farklı katkı maddelerinin Leucaena silajının $\text{NH}_3\text{-N}$ düzeyleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuş olmakla birlikte %5 melas ilave edilen deneme grubu açısından $\text{NH}_3\text{-N}$ düzeyi Mohamed ve ark. (2000), çalışmasındaki bildirişinden yaklaşık 3,5 kat yüksektir. Bu durum, silaj $\text{NH}_3\text{-N}$ düzeyinin analiz yöntemleri arasındaki farktan ve melas proteinin tamamına yakın kısmının NPN olmasından kaynaklanmış olabilir.

Yapılan literatür taramasında Ferraira ve ark. (2016), katkı maddesi ilave edilmeyen Leucaena silajının HK değerini %6,07, Mohamed ve ark. (2000), %7,06 bildirmişlerdir. Araştırmamızda katkı maddesi ilave edilmeyen kontrol grubunun HK değeri %10,81 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.5). Söz konusu durum, bitkilerin yetiştiği topraktaki mineral içeriği ve topraktaki gübreden kaynaklanıyor olabilir. Arpa grubunun HK oranının diğer deneme grupları ve kontrol grubundan düşük şekillenmiş olması, arpanın ilave düzeyi ve HK oranının daha düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Kontrol ve deneme grupları arasında HP açısından herhangi bir farklılık şekillenmemiştir. Phasatcha ve Wanapat (2016), katkı maddesi ilave edilmeyen ve %1 ve 2 oranlarında melas ilave edilen Leucaena silajının HP değerlerini sırasıyla %21,5; %21,4 ve %21,8 olarak bildirmişlerdir. Araştırma bulgularımız HP değeri açısından Phasatcha ve Wanapat (2016) ile benzer olmakla birlikte, Ferraira ve ark. (2016), katkı ilavesi yapılmayan Leucaena silajının HP içeriğini %16,77 olarak bildirmişlerdir. Bununla birlikte Khaing ve ark. (2016), bitkinin silajına ait HP değerini %27,5; Mohamed ve ark. (2000), yaklaşık %3 melas içeren Leucaena silajının HP değerini %25,94 ve Giang ve ark. (2016), %1 üre ve %2 melası birlikte içeren Leucaena silajının HP içeriğini %25,1 olarak bildirmişlerdir. Söz konusu durum bitkinin türü, silaj yapılan aksamı ve bitkinin yetiştiği toprağın azot içeriği, silaj yapım tekniği gibi birçok faktörden kaynaklanmış olabilir.

Araştırmada HY değeri açısından kontrol ve deneme grupları arasında önemli bir fark oluşmamış, gruplara ait HY değeri %3,01 ile 3,74 arasında değişmiştir (Tablo 4.5). Araştırma bulgularımız Ferraira ve ark. (2016) çalışması ile uyumludur. Bununla birlikte Mohamed ve ark. (2000), yaklaşık %3 melas ilave edilen Leucaena silajının HY içeriğinin %5,13 olduğunu bildirmişlerdir. Khaing ve ark. (2016), bu değeri %0,97 olarak bulmuşlardır. Bu durum silaj yapımında kullanılan Leucaena bitkisinin türü, hasat zamanı ve yaprak, sap ve tohum içeriğinden kaynaklanıyor olabilir. Araştırmada HS içeriği açısından deneme grupları arasında herhangi bir farklılık oluşmamıştır (Tablo 4.5). Silajın HS içeriğinin %14,54 ile %16,91 arasında değiştiği görülmüştür. Söz konusu durum Mohamed ve ark. (2000), bildirdiği yaklaşık %3 melas ilave edilen Leucaena silajının HS değerleri ile uyumludur. Silaj pH'ları değerlendirildiğinde melas ve formik asit gruplarının pH'larının kontrol grubuna kıyasla önemli derece düşük olduğu görülmektedir (Tablo 4.4). Araştırmada her ne kadar pH'daki değişim süresi değerlendirilmemiş olsa da şeker oranı yüksek olan melasın laktik asit bakterilerince kullanımının arpa ilavesine kıyasla hızlı olacağı düşünülebilir. Benzer olarak bir organik asit olan formik asit, ilave düzeyine bağlı olarak pH'yı hızlı bir şekilde düşürmüş olabilir. pH daki muhtemel hızlı azalma, selüloz ve hemiselüloz fraksiyonlarının parçalanmasına neden olmuş olabilir.

Silaj numunelerinin ADF oranı açısından %5 melas ilave edilen deneme grubunun ADF oranı kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde düşük bulunmuştur (Tablo 4.6). Bununla birlikte diğer deneme grupları ve kontrol grubu arasında istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır. Bu durum, melasın yapısal karbonhidrat içeriğinin olmamasından ve kütle oranı üzerine olan etkisinden kaynaklanıyor olabilir. Araştırma bulgularına paralel olarak Phasatcha ve Wanapat (2016), Leucaena silajı yapımı esnasında %1 ve %2 oranlarında ilave edilen melasın silajın besin değeri ve *in vitro* fermentasyon değerleri üzerine etkisini değerlendirdikleri bir çalışmada, kontrol grubu ADF içeriğini %22,4; melas ilave edilen deneme gruplarının ADF değerlerini de sırasıyla %22,1 ve %21 olarak bildirmişlerdir. Benzer olarak Mohamed ve ark. (2000) ile Giang ve ark. (2016), yaklaşık %3 ve %2 melas ilave edilen Leucaena silajlarının ADF oranını sırasıyla %20,87 ve %21,4 olarak bildirmişlerdir. Bununla birlikte Khaing ve ark. (2016), Leucaena silajının ADF içeriğini %34,95, Ferraira ve ark. (2016) ise %46,6 olarak bildirmişlerdir. Araştırmalar arasındaki söz konusu farklılıklar, bitkinin farklı türlerinin araştırmalara konu edilmiş olmasından ya da farklı hasat zamanlarından kaynaklanmış olabilir. Araştırmada silaj ADF oranları açısından arpa ve formik asit gruplarındaki rakamsal azalma istatistik önem oluşturmamıştır.

