FARKLI ORANLARDA FİĞ TOHUMU İÇEREN ELMA POSASI SİLAJLARININ SİLAJ KALİTESİ İLE YEM DEĞERİ VE BAZI RUMEN PARAMETRELERİNİN *IN VITRO* GAZ ÜRETİM TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ

Şeyma ÇİLO

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Hatice KAYA

Zootekni Ana Bilim Dalı

2025

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANA BİLİM DALI

FARKLI ORANLARDA FİĞ TOHUMU İÇEREN ELMA POSASI SİLAJLARININ SİLAJ KALİTESİ İLE YEM DEĞERİ VE BAZI RUMEN PARAMETRELERİNİN *IN VITRO* GAZ ÜRETİM TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ

(Effects of apple pomace silages containing at different ratios of vetch seed on silage quality, and feed value, some rumen parameters determined by *in vitro* gas production technique)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şeyma ÇİLO

Danışman: Prof. Dr. Hatice KAYA

Erzurum

Haziran, 2025

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Tez yazarının adını girmek için tıklayın tarafından hazırlanan "Tezin başlığını girmek için tıklayın" başlıklı çalışması .. / .. / 20.. tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Ana Bilim Dalı adını girmek için tıklayın Ana Bilim Dalı, Bilim Dalı adını girmek için tıklayın Bilim Dalında Tez türünü giriniz. Ör. yüksek lisans veya doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Unvan Ad SOYAD *Üniversite Adı*	…….....
Danışman:	Unvan Ad SOYAD *Üniversite Adı*	…….....
Jüri Üyesi:	Unvan Ad SOYAD *Üniversite Adı*	…….....
Jüri Üyesi:	Unvan Ad SOYAD *Üniversite Adı*	…….....
Jüri Üyesi:	Unvan Ad SOYAD *Üniversite Adı*	…….....
İkinci Tez Danışmanı	Unvan Ad SOYAD *Üniversite Adı*	

Enstitü Yönetim Kurulunun …./…/…. tarih ve …… sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Unvan Ad SOYAD

Enstitü Müdürü

Bu çalışma ..... (örn. BAP, DPT, Tübitak 1001, v.s.) projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No:
(Bir projeyle desteklenmeyen tezlerde bu bölüm silinecektir)

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof.Dr. Hatice KAYA* danışmanlığında sunulan "*Farklı Oranlarda Fiğ Tohumu İçeren Elma Posası Silajlarının Silaj Kalitesi, Yem Değeri ve Bazı Rumen Parametrelerinin In Vitro Gaz Üretim Tekniği ile Belirlenmesi*" başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	**Tezin Benzerlik Oranı (%)**	**Maksimum Oran (%)**
Giriş	*6*	**30**
Kuramsal Temeller	*3*	**30**
Materyal ve Yöntem	*22*	**35**
Araştırma Bulguları ve Tartışma	*10*	**20**
Sonuç ve Öneriler	*5*	**20**
Tezin Geneli	*7*	**25**

Not: *Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının* ***%5'den*** *büyük olmaması gerekir.*

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	**Tez Danışmanı**
Şeyma ÇİLO	Prof.Dr. Hatice KAYA
Tarih girmek için burayı tıklayınız	Tarih girmek için burayı tıklayınız
İmza:	İmza:

***** Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun …./…/…. tarih ve ……. sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun …./…/…. tarih ve ……. sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesi, yürütülmesi ve tez haline getirilmesinde derin bilgileri ve emeğinin olmasının yanı sıra akademik vizyonumun gelişmesinde önemli payı olan, ılımlı ve sabırlı tavrıyla bu zorlu yolda ışık tutan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Hatice KAYA' ya; samimiyeti ve engin donanımı ile ufkumu genişleten saygıdeğer hocam Prof. Dr. Adem KAYA' ya; tez çalışmamın laboratuvar ve istatistik analiz kısmıyla ilgili olarak yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Arş. Gör. Ali KAYA' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Bu zamana kadar hayatımdaki her zorlukta olduğu gibi bu zorlu süreçte de her zaman maddi ve manevi desteğini hissettiğim, tahammül ve sevgileri için canım ailem ve canım arkadaşım ziraat mühendisi Seher ÇETİN'e gönülden teşekkür ederim.

Şeyma ÇİLO

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ORANLARDA FİĞ TOHUMU İÇEREN ELMA POSASI SİLAJLARININ SİLAJ KALİTESİ İLE YEM DEĞERİ VE BAZI RUMEN PARAMETRELERİNİN I*N VITRO* GAZ ÜRETİM TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ

Şeyma ÇİLO

Danışman: Prof. Dr. Hatice KAYA

Amaç: Bu çalışmada, elma posası kuru madde (KM) içeriği buğday samanı ilavesi ile eşitlenip, yem değerini artırmak için farklı oranlarda fiğ tohumu (%3, 6 ve 9) ilave edilerek oluşturulan silajların; silaj kalitesi, yem değeri, sindirilebilirlik ve bazı rumen fermantasyon parametreleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Elma posasının kuru madde düzeyini %33'lere yükseltmek için buğday samanı ve yem değerini artırmak için farklı oranlarda fiğ tohumu karıştırılarak karışımlar oluşturulmuştur. Bunun için; katkısız elma posası (E0) ve belirli oranlarda buğday samanı ile fiğ tohumu karıştırılarak kuru madde düzeyleri %33'lere yükseltilmiş [elma posası+ %10 buğday samanı (E1), elma posası+ %7 buğday samanı+ %3 fiğ tohumu (E2), elma posası+ %4 buğday samanı+ %6 fiğ tohumu (E3), elma posası+ %1 buğday samanı+ %9 fiğ tohumu (E4)] elma posaları silolanmıştır. Her bir silaj grubu için 4 tekerrür olacak şekilde silaj torbalarında vakumlanarak laboratuvar ortamında 60 gün süreyle bekletilmiştir. *In vitro* gaz üretim tekniği ve Ankom Daisy *in vitro* fermantasyon sistemi kullanılarak silajların besin madde içerikleri, kalite özellikleri (KM, pH, Fleig skoru (FP), NH3 Azotu) ile *in vitro* gaz ve metan üretim değerleri, tahminlenen parametreler (metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NE_L) ve organik madde sindirilebilirliği (OMS)), sindirilebilirlik özellikleri (gerçek sindirilebilir kuru madde (GSKM) taksimat faktörü (TF), mikrobiyal kazanım (MK), mikrobiyal protein sentezleme etkinliği (MPSE), gerçek sindirim derecesi (GSD), kuru madde sindirimi (KMS), kuru madde tüketimi (KMT), nispi yem değeri (NYD), nispi yem kalitesi (NYK)) ve bazı rumen fermantasyon parametreleri (rumen pH'sı, bireysel uçucu yağ asitleri (UYA) ile NH_3-N değerleri) tespit edilmiştir.

Bulgular: Silaj gruplarında gaz üretimi (GÜ), FP, NH_3, ADF, NDF, GSKM, GSD, kuru madde sindirilebilirliği, NYK, NYD, MK, MPSE ve bireysel UYA'dan asetik asit ile propiyonik asit ve NH_3-N değerleri muameleden önemli düzeyde etkilenmiştir. En yüksek GÜ, E0 grubunda (44.03ml) en düşük GÜ ise E1muamele grubunda (41.08) bulunmuştur. En yüksek ME ve NE_L değerleri E4 grubunda (sırasıyla 8.84 ve 5.2 mj/kg KM), en düşük değerler ise E1 silaj grubunda (sırasıyla 8.23 ve 4.78 mj/kg KM) elde edilmiştir. GSKM en yüksek E3 (203.21 mg), en düşük ise E4 deneme grubunda (180.00 mg) tespit edilmiştir. En yüksek NYD ve NYK değerleri E4 (sırasıyla 115.99 ve 145.55), en düşük ise E1 grubunda (sırasıyla 99.62 ve 113.51) belirlenmiştir. TF değerleri en yüksek E3 (2.58mg/ml), en düşük ise E0 grubunda (2.28 mg/ml) bulunmuştur. Silajların ham yağ ve pH değerleri ile metan üretim değerlerinin muameleden etkilenmediği tespit edilmiştir.

Sonuç: Elma posasına değişik oranlarda saman ve fiğ tohumu ilavesi ile oluşturulan silaj gruplarında NDF ve ADF içeriklerinin düştüğü, HP ve NYD değerlerinin iyileştiği, FP olumlu etkilediği, en yüksek NYK değerinin E4 grubunda görüldüğü ve *in vitro* sindirim değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, elma posası+%1 buğday samanı+%9 fiğ tohumu ilavesiyle oluşturulan silajın (E4) ruminantlar için kaliteli kaba yem kaynağı olabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elma posası, silaj, *in vitro* gaz, fiğ tohumu, yem değeri

Haziran 2025, 63 sayfa

ABSTRACT

MASTER DISSERTATION

EFFECTS OF APPLE POMACE SILAGES CONTAINING AT DIFFERENT RATIOS OF VETCH SEED ON SILAGE QUALITY, AND FEED VALUE, SOME RUMEN PARAMETERS DETERMINED BY IN VITRO GAS PRODUCTION TECHNIQUE

Şeyma ÇİLO

Supervisor: Prof. Dr. Hatice KAYA

Objective: In this study, it was aimed to determine the effects of silages prepared by equalizing the dry matter (DM) content of apple pomace with the addition of wheat straw and adding different rates of vetch seed (3, 6 and 9%) to increase the feed value on silage quality, feed value, digestibility and some rumen fermentation parameters.

Method: Mixtures were created by mixing wheat straw to increase the dry matter level of apple pomace to 33% and vetch seed in different proportions to increase the feed value. For this purpose; apple pomace without additives (E0) and certain proportions of wheat straw and vetch seed were mixed to increase the dry matter levels to 33% [apple pomace + 10% wheat straw (E1), apple pomace + 7% wheat straw + 3% vetch seed (E2), apple pomace + 4% wheat straw + 6% vetch seed (E3), apple pomace + 1% wheat straw + 9% vetch seed (E4)] and the apple pomace was ensiled. It was kept in the laboratory environment for 60 days by vacuuming in silage bags as 4 replications for each silage group. By using in vitro gas production technique and Ankom Daisy in vitro fermentation system, nutrient contents of silages, quality traits (DM, pH, Fleig score (FP), NH3 Nitrogen) and in vitro gas and methane production values, estimated parameters (metabolic energy (ME), net energy lactation (NEL) and organic matter digestibility (OMS)), digestibility traits (true digestible dry matter (DSDM), partition factor (TF), microbial gain (MK), microbial protein synthesis efficiency (MPSE), true digestibility degree (GSD), dry matter digestibility (DMS), dry matter consumption (DMT), relative feed value (NYD), relative feed quality (NYK)) and some rumen fermentation parameters (rumen pH, individual volatile fatty acids (VFA) and NH3-N values) were determined.

Results: Gas production (GP), FP, NH_3, ADF, NDF, ADF, NDF, GSKM, GSD, dry matter digestibility, NYK, NYD, MK, MPSE and individual UYA, acetic acid and propionic acid values were significantly affected in silage groups. The highest DM was found in E0 group (44.03ml) and the lowest DM was found in E1 treatment group (41.08). The highest ME and NEL values were obtained in E4 group (8.84 and 5.2 mj/kg KM, respectively) and the lowest values were obtained in E1 silage group (8.23 and 4.78 mj/kg KM, respectively). The highest GSKM was determined in E3 (203.21 mg) and the lowest in E4 experimental group (180.00 mg). The highest NYD and NYK values were determined in E4 (115.99 and 145.55, respectively) and the lowest in E1 group (99.62 and 113.51, respectively). The highest TF value was found in E3 (2.58 mg/ml) and the lowest in E0 group (2.28 mg/ml). Crude oil and pH values and methane production values of silages were not affected by the treatment.

Conclusion: It was observed that NDF and ADF contents decreased, HP and NYD values improved, FP was positively affected, the highest NYK value was observed in the E4 group and in vitro digestion values increased in the silage groups formed with the addition of vetch seeds to apple pomace. As a result, in vitro analysis of silages formed with the addition of apple pomace + 1% wheat straw + 9% vetch seeds showed that they can be a source of quality roughage for ruminants and environmental pollution can be limited.

Keywords: Apple pulp, silage*, in vitro* gas, vetch seed, feed value

June 2025, 63 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
İÇİNDEKİLER vi
TABLOLAR DİZİNİ viii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ x
GİRİŞ 1
Kaba Yem Kaynağı Olarak Meyve ve Sebze İşleme Sanayii Yan Ürünleri 3
Elma 4
Elma posası üretimi 4
Elma posası besin madde içeriği 5
Silaj 6
Fiğ 7
KURAMSAL TEMELLER 8
MATERYAL ve METOT 13
Materyal 13
Metot 14
Yem materyallerinin besin madde içeriğinin belirlenmesi 14
Silajların pH, NH_3-N içeriği ve fleig puanının belirlenmesi 19
Kaba yem kalitesinin belirlenmesi 20
İn Vitro Gaz Üretim Tekniğinin Uygulanması 22
Yapay tükürük hazırlanması 22
İn vitro metan miktarının belirlenmesi 24
Gerçek sidirilebilir kuru madde (GSKM), gerçek sindirim derecesi(GSD), taksimat faktörü(TF), mikrobiyal kazanım(MK) ve mikrobiyal partikül sentezleme etkinliği (MPSE) değerlerinin belirlenmesi 24
Metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NE_L) ve organik madde sindirim değerinin (OMS%) belirlenmesi 24

Rumen sıvısında pH ve NH_3-N içeriğinin belirlenmesi 25
Uçucu yağ tayini 26
İstatistik Analizler 26
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 27
Silaj Gruplarına Ait Besin Madde İçerikleri 27
Silaj Gruplarının KM, pH, Fleig Skoru ve NH_3 Azotu İçerikleri 29
Silaj Gruplarının In Vitro Gaz ve Metan Üretimi ile Tahminlenen Parametre Değerleri 31
Silaj Gruplarının *In Vitro* Sindirim Parametreleri 34
Silaj Gruplarının Nispi Yem Kalitesi ve Değeri 35
Silaj Gruplarının Rumen pH'sı, Bireysel UYA ile NH_3-N Değerleri 37
SONUÇ ve ÖNERİLER 40
KAYNAKLAR 41
ÖZGEÇMİŞ 49

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Silolama Öncesi Elma posası, Buğday Samanı ve Fiğ Tohumunun Besin Madde İçerikleri (%) 13
Tablo 2. Silaj Grupları ve İçerikleri 13
Tablo 3. Silaj Gruplarına Ait Ortalama Besin Madde İçerikleri (%KM'de) ve Varyans Analiz Sonuçları 27
Tablo 4. Silaj Gruplarına Ait Ortalama KM, pH, Fleig Skoru ile NH_3 Azotu Değerleri ve Varyans Analiz Sonuçları 29
Tablo 5. Silaj Gruplarının 24 Saatlik *In Vitro* Gaz ve Metan Üretim Değerleri, Tahminlenen Parametrelerin Varyans Analiz Sonuçları 31
Tablo 6. Silaj gruplarının *In Vitro* Sindirim Parametrelerine Ait Ortalama Değerler ve Varyans Analiz Sonuçları 34
Tablo 7. Silaj Gruplarının KMS, KMT ve NYD ile 48 saatlik Daisy Sindirim Parametrelerine Ait Ortalama Değerleri ve Varyans Analiz Sonuçları 35
Tablo 8. Deneme Gruplarına Ait Rumen pH'sı, Bireysel UYA ile NH3-N Değerleri ve Varyans Analiz Sonuçları 38

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Rumende metan üretimi 2
Şekil 2. Silaj gruplarının hazırlanması 14
Şekil 3. KM tayini için kullanılan hassas terazi ve etüv 15
Şekil 4. Çalışmada kullanılan kül fırını ve yakma işlemi 15
Şekil 5. Yağ analizinde kullanılan Soxhlet cihazı 16
Şekil 6. Ham protein tayininde kullanılan kjeldahl distilasyon ve yaş yakma ünitesi 17
Şekil 7. NDF, ADF ve HS analizi için kullanılan ANKOM cihazı 19
Şekil 8. Analizlerde kullanılan daisy inkübatör 22
Şekil 9. Rumen sıvılarının cam şırıngalara konulması ve inkübasyon süreci 24
Şekil 10. İnfrared metan analizöründen metan üretiminin belirlenmesi 24
Şekil 11. Rumen NH_3-N belirlenmesi 25