Araştırmada NDF, ADL ve hemiselüloz düzeyleri açısından deneme grupları ve kontrol grubu arasında istatistiksel bir farklılık şekillenmemiştir (Tablo 4.6). Grupların NDF içerikleri; %43,47 ile %46,07 arasında, ADL içerikleri; %4,90 ile %5,48 arasında, hemiselüloz içerikleri; %23,25 ile %25,04 arasında şekillenmiştir. Leucaena silajını konu eden çalışmalar NDF ve ADL değerleri açısından farklı sonuçlar bildirmişlerdir. Phasatcha ve Wanapat (2016), katkı maddesi ilave edilmeyen ve %1 ve %2 oranlarında melas ilave edilen Leucaena silajının NDF değerlerini sırasıyla %38,7; 37,1 ve 37,2 olarak, Giang ve ark. (2016) ve Mohamed ve ark. (2000) ise melas ilave edilen Leucaena silajlarının NDF değerlerini sırasıyla %36,2 ve %33,15 olarak bildirmişlerdir. Söz konusu değerler araştırma bulgularına nispeten yakın olmakla birlikte, Ferraira ve ark. (2016), katkı maddesi ilave edilmemiş Leucaena silajının NDF değerini %63,03; Khaing ve ark. (2016) ise %50,1 olarak bildirmişlerdir. Bu durum araştırmalarda kullanılan bitkilerin hasat zamanları ile

ilişkili olabilir. Araştırmada kontrol ve deneme gruplarına ait ADL değeri; Mohamed ve ark. (2000), çalışmasında bildirdiği %8,16 değerinin yaklaşık 2/3'ü düzeyindedir. Söz konusu çalışmada bitki örneklemelerinin haziran ayında gerçekleştirilmiş olması bu duruma neden olmuş olabilir. Araştırmada hesap ile bulunan hemiselüloz ve selüloz değerleri arasındaki fark araştırma gruplarına ait ADF, ADL ve NDF değerleri ile benzerdir.

Silaj muamelelerine ait ME değerleri üç farklı formülle hesaplanmıştır (Tablo 4.7). ME-1 ve ME-2 denklemleri sırası ile silaj HS ve ADF değerlerini içeren denklemler olup hesaplama bulunan enerji değerleri açısından silaj numunelerinin HS ve ADF değerlerine paralel sonuçlar vermişlerdir. Birinci formülde ME sadece HS değeriyle ME'yi hesapladığı için ham selüloz arttıkça, ME değeri azalmıştır. HS, yemlerin sindirilebilirliğini azaltan bir bileşendir. Bu yüzden ham selüloz değeri yüksek olduğunda ME değeri de düşmüştür. İkinci formül ise sadece ADF değerini dahil ederek ME'yi hesaplamaktadır. ADF değeri arttıkça ME düşer, çünkü ADF, sindirimi zor yapısal karbonhidrat (selüloz ve lignin) oranını yansıtır. ADF'nin düşük olması sindirilebilirliği arttıracaktır ki nitekim araştırma bulgularında İVGADFS açısından melas grubunun kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde yüksek sindirilebilirlikte olduğu görülmüştür. Sindirilebilirliğin yüksek olması, hayvanın yemden elde edebileceği enerji miktarını yükseltecektir. ME-3 değeri ise hem HS hem de ADF değerlerini birlikte içermektedir. Araştırmada ME-3 değeri açısından deneme grupları ve kontrol grubu arasında istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır. ADF değeri arttıkça ME düşerken, HS'nin etkisi burada farklıdır. Formülde HS değeri arttığında ME'nin artması öngörülmüştür. Bu, formülün daha dengeli bir değerlendirme sunabilmesi için olabilir.

Yem değeri parametreleri olan KM tüketimi, sindirilebilir KM, NYD, NEL, TSBM ve Flieg puanı çeşitli analiz değerlerinden hesaplayarak elde edilen değerlerdir. Araştırmada sindirilebilir KM içeriği, NYD, NEL, TSBM ve Flieg puanı açısından en yüksek değerler melas ilave edilen deneme grubunda elde edilmiştir (Tablo 4.8). Melas grubu, söz konusu değerler açısından istatistiksel olarak diğer deneme grupları olan arpa ve formik asit gruplarına kıyasla ya önemli düzeyde yüksek ya da benzer sonuçlara sahiptir. Söz konusu durum silaja yüksek kolay eriyebilir karbonhidrat

içeriğine sahip melasın ilave edilmesinin, silajın yapısal karbonhidrat düzeyini oransal olarak azaltmasından kaynaklanmış olabilir. Araştırmada melas grubunun KM tüketimindeki rakamsal artış ve NDF düzeyindeki rakamsal azalış istatistik önem taşımamaktadır. Melas grubuna ait sindirilebilir KM, NEL ve TSBM miktarı, ADF içeriğindeki artışa paralel olarak kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde artış göstermiştir. Benzer olarak Flieg puanı da pH'nın tüm deneme gruplarında kontrol grubuna kıyasla düşük olmasından ötürü daha yüksek şekillenmiş olabilir.

Araştırmada melas grubuna ait İVGKMS ve İVGOMS önemli düzeyde artmıştır. İVGNDFS açısından deneme grupları ve kontrol grubu arasında önemli bir farklılığa rastlanmamıştır. Leucaena silajının HP parçalanabilirliği üzerine yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Giang ve ark. (2016), %1 üre ve %3 melas ilave edilen Leucaena silajının İVHPP'ni %60,70 olarak bildirmişlerdir. Araştırmada melas grubunun İVHPP %42,04 olarak belirlenmiştir. Söz konusu farklılık Giang ve ark. (2016), çalışmasında silaja %1 üre de ilave etmiş olmasından kaynaklanmış olabilir. Ürenin silaj mikroorganizmaları tarafından amonyak üretiminde kullanımı pH'ı yükseltebilir ve proteolitik bakterilerin daha aktif hale gelmesine neden olmuş olabilir. Araştırmada arpa ve formik asit gruplarının İVHPP sırası ile %35,88 ve 35,11 olarak şekillenmiştir ve melas grubu ile istatistik bir farklılık oluşturmamıştır (Tablo 4.9).

Phasatcha ve Wanapat (2016), melas ve/veya üre ilavesi yapılan Leucaena silajının *in vitro* ruminal fermentasyon üzerine etkilerini değerlendirdikleri bir araştırmada ilave edilmeyen kontrol grubu ve %1 ve %2 oranlarında melas ilave edilen deneme grubu silajlarının 24. saat İVKMS sırası ile %41,2; 45,2 ve 54,2 olduğu bildirmişlerdir. Araştırmamızda 48. saat *in vitro* sindirilebilirlik verileri değerlendirilmiş olup söz konusu değerler kontrol grubu ve %5 melas grubu için %79,20 ve %82,76 şeklinde elde edilmiştir. Söz konusu veriler, Phasatcha ve Wanapat (2016) çalışmasında bildirdiği değerlerden yüksek olmakla birlikte, araştırma bulgularımıza paralel olarak silaj yapımı esnasında ilave edilen melas düzeyine göre artış göstermiştir. *In vitro* sindirilebilirlik değerlerinin araştırma bulgularından düşük kalmasının nedeni, daisy inkübatörde geçen sürenin 48 saat değil 24 saat olması ve deneme gruplarında maksimum %2 düzeyinde melas kullanılmış olması olabilir. Leucaena bitki yapraklarının İVKMS üzerine yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır,

bununla birlikte tropikal ve subtropikal bölgelerde yetişen ve legüminöz bir bitki olan Guiana stylo (*Stylosanthes guianensis*) bitkisinin İVKMS %70,58 ile %73,82 arasında olduğu bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2018). Söz konusu değerler, Leucaena silajının İVKMS yakın değerlerdir. Bununla birlikte Leucaena silajına %5 melas ilavesi İVKMS diğer deneme grupları ve kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde artırmıştır. Bunun nedeni, melasın yüksek şeker içeriği ve fermentasyon kalitesini iyileştirmesine bağlı olarak sindirilebilirliğe olan olumlu katkısı olabilir.

İVGADFS ve İVGNDFS değerleri açısından Leucaena bitkisine ait literatür bilgiye çok fazla rastlanılmamıştır. İVGNDFS açısından deneme grupları ile kontrol grubu arasındaki rakamsal artış istatistik önem taşımamaktadır (Tablo 4.9). Bununla birlikte beyaz dut yaprağı silajının yapımında kullanılan katkı maddelerinin (1×10^6 laktobasillus plantarum; %1 glikoz veya %3 melas) fermentasyon kalitesi üzerine etkilerini değerlendiren Dong ve ark. (2020), İVKMS kontrol grubunda %43,3; deneme gruplarında sırasıyla %41,2; 41,6 ve 53,6 olarak bildirmişlerdir. Araştırmacılar söz konusu yaprağın İVGNDFS kontrol ve deneme gruplarında sırasıyla %34,1; 31,8; 33,6 ve 35,4 olarak bildirmişlerdir. Söz konusu değerler, Leucaena silajı İVGKMS ve İVGNDFS değerlerinden düşüktür. Bu durum Leucaena yapraklarının dut yapraklarına kıyasla oransal olarak çok daha yüksek HP içermesinden ve dut yapraklarının Leucaena yapraklarına kıyasla çok daha fazla çeşit ve miktarda antinutrisyonel faktörler (oksalik asit, tanen, saponinler) içermesinden kaynaklanmış olabilir.

Araştırmada en yüksek ADF sindirilebilirliği %40,51 ile melas grubunda şekillenmiş ve bu değer kontrol grubuna kıyasla önemli derece yüksek ($P < 0,004$) bulunmuştur. Arpa ve formik asit gruplarının İVGADFS değerleri ile kontrol ve melas grubu arasındaki rakamsal farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Araştırmada melas grubunun ADF değeri en düşük, İVGADFS ise en yüksek bulunmuştur. Bu durum diğer deneme grupları ve kontrol grubu arasındaki İVGADFS açısından benzerlik göstermiştir ki bu durum yapısal karbonhidrat içeriği azaldıkça, sindirilebilirliğin artması olarak açıklanabilir (Tablo 4.9).