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

ADF : Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif

CH_4 : Metan

NH_3-N : Amonyak Azotu

CO_2 : Karbondioksit

GSD : Gerçek Sindirim Derecesi

GSKM : Gerçek Sindirilebilir Kuru Madde

HK : Ham Kül

HP : Ham protein

HY : Ham Yağ

KM : Kuru Madde

KMS : Kuru Madde Sindirimi

KMT : Kuru Madde Tüketimi

ME : Metabolik Enerji

MK : Mikrobiyal Kazanım

MPSE : Mikrobiyal Partikül Sentezleme Etkinliği

NDF : Nötr Deterjanda Çözünemeyen Lif

NDFS : NDF Sindirimi

NE_L : Net Enerji Laktasyon

NH_3-N : Amonyak Azotu

NYD : Nispi Yem Değeri

NYK : Nispi Yem Kalitesi

OMS : Organik Madde Sindirimi

TF : Taksimat Faktörü

TSBM : Toplam Sindirilebilen Besin Maddeleri

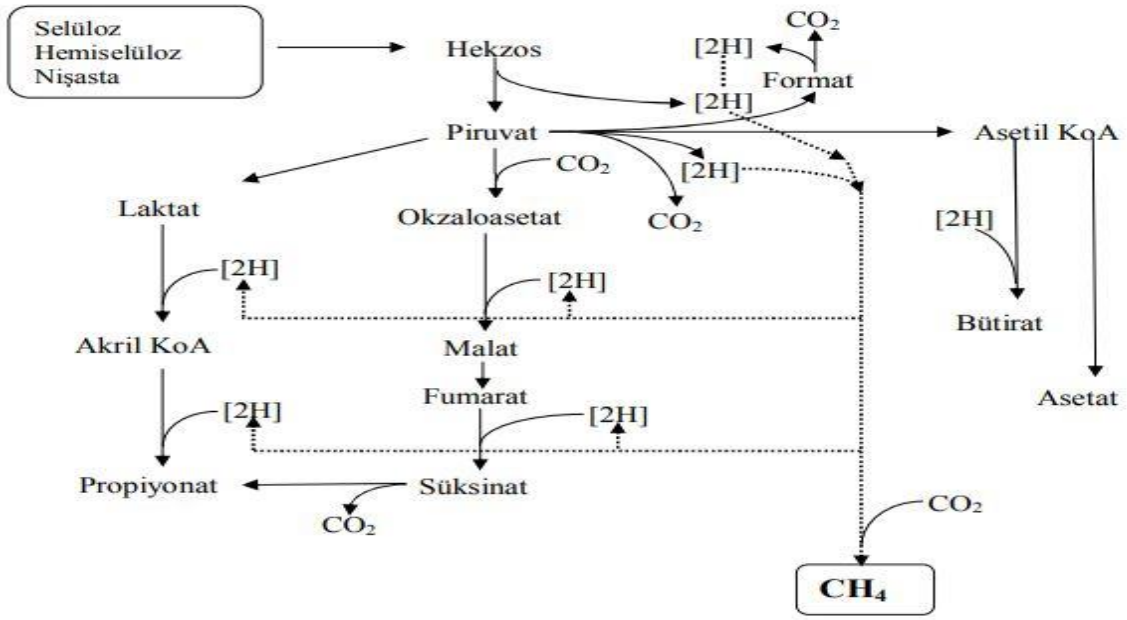
UYA : Uçucu Yağ Asitleri

GİRİŞ

Tarım ve hayvancılık sektörü tüm ülkelerin ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır (Ören 2021). Hayvancılık sektörü ulusal ekonominin temel bir parçasıdır. Hem ulusal beslenmeye destek sunması hem de kırsal kalkınmayı destekleme yönünden ciddi bir fonksiyona sahiptir (Cevger ve Günlü 2024). Avrupa Birliği ülkelerinde 2023 yılı toplam büyükbaş hayvan sayısı 73 milyon 834 bin baş olup ilk sırada Fransa bulunurken onu Almanya ve İrlanda takip etmektedir (Anonim 2025a). Ülkemizde ise 2024 yılı haziran ayında 16 milyon 555 bin büyükbaş, 53 milyon 965 bin küçükbaş olmak üzere toplamda 70 milyon 519 bin 688 baş hayvan varlığı bulunmaktadır (TUİK 2024a). Tarla tarımı içerisindeki yem bitkileri yetiştiriciliğinden 7.5 milyon ton, silajlık mısır yetiştiriciliğinden ise 8.5 milyon ton ile beraber toplam üretilen 29.6 milyon ton kaliteli kaba yem, ülkedeki ihtiyacın % 37.6'sını karşılamaktadır (Yavuz vd 2020). Bu nedenle Türkiye hayvancılığının geliştirilmesinde çözüme kavuşması gereken en temel sorunlarından birisi kaliteli kaba yem ihtiyacının devamlı olarak karşılanmasıdır (Yavuz vd 2020). Hayvancılığın gelişimi ve sürekliliğinin sağlanması için kaliteli ve ucuz kaba yem bol miktarda bulunmalıdır. Türkiye'de kaba yem açığı göz önünde bulundurulduğunda alternatif kaba yemler (sebze dalları, bazı endüstri yan ürünleri, meyve yaprakları, sera artıkları vb.) ön plana çıkmaktadır. Bununla beraber ruminant rasyonlarında silajlar, kuru ve yeşil otlar kaba yem açığını kapatmak ve yem maliyetini düşürüp (%75) karlılığı artırmak amacıyla kullanılmaktadır (Gemalmaz ve Tanay 2016). Hayvancılığın önemli yem kaynaklarından birisi olan kaba yemler, hayvanın yaşam ve verimlilik ihtiyaçlarının ekonomik biçimde karşılanması ve rumen fizyolojisi için çok önemlidir (Gbaguıdı ve Sarıçiçek 2021). Kaba yemler, tarım faaliyetleri içindeki yem bitkileri yetiştiriciliği ve çayır mera alanlarından sağlanmaktadır. Kaba yemler %18'den fazla ham selüloz içeren, enerji açısından yetersiz ancak selüloz içeriğiyle ruminant hayvanlar için önemli tokluk meydana getiren, düşük masraflı yem kaynaklarıdır (Aydoğan ve Topçu 2022). Bugün kaba ve yoğun yem fiyatlarındaki yükselişler, hayvan yetiştiricilerini ve yem endüstrisinde çalışanları alternatif yem hammaddesi aramaya teşvik etmiştir. Gıda işleme atıkları ve agro-endüstriyel atıklar ruminantlar için değerli yem kaynakları olarak öne çıkmıştır (Gültepe ve Bayram 2019).

Diğer hayvanlardan farklı olarak ruminant hayvanların midesi 4 bölmeli ve gelişmiş yapıdadır. Retikulo-rumende bulunan mikroorganizmalar (bakteri, protozoa, maya-mantar ve archaea) ürettikleri enzimler yardımıyla yemde bulunan karbonhidratları parçalayarak uçucu

yağ asitleri (UYA), H_2 ve CO_2'ye dönüştürmektedirler. Fermentasyon sonucunda asetik, probiyonik ve bütirik asit olan başlıca uçucu yağ asitleri hayvanların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır (Arslan ve Çelebi 2017). Meydana gelen H_2 ve CO_2, metanojenik mikroorganizmalarca; $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4+2H_2O$, indirgenme reaksiyonuna uğratılarak metan gazı (metanogenezise) meydana gelmektedir (Burcu 2022). Rumen fermantasyon sonucu olarak ortaya çıkan H_2' nin metanojenik bakteriler aracılığı ile metan gazı oluşmasında (metanogenezise) kullanılması aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1) (Mitsumori and Sun 2008).



Şekil 1. Rumende metan üretimi

Anaerobik fermantasyonda rumende meydana gelen metan üretimi, konak hayvana enerji kaybı anlamına gelir. Yapılan çalışmalarda yem ile alınan toplam enerjinin %2-12'sinin CH_4 gazı şeklinde kayıp olduğu rapor edilmiştir (Arslan ve Çelebi 2017; Gül vd 2017). Aynı zamanda geviş getiren hayvanlar tarafından üretilen metan küresel metan üretiminin tahminen %15 ile 20'sini meydana getirmekte ve çevresel kirliliğe sebep olmaktadır (Choi *et al.* 2004).

Metan üretimini azaltmaya özgü stratejiler geliştirilirken, yem sindirimi aksamaya uğramadan hidrojen üretiminde bir azalma elde etmek, hayvan için yararlı alternatif son ürünler meydana getiren yollara hidrojen harcanması için uyarılması, metanojenik *archaea* sayılarının veya aktivitelerinin engellenmesi gibi rumen içi faaliyetlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Rumen içerisindeki kısmi hidrojen basınç seviyesinin yükselmesi ile fermantasyon üzerindeki olumsuz etkinin engellenmesi işlemi ideal olarak, hidrojen tüketen yolların eş zamanlı olarak uyarılmasıyla yapılmalıdır (Martın *et al.* 2010). Rumende oluşan metan üretimini azaltmak için; rasyona yağ ilave edilmesi, metan inhibitörleri, esansiyel yağlar, bitki

ekstraktları, probiyotik ve organik asit kullanımı ile konsantre / kaba yem oranının ayarlanması gibi rasyon değişiklikleri üzerinde bilimsel çalışmalar yapılmaktadır (Bayaru *et al.* 2001; Curabay vd 2019; Vargas *et al.* 2020; Abdelbagi *et al.* 2021).

Kullanılan yem kaynaklarının miktarının ve kalitesinin artırılmasının yanı sıra daha ucuz alternatif yem kaynaklarının belirlenmesi ekonomik hayvan yetiştiriciliği açısından çok önemlidir. Bu durum meyve işleme sanayii yan ürünlerinin üretim potansiyeli ve yem değeri açısından alternatif yem kaynakları olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Kaba Yem Kaynağı Olarak Meyve ve Sebze İşleme Sanayii Yan Ürünleri

Meyve ve sebze işleme endüstrileri hem sıvı hem de katı formda %10-60 oranında atık üretir (Omre *et al.* 2018). Kabuklar, dal ve yapraklar, çürümüş meyveler, tohumlar ve posalar meyve işleme sanayinin katı atıklarıdır. Meyve suyu üretiminin her geçen gün yükselmesiyle beraber mikrobiyal bozunmaya eğilimli organik madde bulunduran bu atıklarda artarak ve git gide büyüyen bir sorun haline gelmektedir. Bu atıkların kurutulması, taşınması ve depolanması da maliyetli işlemlerdir. Meyve işleme endüstrisine ait olan bu katı atıklar zamanla mikrobiyolojik olarak bozulmaya başlamaktadırlar. Bu durum ise koku ve görüntü kirliliğine yol açmaktadır. Bu durumların oluşmaması için kurutma yöntemi ön plana çıkmaktadır. Fakat yüksek maliyetli olmasından dolayı bu yöntem tercih edilmemektedir (Sülük vd 2018). Sebze ve meyvelerin işlenmesiyle ortaya çıkan yan ürünler çiftlik hayvanlarının beslenmesinde fonksiyonel yem bileşenleri olarak etkin bir biçimde kullanılabileceği ifade edilmektedir (Omre *et al.* 2018).

Meyve-sebze işleme endüstrisi sonucu meydana gelen yan ürünler, besin madde ve fizyolojik etkilerinin yanında etkili çevre kirleticileri olarak da bilinmektedirler. Ruminant beslemede kullanılan meyve sebze yan ürünlerinin işlevleri; metan üretimini düşürmek, fermantasyon gazı üretimini düzenleyip rumen fermantasyonundan dolayı oluşan stresi azaltmak, rumen ortamını düzenlemek ve böylece hayvan sağlığı ile hayvansal üretimde olumlu etki elde edebilmektir (Yeşil ve Aksu 2024). Ancak meyve ve sebze işleme sanayii yan ürünlerinin depolandığı alanlarda oluşan çeşitli sera gazlarının (karbondioksit, metan ve nitröz oksit gibi) doğrudan çevreye salınması, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunları da beraberinde getirmektedir (Yeşil ve Aksu 2024).

Meyve ve sebze işleme sanayii yan ürünü olan domates, havuç, üzüm, narenciye, nar, şeftali, zeytin ve elma gibi meyve posalarının alternatif ucuz kaba yem kaynağı olarak ruminant beslemede kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Moate *et al.* 2014; Savrunlu ve Denek 2016; Ülger vd 2020; Kara vd 2023; Kayar vd 2024; Nemati *et al.* 2024). Ülkemizde üretimi

ve fabrikasyon işlemesi oldukça fazla olan meyvelerden biri de elma olup, elde edilen elma posasının ruminant beslemede kullanılabilirliği dikkat çeken bir konudur.

Elma

Elma ılıman, bilhassa soğuk ılıman iklim meyvesidir. Yoğun yüksek ışık elmada çok iyi renk oluşumu meydana getirir. Elma ağacı düşük sıcaklıklara dayanıklıdır. Yüksek yaz sıcaklarını sevmez. Sıcaklık 40˚C üzerinde olduğunda büyümesi durmaktadır. Elma genelde pek çok toprak tiplerinde olumlu sonuçlar vermektedir. En uygun toprak istekleri, içerisinde yeterli miktarda humus, nem ve normal kireci bulunan tınlı, kumlu-tınlı veya tınlı-kumlu geçirgen ve optimal 6-6.5 pH'ya sahip olan topraklardır (Anonim 2025b). FAO verilerine göre 2023 yılında dünyada üretilen elma miktarı 97.5 milyon tondur (FAO 2023).TUİK verilerine göre 2024 yılında Türkiye'de 4,4 milyon ton elma üretimi gerçekleşmiştir (TUİK 2024b). Türkiye'de 2020 yılında elma üretim alanlarında 235 bin 150 da ile Niğde birinci sıradadır. Niğde, Isparta, Karaman, Antalya ve Konya illeri yaklaşık 912 bin da ile ülkemizde toplam elma üretim alanlarının %53.4' ünü meydana getirmektedir (Tepge 2021). Elma posası püre, su ya da şarap elde etmek için elmaları presleyip öğüttükten sonra kalan katı yan ürün olarak tanımlanmaktadır.

Elma posası üretimi

Stok alanında bulunan elmalar, meyve boşaltma havuzlarına alınarak dik helezon yardımıyla meyve yıkama havuzlarına aktarma yapılmaktadır. Elma ile aktarılan taş, toprak, yaprak vb. maddelerin uzaklaştırılması için yıkama havuzlarında ham su ile yıkama yapılır. 2. seviye yıkama işleminde ters osmoz suyu ile yıkanarak, son durulama işlemi uygulanmaktadır (Sülük vd 2018). Yıkama işlemi sonlandıktan sonra meyveler, konveyör bant yardımı ile meyve parçalama bölümüne aktarılmadan seçme işlemi yapılmaktadır. Seçme kısmında, hammaddeki ham, ezik, çürük gibi kusurlu meyvelerin ve yaprak, sap gibi yabancı materyallerin seçilme işlemi yapılmaktadır. Yıkanma işlemi ile temizlenen meyveler, çekirdek çıkarma işleminden sonra, değirmende parçalanıp elekten geçtikten sonra meyve eti değirmenine iletilmektedir. Mayşe (parçalanmış meyve eti), konsantre renk kaybının önüne geçmek için ısıtma işlemi uygulanmakta ve uygulama sıcaklığı 50-70 ℃ arasındadır (Sülük vd 2018). Isıtma işlemi uygulanan parçalanmış meyve etine mayşe tanklarında renk ya da enzim ilavesi uygulanabilmektedir. Enzimasyon işleminden sonra presleme bölümüne aktarılıp mayşedeki sıvı faz, meyve suyu şeklinde ayrılmaktadır. Ardından pastörizasyon, ultra filtrasyon ve evaporasyon işlemiyle konsantre edilmiş, sterilize edilmiş, kimyasal değişime karşı satibize

edilmiş ve hacim düşüşü sağlanan elma suyu üretilmektedir. Katı artıklar, elma posası ile ön eleme temizleme atıklarından, atık su 1. ve 2. yıkamadan sonra oluşmaktadır (Sülük vd 2018).

Elma posası besin madde içeriği

Taze bir elma glikoz, fruktoz ve sükroz gibi kolay fermente şekerler olmak üzere yaklaşık %15 seviyesinde karbonhidrat içermektedir (Çiftçi vd 2005). Elma posasının yüksek su içeriğine sahip olduğu ve çoğunlukla çözünmeyen polisakkaritler de dahil olmak üzere çeşitli bileşenlerden oluştuğu belirtilmiştir (Kauser *et al.* 2024). Çözünmeyen karbonhidratlar açısından selüloz, hemiselüloz, lignin ve basit şekerler öncelikle elma posasında bulunur. Elma posası, kateşinler, kafeik asit, florizin, prosiyanidinler, floretin glikozitleri, kuersetin glikozitleri ve klorojenik asit gibi doğal antioksidanların üstün bir kaynağıdır(Kauser *et al.* 2024). Elma posası, amigdalin, yağ asitleri, mineraller, diyet lifleri, vitaminler ve polifenoller, gibi antioksidan fitokimyasallar ile yüklüdür (Kauser *et al.* 2024). Elmaların fitokimyasal konsantrasyonları farklı elma türleri arasında önemli ölçüde değişmektedir. Bazı fitokimyasalların düzeyi, meyvelerin olgunlaşma sırasında var olan ışığa, meyve gelişim aşamasına ve bazı gübre çeşitlerine göre değişiklik gösterir. Genelde elmaların depolanması elma fitokimyasallarını önemli miktarda etkilemiyor gibi gözükse bile elmaların meyve suyu olarak işlenmesi fenoliklerde kayda değer azalma gösterir. İşlenmiş elma kabukları fenolik ve flavonoid bileşiklerinin hareketliliğini muhafaza eder böylece yüksek antioksidan aktiviteye sahip olan katma değeri yüksek bir bileşen olarak kullanılabilir (Boyer and Liu 2004). Polifenoller doğrudan bir besin değeri taşımamasının yanında foksiyonel özellikleri bazı yararlı sistemik etkiler ortaya koyarken, belirli miktarları verim azalmasına yol açabilir (Yeşil ve Aksu 2024). Yalçınkaya vd (2012) değişik meyve posaları silajlarının bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerini belirledikleri çalışmalarında, elma posasının % KM, HP, HY, HK, HS içeriklerini sırasıyla %14.57, 1.04, 3.65, 0.42 ve 33.35 olarak tespit etmişlerdir. Kara vd (2018) taze elma posasının besin madde içeriğini KM (%14,94), HK (%2,65), HP (%4,54), HY (%3,91), HS (%22,10), NDF (%38,35), ADF (%30,24), hemiselluloz (%8,11), ADL (%12,97), toplam flavonoidler (0,66 mg of catechin equivalent (CatE)/g), sitrik asit (% 4,70), malik asit (%0 34,80) ve pH (3,83) olarak tespit etmişlerdir.