Mohamed ve ark. (2000), yaklaşık %3 melas ilave edilen Leucaena silajının laktik asit, asetik asit propiyonik asit ve bütirik asit düzeylerini sırasıyla %10,20; 2,5;

0,57 ve 0,77 olduğunu bildirmişlerdir. Söz konusu değerler, melas grubuna ait bütirik asit değeri dışında benzerdir (Tablo 10). Araştırmada kontrol grubu ve %5 melas grubu laktik asit düzeyleri %10'nun üzerinde, arpa ve formik asit gruplarının laktik asit içeriği de %9,50 ve %6,74 olarak belirlenmiştir.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Geçmişte Türkiye’de yapılan Agroforestry uygulamaları bir kısım ağaç altı çalı ve ot türlerinin otlatılmasını içermiştir. Ancak uygulama daha çok yöre halkına alternatif gelir getirecek el işçiliğine imkan tanıyan ağaç türlerine yoğunlaşmıştır. Hayvancılık açısından yem özelliği taşıyan yaprak üretiminin, Isparta ilinde uygulanmış olmasına rağmen terk edilmiş bir uygulama olduğu görülmektedir. Kuraklığa dayanıklı, az su isteyen baklagil ağaç türlerinin yeşil aksamı, sürdürülebilir şekilde hasat edilerek diğer yem bitkileri ile birlikte silolanabilir. Bu sayede elde edilen silaj yemin besin madde içeriği HP açısından yükselecektir. Toplam karma yem içerisine dahil edilen bu silajlar üretiminde çok su isteyen yonca gibi proteince yüksek yeşil yemlere rasyon proteini açısından daha az ihtiyaç duyulmasını sağlayabilir. Yapılan çalışmalar, *Leucaena* bitkisinin mısır ile birlikte silolanması halinde başta HP içeriği olmak üzere, silaj kalitesinin yükseldiğini bildirmektedir.

Farklı katkı maddelerinin *Leucaena leucocephala* silajının bazı kimyasal parametreleri ve *in vitro* sindirilebilirliği üzerine etkileri şu şekildedir;

1. Silajı yapılan *Leucaena leucocephala* bitkisinin besin maddesi analizleri bitkiye ait yapılan sınırlı sayıdaki araştırma bulguları ile uyumludur. Bununla birlikte araştırmalar arasındaki rakamsal farklılıklar bitkinin hasat zamanı, yetiştiği toprağın niteliği ve bitkinin türü gibi birtakım değişkenlerden kaynaklanıyor olabilir.
2. Araştırmada her ne kadar muamele grupları arasında farklılık olsa da *Leucaena leucocephala* silajlarının DLG puanının 17,63’ün üzerinde olması, silajların fiziksel özelliklerinin araştırmacılar tarafından en üst kalite olarak sınıflandırıldığını ortaya koymaktadır. Yapılan literatür taraması DLG puanı açısından bazı baklagil yem bitkilerine ait silajların DLG puanlarının değişkenlik gösterdiğini, söz konusu durumun silaj kalitesi ile ilişkili olabileceği gibi değerlendiren araştırmacıların puantaj yaklaşımından da kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.
3. Farklı katkı maddelerinin *Leucaena* silajının yapısal olmayan besin maddeleri bileşimi üzerine etkisi, HK miktarı dışında önemsiz bulunmuştur. Arpa grubunun

- HK oranının diğer deneme grupları ve kontrol grubundan düşük şekillenmiş olması, arpanın ilave düzeyi ve HK oranının daha düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.
4. Araştırmada silaj numunelerinin ADF oranı %5 melas ilave edilen deneme grubunda önemli düzeyde düşük bulunmuştur, bu durum melasın yapısal karbonhidrat içeriğinin olmamasından ve silajdaki kütle oranı üzerine olan etkisinden kaynaklanmış olabilir.
 5. ADF ve HS değerlerini birlikte değerlendiren ME denklemine göre Leucaena silajına katkı maddesi ilavesinin silajın enerji değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.
 6. Araştırmada Leucaena silajına %5 melas ilavesi hesapla bulunan yem değeri parametreleri açısından, KMT değeri dışında, kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Ayrıca Leucaena silajına melas ilavesi Flieg puanını diğer deneme grupları ve kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde yükseltmiştir. Bu durum, kıyaslanan katkı maddeleri içerisinde en uygun katkı maddesinin Leucaena silajı için melas olabileceğini göstermektedir.
 7. Deneme grupları ve kontrol grubu açısından benzer farklılıklar *in vitro* deneme sonuçlarına da yansımış, İVHPP ve İVGNDfs dışındaki tüm sindirilebilirlik değerleri Leucaena silajına melas ilavesi ile önemli düzeyde olumlu etkilenmiştir.
 8. Araştırmada silaj gruplarının ADF içeriği azaladıkça İVGADfs oranı artmıştır ki %5 melas ilavesi en düşük ADF içeriğine ve en yüksek İVGADfs oranına sahip grup olmuştur.