Posalar depolandıkları zaman su ve karbonhidrat içeriklerinin yüksek düzeyde olmasından dolayı kolayca bozulabilirler. Bu durumdan dolayı meyve posalarından silaj yapmak hayvan beslemede kolaylık sağlayacağı gibi nitelikli kaba yem olarak değerlendirilebilecektir (Yalçınkaya vd 2012). Elma posası geleneksel olarak havyan yemi bileşeni olarak kullanılır. Ancak yaş meyvenin çabuk bozulması nedeniyle elma posasının sadece küçük bir kısmı kullanılmaktadır. Taze elma posasının yüksek nem ve fermente

edilebilir şeker içeriği, posanın hızla bozulmasına sebep olur. Bu yüzden daha uzun süre muhafaza etmek için posanın silolanmasını ya da dehidrasyonunu gerektirmektedir (Kengo *et al.* 2023).

Silaj

Yemleri daha sonraki dönemlerde kullanmak için stoklamak ve saklamak mümkündür. En yaygın saklama şekli kurutma ve silolamadır. Yemleri saklama yöntemleri silolama (fermantasyon), yapay kurutma, kimyasal kurutma ve doğal kurutmadır. Su içeriği bakımından zengin yeşil yemler, tarımsal ve endüstriyel artıklar, diğer bazı bitkisel ürünlerin oksijensiz ortamda fermantasyon sonucu ortaya çıkan kaba yem kaynağına silaj denir (Basmacıoğlu ve Ergül 2002). Hayvancılıkta, hayvanların taze ve yeşil yem ihtiyacını yılın her döneminde karşılamak pek mümkün olmadığından dolayı su bakımından zengin kaba yem gereksiniminin karşılanması zorunluluğu neticesinde silaj meydana gelmiştir (Şahin ve Zaman 2010). Kaliteli bir fermentasyon için optimum kuru madde (KM) içeriği, yeteri kadar suda çözünür karbonhidrat ve laktik asit üreten bakteri varlığı, anaerobik ortam, düşük tamponlama kapasitesi ve uygun silo tipine ihtiyaç vardır (Kutlu 2002).

Silaj yemler, hayvanların kaba yem gereksinimlerinin karşılanmasında kıymetli alternatiflerdendir. Meyve posa silajları ise bunlardan biridir. Türkiye'de çoğu meyve suyu fabrika yan ürünü olarak meydana gelen posaların yeteri kadar değerlendirilmediği bilinir. Posalar depolandıkları zaman su içeriklerinin yüksek düzeyde olmasından dolayı kolayca bozulabilirler. Bu durumdan dolayı meyve posalarından silaj yapmak hayvan beslemede kolaylık sağlayacak ayrıca nitelikli kaba yem olarak değerlendirilecektir (Yalçınkaya vd 2012). Silolanacak materyalin kuru maddece yeterli olmadığı durumlarda silo katkı maddelerinden yararlanılarak silo materyalinin fermentasyona uygun hale getirilmesi gerekir. Elma posası silajı yapımını kurumadde içeriği sınırlandırmakta, protein içeriği ise besin madde içeriğinin düşük olmasına neden olmaktadır. Silaj malzemesinin KM oranını artırmak için yaygın yöntemlerden birisi de KM oranı yüksek olan saman gibi başka bir malzeme ile karıştırmaktır.

Yapılan silaj çalışmalarında, ruminant hayvanların NPN tabitatındaki ürünleri protein kaynağı olarak kullanabilme özelliklerinden dolayı yem bitkilerinin ham protein içeriklerini artırmada silo katkı maddesi olarak üre, nitrat gibi NPN kaynaklar siloda pH'yı hızlı düşüremediğinden dolayı proteoliz sürecini artırmaktadır. Bunun silolamada istenmeyen bir durum olduğu belirtilmektedir (Gürsoy vd 2022, 2023a).

Elma posası silajın N içeriğini arttırmak amacıyla yapılan çalışmalarda, silaj katkı maddesi olarak ürenin en fazla % 0.05 oranında katılabileceği ifade edilmiştir (Yalçınkaya vd

2012). Rasyonda üre kullanılması ile ilgili yapılan çalışmada (Dilmen 1970), rasyondaki ürenin rumen pH'sını artırdığı ve süt yağı ile verimini azalttığı rapor edilmiştir. Ürenin toksititesinin olmaması için silolanan her bir ton taze ürüne yaklaşık 2-3 kg ürenin sulandırılarak homojen şekilde ilave edilmesi gerektiği ancak bu işlemde silo yeminin kuru madde içeriğinin düşme riski oluşacağı ayrıca homojen karıştırma yapılmaz ise veya nemi yüksek ürünlere katılırsa silaj tabanında üre birikmesi görülebileceği ve bu kısımlardan tüketen hayvanlarda zehirlenmelerin görülebileceği ifade edilmiştir (Filya 2000). NPN' li bileşiklerin silolanan bitkilerin KM, NDF ve ADF sindirilebilirliğini artırırken, canlı ağırlık kazancı, süt verimi ve yemden yararlanma düzeyi gibi önemli performans kriterlerini iyileştirmediği ifade edilmiştir (Filya 2000). Bu bilgiler ışığında, hayvan beslemede kullanılan silo yemlerinin, hayvanlar üzerinde herhangi bir antinutrisyonel etki oluşturmayacak şekilde silolanması gerekmektedir. Ürenin en önemli dezavantajı silajda olması istenen laktik asit bakteri sayısını düşürmesi ve böylece fermantasyon başlamasını geciktirmesidir (Yitbarek ve Tamir 2014). Elma posası silajı protein içeriğini artırmak amacıyla üre yerine fiğ tohumunun katkı maddesi olarak kullanımı ile yukarıda ifade edilen risklerin bertaraf edilmesi sağlanabilir.

Fiğ

Türkiye'de kurak bölgelerde üretimi yapılan bitkilerin sayısı oldukça kısıtlıdır. Üretimi yapılan yem bitkileri ise büyük ölçüde korunga, fiğ ve yonca ile kısıtlanmıştır (Dumanoğlu vd 2022). Dünyanın ılıman bölgelerine yayılmış olan fiğin 150 kadar türü mevcuttur. Tarımsal açıdan önemli fiğ çeşitleri; adi fiğ (Vicia sativa), Macar fiği (Vicia pannonica), tüylü fiğ (Vicia villosa), koca fiğ (Vicia narbonensis) ve burçak (Vicia ervilia)'tır. Türkiye'de en çok yetiştirilen fiğ türü adi fiğ (Vicia sativa)'dir (Çaçan vd 2018). Ülkemizde fiğ türleri genellikle kaba yem için tarımı yapılmaktadır. Fakat tohumları yüksek miktarda protein içerdiğinden dolayı kesif yem maksadı için de üretilmektedir (Anonim 2025c). Fiğ tohumu %25-30 HP,%1-2 HY, %5-6 HS, %4.6 HK, %53-55 azotsuz öz maddeler ve 2800-3000 kcal/kg arasında enerji içermektedir (Karaca 2004).

Ülkemizde en fazla yetiştirilen yem bitkileri içerisinde olan adi fiğ genelde kıyı bölgelerde yeşil ve kuru ot olarak iç bölgelerde tohum olarak üretimi yapılır (Çaçan vd 2018). 2024 yılında adi fiğ, yeşil ot olarak 2.071.631 ton, tohumluk ise 18.439 ton üretilmiştir (GAP 2024).

Bu çalışma, elma posası kuru madde (KM) içeriği buğday samanı ilavesi ile eşitlenip, yem değerini artırmak için farklı oranlarda fiğ tohumu (%3, 6 ve 9) ilave edilerek oluşturulan silajların; silaj kalitesi, yem değeri, sindirilebilirlik ve bazı rumen fermantasyon parametreleri üzerine olan etkisini belirlemek için yürütülmüştür.

KURAMSAL TEMELLER

Tarımsal-endüstriyel yan ürünlerin geleneksel olarak kullanılan yemlere göre ekonomik olması, atık bertarafının maliyetini azaltması, çevre kirliliğinin önüne geçilmesi gibi bazı olumlu etkenler nedeniyle bunlara olan ilginin artmasına yol açmıştır. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Pirmohammedi *et al.* (2006) yaptıkları araştırmada, fabrika yan ürünü olarak temin edilen elma posasını kurutulmuş ve silaj yapılmış elma posasının kimyasal bileşim ve sindirilebilirliklerini mısır silajı ile karşılaştırmak için yürüttükleri çalışmada, 1 ton elma posasına, 100 kg buğday samanı ve 5 kg üre (taze ağırlık bazında) kullanmışlardır. Deneme sonunda amonyak –N, kuru maddedeki sindirilebilir organik madde içeriği ve metabolik enerji değerlerinin mısır silajında elma posası silajından daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Buğday samanı ilavesiyle yapılan elma posası silajının besin değeri ile pH, asetik ve bütirik asit düzeyinin düşük, laktik asit düzeyinin ise yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Silolanmış elma posasının Holstein süt ineklerinin süt üretimi, süt bileşimi ve kuru madde alımına etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada (Ghoreishi vd 2007), üçüncü laktasyondaki süt ineği kullanılarak, 3x3 (üç dönem ve üç diyet) latin kare deneme deseninde KM bazında 1 kontrol (%0 elma posası), 2 (%15 elma posası) ve 3 (%30 elma posası) muamele grubu oluşturulmuştur. Süt bileşimi ve süt verimi bakımından muamele grupları arasında önemli bir fark bulunmamıştır. %15 elma posası içeren gruptaki hayvanların kuru madde alımı elma posası içermeyen veya %30 elma posası içeren gruptakilere göre daha düşük olmuştur. Yemden yararlanma oranı üzerine muamelenin etkisi önemli bulunmuştur. Muamele grubu 2'nin diğerlerinden daha düşük yem dönüşüm oranına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak , elma posasının süt verimi ve bileşimi (protein, yağ ve yağsız KM) üzerinde olumsuz etki göstermeden %30'a kadar rasyonlara başarılı bir şekilde ikame edilebileceğini rapor etmişlerdir.

Rodrigues *et al.* (2008) elma posası-buğday samanı karışımının besin değerini belirlemek için yürüttükleri çalışmada %50-%50, %70-%30, %85-%15 oranlarında elma posası ve buğday samanı içeren silolanmış karışımların kimyasal bileşimlerini, *in vitro* organik madde sindirilebilirliği ve gaz üretimini 0, 15, 30, 45. günlerde incelemişlerdir. Sonuç olarak, inkübe edilen örneklerde *in vitro* organik madde sindirilebilirliği ve gaz üretimi ile ilişkili olarak %15 - 30 arasında saman bulunan karışımların daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir. Elma

posası- buğday samanı karışımının silolanabilirliğini artırmış olsa bile şekerlerin etanole fermantasyonunu sınırlamak için silaj katkı maddeleri kullanımının faydalı olabileceğini bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada (Mirzaei-Aghsaghali *et al.* 2011), elma posası yan ürününün *in vitro* gaz üretim tekniği kullanarak kimyasal bileşiminin belirlenmesi ve yem değerinin tahmini amaçlanmıştır. Elma posası için 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 ve 96 saatlerdeki gaz üretimi değerlerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, HP (90,2 g/kg KM), NDF (612 g/kg KM), ADF (467 g/kg KM), HY (37 g/kg KM), HK (23 g/kg KM) ve lifsiz karbonhidrat (237,8 g/kg KM) olduğunu rapor etmişlerdir. 200 mg kuru numune için 24 saatlik inkübasyonda gaz hacmi, çözünür fraksiyon (a), çözünmeyen fakat fermente edilebilir fraksiyon (b), potansiyel gaz üretimi (a+b) ve gaz üretim hızı içeriklerini sırası ile 58.92, 0.9095, 76.91, 77.82 ml/200 mg KM ve 0.0574 ml/s olarak bulmuşlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre ruminant beslemede elma posasının kıymetli bir yan ürün olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Yalçınkaya vd (2012) değişik meyve posalarından (şeftali, kayısı ve elma) oluşturdukları silajların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, meyve posalarını katkısız ve saman + %0,1 üre ekleyerek katkılı silajlar oluşturmuşlardır. İlaveli ve ilavesiz silaj örneklerinden elde edilen pH değerleri makul sınırlar arasında olduğunu saman ile üre ilaveli silajlarda pH seviyelerinin üre ilavesinden dolayı çok az miktarda yükseldiğini, saman ilave edilen silajlarda doğal olarak HK, NDF, ADF, HP ve OM seviyelerinin arttığını, KM düzeyleri düşük olması yüzünden katkısız posa silajlarında bozulma olmadığını rapor etmişlerdir.

Beyzi *et al.* (2018) narenciye grubu meyve posası silajlarının kimyasal, besinsel ve fermantasyon özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, limon, mandalina ve portakal posalarını mısır ve pancar posası silajlarıyla karşılaştırarak silaj kalitelerini belirlemişlerdir. Çalışma sonunda kuru madde düzeyleri mısır ve limon posası silajlarında, ham protein seviyesi pancar ve limon posası silajlarında en yüksek olarak tespit edilmiştir. Eter ekstratı, ADF (asit deterjanda çözünmeyen lif) ve NDF (nötr deterjanda çözünmeyen lif) değerlerinin mısır silajında en yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, %100 elma posası, %100 nar posası ve %50 elma posası+%50 nar posası silajlarında kalite ve bunların süt sığırlarının toplam karışım rasyonlarına %10 ve 20 olarak ilavesinin in vitro gaz üretim tekniğini kullanarak sindirim parametreleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Nar posasının kuru madde, ham protein, tanen, flavonoid ve antosiyanin değerleri elma posasından daha yüksek bulunmuştur. Nar posasının lifli ve lifsiz karbonhidrat içeriğinin elma posasına benzer olduğu tespit edilmiştir. %50 elma posası+%50 nar posası

karışım silajı ile KM kayıplarının azaldığı bildirilmiştir. Nar posası ve elma ile nar posası karışım silajı gaz-metan üretimi ve tahmini sindirim değerlerinin elma posasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elma posası ve nar ile elma posaları karışımının laktik asit ve pH değeri nar posasından yüksek bulunmuştur. Elma posasının nar posası ile silolanması, silaj yoğunluğu ve silaj KM'sini artırmış, silaj KM kayıplarını azaltmış, silaj kalitesi ve in vitro sindirim parametrelerini ise etkilememiştir (Kara *et al.* 2018).

Ülger vd (2018) elma posası silajını mısır bitkisi, kabak posası ve şeker pancarı posası karışımı silajla besin maddeleri kompozisyonu ve silaj bakımından mukayese etmek için yürüttükleri çalışma da, kontrol grubu (%100 elma posası), %100 mısır bitkisi, %100 kabak posası, %100 şeker pancarı posası, %50 elma posası ve %50 şeker pancarı posası, %50 elma posası ve %50 mısır bitkisi, %50 elma posası ve %50 kabak posası şeklinde 7 muamele grubu oluşturmuşlar ve 3.60 ile 4.15 arasında değişen silaj pH'sının muamele grupları arasında farklılık gösterdiğini, en yüksek şeker pancarı posasında, en düşük ise elma posası ve kabak posası kombinasyonunda olduğunu, en yüksek KM ve HP içeriğinin ise mısır silajı grubunda (sırasıyla%29,17; %9.92) bulunduğunu tespit etmişlerdir. ADF değerlerinin %24.47 ile %38.55; HS değerlerinin ise %21.58 ve -%28.98 arasında değiştiğini, NDF içeriğinin benzer kaldığını rapor etmişlerdir. Sonuç olarak iyi bir silaj elde etmek için elma posasının KM'sinin artırılması gerektiğini, genel olarak elma posasının eter ekstratı, ham protein *in vitro* organik madde sindirimi, ME ve NE_L değerleri bakımından diğer bitki kaynaklarından elde edilen silajlarla karşılaştırılabilir durumda olduğunu bildirmişlerdir.

Fayed (2019) laktasyondaki keçi rasyonlarına berseem otunun yerine elma ve domates posası karışımından hazırlanan silajın kullanılmasının sindirim katsayıları, süt verimi, süt kompozisyonu ve bazı kan parametreleri üzerine olan etkisini araştırmıştır. Çalışmada yem materyali olarak bersem otu ve konsantre yem kullanılmıştır. Rasyonda berseem otu yerine %0, 25, 50, 75 ve 100 domates ve elma posası karışım silajı ikame ederek hayvanlar beslenmişlerdir. Deneme sonunda %50 berseem otu ve %50 karışım silajı ile beslenen keçilerin kontrol grubuna kıyasla daha iyi beslenme değerleri, besin sindirilebilirliği, süt üretimi (%13,6'ya kadar) ve süt yağı verimi (%43,70' e kadar artış) gerçekleştirdiğini rapor etmiştir.

Yapılan bir çalışmada, erken laktasyon dönemindeki Mahabadi keçilerinin rasyonlarında elma posası silajı kullanımının performans, süt ve rumendeki bazı toksin kalıntılar üzerine etkileri araştırılmış ve rasyona elma posası silajı ilavesinin düşük rumen pH'sı, yüksek asetat ve propiyonat konsantrasyonu ile toplam uçucu yağ asitleri oluşumuna sebep olduğu tespit edilmiştir (Gharehbagh *et al.* 2020).

Canbolat (2022) üre ilavesinin elma posası silajının besin değeri ve fermantasyon özellikleri üzerine etkisini *in vitro* gaz üretim tekniği kullanarak incelediği çalışmasında, silolanmış elma posasına üre ilavesinin silaj besin madde kompozisyonunu, aerobik stabiliteyi, *in vitro* gaz üretimini, fermantasyon özelliklerini, sindirilebilir organik madde ile metabolik enerji seviyelerini iyileştirdiği ve elma posası ham protein içeriğini artırma konusunda azot kaynağı olarak kullanılabileceğini rapor etmiştir. Deneme sonucunda silajların besin değerini ve fermantasyon parametrelerini iyileştirmek amacıyla elma posasına %2,0 - 2,5 oranında üre ilavesinin önerilebileceğini ifade etmiştir.