Leucaena bitkisinin silajı üzerine yapılan sınırlı sayıdaki araştırmada ya herhangi bir katkı maddesi ilavesi yapılmamış, ya da melas ilave edilmiştir. Araştırmaya konu edilen diğer katkı maddelerinin silaj kalitesi üzerine etkileri, olumsuz olmamakla birlikte melas katkısının karşılaştırılan katkılar içerisinde öne çıktığı sonucuna varılabilir. Yapılacak olan yeni çalışmalarda, Leucaena bitkisinin farklı oranlarda yörede yetişmekte olan diğer yem bitkileri ile kombine edilmesi ve *in vivo* hayvan besleme denemelerinin yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Afroz MS, Ashraf SMK, Rana MT, Ripta SK, Asha SBR, Urmi SMST, Kimihiko H, Islam KK (2024).** Agroforestry: a sustainable land-use practice for enhancing productivity and carbon sequestration in madhupur sal forest, Bangladesh. *Preprints.org*. <https://www.preprints.org/manuscript/202404.0707/v1> (Erişim Tarihi: 04.12.2024)
- Andrade WR, Moura MMA, Rocha VR, Costa RF, Santos LHT, Silva MMd (2019).** Quality of sorghum silage with *Leucaena*. *Acta Sci. Anim. Sci.*, **41(1)**, e36493.
- Angthong, W, Cheva-Isarakul B, Promma, S, Cheva-Isarkul B (2007).** Beta-carotene, mimosine and quality of *Leucaena* silage kept at different duration. *Kasetsart J: Nat. Sci.*, **41(2)**, 282–287.
- ANKOM (2002).** Operator's manual. Ankom 200/220 fiber analyzer. *Ankom Technology Corporation*, Fairport.
- AOAC (2019).** *Official methods of analysis*, 21st Edition. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Washington DC, USA.
- Araújo JS, Araújo CdA, Macedo Ad, Silva CdS, Novaes JJdS, Lima DO, Borges EN, Gois GC, Araújo GGLd, Campos FS (2022).** Fermentation dynamics, nutritional quality, and heating capacity of mixed silages of elephant grass (*pennisetum purpureum schum*) and *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*). *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, **59**, e189466.
- Arslan M, Erdurmuş C, Öten M, Aydınoglu B, Çakmakçı S (2017).** Mısır (*zea mays* l.) ile *Leucaena leucocephala* l. bitkisinin karıştırılmasıyla hazırlanan silajların besin değeri belirlenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, **54 (1)**, 101-106.
- Augustine DJ, Blumenthal DM, Springer TL, LeCain DR, Gunter SA, Derner JD (2018).** Elevated CO₂ induces substantial and persistent declines in forage quality irrespective of warming in mixed grass prairie. *Ecol. Appl.*, **28(3)**, 721-735.
- Aung A (2019).** *Leucaena* feeding systems in Myanmar. *Trop. Grassl. - Forrajes Trop.*, **7(4)**, 423-427.
- Avcıoğlu R, Hatipoğlu R, Karadağ Y (2009).** *Yem bitkileri / Baklagil yem bitkileri*. Cilt 2, İzmir: TC. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Yayınları, s: 277-289.
- Aykan Y, Saruhan V (2018).** Farklı oranlarda silolanan yem bezelyesi (*pisum sativum* l.) ve arpa (*hordeum vulgare* l.) karışımlarının silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Dicle Üniv. Vet. Fak. Derg.*, **11(2)**, 64-70.
- Barry TN, Duncan SJ (1984).** The role of condensed tannins in the nutritional value of lotus pedunculatus for sheep. *Br. J. Nutr.*, **51(3)**, 485–491.

Baumer M (1992). *Trees as browse to support animal production*. In: Speedy A, Pugliese P-L. (Eds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Proceedings of the FAO Expert Consultation. Kuala Lumpur, Rome: FAO., p: 1-10.

Behera B, Mondal S, Rout K (2022). Effect of agroforestry system on soil properties in an acid inceptisol under tropical climatic situation of eastern India. *Int. J. Soil Sci.*, **34(24)**, 142-156.

Benge MD (1975). *Leucaena leucocephala*: an excellent feed for livestock. office of agriculture, Agro-Forestation, Development Support Bureau Washington, D. C., U. S.A. In: Aydın B, Çatlıoğlu ŞG, Köseoğlu AT, Kaya H (2001). Farklı toprak koşullarının *Leucaena leucocephala*'nın çimlenme karakteristikleri üzerine etkileri. *Akdeniz Univ. Ziraat Fak. Derg.*, **14(1)**, 161-170.

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

Boğa M, Avcı BC, Kılıç HN, Filik AG (2022). Bazı baklagil ağaç yapraklarının alternatif yem kaynağı olarak besin madde içerikleri ve sindirilebilirliklerinin belirlenmesi. *KSÜ. Tar. Doga. Derg.*, **25(5)**, 1191-1197.

Brewbaker JL, Plucknett DL, Gonzales V (1974). Varietal variation and yield trials of *Leucaena leucocephala* in Hawaii. *Harbage Abstracts*, **44(9)**, 290.

Buğdaycı KE, Oğuz MN, Canbay HS, Gümüş H, Oğuz FK (2023). Using rose pulp silage instead of sugar beet pulp silage in lambs fed with total mixed ration. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, **47**, 42-54.

Campos C, García-Martínez J, Salinas-Chavira J, Ascacio-Valdés J, Medina-Morales M, Mellado M (2020). Chemical composition and nutritional value of leaves and pods of *Leucaena leucocephala*, *prosopis laevigata* and *acacia farnesiana* in a xerophilous shrubland. *EJFA*, 723.

Canale A, Valente M, Ciotti A (1984). Determination of volatile carboxylic acids (C₁-C₅) and lactic acid extracts of silage by high performance liquid chromatography. *J. Sci. Agric.*, **35**, 1178-1182.

Chanchay N, Poosaran N (2009). The reduction of mimosine and tannin contents in leaves of *Leucaena leucocephala*. *As. J. Food Ag-Ind. Special Issue*, 137-144.

Chen X, Fan F, Liu Q, Zhang J (2014). Degrading mimosine and tannins of *Leucaena leucocephala* by ensiling. *AMM.*, **618**, 349-353.

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

Çaçan E, Kökten K (2019). Tahıl türlerinin kaba yem olarak değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, **56 (2)**, 221-229.

Dang TX, Tawata S, Dang TK (2013). Herbicidal activity of mimosine and its derivatives. *Herbicides-Advances in Research*, **15**, 299-312.

Datt C, Datta M, Singh NP (2008). Assessment of fodder quality of leaves of multipurpose trees in subtropical humid climate of India. *J. For. Res.*, **19(3)**, 209–214.

Dawson B, Trapp RG (2001). *Basic and clinical biostatistics*. 3rd Edition, New York: Lange Medical Books/McGraw-Hill Medical Publishing Division.

DLG (1987). *Bewertung von grünfutter, silage und heu*. Merkblatt, No:224, DLG-Verlag. Frankfurt am Main, p:112.

Dong Z, Wang S, Zhao J, Li J (2020). Effects of additives on the fermentation quality, *in vitro* digestibility and aerobic stability of mulberry (*morus alba* l.) leaves silage. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, **33(8)**, 1292-1300.