Dai *et al.* (2022) bira üretim yan ürünü olan kullanılmış tahılların (KT), mısır sapı, kurutulmuş elma posası ve tatlı patates asması ile hazırlanan karışık silajın fermantasyon kalitesi, kimyasal bileşim ve *in vitro* parametreleri üzerine olan etkisini değerlendirmişlerdir. Mısır sapı, tatlı patates asması ve kurutulmuş elma posasının üçlü karışımı (50/30/20 yaş ağırlık bazında) sırası ile 1, 3, 5, 7, 14, 30 gün boyunca %0, %10, %15 ve %20 KT ile silolanmıştır. Kurutulmuş elma posası kimyasal kompozisyonunun; 900.04 g/kg (yaş ağırlık) kuru madde, 3.81 pH, 89.97 (g/kg kurumadde (KM)) suda çözünebilir karbonhidrat, 62.74 g/kg (KM) ham protein, 398 g/kg (KM) NDF, 328 g/kg (KM) ADF, 70 g/kg (KM) hemiselüloz içerdiğini tespit etmişlerdir. Oluşturulan bütün silajlarda pH'nın kontrol grubuna göre daha düşük değerler gösterdiğini bu duruma kurutulmuş elmadaki malik asitin sebep olabileceğini ifade etmişlerdir.

Süt sığırlarına kurutulmuş elma posası yedirilmesinin ruminal fermantasyon, yağ asidi konsantrasyonu, mikrobiyal popülasyon ve metan üretimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada (Gadulrab *et al.* 2023), ruminal pH hafifçe yükselirken amonyak konsantrasyonunun %46 oranında azaldığını, toplam protozoa sayısında önemli bir düşme ve toplam uçucu yağ asitlerinde bir yükselişin olduğu tespit edilmiştir. Kurutulmuş elma posası beslemesine bağlı olarak metan emisyonunda %8 oranında bir azalmanın bulunduğunu, toplam ruminal uçucu yağ asitlerinde yükselme, daha yüksek besin sindirilebilirliği ve süt üretimiyle beraber olumlu bir etkisi olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak, kurutulmuş elma posasının rasyona ilave edilmesinin süt inekleri için değerli, sürdürülebilir ve çevre dostu bir rasyon bileşeni olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir.

Yonca ile farklı oranlarda kurutulmuş elma posası silajlarının fermantasyon özellikleri ve proteoliz üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan bir çalışmada (Dai *et al.* 2025), yonca (kontrol), %5, 10 ve %15 kurutulmuş elma posası olacak şekilde 4 deneme grubu taze ağırlık bazında sırasıyla 1, 3, 7, 14, 30 ve 60 gün süreyle silolamışlardır. Sonuç olarak, kurutulmuş elma posası oranı arttıkça proteoliz ve proteinaz aktivitesinin zayıfladığını, yonca silajındaki fermantasyon özellikleri üzerinde olumlu etkilere eşlik ettiğini, NPN, peptid-N, NH_3-N içeriği

ile karboksipeptidaz, aminopeptidaz ve asidik proteinaz aktiviteleri kurutulmuş elma posası oranı arttıkça azaldığını, kurutulmuş elma posası ile işlenmiş silajların, 60. günde kontrol grubuna göre önemli derecede düşük biyojenik amin içeriğine ve daha yüksek esansiyel amino asit, serin ve aspartik asit içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Test edilen koşullar arasında, %15 oranında kurutulmuş elma posasının yoncaya ilavesi ile oluşturulan silajların diğer silaj gruplarına göre daha iyi fermantasyon kalitesi ve daha az proteoliz gösterdiğini bildirmişlerdir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Araştırma yem materyalini oluşturan elma posası Isparta ilinde bulunan özel bir fabrikadan (Eyüp Ülperen Yaş Meyve Ticareti), fiğ tohumu ve saman piyasadan temin edilmiştir. Denemede kullanılan elma posası, buğday samanı ve fiğ tohumunun besin madde kompozisyonu Tablo 1'de sunulmuştur. Çalışma materyallerinin fiziksel ve kimyasal analizleri için Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yem Analiz Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Tablo 1. Silolama Öncesi Elma posası, Buğday Samanı ve Fiğ Tohumunun Besin Madde İçerikleri (% KM)

Yem maddeleri	KM	HK	HP	HY	ADF	NDF
Elma posası	23.00	2.16	7.62	7.07	47.43	61.73
Buğday samanı	92.03	14.87	2.87	1.97	50.80	83.27
Fiğ tohumu	89.22	6.98	29.81	1.48	12.61	19.02

KM: kuru madde, HK: ham kül, HP: ham protein, HY: ham yağ ADF: asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, NDF: nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler,

Fabrikadan temin edilerek laboratuvara getirilen elma posası ile buğday samanı ve fiğ tohumu (bütün olarak) karıştırılarak (silajların KM düzeyi yaklaşık % 33 olacak şekilde) toplam 5 farklı silaj deneme grubu oluşturulmuştur. Denemeye ait silaj grupları ve içerikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Silaj Grupları ve İçerikleri

Gruplar	İçerik
E0	Elma posası
E1	Elma posası+%10 buğday samanı
E2	Elma posası+%7 buğday samanı+%3 fiğ tohumu
E3	Elma posası+%4 buğday samanı+%6 fiğ tohumu
E4	Elma posası+ %1 buğday samanı+%9 fiğ tohumu

Çalışmada kullanılan rumen sıvısı Erzurum Et ve Balık Kurumunun Etik kurulundan kesim onayı verilmiş ortalama 420-528 kg canlı ağırlığında 4-6 yaşlarında olan 3 büyükbaş hayvanın rumeninden hayvanlar kesilir kesilmez alınmış, termos yardımıyla laboratuvara getirilerek analizlerde kullanılmıştır.

Metot

Her gruptan 4 tekerrür olacak şekilde hazırlanan karışımlar el yardımı ile silaj poşetlerine (25x 35 cm) doldurulmuş ve mutfak tipi vakum makinesi (Lavion DZ-100SS, Xiamen Yeasincere Industrial Corporation, China) kullanılarak tamamen havasız bir ortam oluşturuluncaya kadar vakumlanmış ve 25±2 ºC'de 60 gün süre ile fermentasyon için bekletilmiştir.

Şekil 2. Silaj gruplarının hazırlanması

Yem materyallerinin besin madde içeriğinin belirlenmesi

Kuru madde (KM) analizi

Elma posası silajlarından alınan numunelerin yüzde kuru madde oranını tayin etmek için ilk olarak boş krozeler etüv içerisinde 105°C' de 1 saat bekletilmiş daha sonra desikatör içerisinde 10-15 dakika soğutularak numaralandırılmıştır. Elma posası silajı 0,5 g hassas terazide (4 tekerrür) tartılarak krozelere konulmuş, etüvde 48 saat süreyle 65°C' de bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan krozeler desikatör içerisinde sıcaklık seviyesi oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiş ardından hassas terazide tartılarak aşağıda verilmiş olan formül yardımı ile % KM hesaplanmıştır (AOAC 1990).

$$\%\ \text{KM} = \frac{c-a}{b-a} * 100$$

a: KM kabının darası

b: KM kabı ağırlığı+ silajın örnek ağırlığı

c: etüvden çıkan kuru madde kabının ağırlığı+ silajın örnek ağırlığı

Şekil 3. KM tayini için kullanılan hassas terazi ve etüv

Ham kül (HK) analizi

Bir mm'lik elekten geçirilerek öğütülmüş elma posası porselen krozelere 4 tekerrür olacak şekilde konularak tartım işlemi yapılmıştır. Tartımı tamamlanan porselen krozeler kül fırınına yerleştirildikten sonra 550 °C fırın sıcaklığında 5 saat kadar yakılmıştır (Şekil 4). Yakma işleminden sonra desikatörde soğutulan krozeler hassas terazide tartımı yapılmış ve değerler aşağıda belirtilen formülde kullanılarak % HK hesaplanmıştır (AOAC 1990).

$$\%HK = \frac{c-a}{b-a} * 100$$

a: porselen krozenin ağırlığı

b: porselen krozenin ağırlığı+ örnek miktarı

c: yakılan porselen krozenin ağırlığı+ örnek miktarı

Şekil 4. Çalışmada kullanılan kül fırını ve yakma işlemi

Ham yağ (HY) analizi

1mm'lik elekten geçirilen silaj örnekleri dietil eter ile muamele edilmiş ve elde edilen ekstrakt ham yağ olarak tayin edilmiştir. Bu işlem için örnekler, önceden hazırlanarak etüvde kurutma işlemi sonrası numaralandırılarak ve darası alınarak kurutma kağıdı ile yapılan külahlara 4 tekerrür olacak biçimde 1-2 gr kadar tartılarak 95 °C de olan etüvde bir gece beklemeye bırakılmıştır. Etüvden alınan örnekler desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup tartılarak soxhlet cihazına konulmuştur (Şekil 5). Cihazın ekstraksiyon kısmına 130 ml etil eter konularak bir tam bir yarım sifon yapılması sağlanmıştır. Soxhlet cihazının soğutma suyu ve

ısısı 60 °C ayarlanarak 8 saat süre çalıştırılmıştır. Bu işlemin ardından külah+ numuneler cihazdan alınarak 2 ila 4 saat kadar 95 °C de etüvde kurutma işlemi yapılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen miktarlar aşağıda verilen formül kullanılarak örneğin içermiş olduğu % ham yağ miktarı tayin edilmiştir (AOAC 1990).

$$\%HY = 100 - (\frac{B-C}{A-C}*100)$$

A: Örnek+ küllah ağırlığı

B: ekstrakt işleminden sonra etüvde kurutulan örnek+ küllah ağırlığı

C: küllah darası

Şekil 5. Yağ analizinde kullanılan Soxhlet cihazı

Ham protein (HP) analizi

Kurutma işleminden sonra öğütülerek elde edilen silaj örneklerinden ortalama 0.2-0.25 gr kadar kjeldahl tüplerin içerisine konulmuştur. 1 tane Katalizör tablet (3,5 gr K_2SO_4, 0,0035 gr Se) ve 10 ml %95-97'lik H_2SO_4 eklenerek yaş yakma ünitesinde şeffaf renk halini alana kadar yakılmıştır. Yaş yakma işlemi sonlandıktan sonra soğutulmuş ve destilasyon ünitesindeki her tüp için saf su, %4'lük borik asit çözeltisi ve %40'lık alkali NaOH çözeltisi kullanarak tüp içerisindeki amonyum sülfattan amonyum borata oluşturulmuştur. Ham protein analizinin son evresi olan titrasyon işleminde erlenmayer içerisinde toplanan süzüntüdeki azot 0.1 N HCl ile titre edilerek harcanan HCl miktarı tayin edilmiş ve aşağıda verilmiş olan formül yardımı ile %HP değerleri hesaplanmıştır (AOAC 1990).

% HP= (G) * (H) * (N) * (eHCl) * (100)/(M) * (1000) *(ep)

G: 14.007(Azotun atom ağırlığı)

H: kjeldahl tüp için harcanan HCl (ml)

N: HCl'nin normalitesi(0,1)

eHCl : 0.1 N HCl'nin etkeni

ep: proteine dönüştürme etkeni (6.25)

M: Tartılan yem miktarı

Şekil 6. Ham protein tayininde kullanılan kjeldahl distilasyon ve yaş yakma ünitesi

Nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) analizi

Nötr deterjanda çözünmeyen lif, yemde bulunan lifli karbonhidrat olan selüloz ve hemiselüloz, lignin, sıcaklıkla zarara uğramış ve liglinleşmiş bir kısım proteinleri ve silisyumu kapsamaktadır ve bunlar hakkında bilgi veren bir parametredir. Van soest *et al.* (1991) tarafından bildirilen metoda göre kimyasal analizi yapılmaktadır (Kutlu vd 2005).

İlk olarak NDF analizi için gereken çözelti hazırlanmıştır. NDF çözeltisi, 1800 ml saf su içerisinde 120 gr FDN20 °C kimyasalı ve 20 ml trietilen glikol manyetik karıştırıcı ve ısıtıcı olan cihazda da 50°C-75°C arasındaki ısıda çözündürülmüş ve 4 ml alfa amilaz ekleyerek hazırlanmıştır. Dana sonra silaj örneklerinden ortalama 0.5gr olacak şekilde tartılmış darası alınmış ve üzerine çözücüye karşı dayanıklı kalemle (ANKOMF08) yazılmış torbalara (ANKOMF57 Torba) konularak ağız kısımları mühürleme cihazı ile mühürlenmiştir. Bu işlemin sonunda elde edilen çözelti ve örnekler cihaz içerisine konularak ağzı kapatılıp 75 dakika süresince çalkalama işlemi yapılarak kaynamaya bırakılmıştır. Kaynama işleminden sonraki aşama ise kimyasalın torbalardan arındırılması için iki kez kaynamış su ve bir kez soğuk su hazneye dökülmüştür. Kimyasaldan arınan torbalar beherde bulunan aseton içerisinde 3-5 dakika kadar bekletildikten sonra 75°C de olan etüvde 2-4 saat kurutulmuş ve hassas terazide tartılarak elde edilen veriler aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

%NDF(havada kuru): $\left(\frac{(h-d)-bt}{k}\right) * 100 * (\%100 - \%rd)$

d: torbanın boş ağırlığı

bt: kör torbanın boş ağırlığı

k: örnek ağırlığı

h: etüvden alının torba +örnek ağırlığı

%rd: yüzdelik rutubet değeri

Asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) analizi

Bu fraksiyon hayvan enerji alımı ve yemin sindirilebilirlik derecesi hakkında bilgi almayı sağlar ve NDF çözeltisinde çözünmeyen kısımdan hemiselüloz miktarının çıkarılması ile hesaplanır (Kutlu vd 2005).

ADF analizi için ilk olarak kullanılacak çözelti hazırlanmıştır. Her 2 lt için çözelti için 40 gram FAD20C kodlu kimyasal 1800 ml saf su ve 54.8 ml derişik sülfirik asit ile manyetik karıştırıcıda 50˚C-75˚C arasındaki sıcaklıkta ısıtılarak çözünmüştür. Öğütülen silajlardan 0,5 gram daraları alınan ve numaralandırılan F57 torbaları içerisine konulmuş, mühürleme cihazı ile mühürlenmiştir. Daha sonra bu torbalar Ankom NDF/ ADF Lif Analiz Cihazı içerisinde bulunan stantlara yerleştirilmiş ardından hazırlanan çözelti cihaz içerisine dökülmüş ve ağzı kapatılıp 1 saat süresince kaynaması için bırakılmıştır. Kaynama sonrası kimyasalın torbadan uzaklaştırılması için iki kere kaynatılmış su ve bir kere soğuk su cihazın içine dökülmüştür. Kimyasaldan temizlenen torbalar beherdeki aseton içinde 3-5 dk kadar bekletildikten sonra 75˚C deki etüvde 2-4 saat kurutulmuş ve hassas terazide tartılarak elde edilen veriler aşağıdaki formül yardımıyla % ADF değeri hesaplanmasında kullanılmıştır. (Van Soest *et al.* 1991)

%ADF (havada kuru): $\left(\frac{(h-d)-bt}{k}\right) * 100 * (\%100 - \%rd)$

d: torbanın boş ağırlığı

bt: kör torbanın boş ağırlığı

k: örnek ağırlığı

h: etüvden alının torba +örnek ağırlığı

%rd: yüzdelik rutubet değeri

Ham selüloz analizi

Numara verilen F57 torbalarının içerisine yaklaşık 0,5 g'lık ve 1 mm çaptaki elekten geçirilmiş ve etüvde kurutulmuş olan silaj örnekleri ham selüloz analizi için konmuştur. Bir adet kör değer için boş torba konulmuş ve torbaların ağız kısmı mühürlenmiştir. Mühürlenen F57 torbaları cihaz içerisine konulmasının ardından önce sülfürik asit(H_2SO_4) ile sonra alkali olan sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile kaynatılmıştır. Kaynatma işlemlerinin ardından torbalar hafif bir şekilde sıkılıp suyu uzaklaştırılmıştır. 250 ml'lik bir behere torbalar alındıktan sonra üzerini kapatacak şekilde üzerine aseton dökülüp 3-5 dakika süresince aseton içerisinde bekletilmiş ve ardından sıkılıp asetondan uzaklaştırıp asetonun uçması için tezgah üzerinde tutulmuştur. Silaj örnekleri bulunan torbalar daha sonra tartılarak öncesinde kurutulmuş ve tartılmış krozelere konularak 105 °C'ye ayarlı etüvde 2-4 saat boyunca kurutulmuştur. Etüv içerisinden alınan krozeler desikatörde içerisinde soğumaya bırakılmış, soğuduktan sonra

tartım işlemi yapılmıştır. (A1=torba + lif + kroze). Kroze + torbalar 600±15 °C'ye ayarlı kül fırınında 2 saat boyunca yakılması için bırakılmıştır. Yakma işleminin sonunda krozeler desikatöre soğuması için alındıktan sonra tartılmıştır (A2=kroze + kül). Ve boş torbanın organik madde içeriğide ayrıca hesaplanmıştır (A3)(Crampton and Maynard 1938).