Dumlu Z, Tan M. (2009). Erzurum şartlarında yetişen bazı baklagil yem bitkileri ve karışımlarının silaj değerlerinin belirlenmesi. *AUZFD.*, **40 (2)**, 15-21.

Dumlu ZG, Tan M, Kaynar DF, Kharazmi K (2015). Effects of some additives, harvest stage and wilting on quality characteristics of alfalfa silage. *AUZFD.*, **46 (2)**, 113-118.

Ergün A, Tuncer ŞD, Çolpan İ, Yalçın S, Yıldız G, Küçükersan MK, Küçükersan S, Şehu A, Saçaklı R (2011). *Yemler, yem hijyeni ve teknolojisi*. 4. Baskı, Ankara: Pozitif Yayınevi, s: 1-10.

Evangelista AR, de Abreu JG, do Amaral CPN, Pereira RC, Salvador FM, Lopes J, Soares LQ (2005). Chemical composition of sorghum silage (*sorghum bicolor* (l.) moench) enriched with *Leucaena* forage (*Leucaena leucocephala* (lam.) dewit). *Ciênc. agrotec., Lavras*, **29 (2)**, 429-435.

Ferreira R, Bezerra L, Edvan R, Araujo M, Marques C, Torreato J, Oliveira R, Parente H (2016). Physicochemical composition and ruminal degradability of *Leucaena* ensiled with different levels of buriti fruit peel. *Grassl. Sci.*, **62**, 160–166.

Filiz S, Tolunay A (2009). Isparta ili'nde agroforestry uygulamaları ve bu uygulamalarda kullanılabilecek bitki türleri. *Turk. J. For.*, **4(2)**, 149-160.

Filya I, Sucu E, Karabulut A (2006). The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. *J. Appl. Microbiol.*, **101**, 1216–1223.

Gaikwad US, Pawar AB, Kadlag AD (2017). Nutritional status of fodder tree leaves and shrubs of scarcity zone of Maharashtra. *Adv. Life Sci.*, **7(1)**, 11-14.

Garcia GW, Ferguson TU, Neckles FA, Archibald KAE (1996). The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **60**, 29–41.

Giang NTT, Wanapat M, Phesatcha K, Kang S (2016). Level of *Leucaena leucocephala* silage feeding on intake, rumen fermentation, and nutrient digestibility in dairy steers. *Trop. Anim. Health Prod.*, **48**, 1057–1064.

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

Gupta BK, Ahuja AK, Malik NS (1992). Seasonal variation in antiquality factors of *Leucaena leucocephala* in India. *Leucaena Research Reports*, **13**, 26–28.

Güngör E, Ayaz S (2020). Prioritization of criteria and tree species in agroforestry. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **22(1)**, 185-198.

Habermann E, Oliveira EADd, Contin DR, Costa JVCP, Costa KAdP, Martinez CA (2022). Warming offsets the benefits of elevated CO₂ in water relations while amplifies elevated CO₂-induced reduction in forage nutritional value in the C₄ grass *megathyrsus maximus*. *Front. Plant Sci.*, **13**.

Hatipoğlu R, Avcı M, Çınar S (2019). İklim değişikliğinin çayır-meralar üzerindeki etkileri. *TURJFAS.*, **7(12)**, 2282-2290.

Hatipoğlu R, Tükel T, Ülger AC (1990). Çukurova koşullarında *Leucaena laucocephala* bitkisinden sonra yetiştirilen mısırdaki farklı azot miktarlarının tane verimi ve verim öğelerine etkisi üzerine bir araştırma. *Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, **5(4)**, 161-171.

Hegarty M, Court R, Thorne P (1964). The determination of mimosine and 3,4-dihydroxypyridine in biological material. *Aust. J. Agric. Res.*, **15**, 168–179.

Hegarty MP, Court RD, Christie GS, Lee CP (1976). Mimosine in *Leucaena leucocephala* is metabolised to a goitrogen in ruminants. *Aust. Vet. J.*, **52**, 490–490.

Helal HG, Nassar MS, Badawy HS, Eid EY, El Shaer HM (2018). Comparative nutritional studies of sheep and goats fed cultivated tree legumes mixture under desert condition. *Am.-Eurasian J. Sustain. Agric.*, **12(1)**, 10-21

Hlatini V, Ncobela C, Zindove T, Chimonyo M (2018). Use of polyethylene glycol to improve the utilisation of leguminous leaf meals in pigs: a review. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **48(4)**, 609-620.

Hongo F, Tawata S, Watanabe Y, Shiroma S (1986). Mimosine degradation as affected by ensiling of *Leucaena leucocephala* de Wit. *Japanese Journal of Zootechnical Science*, **57 (3)**, 223–230.

Horrocks RD, Valentine JF (1999). *Harvested forages. Academic Press.* In: Ahsan U (2023). Effect of single or combined homo-and heterofermentative silage additives on the quality, nutritive value, and *in vitro* digestibility of ensiled wheat harvested at early dough stage of maturity. *MAKU J. Health Sci. Inst.*, **11(2)**, 267-274

Hughes CE (1998). *Leucaena. a genetic resources handbook*. Tropical Forestry Papers No. 37. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute.

Isaacson A, Contosta A, Smith RG, Stamplis C, Lowry CJ (2024). Effect of increasing temperature and temperature fluctuations on alfalfa and orchardgrass in the establishment year. *Ecosphere*, **15**(6), 1-17.

Jones RJ, Megarritty RG (1986). Successful transfer of DHP-degrading bacteria from Hawaiian goats to Australian ruminants to overcome the toxicity of *Leucaena*. *Aust. Vet. J.*, **63**, 259–262.