Hesaplama işlemi aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$\%\text{Ham Selüloz} = \frac{100\ X\ (OMA)}{NA}$$

Numune Ağırlığı (NA) = [(A1) - (A2)] - [A3]

Organik Madde Ağırlığı (OMA) = [(torba + lif + kroze) - (kroze + kül)] - [(kroze + boş torba) - (kroze + boş torba külü)]

Şekil 7. NDF, ADF ve HS analizi için kullanılan ANKOM cihazı

Silajların pH, NH_3-N içeriği ve fleig puanının belirlenmesi

Silajların pH analizleri için 90 ml saf su içerisinde 10 gr silaj yemi bekletilip süzüldükten sonra süzüntüde elektronik 0.01 hassasiyette dijital göstergeli elektronik pH metre (Sartorius, Basic PB-20, Goettingen,Germany) kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Silajların NH_3-N içeriği kjeldahl distilasyon ünitesinde (Gerhadth, Bonn, Germany) AOAC (2000)'nin bildirdiği metoda göre belirlenmiştir. Fleig puanına göre silo yemi kalite sınıfını belirlemek için Kılıç (1986) tarafından bildirilen formül kullanılmıştır.

[Fleig Puanı = 220 + (2 x % Kuru madde - 15) - 40 x pH]

Elde edilen fleig puanlarına göre pekiyi (81-100), iyi (61-80), orta (41-60), düşük (21-40) ve kötü (0-20) şeklinde sınıflandırma yapılmıştır.

Kaba yem kalitesinin belirlenmesi

Nispi yem değeri (NYD)

Nispi yem değeri, tam çiçek dönemindeki yonca kuru otunun %53 NDF ve %41 ADF içeriklerinden hesap edilen 100 değerini temel almaktadır (Rohweder *et al.* 1978). Silaj gruplarında kuru madde sindirimi (%KMS), kuru madde tüketimi (%KMT) ve NYD, Ward ve Ondarza (2008) tarafından geliştirilen eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir.

%KMS = 88.9- (0.779 x ADF % Kuru madde)

KMT (CA %'si) = 120/(NDF % Kuru madde)

NYD = %KMS x %KMT /1.29

"The Hay Marketing Task Force of the American Forage and Grassland Council" tarafından yapılan sınıflandırmaya göre yemlerde NYD >151 (en kaliteli), 151-125 (1. sınıf), 124-103 (2. sınıf), 102-87 (3. sınıf), 86-75 (4. sınıf) <75 (5. sınıf) şeklinde kaliteyi ifade etmektedir (Abdiwali ve Kılıç 2018).

Nispi yem kalitesi (NYK)

Bu indeks kaba yemlerin kalitesini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir (Güney vd 2016). NYK, toplam sindirilebilir besin madde (TSBM) ve kuru madde tüketimi (KMT) beraber değerlendirilip kaba yem kalitesini tahmin etmeye yönelik yapılan hesaplamadır (Rivera and Parish 2010). Nispi yem kalitesinin esasında nispi yem değerine benzer olduğu fakat NYK hesaplanırken sindirilebilir kuru madde (SKM) yerine TSBM'nin kullanıldığı ve yemin selüloz miktarının da dikkate alındığı görülmektedir. *In vitro* olarak NYK tespit etmek için Daisy incubatör cihazında, silaj örnekleri 48 saatlik fermentasyona tabi tutularak elde edilen sindirilebilirlik değerleri Ward and Ondarza (2008) tarafından bildirilen aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplandıktan sonra Marten *et al.* (1988) belirttiği skalaya göre değerlendirilmiştir.

NYK= KMT*TSBM/1,23

KMT (CA'ın %'si olarak)= -2,318 + (0,442*HP)-(0,01*HP^2) - (0,0638*TSBM) + (0,000922*$TSBM^2$) + (0,180*ADF) - (0,00196*ADF^2) - (0,00529*HP*ADF)

TSBM= (NFC×0.98) + (HP×0.93) + (FA×0.97×2.25) + (NDFn×NDFS / 100) –10

NFC= Lifsiz karbonhidrat (Kuru maddenin yüzdesi olarak)= 100-NDFn+HP+HY+HK

FA=Yağ asitleri= Ham yağ-1

NDFn= Azotsuz NDF= NDF*0,93

$NDFDp = 22.7 + .664*NDF_S$

$\%NDF_S$ (% NDF sindirilebilirliği (Daisy 48 saat)) = 100 – ((D2-D1)/(D3-D4)*100)

(D1: F57 süzgeç torbalarının darası, D2: Ankom 200/220 selüloz tayin cihazında NDF solüsyonunda işlem görüp etüvde kuruyan örnek içeriği; D3: örneğin % NDF içeriği, D4: örneğin KM içeriği)

NDFS (NDF sindirilebilirliği) seviyesinin tespiti

Silaj örneklerinin NDFs tayin etmek için, rumen sıvısıyla beraber silaj örnekleri Ankom DaisyII inkübatör D 220 cihazında 48 saat inkübasyona bırakılarak NDFs seviyesi belirlenmiştir. İn vitro gaz üretim tekniği ile beraber yapılan bu çalışma, DaisyII inkübatör cihazında bulunan cam kavanozların her birine CO_2 gazı ilavesi ile beraber 1300 ml hazırlanmış olan tampon A çözeltisi+ 266 ml tampon B+ 400 ml rumen sıvısı eklenmiştir. Darası alınan ankom filter bag torbalarına her bir silaj muamele grup örneklerinden 4 tekerrürlü olacak şekilde 0.25 g tartıldıktan sonra torbalar DaisyII inkübatör cihazında 48 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun sonunda bütün torbalar çeşme suyu altında, berrak su akıncaya kadar bekletilip açıkta kurutulduktan sonra sabit ağırlığa gelinceye kadar önceden hazırlanmış olan 105 ^{0}C'deki etüvde bırakılmıştır. Etüvden çıkartılan torbalar, desikatörde soğutulup tartıldıktan sonra Van Soest *et al.* (1991)'nın bildirdiği şekilde hazırlanarak ANKOM 2000 Fiber Analyzer cihazında 100 °C'de 75 dakika boyunca NDF çözeltisi ile kaynatıldıktan sonra çeşme suyu altında torbalar yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra 4 saat boyunca 105 ^{0}C'de etüvde kurutulduktan sonra silaj örneklerinin NDFs düzeyi aşağıda bulunan formül yardımı ile saptanmıştır.

NDF_S=100 – (((D4-D1)/(D6-D7)*100)

D1: F57 süzgeç torbalarının darası,

D4: Ankom 200/220 selüloz tayin cihazında NDF solüsyonunda işlem görüp etüvde kuruyan silaj içeriği

D6: silajın %NDF içeriği, D7: silajın %KM içeriği,

Daisy II inkübatörde kullanılmış olan tampon A çözeltisi (1300ml için):

13 g/lt KH_2PO_4

0,65 g/lt $MgSO_4.7H_2O$

0,65 g/lt NaCI

0,13 g/lt $CaCl_2.2H_2O$

0,65 g/lt üre

Belirtilen miktarda hassas terazide tartıldıktan sonra çözeltiler 2 litrelik erlenmeyere konulup üzerine 1300 ml saf su ilave edilmiş manyetik karıştırıcıda çözündürülmüştür.

Tampon B çözeltisi (266 ml için):

3,99 g/lt Na_2CO_3 0,266 g/lt $Na_2S.\ 9H_2O$

Belirtilen miktarda hassas terazide tartıldıktan sonra çözeltiler 1 litrelik erlenmayere konulup üzerine 266 ml saf su ilave edilerek manyetik karıştırıcıda çözündürülmüştür.

Şekil 8. Analizlerde kullanılan daisy inkübatör

İn Vitro Gaz Üretim Tekniğinin Uygulanması

Gruplanmış silaj örneklerine ait 24 saatlik gaz üretim miktarlarının ölçülmesinde *in vitro* gaz üretim tekniği modifiye edilerek uygulanmıştır (Menke *et al.* 1979). Bu metot da 100 ml hacim olan cam şırıngalar içerisinde daha önceden kurutulmuş ve öğütülmüş silaj örneklerinden 0,5 gr tartılarak konulmuştur. Cam şırıngalar pistonlarına uçtan 3 parmak son kısımdan ise 2 parmak temiz olacak şekilde vazelin sürülmüştür. Daha sonra vazelinlenmiş pistonlar cam şırıngalara 40 ml çizgisine kadar itilip silikon hortumlu uç kısmı klips yardımı ile kapatılmıştır. Analizde kullanılacak şırınga sayısına göre, yapay tükürük hazırlanmıştır. Kesimhaneden termos yardımıyla getirilen rumen sıvısı 4 kat halinde olan tülbetten CO_2 ile beraber süzülerek hazırlanan yapay tükürük sıvısının üzerine eklenmiştir. Hazırlanan çözelti her cam şırıngaya 40 ml (2 yapay tükürük/1 rumen sıvısı oranında) olacak şekilde 100 ml'lik cam şırıngalar içerisine büret yardımı ile konularak 39°C sabit sıcaklıkta olan su banyosuna 4 tekerrürlü biçimde 24 saatlik inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 8). İnkübasyon sonunda şırıngalar içerisinde oluşan gaz değerleri şırıngalar üzerindeki skalalardan okunup kaydedilmiştir. Silaj numuneleri ile beraber dört tekerrürlü şekilde kör (sadece tamponlanmış rumen sıvısı) ve *in vitro* standartı da inkübasyona tabii tutulmuştur. Kör denemeden elde edilen gaz değerleri yem grupları için saptanan gaz ölçümlerinden çıkarılarak silaj örneklerinden elde edilen net toplam gaz miktarları belirlenmiş ve *in vitro* standartına göre düzeltme kat sayısı kullanılmıştır.

Yapay tükürük hazırlanması

Rumen sıvısı ile karıştırılan tampon çözeltisinin (yapay tükürüğün) hazırlanışı aşağıda verilmiştir.

Makro element çözeltisi

6.2g KH_2PO_4+ 0.6g $MgSO_47H_2O$+5.7g Na_2HPO_4 bir litre su içerisinde çözündürülmüştür. Çözelti 6,8 pH olarak ayarlanmıştır.

İz element çözeltisi

13.2 g $CaCl_2.2H_2O$+10.0gMCl_24H_2O 1.0 g $CoCl_2.6H_2O$ + 0.8 g $FeCl_2.6H_2O$ karışımı 100 ml saf su da çözündürülmüştür.

Tampon çözeltisi

35 g $NaHCO_3$ + 4 g (NH_4) HCO_3 1 lt saf su içerisinde çözündürülmeli ve çözelti 8.1 pH'da olmalıdır.

Rezazurin çözeltisi

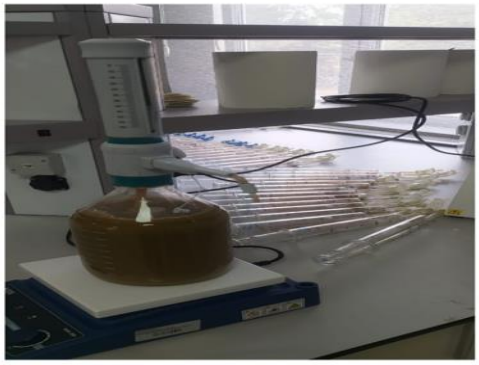
100 ml saf su içerisinde 100 mg Rezazurin çözündürülmüştür.

Redüksiyon çözeltisi

Saf su içerisinde 2 ml 1.0 N (Normal) NaOH + 285 mg $Na_2S.H_2O$ + 47.5 ml saf su içerisinde çözündürülmüştür. Rumen sıvısı alınmadan hemen önce Redüksiyon çözeltisi hazırlanmış ve taze olarak kullanılmıştır.

Yukarıdaki hazırlanan çözeltiler aşağıda belirtildiği miktarda ve sırada karıştırılarak hazır hale getirilmiştir.

474 ml saf su
0,12 ml mikro mineral çözeltisi
237 ml tampon çözeltisi
237 ml makro mineral çözeltisi
1,22 ml resazurin çözeltisi
47,5 ml redüksiyon çözeltisi

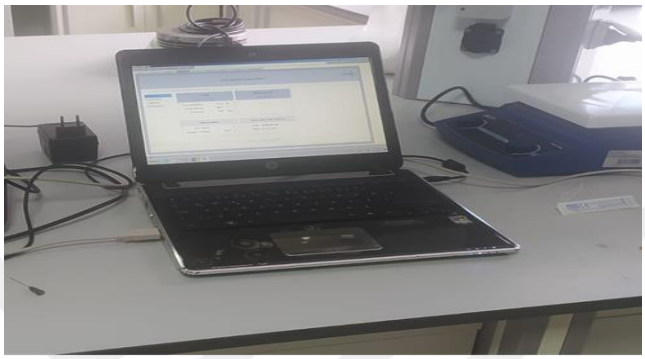


Şekil 9. Rumen sıvılarının cam şırıngalara konulması ve inkübasyon süreci

***İn vitro* metan miktarının belirlenmesi**

Metan üretimini belirlemek amacıyla infrared metan analizöründen (sensör Europa GmbH, Erkratlı, Germany model) faydalanılmıştır (Goel *et al.* 2008). 24 saatlik *in vitro* gaz üretim tekniği ile tayin edilen toplam gaz miktarları okunduktan daha sonra, enjektörlerdeki gaz özel bir plastik enjektör yardımı ile metan analizöründe ölçülmüştür (Şekil 10).

Metan üretimi(ml) = toplam gaz üretimi (ml)* metanın yüzdesi (%)



Şekil 10. İnfrared metan analizöründen metan üretiminin belirlenmesi

Gerçek sidirilebilir kuru madde (GSKM), gerçek sindirim derecesi(GSD), taksimat faktörü(TF), mikrobiyal kazanım(MK) ve mikrobiyal partikül sentezleme etkinliği (MPSE) değerlerinin belirlenmesi

24 saatlik inkübasyon sonunda, şırıngalarda kalmış olan yem ve tamponlanmış rumen sıvısı ile 70 ml NDF çözeltisi 250 ml'lik hacme sahip behere birlikte konulmuştur. Beherler ısıtıcı üzerine yerleştirilerek 1 saat süreyle kaynatılmış, por numarası 1 olan krozelerle süzdürülüp etüvde 75°C'lik sıcaklıkta 2-4 saat bekletildikten sonra tartımlar kaydedilmiştir. Aşağıda formüller yardımı ile gerçek sindirim derecesi, gerçek sindirilebilir kuru madde, mikrobiyal protein, taksimat faktörü ve mikrobiyal protein sentezleme etkinliği saptanmıştır (Blümmel *et al.* 1997).

GSKM = İnkübe edilen kuru madde (mg) – Kalan kuru madde (mg)

TF = (GSKM / Gaz Üretimi)

MK = (GSKM – (2.2 x Gaz Üretimi))

MPSE = (((GSKM – (2.2 x Gaz Üretimi))/GSKM) x 100

GSD = (((İnkübe edilen kuru madde (mg) – Kalan kuru madde (mg))/ İnkübe edilen kuru madde (mg))) x 100

Metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NE_L) ve organik madde sindirim

değerinin (OMS%) belirlenmesi

Silajların metabolize edilebilir enerji (ME), net enerji laktasyon (NE_L) ve organik madde sindirilebilirlik (OMS) içerikleri silaj örneklerinin KM bazında 24 saat gaz üretim (GÜ) miktarları, HK, HP ve HY değerleri kullanılarak aşağıda bulunan formül yardımları ile hesaplanmıştır (Menke and Steingass 1988).

ME (MJ/kg KM) = 1,68 + 0.1418 x GÜ + 0.073 x HP + 0.0217 x HY-0,028*HK

NE_L (MJ/kg KM) = -0,06+0,1047 x GÜ + 0.049 x HP + 0.0130 x HY-0,010 x HK

OMS (%)= 14.88+0.889 GÜ + 0.45 HP + 0.65 HK

Rumen sıvısında pH ve NH_3-N içeriğinin belirlenmesi

Rumen sıvısıyla 24 saat inkübasyonda kalan cam şırıngalar içinde kalan silaj örneklerinde pH metre kullanılıp rumen sıvısının pH'sı saptanmıştır.

İn vitro gaz üretim tekniğinde kullanılan rumen sıvısı gaz üretim tekniğinde kullanılmadan hemen önce 50 ml'lik beher içerisine 10 ml kadar alınmış, üzerine %98'lik sülfirik asitten 4-5 damla ilave edilerek çalkalanmış ve laboratuvar şartlarında 2 saat kadar bekletilmiştir. Ardından içerik 10 dakika 4000 rpm'de santrifüj edilmiş ve üst kısımdaki serumdan 2 ml kadar alınmış ve üzerine %40'lık NaOH eklenerek Markham Steam Distilasyon düzeneğine yerleştirilmiştir. Düzeneğin diğer ucuna ise 5 ml %2'lik borik asit konulmuş erlene bağlanarak 50 ml destilat toplanmıştır. Destilat alındıktan sonra üzerine 0,25 g metil kırmızısıyla hazırlanan indikatörden 3 damla eklenerek ve 1/70 normalli H_2SO_4 ile titrasyon ile harcanan H_2SO_4 miktarı kaydedilerek aşağıda bulunan formül yardımı ile NH_3-N miktarı belirlenmiştir.