Karadeniz E, Saruhan V (2021). Investigation of the quality of silages prepared from second crop maize (*zea mays* L.) planted at different times under Mardin ecological conditions. *ISPEC J. Agric. Sci.*, **5**(2), 275-289.

Khaing M, Aung M, Htun MT, Mu KS, Aung A, Ngwe T (2016). Effect of *Leucaena* forage and silage substitution in concentrates on digestibility, nitrogen utilization and milk yield in dairy cows. *J. Appl. Adv. Res.*, **1**(3), 37-43.

Khy Y, Wanapat M, Haitook T, Cherdthong A (2012). Effect of *Leucaena leucocephala* pellet (LLP) supplementation of rumen fermentation efficiency and digestibility of nutrients in swamp buffalo. *J. Anim. Plant Sci.*, **22**, 564–569.

Kirchgessner M, Kellner RJ (1977). Zur schätzung der umsetzbaren energie von grün- und rauhfutter mit einfachen kenndaten. *Tierph Tierernahrung Futter*, **38**, 297-301. In: Güngör T, Başalan M, Aydoğan İ (2008). Kırıkkale yöresinde üretilen bazı kaba yemlerde besin madde miktarları ve metabolize olabilir enerji düzeylerinin belirlenmesi. *Ank. Univ. Vet. Fak. Derg.*, **55**, 111-115.

Kirchgessner M, Kellner RJ (1981). Schätzung des energetischen futterwertes von grün- und rauhfutter durch die cellulasethede. *Landwirtsch. Forsch*, **34**, 276-281. In: Güngör T, Başalan M, Aydoğan İ (2008). Kırıkkale yöresinde üretilen bazı kaba yemlerde besin madde miktarları ve metabolize olabilir enerji düzeylerinin belirlenmesi. *Ank. Univ. Vet. Fak. Derg.*, **55**, 111-115.

Kirchgessner M, Kellner RJ, Roth FX, Ranfft K (1977). Zur schätzung des futterwertes mittels rohfaser und der zellwandfraktionen der detergentien-analyse. *Landwirtsch. Forsch*, **30**, 245-250. In: Güngör T, Başalan M, Aydoğan İ (2008). Kırıkkale yöresinde üretilen bazı kaba yemlerde besin madde miktarları ve metabolize olabilir enerji düzeylerinin belirlenmesi. *Ank. Univ. Vet. Fak. Derg.*, **55**, 111-115.

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

López-Lara IM, Orgambide G, Dazzo FB, Olivares J, Toro N (1993). Characterization and symbiotic importance of acidic extracellular polysaccharides of *rhizobium* sp. strain grh₂ isolated from acacia nodules. *J. Bacteriol.*, **175**(10), 2826-2832.

Mbambalala L (2023). Fodder radish as a potential alternative feed source for livestock in South Africa. *Agriculture*, **13**(8), 1625.

Mohamed MI, El-Kady RI, El-Shahat AA, El-Banna HM, Mohamed SG (2000). Utilization of fresh *Leucaena leucocephala* plant and its silage in sheep nutrition. *J. Anim. Poult. Prod.*, **25**(10), 6085-6094.

Morris CD, Kirkman KP, Zacharias PJK (2022). Will the grass be greener on the other side of climate change? *S. Afr. J. Sci.*, **118**, 11-12

Moselhy MA, Borba JP, Borba AES (2015). Improving the nutritive value, *in vitro* digestibility and aerobic stability of hedychium gardnerianum silage through application of additives at ensiling time. *Anim Feed Sci Technol*, **206**, 8–18.

Nair PKR (1993). *An Introduction to Agroforestry*, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Holland. In: Filiz S, Tolunay A (2009). Isparta ili'nde agroforestry uygulamaları ve bu uygulamalarda kullanılabilecek bitki türleri. *Turk. J. For.*, **4**(2), 149-160.

NAS (1977). *Leucaena - Promising forage and tree crop for the tropics*. National Academy Press, Washington DC, 115 pp. In: Gutteridge RC, Shelton HM. (Eds), Forage tree legumes in tropical agriculture. CAB International, Wallingford, U. K., p: 15-30.

Negawo W, Beyene D (2017). The role of coffee based agroforestry system in tree diversity conservation in eastern Uganda. *J. Landsc. Ecol.*, **10**(2), 1-18.

Nkosi BD, Vadlani PV, Brijwani K, Nanjunda A, Meeske R (2012). Effects of bacterial inoculants and an enzyme on the fermentation quality and aerobic stability of ensiled whole-crop sweet sorghum. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **42**(3), 232-240.

Oduguwa BO, Oni AO, Arigbede OM, Adesunbola JO, Sudekum KH (2013). Feeding potential of cassava (*manihot esculenta* crantz) peels ensiled with *Leucaena leucocephala* and *gliricidia sepium* assessed with West African dwarf goats. *Trop. Anim. Health Prod.*, **45**(6), 1363–1368.

Pamo ET, Fonteh FA, Tendonkeng F, Kana JR, Boukila B, Djaga PJ, Fomewang G (2006). Influence of supplementary feeding with multipurpose leguminous tree leaves on kid growth and milk production in the West African dwarf goat. *Small Rumin. Res.*, **63**, 142–149.

Permana IG, Despal, Rosmalia A, Rahayu MD (2022). Inclusion of different level *Leucaena* in dairy ration to balance rumen degradable and undegradable protein ratio. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, **1020**(1), 012013.

Phaikaew C, Suksaran W, Ted-Arsen J, Nakamanee G, Saichuer A, Seejundee S, et al. (2012). Incidence of subclinical toxicity in goats and dairy cows consuming *Leucaena leucocephala* in Thailand. *Anim. Prod. Sci.*, **52**, 283-286.