NH_3 Azotu konsantrasyonu (mg/dL): A x 0.2 x 1000/B

A: titrasyonda harcanan asit miktarı(ml)- kör deneme için harcanan asit miktarı

B: kullanılan rumen sıvısı miktarı

Şekil 7. Rumen NH_3-N belirlenmesi

Uçucu yağ tayini

İn vitro ortamda rumen sıvısıyla fermantasyon sonunda cam şırıngalardaki sıvıda asetik asit, bütirik asit ve probiyonik asit Wiedmeier *et al.* (1987)'nin bildirdiği yöntemle belirlenmiştir. İnkübasyon sonunda cam şırıngalar içinde açığa çıkan uçucu yağ asitlerini belirlemek için, rumen sıvılarının 4 katlı tülbent ile süzülmesi neticesinde elde edilen süzüntüler, 50 ml'lik plastik falkon tüplerin içerisine alınarak 5 dakika 3000 rpm'de satrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra elde edilen süzüntünün üst kısmında biriken serumdan 10-20 ml alınıp polietilen santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerlerine 1 ml %25'lik fosforik asit ilave edilmiştir. Tüplerin ağzı kapatılıp 4 ˚C'de 10-15 dakika 14.000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Bu işlemden sonra üstte biriken sıvıdan, partikül gelmeyecek biçimde gaz kromotografi cihazına uygun 1,5 ml'lik cam vialler içerisine konup analizler yapılana kadar -20 ˚C'de saklanmıştır. Analiz yapıldığı dönemde numuneler derin dondurucudan çıkarılıp 20 dakika 10.000 rpm'de santrifüjlenerek çözündürülmüştür. Rumen sıvısında uçucu yağ asitleri Agilent 6890N marka gaz kromotografi cihazında, gereken kolon (Agilent Technologies 6890N gaz kromotografisi, Stabilwax-DA, 30m, 0.25 mm ID, 0.25 um df, Max. Temp:260 0C. Cat. 11023) ve program seçilerek belirlenmiştir.

İstatistik Analizler

Araştırma süresince elde edilen değerler SPSS 20 paket programında Genel Linear Model prosedürü kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Gruplara ait ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Duncan 1955).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Kuru madde içeriği buğday samanı ve fiğ tohumu karışımı ile eşitlenen (yaklaşık %33) elma posasına farklı oranlarda fiğ tohumu (%3, 6 ve 9) ilave edilerek oluşturulan silajların; silaj kalitesi, yem değeri ve bazı rumen fermantasyon parametreleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmadan elde edilen bulgular tek tek tartışılarak aşağıda sunulmuştur.

Silaj Gruplarına Ait Besin Madde İçerikleri

Elma posası (E0), elma posası + %10 buğday samanı (E1), elma posası + %7 buğday samanı + %3 fiğ tohumu (E2), elma posası + %4 buğday samanı + %6 fiğ tohumu (E3), elma posası + %1 buğday samanı + %9 fiğ tohumu (E4) ilave edilerek oluşturulan silaj gruplarına ait ortalama besin madde içeriklerine ait (KM'de %) varyans analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Silaj Gruplarına Ait Ortalama Besin Madde İçeriklerine ait (KM'de %) Varyans Analiz Sonuçları

Parametreler	E0	E1	E2	E3	E4	OSH	P
HK	1,50^{c}	2,12^{ab}	2,47^{a}	2,40^{a}	1,84^{bc}	0,48	0,007
HP	8,53^{c}	7,99^{c}	9,35^{b}	9,42^{b}	13,06^{a}	1,86	0,001
HY	0,87	0,81	0,85	0,82	0,86	0,07	0,767
ADF	39,51^{a}	39,46^{a}	38,12^{b}	36,73^{c}	35,03^{d}	1,83	0,001
NDF	52,86^{b}	54,27^{a}	52,15^{b}	51,92^{b}	49,42^{c}	1,73	0,001
HS	26,51^{a}	26,55^{a}	27,00^{a}	24,81^{b}	24,02^{b}	1,51	0,004

a,b,c,d: Aynı satırda bulunan farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). E0: elma posası (kontrol), E1: elma posası +%10 buğday samanı, E2: elma posası+%7buğday samanı+%3 fiğ tohumu, E3: elma posası+%4 buğday samanı+%6fiğ tohumu, E4: elma posası+%1buğday samanı+%9fiğ tohumu, HK: ham kül, HP: ham protein, HY: ham yağ, ADF: asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, NDF: nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, HS: ham selüloz, OSH: ortalamanın standart hatası.

Silaj deneme gruplarına ait HK değerleri bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0.01; Tablo 3) ve silajların HK içeriğinin buğday samanının ham kül içeriği nedeniyle önemli seviyede yükseldiği gözlemlenmiştir. En yüksek HK içeriği %7 buğday samanı ve %3 fiğ tohumu içeren elma posası silaj grubunda (%2,47) en düşük ise katkısız elma posası silaj grubunda (%1,50) elde edilmiştir. Mevcut çalışmadan farklı olarak Rodrigues vd (2008) elma posasına farklı oranlarda saman ilavesinin elma posası kül oranını düşürdüğünü bildirmektedir. Ülger vd (2018) ham kül oranını %100 elma posası silajında 3,44 olduğunu bildirmektedir.

Yalçınkaya vd (2012) ise farklı meyve posası silajlarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirledikleri çalışmada, ham kül değerini %100 elma posası silaj grubunda %0,48; elma posasına buğday samanı ve %0,1 üre ilave ederek oluşturdukları silaj grubunda %1,85 olarak bulunmuştur.

Silaj deneme gruplarında HP değerleri bakımından deneme grupları arasındaki farklılık önemli olmuştur ve HP içeriğinin fiğ tohumu ilavesiyle önemli düzeyde yükseldiği gözlemlenmiştir (P<0.01). Benzer şekilde elma posası silajlarına protein/azot kaynağı üre ilave edilmesi silaj HP değerini yükselttiği bildirilmektedir (Yalçınkaya vd , 2012; Canbolat, 2022). HP değeri en yüksek elma posasına %9 oranında fiğ ilave edilen E4 muamele grubunda (%13,06), en düşük ise E1 muamele grubunda (%7,99) bulunmuştur. Yalçınkaya vd (2012) ham protein oranını %100 elma posası silaj grubunda %1,03; elma posasına buğday samanı ve %0,1 üre ilave ederek oluşturdukları silaj grubunda %1,41 olarak belirlemişlerdir. Mevcut çalışma ile benzer olarak yapılan bazı çalışmalarda katkısız %100 elma posası silajlarında HP değeri %6,14 (Ülger vd 2018) ve %6,84 (Kara *et al.* 2018) olarak tespit edilmiştir. Kengoo vd (2023) %85 elma posası ve %15 buğday samanı ile oluşturdukları silajın HP değerinin %6,52; Canbolat (2022) ise %2,5 üre ilaveli elma posası silajının HP değerinin %11,29 olduğunu bildirmişlerdir. Silaj deneme grupları arasında meydana gelen farklılıklar HY değerleri bakımından önemli bulunmamıştır (P>0.05).

Silaj deneme gruplarına ait ADF ve NDF değerleri bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0.01; Tablo 3). En yüksek ADF ve NDF değerlerinin elma posasına %10 saman ilave edilen E1 muamele grubunda (sırasıyla %39.51, 54.27) bulunması, buğday samanının yüksek ADF ve NDF içermesinden kaynaklanmış olabilir. Yemlerin kalitesi hakkında yorum yapmaya yardımcı olan asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) içeriği yüksek olan yemlerin daha düşük enerji ve sindirilebilirliğe sahip olduğu rapor edilmektedir (Kutlu 2008). Elma posasına fiğ tohumu eklemesi yapılan silajlarda NDF ve ADF değerlerinde meydana gelen azalma yemin sindirebilirdik derecesine olumlu yönde katkı sağladığını göstermektedir. Yalçınkaya vd (2012) NDF ve ADF içeriklerini elma posası silajında sırasıyla %7,70 ve %6,50 (yaş numuneye göre); elma posasına saman ve %0,1 üre ilaveli silaj muamele grubunda %17,21 ve %11,55 (yaş numuneye göre) olarak elde etmişlerdir. Ülger vd (2018) NDF ve ADF oranlarını %100 elma posası silajında %46,07 ve %34,91 olarak belirlemişlerdir.

Elma posasına farklı seviyelerde fiğ tohumu ilave edilerek oluşturulan silaj gruplarına ait HS değerleri bakımından gruplar arası farklılıklar önemli bulunmuştur (p<0.01). HS değeri en düşük E4 silaj grubunda (%24,02), en yüksek E2 silaj grubunda (%27,00) görülmüştür. Silajlarda yüksek oranda buğday samanı olması (E2 silaj grubu, E3 silaj grubu) ve tamamen

elma posasından oluşan silajda çekirdek, kabuk gibi unsurların olması nedeniyle HS içeriğinin arttığı düşünülmektedir. Mevcut çalışmadan farklı olarak Ülger vd (2018) %100 elma posası silajında HS değerini %22,43 olarak tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada posalardaki besin madde farklılıklarının işletmeden işletmeye değişiklik gösterdiği ifade edilmiştir (Kaya 2016). Bu çalışma ile literatür bildirileri arasındaki farklılıklar elma posasının farklı işletmelerden elde edilmesi veya farklı katkı maddelerinin değişik düzeylerde eklenmesinden kaynaklanmış olabilir.

Silaj Gruplarının KM, pH, Fleig Skoru ve NH_3 Azotu İçerikleri

Silaj gruplarının KM, pH ve NH_3 azotu ile Fleig skoru içeriklerine ait ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Silaj Gruplarına Ait Ortalama KM, pH ve Fleig Skoru ile NH_3 Azotu Değerleri ve Varyans Analiz Sonuçları

Parametreler	E0	E1	E2	E3	E4	OSH	P
Kuru Madde (%)	$20,01^{b}$	$27,65^{a}$	$28,59^{a}$	$28,68^{a}$	$28,57^{a}$	0,39	0,001
NH_3 Azotu	$0,35^{ab}$	$0,38^{a}$	$0,34^{ab}$	$0,36^{a}$	$0,29^{b}$	0,47	0,048
pH	3,99	4,02	4,08	4,09	4,13	0,03	0,077
Fleig Skoru	$85,54^{b}$	$99,60^{a}$	$99,08^{a}$	$97,46^{a}$	$98,43^{a}$	1,66	0,001

a,b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.05$). E0: elma posası kontrol, E1: elma posası +%10buğday samanı, E2: elma posası+%7buğday samanı+%3 fiğ tohumu, E3: elma posası+%4 buğday samanı+%6fiğ tohumu, E4: elma posası+%1buğday samanı+%9fiğ tohumu, OSH: ortalamanın standart hatası

60 gün süre ile fermentasyona tabi tutularak açılan silaj grupları arasında KM değerleri bakımından oluşan farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Elma posasına buğday samanı ve fiğ tohumu ilavesi ile oluşturulan silajların KM'si katkısız elma posası silajına göre önemli derecede yüksek olmuştur.

Bu yükselme buğday samanı ve fiğ tohumunun sahip olduğu KM içeriğinden kaynaklanmış olabilir (Tablo 1). Kara vd (2018) 60 gün süreyle fermentasyona tabi tutukları katkısız elma posası silajının KM değerini mevcut çalışmadan daha düşük bulmuşlardır. Erişçi vd (2022) %0, %5 ve %10 elma ilaveli yonca silajlarında %KM içeriğini sırasıyla %21,41, %21,25 ve %20,57 şeklinde rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmadan elde edilen KM değerleri, %50 elma posasına %50 şeker pancarı posası ilave edilerek yapılan silajdan elde edilen değerden yüksek (Ülger vd 2015), elma posası, saman ve %0,1 üre ilaveli silaj denemesinden elde edilen değerden düşük (Yalçınkaya vd 2012) olmuştur.

Yeşil yemlerin silolanması sırasında fermantasyonda zararlı mikroorganizmalar ne denli aktif ise, yemde protein yıkımı olayları da o denli daha yoğun olarak gerçekleşir. Yıkım ürünü olarak farklı NH_3 bileşikleri meydana gelir. O nedenle silo yemindeki NH_3 % si meydana gelen fermantasyon olayları sırasında proteinin hangi düzeyde yıkıma uğratıldığı hakkında bilgi verir. NH3-azotunu da içeren NPN'nin, silolama sırasında proteoliz derecesini yansıtan doğrudan bir gösterge olduğu rapor edilmiştir (Kılıç 1986; Dai *et al.* 2025). NH_3 azotu değerleri açısından silaj grupları arasındaki farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.01$). Yemde bulunan proteinin parçalanması ile oluşan NH_3 azotu değerleri en düşük 0,29 ile E4 grubunda belirlenirken, en yüksek değer 0,38 ile E1 grubunda bulunmuştur. Dai *et al.* (2025) elma posası gibi meyve atıklarındaki polifenollerin proteolize direnen kinon-protein kompleksleri üretebileceği, protein-kinonların oluşumu ise silolama sırasında amino asitler veya proteinler üzerindeki proteolitik enzimlerin hidrolizine karşı koyarak NPN içeriğini azaltarak yem proteininin korunmasını artırdığını öne sürmüşlerdir. Mevcut değerler, fiğ yem bitkisine %2 ile %4 oranlarında şeftali posası, kayısı posası ve melas ilave edilerek oluşturulan silajlarda (Gürsoy vd 2024) tespit edilen NH_3 değerlerinden düşük bulunmuştur. Yonca ile %5, 10 ve %15 oranlarında kurutulmuş elma posası ilave edilerek elde edilen silajların fermantasyon özellikleri ve proteoliz üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan çalışmada (Dai *et al.* 2025), 1, 3, 7, 14, 30 ve 60 gün süreyle silolanmada, kurutulmuş elma posası oranı arttıkça proteoliz ve proteinaz aktivitesinin zayıfladığı rapor edilmiştir. Literatür bildirisi mevcut çalışmadan elde edilen sonuçla paralellik göstermiştir.

Silo yemlerinde niteliğin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden biri de pH değeridir. Kuru madde içeriği buğday samanı ile eşitlenerek hazırlanan elma posası silajlarına, farklı oranlarda fiğ tohumu ilavesinin pH değerleri üzerine önemli etki yapmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). İyi bir silaj yeminde istenilen bakteri türünün laktik asit olduğu, bu asitin aktivasyonunun sağlanabilmesi için materyalde olması gereken şartlardan birinin düşük pH (3,8-4,2) düzeyi olduğu bildirilmiştir (Ergün vd 2013). Mevcut çalışmada elde edilen pH değerlerinin (3,9 - 4,13) bu sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Yapılan bir çalışmada (Canbolat 2022), ürenin elma posasına % 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 (KM' de) takviyesi ile silaj pH, laktik asit ve NH3-N düzeylerinin doza bağlı olarak arttığı, katkısız elma posası silajında pH değerinin 3,72 olduğu bildirilmiştir.

Silaj kalitesinin belirlenmesinde kuru madde ve pH değerinden faydalanarak rakamsal olarak Flieg puanı (FP) şeklinde değerlendirme yapılabilir (Kılıç 1986). Tablo 4' te görüldüğü üzere gruplar arasında FP açısından görülen farklılıklar önemli olmuştur ($P<0.01$). FP'ye göre silaj kalitesi değerlendirildiğinde bütün grupların pekiyi sınıfına girdiği tespit edilmiştir. En

düşük FP değeri kontrol (E0) grubunda (85,54) görülmesine rağmen yüksek FP değerleri buğday samanı ve fiğ tohumu ilaveli gruplarda (99.60, 99.08, 97.46, 98.43) bulunmuştur. Elma posası silajına buğday samanı ve fiğ tohumu ilavesinin silaj kuru madde içeriğini artırması FP değerini olumlu yönde etkilemiştir. Mevcut çalışmada bulunan değerler Ülger vd (2015)'nin bildirdiği değerden yüksek, yonca silajına %10 elma posası ilave edilerek yapılan silaj çalışmasından (Çiftçi vd 2005) ve (Yörük vd 2014) %30 KM içeren buğday samanı (BS) ve fiğ kırması (FK) ilaveli şeker pancarı silajından elde edilen değerlerle benzer olmuştur.