Phesatcha K, Wanapat M (2016). Improvement of nutritive value and *in vitro* ruminal fermentation of *Leucaena* silage by molasses and urea supplementation. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, **29(8)**, 1136–1144.

Putra, RA, Noviandi, CT, Umami N (2017). *Digestibility and ruminal fermentation characteristic of native grass silage supplementation with different levels of Leucaena leucocephala*. The 7th International Seminar on Tropical Animal Production on Food Sovereignty in Tropical Countries. September Yogyakarta / Indonesia, p: 189-195.

Reynolds L, Jabbar M (1994). The role of alley farming in african livestock production. *Outlook Agric*, **23(2)**, 105-113.

Rimbawanto EA, Yusiati LM, Baliarti E, Utomo R (2015). Effect of condensed tannin of *Leucaena* and calliandra leaves in protein trash fish silage on *in vitro* ruminal fermentation, Microbial Protein Synthesis and Digestibility. *Efka Aris Rimbawanto et al./Animal Production*. **17(2)**,83-91.

Santana PA, Cisneros LM, Martinez AY, Pascual SY (2015). Conservation and chemical composition of *Leucaena leucocephala* plus fresh or wilted pennisetum purpureum mixed silages. *Rev.MVZ. Córdoba*, **20**, 4895-4906.

Seidavi A, Tavakoli M, Rasouli B, Corazzin M, Salem AZM (2020). Application of some trees/shrubs in ruminant feeding: a review. *Agrofor. Syst.*, **94**, 1353–1364.

Skerman PJ, Cameron DG, Riveros F (1988). *Tropical Forage Legumes Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome*,. In: Aydın B, Çatlıoğlu ŞG, Köseoğlu AT, Kaya H (2001). Farklı toprak koşullarının *Leucaena leucocephala*'nın çimlenme karakteristikleri üzerine etkileri. *Akdeniz Univ. Ziraat Fak. Derg.*, **14(1)**, 161-170.

Soedarjo M, Borthakur D (1996). Simple procedures to remove mimosine from young leaves, pods and seeds of *Leucaena leucocephala* used as food. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **31(1)**, 97-103.

Sunagawa K, Hongo F, Kawashima Y, Tawata S (1989). The effect of mimosine-reduced-*Leucaena* feed on sheep. *Japanese Journal of Zootechnical Science*, **60**, 133–140.

Sutaryono Y, Putra R, Mardiansyah M, Yuliani E, Harjono H, Mastur M, Sukarne S, Enawati LS, Dahlanuddin D (2023). Mixed *Leucaena* and molasses can increase the nutritional quality and rumen degradation of corn stover silage. *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, **10(1)**, 118.

Suwignyo B, Suhartanto B, Umami N, Suseno N, Bachruddin Z (2016). Feeding strategy of ruminants and its potential effect on methane emission reduction. *J. Agric. Sci.*, **8(9)**, 199.

Sürmen M, Yavuz T, Çankaya N, Töngel MÖ (2008). Karadeniz bölgesinde hayvan besleme alışkanlıkları üzerine bir araştırma. *Intern. J. Agric. Nat. Sci.*, **1(1)**, 49-53.

Swamy SL, Mishra A (2014). Comparison of biomass and c storage in three promising fast growing tree plantations under agroforestry system in sub-humid tropics of chhattisgarh, India. *Univers. J. Agric. Res.*, **2(8)**, 284-296.

Takahashi T, Horiguchi K, Goto M (2005). Effect of crushing unhulled rice and the addition of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentation quality of whole crop rice silage, and its digestibility and rumen fermentation status in sheep. *Anim. Sci. J.*, **76**, 353–358.

Temel S, Kır A (2015). Bazı çalı ve ağaç türlerinin mevsimsel dönem ve hayvan gruplarına göre otlanmada tercih durumlarının belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, **1(1)**, 31 - 39.

ter Meulen U, Struck S, Schulke E, El-Harith EA (1979). A review on the nutritive value and toxic aspect of *Leucaena leucocephala*. *Trop. Anim. Prod.*, **4(2)**, 113-126.

Tjardes KE, Buskirk DD, Allen MS, Ames NK, Bourquin LD, Rust SR (2000). Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers *J. Anim. Sci.*, **78(11)**, 2957-2965.

Turna İ, Yıldırım N (2017). Gümüşhane-Zigana havzasının agroforestry uygulamaları açısından önemi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, **3(2)**, 122-129.

Voltolini T, Belem K, Araújo G, Moraes S, Góis G, Campos F (2019). Quality of *Leucaena*, *gliricidia*, and *pornunça* silages with different old man saltbush levels. *Semin. Cienc. Agrar.*, **40(1)**, 2363-2374.

Xuan T, Elzaawely A, Deba F, Fukuta M, Tawata S (2006). Mimosine in *Leucaena* as a potent bio-herbicide. *Agron. Sustain. Dev.*, **26(2)**, 89-97.

Yafuso J, Negi V, Bingham J, Borthakur D (2014). An o-acetylserine (thiol) lyase from *Leucaena leucocephala* is a cysteine synthase but not a mimosine synthase. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **173(5)**, 1157-1168.

Zapata-Campos CC, García-Martínez JE, Salinas-Chavira J, Ascacio-Valdés JA, Medina-Morales MA, Mellado M (2020). Chemical composition and nutritional value of leaves and pods of *Leucaena leucocephala*, *prosopis laevigata* and *acacia farnesiana* in a xerophilous shrubland. *Emir. J. Food Agric.*, **32(10)**, 723-730.

Zhang Y, Li M, Zhou H, Hu L, Li W, Xu T (2018). Associative effects of stylo and king grass silage different ratios on *in vitro* rumen fermentation. *Legume Res.*, **41(4)**, 584-588.