Silaj Gruplarının In Vitro Gaz ve Metan Üretimi ile Tahminlenen Parametre Değerleri

Deneme gruplarına ait 24 saatlik ortalama *in vitro* gaz **(**İG) ve metan (CH_4) üretimi ile tahminlenen performans parametre (metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NE_L), organik madde sindirim (OMS)) değerleri ve varyans analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Silaj Gruplarının 24 Saatlik *In Vitro* Gaz ve Metan Üretim Değerleri ile Tahminlenen Parametrelerin Varyans Analiz Sonuçları

Parametreler	E0	E1	E2	E3	E4	OSH	P
Gaz(ml)	$44,03^{a}$	$41,08^{c}$	$42,18^{bc}$	$43,47^{ab}$	$43,17^{ab}$	0,53	0,009
Metan(ml)	4,93	4,79	4,96	5,03	5,81	0,39	0,406
Metan(%)	11,17	11,65	11,72	11,62	13,37	1,75	0,486
ME(Mj /kg KM)	$8,66^{ab}$	$8,23^{c}$	$8,45^{b}$	$8,63^{ab}$	$8,84^{a}$	0,24	0,001
NE_L(Mj /kg KM)	$5,08^{ab}$	$4,78^{c}$	$4,94^{b}$	$5,06^{ab}$	$5,2^{a}$	0,17	0,001
OMS	$58,83^{b}$	$56,37^{c}$	$58,19^{b}$	$59,32^{ab}$	$60,59^{a}$	1,68	0,001

a,b,c: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.05$). E0: elma posası (kontrol), E1: elma posası +%10buğday samanı, E2: elma posası+%7buğday samanı+%3 fiğ tohumu, E3: elma posası+%4 buğday samanı+%6fiğ tohumu, E4: elma posası+%1buğday samanı+%9fiğ tohumu, ME: metabolik enerji, NE_L: net enerji laktasyon, OMS: organik madde sindirimi, OSH: ortalamanın standart hatası

In vitro gaz tekniği, yemlerin mikrobiyal fermentasyonu neticesinde oluşan CO_2 gazının ölçümü ile yapılan bir tekniktir. *In vitro* koşullarda CO_2 gazı üretimi, gerek doğrudan yemlerin içerdiği karbonhidratların fermentasyonu neticesinde gerek karbonhidratların fermentasyonu sonucu oluşan uçucu yağ asitlerinin (UYA) tampon çözeltisi ile reaksiyona girmesi neticesinde meydana gelmektedir (Kılıç ve Sarıçiçek 2006). *In vitro* sistemlerde yemlerin fermantasyonla meydana gelen gaz üretiminin, rumende mikrobik sindirilebilirliği ve fermantasyon son ürünlerini tahmin etmek için iyi bir parametre olduğu bildirilmiştir (Kara vd 2018). Silaj deneme gruplarına ait 24 saatlik *in vitro* gaz üretim (İGÜ) değerleri bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0.05$; Tablo 5). İGÜ tekniği ile 24 saat fermentasyona tabi tutulan deneme gruplarında ölçülen gaz üretim değeri en yüksek E0, E3 ve E4 (sırasıyla 44.03, 43.47, 43.17 ml) muamele gruplarında, en düşük gaz üretimi ise E1 (41,08 ml) muamele grubunda bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada (Boğa vd 2020) yem veya yem karışımların yapısındaki

ADF ve NDF'nin gaz üretimi ile ilişkili olduğunu ve bu değerlerin düşmesinin gaz üretimini artıracağını belirtmişlerdir. Bu bilgiyi doğrular nitelikte sunulan çalışmada, fiğ ilaveli silajların ADF ve NDF içeriklerinin %10 buğday samanı içeren silaj grubuna göre düşük olduğu (Tablo 3) İGÜ değerlerinin ise yine aynı gruplarda yüksek olduğu (Tablo 5) tespit edilmiştir. Mirzaei-Aghsaghali vd (2011) elma posasının besin değerini *in vitro* gaz üretim tekniğini kullanarak belirmek amacıyla yaptığı çalışmada yüksek gaz üretim oranının muhtemelen mikrobiyal popülasyonun karbonhidrat fraksiyonlarına kolayca ulaşılabilmesinden kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmada da %100 elma posası silajı grubuna ait İGÜ değerlerinin diğer gruplardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Khatooni vd (2014), 24 saatlik inkübasyonda %80 elma posası+ %20 yonca küspesi karışımının *in vitro* gaz üretiminin 67,17 mL/0,2 g KM olarak gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Yörük vd (2014) buğday samanı, yonca samanı ve fiğ karıştırılarak KM düzeyleri %20, %25 ve %30'a çıkarılan şeker pancarı posası silajlarının bazı silaj kalite kriterleri ve rumende KM yıkılabilirliklerini naylon kese yöntemi ile inceledikleri çalışmalarında, mevcut deneme ile benzer olarak buğday samanlı gruplarda kuru madde yıkılabilirliğinin artan kuru madde düzeyleri ile ters orantılı olarak önemli derecede azaldığını rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmadan İGÜ parametresine ait değerler, elma posasına %2,5 üre ilaveli çalışmada gözlenen gaz üretim değerinden (Canbolat 2022) ve (Mirzaei-Aghsaghali *et al.* 2011) elma posası gaz üretim değerinden düşük bulunmuştur.

Deneme gruplarında belirlenen metan üretimi ve metan yüzdesi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Tablo 4.). Mevcut çalışmadan farklı olarak Kara vd (2018) katkısız elma posası silajlarının toplam karışım rasyonlarına %10 ilavesinin metan üretimini azalttığını kaydetmişlerdir.

Silaj gruplarına ait ME değerlerinin muameleden önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ($P<0.01$). Ruminant hayvanlar yaşama ve verim payı ihtiyaçları için gerekli olan enerji (ME, NE_L) ihtiyaçlarını günlük tükettikleri yem karışımlarından sağlamaktadırlar (Göncü ve Kaya 2024). Mevcut çalışmadaki en düşük ME değeri E1 muamele grubunda (8,23Mj/kg KM), en yüksek değer ise E4 muamele grubunda (8,84 Mj/kg KM) elde edilmiştir. Ülger vd (2018) %100 elma posası silajında ME değerini 2,32 Mcal/kg olarak tespit etmişlerdir. Kara vd (2018) ise %100 elma posası silajı, %100 nar posası silajı, %50 elma posası+%50 nar posasından silaj yaptıkları çalışmada, %100 elma posası silajı grubunda ME değerini (6,89 MJ/kg KM) mevcut çalışmada elde edilen sonuçtan daha düşük bulmuşlardır. Ünal vd (2024) yonca silajlarına %5 ve %10 oranında elma posası ilave ettikleri çalışmada, ME değerlerini sırasıyla 2,21 ve 2,18 Mcal/ kg şeklinde hesaplamışlardır. Mirzaei-Aghsaghali *et al.* (2011) elma posasının ME değerini, sunulan çalışmadan daha yüksek bulmuşlardır. Ülger vd (2015)

%50 yaş pancar posası+ %50 elma posası içeren silaj grubunda ME değerini 2,24 Mcal/kg olarak kaydetmişlerdir.

Yemlerin sadece kimyasal kompozisyonlarına göre değil aynı zamanda 0,2 gr/ml'de fermentasyon sonucu oluşan 24 saatlik gaz değerinin, enerji dönüşüm formülüne ilave edilmesinin yemlerin metabolik enerji ve net enerji laktasyon değerlerinin isabet derecesini artıracağı rapor edilmiştir (Menke *et al.* 1979). Kuru madde içeriği buğday samanı ile eşitlenen elma posası silajlarına, farklı oranlarda fiğ tohumu (% 3, 6 ve 9) ilavesinin, NE_L parametresini önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir ($P<0.01$). En yüksek NE_L değeri E4 muamele grubunda (5,2 Mj/kg KM) en düşük ise E1 muamele grubunda (4,78Mj/kg KM) gözlenmiştir. Mirzaei-Aghsaghali *et al.* (2011) elma posasının NE_L değerini 6,50 Mj/kg olarak bulmuşlardır. Ülger vd (2018) NE_L değerini %100 elma posası silajında 1,30 Mcal/kg KM olarak elde etmişlerdir. Kara vd (2018) NE_L değerinin %100 elma posası silaj için bildirdikleri NE_L değeri mevcut çalışmadan elde edilen değerden daha düşük olmuştur. Ülger vd (2015) %50 yaş pancar posası+ %50 elma posası içeren silaj grubunda NE_L değerini 1,59 Mcal/kg olarak bulmuşlardır. Ünal vd (2024) yonca silajlarına %5 ve %10 oranında elma posası ilave ettikleri çalışmalarında, NE_L değerlerini sırasıyla 2,21 ve 2,18 Mcal/ kg olarak hesaplamışlardır. Küçükbaş hayvan beslenmesinde bazı meyve kabuklarının kullanımını belirlemek için yapılan bir çalışmada (Kazemi ve Valizadeh 2024), elma kabuklarının ME ve NE_L değerleri sırası ile 10,5 MJ/ kg ve 6,36 MJ/kg olarak rapor edilmiştir.

Deneme gruplarının OMS parametreleri bakımından farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0.01$). En yüksek OMS değeri elma posası+ %1 buğday samanı+%9 fiğ tohumu içeren E4 muamele grubunda (60,59), en düşük değer ise elma posası+%10 buğday samanı içeren E1 muamele grubunda (56,37) gözlemlenmiştir. Rumende sindirilmesi zor olan bitki hücre duvarı (NDF, ADF ve ADL) miktarlarının fazla olması, rumen mikrobiyal organik madde sindirilebilirliğini (OMS) azaltmaktadır (Yılmaz 2021). Sunulan çalışmada, elma posasının OMS değeri Kara vd. (2018)'nin bildirdikleri değerden yüksek, Ülger vd (2018) OMS değerini %100 elma posası silajında elde edilen değerden düşük bulunmuştur. Mirzaei-Aghsaghali *et al.* (2011) elma posasına ait OMS değerini 714,6 g/ kg KM olarak bulmuşlardır.

Mevcut çalışmada elma posası silajlarının *in vitro* gaz ve metan üretimi ile tahminlenen parametre değerlerinin diğer yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlardan farklı olması posada uygulanan işlemler (meyve konsantresi, meyve suyu, etanol üretmek vb.), yapısal besin bileşimi, sekonder metabolitlerin konsantrasyonları, metot farklılıkları, fermantasyonun süresi ve koşulları ile ilişkili olabilir.

Silaj Gruplarının *In Vitro* Sindirim Parametreleri

Elma posasına buğday samanı ve fiğ tohumu ilave edilerek oluşturulan silajların *in vitro* sindirim parametrelerine ait ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Silaj gruplarının *In Vitro* Sindirim Parametrelerine Ait Ortalama Değerler ve Varyans Analiz Sonuçları

Parametreler	E0	E1	E2	E3	E4	OSH	P
GSKM(mg)	182,19^{b}	181,17^{b}	194,26^{a}	203,21^{a}	180,00^{b}	10,9	0,001
TF(mg/ml)	2,28^{b}	2,43^{ab}	2,54^{a}	2,58^{a}	2,29^{b}	0,15	0,002
MK(mg)	6,92^{c}	17,63^{bc}	26,32^{ab}	30,13^{a}	6,92^{c}	12,02	0,001
MPSE	3,77^{b}	9,70^{a}	13,41^{a}	14,73^{a}	3,76^{b}	5,78	0,001
GSD(%)	35,65^{b}	35,46^{b}	38,13^{a}	39,92^{a}	35,39^{b}	2,16	0,001

a,b,c: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.05$). E0: elma posası (kontrol), E1: elma posası +%10buğday samanı, E2: elma posası+%7buğday samanı+%3 fiğ tohumu, E3: elma posası+%4 buğday samanı+%6fiğ tohumu, E4: elma posası+%1buğday samanı+%9fiğ tohumu, GSKM: Gerçek sindirilebilir kuru madde, TF: taksimat faktörü, MK: mikrobiyal kazanım, MPSE: mikrobiyal protein sentezleme etkinliği, GSD: gerçek sindirim derecesi, OSH: ortalamanın standart hatası

Silaj gruplarına ait gerçek sindirilebilir kuru madde (GSKM) değerinin deneme gruplarında önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0.01$). Muamele grupları arasında en yüksek gerçek sindirilebilir kuru madde değeri E2, E3 gruplarında, en düşük ise E0, E1 ve E4 gruplarında tespit edilmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen değerler, yem bitki karışımına(%35 Macar Fiği, %35 Yem Bezelyesi, %10 Yulaf, %10 Tritikale ve %10 Buğday) %4,5 melas, gladiçya ve keçiboynuzu kırığı ilavesi yapılarak oluşturulan silajlara ait değerlerden (Gürsoy vd 2023b) ve fiğ yem bitkisine %2 ile %4 oranlarında şeftali posası, kayısı posası ile melas ilave edilerek oluşturulan silajlara ait değerlerden (Gürsoy vd 2024) düşük bulunmuştur. Çalışmalar arasındaki farklılıklar yem materyallerinden kaynaklanmış olabilir.

Taksimat faktörü (TF), mikrobiyal kazanım (MK), mikrobiyal protein sentezleme etkinliği (MPSE) ve gerçek sindirim derecesi (GSD) değerleri muameleden önemli derecede etkilenmiştir ($P<0.01$; Tablo 6.). Mikrobiyal protein sentezleme etkinliğini belirleyen önemli bir kriter olan TF değeri, ruminant beslemede kullanılan yemler için teorikte 2,75 - 4,41 arasında olması gerektiği rapor edilmiştir (Blümmel *et al.* 1997; Blümmel ve Lebzien 2001). Muamele grupları arasında en yüksek TF değeri E3 grubunda (2,58 mg/ml), en düşük değer ise E0 muamele grubunda (2,28 mg/ml) elde edilmiştir. Ruminant hayvanların protein ihtiyaçlarını karşılamak üzere duedonuma gelen proteinin %50-90'ı mikrobiyel geri kalan kısmı ise rumende parçalanmadan abomasuma ve ince bağırsağa giden by-pass proteindir (Ergün vd 2001). Mikrobiyal protein rumende yemlerin fermentasyonu sonucu sentezlenen protein, bypass protein ise rumende parçalanmadan sindirim sisteminin alt kısmına, yani abomasuma ve ince

bağırsağa geçen protein olarak tanımlanmaktadır (Güney ve Karslı 2014). Mikrobiyal protein ve mikrobiyal protein sentez etkinliği ruminant hayvanların beslenmesi için kullanılacak yemleri etkileyen faktörler olduğu ve NRC'nin gibi bu değerlerden faydalandığı rapor edilmektedir (Burcu 2022, Göncü ve Kaya 2024). Ruminant hayvanların rasyonları hazırlanırken, *in vitro* analizlerle belirlenen gaz üretimi ile mikrobiyal protein miktarının ters orantılı olduğu ve bu bağlamda yemlerin sadece gaz üretimi değeri değil, aynı zamanda mikrobiyal protein üretim miktarının da önemli olduğu kaydedilmiştir (Makkar *et al.* 1995; Blümmel *et al.* 1997). MK ve MPSE değerleri en yüksek E3 muamele grubunda (sırasıyla 30,13 mg ve 14,73), en düşük ise E0 ve E4 silaj gruplarında (6,92mg ve 3,77; 6,92mg ve 3,76) elde edilmiştir($P<0.01$; Tablo 6.). Rumende mikrobiyal protein sentezi için kullanılan birincil azot kaynağı NH_3-N'dir, Dai *et al.* (2025) elma posası silajı ile yaptıkları çalışmalarında, yüksek NPN birikiminin ruminantlarda azotun verimsiz bir şekilde kullanılmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenlerle MK ve MPSE'nin E4 grubunda düşük çıkmasına sebep olmuş olabilir. GSD değeri ise en yüksek E3 (%39,92) grubunda en düşük ise E4 (%35,39) muamele grubunda bulunmuştur. Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, yem bitki karışımına %4,5 melas, gladiçya ve keçiboynuzu kırığı ilavesi yapılarak oluşturulan silajlara ait değerlerden (Gürsoy vd 2023b) ve fiğ yem bitkisine %2 ile %4 oranlarında şeftali posası, kayısı posası ile melas ilave edilerek oluşturulan silajlara ait değerlerden (Gürsoy vd 2024) düşük bulunmuştur.

Silaj Gruplarının Nispi Yem Kalitesi ve Değeri

Silaj gruplarına ait ortalama kuru madde sindirimi (KMS), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değeri (NYD) ile 48 saatlik Daisy sindirim parametrelerine (toplam sindirilebilir besin maddeleri (TSBM), NDF sindirimi (NDFS), nispi yem kalitesi (NYK)) ait ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Silaj Gruplarının KMS, KMT ve NYD ile 48 saatlik Daisy Sindirim Parametrelerine Ait Ortalama Değerleri ve Varyans Analiz Sonuçları

Parametreler	E0	E1	E2	E3	E4	OSH	P
KMS (%)	$58,11^{c}$	$58,15^{c}$	$59,19^{b}$	$60,28^{a}$	$61,60^{a}$	1,42	0,001
KMT (CA %)	$2,27^{b}$	$2,21^{c}$	$2,30^{b}$	$2,31^{b}$	$2,43^{a}$	0,02	0,001
NYD	$102,27^{c}$	$99,69^{c}$	$105,62^{b}$	$108,03^{b}$	$115,99^{a}$	1,06	0,001
TSBM	$60,28^{ab}$	$58,48^{b}$	$61,12^{a}$	$62,43^{a}$	$62,70^{a}$	0,79	0,011
NDFS (%)	$39,62^{ab}$	$32,68^{c}$	$37,96^{b}$	$41,15^{a}$	$39,76^{ab}$	0,81	0,001
NYK	$122,50^{cd}$	$113,51^{d}$	$129,74^{bc}$	$137,23^{ab}$	$145,55^{a}$	3,87	0,001

a,b,c,d: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.05$). E0: elma posası (kontrol), E1: elma posası +%10buğday samanı, E2: elma posası+%7buğday samanı+%3 fiğ tohumu, E3: elma posası+%4 buğday samanı+%6 fiğ tohumu, E4: elma posası+%1buğday samanı+%9 fiğ tohumu, KMS: kuru

madde sindirimi, KMT: kuru madde tüketimi, NYD: nispi yem değeri, TSBM: toplam sindirilen besin madde, NDFS: NDF sindirimi, NYK: nispi yem kalitesi, OSH: ortalamanın standart hatası

Deneme gruplarından elde edilen KMS ve KMT değerlerinin muameleden etkilendiği gözlemlenmiştir (P<0.01). En yüksek KMS değeri E4 grubunda (%61,60), en düşük değer ise E0 grubunda (%58,11) tespit edilmiştir. Yalnızca elma posası (E0) ve elma posası + %10 buğday samanı (E1) ilave edilen gruplarda KMS değerleri benzer etki gösterirken, elma posasına buğday samanı yerine artan seviyelerde fiğ tohumu ilavesi ile oluşturulan deneme gruplarında (E2, E3, E4) KMS değerinin seviye ile birlikte arttığı belirlenmiştir (Tablo 7). Mevcut çalışmada elde edilen değerler Ünal vd (2024) %5 ve %10 oranlarında elma posası ilave edilen yonca silajlarında elde edilen KMS değerleri ile benzer aralıkta olmuştur. Canbolat vd (2010) yoncaya ilave ettikleri üzüm posası ile oluşturdukları silaj gruplarında, en düşük KMS değerini kontrol grubunda (%60,62) en yüksek değeri ise 200g/kg KM üzüm posası ilave edilen silaj grubunda (%63,17) tespit etmişlerdir. KMT değeri en yüksek %2,43 ile E4 grubunda olurken, en düşük değer %2,21 ile E1 grubunda bulunmuştur (P<0.01). Ünal vd (2024)'nın %5 ve %10 oranlarında elma posası ilave edilen yonca silajları için elde ettikleri KMT değerleri, mevcut çalışmada belirlenen sonuçlardan yüksek olmuştur. Canbolat vd (2010) en düşük KMT değeri kontrol grubunda (%2,27) en yüksek değeri ise 200g/kg KM üzüm posası ilave edilen silaj grubunda (%2,56) olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada elma posası, melas vb. karbonhidrat kaynaklarının kullanılması ile laktik asit bakterileri başta olmak üzere anaerob bakterilerin sayısının arttığını ve buna bağlı olarak silajlardaki NDF, ADF ve ham selülozun, yani silajların rumende parçalabilirliğinin arttığı bildirilmektedir.

Nispi yem değeri, yemlerin bileşiminde %41 ADF ve %53 NDF olduğunda standart 100 olarak kabul edilmektedir. Bu değerin 100'den büyük olması yemin kalitesinin yüksek olmasının, düşük olması ise yemin kalitesinin düşük olmasının bir göstergesi olduğu ifade edilmektedir (Rohweder *et al.* 1978). NYD değeri arttıkça silajların kalitesi artmaktadır. Deneme gruplarından NYD ve NYK değerlerinin muameleden etkilendiği tespit edilmiştir (P<0.01). En yüksek NYD değeri E4 grubunda (115,99), en düşük ise E1 grubunda (99,69) tespit edilmiştir. NYD hesaplanırken protein içeriği göz önüne alınmaz fakat daha yüksek NYD değerleri genelde daha yüksek protein içeriği ile alakalı olduğu ifade edilmektedir (Stallings, 2006). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar Stallings (2006) ifadesini doğrular niteliktedir. Ünal vd (2024) %5 ve 10 elma posası ilave edilen yonca silajlarında elde edilen NYD değerleri mevcut çalışmadan farklı olarak yüksek bulmuşlardır. E1 grubundaki NYD değeri, Kandemir (2022)'in yaptığı havuç posası+buğday samanı ile oluşturulan silaj deneme grubundan elde edilen değer ile benzer, diğer muamele gruplarının NYD değerleri ise havuç posası+fiğ+yulaf kuru otu silaj gruplarından elde edilen değerden düşük bulunmuştur.

Kaba yemlerin kalitesini test etmek üzere geliştirilen NYK, NYD' ye benzer olarak kabul edilmekte ancak hesaplamada KMS yerine TSBM kullanmakta ve sindirilebilir selüloz hesaplamaya dahil edilmektedir. Ayrıca hayvan performansını daha fazla temsil ettiği ifade edilmektedir (Elfaki 2024). En yüksek NYK değeri E4 grubunda (145,55), en düşük değer ise E1 grubunda (113,51) tespit edilmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen veriler, Marten vd. (1988) ve NRC (2001) tarafından bildirilen eşitlik ve skala kullanarak değerlendirildiğinde E4 grubunun çok iyi kalitede, E0, E1, E2 ve E3 gruplarının ise iyi kalitede olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmadaki NYK değerlerin hasat sonrası arta kalan domates bitkisine saman, melas, üre+melas, arpa ve mikrobiyal inokülant ilavesi yapılan silaj çalışmasından (Elfaki 2024) elde edilen değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir.

Deneme gruplarında TSBM parametresine ait ortalama değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$;Tablo 7.). Kuru madde içeriği buğday samanıyla eşitlenerek hazırlanan elma posası silajlarına, farklı oranlarda fiğ tohumu (% 3, 6 ve 9) ilavesi ile oluşturulan silaj gruplarında TSBM değerinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu yükseliş yem materyalindeki lifli bileşenlerin sindirilebilirlik derecelerinin artması ile ilişkili olabilir. Çalışmada TSBM değerleri en düşük E1 grubunda (58,48), en yüksek ise E2, E3 ve E4 gruplarında (61.12, 62.43 ve 62.70) elde edilmiştir.

NDF sindirilebilirliği, yemdeki enerjinin daha kesin bir tahminini sağlar. Birçok laboratuvar lif sindirimini dikkate almak için *in vitro* NDF sindirilebilirliğini kullanmaktadır (Stallings 2006). Kaba yemlerde NDFS, rasyonun enerji değeri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Nitekim, artan NDF sindirilebilirliklerinin, kaba yemlerin enerji değerini yükselttiği rapor edilmektedir (Elfaki 2024). Mevcut çalışmada NDF sindirilebilirliği bakımından muamele grupları arasında meydana gelen önemli bulunmuştur ($P<0.01$; Tablo 7.). Sunulan çalışmada en yüksek NDFS değeri E0, E3 ve E4 gruplarında (39,62, 41,15, 39,76), en düşük ise E1 grubunda (32,68) tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada NDFS parametresine ait veriler, beyaz dut posası (DP) ve çayır otu (ÇO) karışım silajı (%25DP+%75ÇO, %50DP+%50ÇO, %75DP+%25ÇO) çalışmasından (Köksal 2020) elde edilen verilerden düşük bulunmuştur. Keklikçi (2017)'nin farklı zamanlarda temin edilen domates posasının ruminantlar için *in vitro* sindirilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada, NDFS parametresi için bildirilen değerler mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur.

Silaj Gruplarının Rumen pH'sı, Bireysel UYA ile NH_3-N Değerleri

Deneme gruplarına ait rumen pH'sı, bireysel uçucu yağ asidi (UYA) ile NH_3-N değerleri ve varyans analiz sonuçları Tablo 8' de sunulmuştur.

Tablo 8. Deneme Gruplarına Ait Rumen pH'sı, Bireysel UYA(mmol/lt) ile NH_3-N Değerleri ve Varyans Analiz Sonuçları

Parametreler	E0	E1	E2	E3	E4	OSH	P
Rumen pH	5,18[a]	5,11[b]	5,08[b]	5,10[b]	4,88[c]	0,013	0,001
Asetik asit (mmol/lt)	82,00[a]	67,00[b]	65,00[b]	63,00[b]	63,00[b]	1,63	0,001
Propiyonik asit (mmol/lt)	38,00[a]	34,00[a]	26,00[b]	25,00[b]	23,00[b]	1,77	0,001
Bütirik asit (mmol/lt)	22,00	23,33	20,00	19,33	18,67	1,84	0,404
NH_3-N (mg/lt)	797,00[c]	813,33[c]	855,33[b]	872,66[b]	935,66[a]	12,88	0,001

a,b,c: aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.05$). E0: elma posası (kontrol), E1: elma posası +%10buğday samanı, E2:elma posası+%7 buğday samanı+%3 fiğ tohumu, E3: elma posası+%4 buğday samanı+%6 fiğ tohumu, E4:elma posası+%1 buğday samanı+%9 fiğ tohumu, OSH: ortalamanın standart hatası

Silaj gruplarına ait rumen pH, asetik asit, probiyonik asit ve NH3-N ortalama değerleri arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P<0.01$; Tablo 8.). *In vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak yapılan 24 saatlik fermentasyon sonucunda şırınga içerisinde bulunan rumen sıvısının pH değeri en yüksek E0 silaj grubunda (5,18); en düşük ise E4 silaj grubunda (4,88) belirlenmiştir. Dai *et al.* (2025) elma posasında bulunan malik asit ve sitrik asitin pH'nın düşmesine sebep olabileceğini rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmadan farklı olarak yapılan *in vitro* denemede (Kara vd 2018) TMR'ye %10 ve 20 seviyelerinde elma posası silajı ilavesinin rumen pH değerlerini etkilenmediği bildirilmiştir. Sunulan çalışmadan, elde edilen sonuçlar araştırmaların bildirdikleri değerlerden daha yüksek olmuştur.

Ruminantlar, enerji ihtiyacının %50-75' ini fermantasyon sonucu açığa çıkan uçucu yağ asitlerinden karşılamaktadırlar. Bu sebeple rumende bulunan fungus, protozoa ve bakteriler salgıladıkları enzimler sayesinde ruminantların rasyonla aldığı yemlerde bulunan kompleks yapıları, fermantasyona maruz bırakarak asetik, bütirik, propiyonik gibi uçucu yağ asitlerine dönüştürürler (Aksoy vd 2000). Rumen mikrobiyal fermantasyonunun son ürünleri olan uçucu yağ asitleri geviş getiren hayvanlar için metabolize edilebilir enerjinin ana kaynağını oluşturur. (Van Soest 1982). *In vitro* metod ile yapılan gaz üretim analizlerinde fermentasyon sonucu tespit edilen asetik asit en yüksek E0 grubunda (82,00); en düşük E3 ve E4 gruplarında (63,00), propiyonik asit ise en yüksek E0 silaj grubunda (38,00), en düşük E4 grubunda (23,00) gözlenmiştir. Elma posasının kolay çözünebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması (Dai *et al.* 2025) E0 grubunda uçucu yağ asitlerinin yüksek olmasına sebep olmuş olabilir. Ünal vd (2024) %5 ve %10 elma posası ilaveli yonca silajlarına ait asetik asit değerlerini sırasıyla 12,81 ve 10,89 g/kg KM; propiyonik asit içeriğini ise sırasıyla 0,89 ve 0,84 g/kg KM bulmuşlardır.

Söz konusu değerler mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlardan düşük olmuştur. Bütirik asit miktarının muameleden etkilenmediği tespit edilmiştir (P>0.05). Kara vd (2018) %100 nar posası, %100 elma posası ve %50 nar posası+ %50 elma posasını silolayarak elde ettikleri silaj gruplarında %100 elma posası ve %50 elma posası+%50 nar posası gruplarında elde edilen asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit değerleri mevcut çalışmadan düşük olmuştur. Kayar vd (2024) yonca silajlarına %0, %5 ve %10 seviyelerinde şeftali posası ilave ederek yaptıkları çalışmada, %5 ve %10 seviyesinde şeftali posası ilave ettikleri silaj gruplarında asetik asit değerlerinin 11, 68, ve 11,18 mmol/lt; propiyonik asit değerlerinin 0,45 ve 0,84 mmol/lt, bütirik asit değerlerinin ise 0,28 ve 0,33 mmol/lt olduğunu tespit etmişlerdir. Rumende yemde bulunan proteinin parçalanması sonucu açığa çıkan NH3-N (mg/lt) değerleri en düşük E0 silaj grubunda (797,00), en yüksek değer ise E4 muamele grubunda (935,66) gözlemlenmiştir. Artan fiğ oranına bağlı olarak rumen NH3-N değerlerinde yükselme gözlemlenmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sunulan çalışmada, meyve suyu işleme yan atığı olan elma posasının, kuru madde içeriği buğday samanı ile eşitlenip farklı oranlarda fiğ tohumunun (%3, 6 ve 9) ilave edilerek oluşturulan silajların silaj kalitesi ve Ankom Daisy *in vitro* fermentasyon sistemi ile *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak yem değeri, sindirilebilirlik ve bazı rumen fermantasyon parametreleri belirlenmiştir.

Elma posası (E0), elma posası + %10 buğday samanı (E1), elma posası + %7 buğday samanı + %3 fiğ tohumu (E2), elma posası + %4 buğday samanı + %6 fiğ tohumu (E3), elma posası + %1 buğday samanı + %9 fiğ tohumu (E4) ilave edilerek oluşturulan silajlara ait GÜ, FP, NH_3, ADF, NDF, GSKM, GSD, KMS, NYK, NYD, MK, MPSE ve bireysel uçucu yağ asitlerinden asetik asit ile propiyonik asit değerlerinin muameleden önemli düzeyde etkilenirken, silaj pH ve ham yağ ile rumen propiyonik asit ve metan üretimi ise muamelelerden etkilenmediği tespit edilmiştir.

Mevcut çalışmada elma posasına fiğ tohumu ilavesi ile oluşturulan silaj gruplarında NDF ve ADF içeriklerinin düştüğü, HP ve NYD değerlerinin iyileştiği, FP'nın olumlu yönde etkilendiği, en yüksek NYK değerinin E4 muamele grubunda görüldüğü ve *in vitro* sindirim değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, elma posası+%1 buğday samanı+%9 fiğ tohumu ilavesiyle oluşturulan silajların ruminantlar için kaliteli kaba yem kaynağı olabileceği ve çevre kirliliğinin sınırlandırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak in vivo çalışmalarla bu sonucun desteklenmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

Abdelbagi, M., Ridwan, R., Fidriyanto, R., & Jayanegara, A. (2021). Effects of probiotics and encapsulated probiotics on enteric methane emission and nutrient digestibility in vitro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 788*(1), 012050. https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012050

Abdiwali, M. A., & Kılıç, Ü. (2018). Farklı samanlarda lignin peroksidaz enzimi kullanımının yem değeri üzerine etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 21*(3), 374–384. https://doi.org/10.18016/ksudobil.346585

Aksoy, A., Macit, M., & Karaoğlu, M. (2000). *Hayvan besleme ders kitabı: Enerji metabolizması*. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 220.

Anonim (2025a), erişim; https://www.aa.com.tr/tr/gundem/turkiye-hayvancilikta-avrupada-oncu-konumda/3158815 (17.04.2025)

Anonim (2025b), Tarım ve Orman Bakanlığı erişim: https://isparta.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Faydal%C4%B1%20Bilgiler/%E2%80%8BBitkisel%20Yeti%C5%9Ftiricilik/Meyve%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi/Elma%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf (15.05.2025)

Anonim (2025c). *Yem bitkileri*. Amasya Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği. erişim: https://www.amasyadsyb.org/sut/yembitki/6 . (17.04.2025)

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Vol. II, 15th ed. Sec.985.29. The Association: Arlington, VA.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th ed. 5th rev. Association of Official Analytical Chemists. 930-954. Arlington, VA, USA.

Arslan, C., & Çelebi, E. (2017). Ruminantlarda rumende oluşan metan üretimini azaltmaya yönelik çalışmalar. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 12*(3), 327–337.

Aydoğan, D., & Topçu, G. D. (2022). Farklı hasat dönemlerinin kamış (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) bitkisinde kuru madde verimi ve bazı yem kalite özelliklerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 6*(3), 492–499.

Basmacıoğlu, H., & Ergül, M. (2002). Silaj mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim, 43*(1), 12–24.

Bayaru, E., Kanda, S., Kamada, T., Itabashi, H., Andoh, S., Nishida, T., … Isobe, Y. (2001). Effect of fumaric acid on methane production, rumen fermentation and digestibility of cattle fed roughage alone. *Nihon Chikusan Gakkaiho, 72*(2), 139–146.

Beyzi, S. B., Ülger, İ., Kaliber, M., & Konca, Y. (2018). Determination of chemical, nutritional and fermentation properties of citrus pulp silages. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *6*(12), 1833-1837.

Blümmel, M., & Lebzien, P. (2001). Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by in vitro techniques. *Livestock Production Science, 68*(2–3), 107–117.

Blümmel, M., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1997). In vitro gas production—a technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77*: 24–34.

Boğa, M., Kurt, O., Özkan, C. O., Atalay, A. İ., & Kamalak, A. (2020). Evaluation of some commercial dairy rations in terms of chemical composition, methane production, net energy and organic matter digestibility. *Progress in Nutrition, 22*(1), 199–203.

Boyer, J., & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition journal*, *3*, 1-15.

Burcu, Y. (2022). *Farklı seviyelerde karanfil esansiyel yağının kuru çayır otuna ilavesinin in vitro gaz ve metan üretimi ile yem değeri üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Canbolat, Ö. (2022). Effect of supplementation of urea on the nutritive value and fermentation characteristics of apple pulp silages. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi), 28*(3), 430–437.

Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, Ş., & Filya, İ. (2010). Üzüm posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılma olanakları. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *16*(2), 269-276.

Cevger, Y., & Günlü, A. (Eds.). (2024). *Hayvancılık ekonomisi*. Akademisyen Kitabevi.

Choi, N. J., Lee, S. Y., Sung, H. G., Lee, S. C., & Ha, J. K. (2004). Effects of halogenated compounds, organic acids and unsaturated fatty acids on in vitro methane production and fermentation characteristics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 17*(9), 1255–1259.

Crampton, E. W., & Maynard, L. A. (1938). The relation of cellulose and lignin content to the nutritive value of animal feeds. the Journal of Nutrition, 15(4), 383-395.

Curabay, B., Filya, İ., & Canbolat, Ö. (2019). Bazı esansiyel yağların yonca kuru otunun in vitro sindirilebilirliği, rumen fermantasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34*(1), 19–35.

Çaçan, E., Kökten, K., Kaplan, M., & Yılmaz, H. Ş. (2018). Bazı adi fiğ hat ve çeşitlerinin (Vicia sativa L.) ot verimi ve ot kalitesi açısından değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *22*(1), 47-61.

Çiftçi, M., Çerçi, H. İ., Dalkılıç, B., Güler, T., & Ertaş, O. N. (2005). Elmanın karbonhidrat kaynağı olarak yonca silajına katılma olanağının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16*(2), 93–98.

Dai, T., Long, J., Zhang, G., Yuan, X., & Dong, Z. (2025). The effects of dried apple pomace on fermentation quality and proteolysis of alfalfa silages. *Agronomy*, 15(2), 438.

Dai, T., Wang, J., Dong, D., Yin, X., Zong, C., Jia, Y., & Shao, T. (2022). Effects of brewers' spent grains on fermentation quality, chemical composition and in vitro digestibility of mixed silage prepared with corn stalk, dried apple pomace and sweet potato vine. *Italian Journal of Animal Science*, *21*(1), 198-207.

Dilmen, S. (1970). İnek rasyonlarındaki ürenin rumen uçucu yağ asitlerine etkisi ve bunun süt ve süt yağı ile ilişkisi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *17*(01), 18-34.

Dumanoğlu, Z., Çaçan, E., & Kökten, K. (2022). Yayın fiğ (*Vicia sativa* L.) tohumlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *MAS Journal of Applied Sciences, 7*(1), 41–47.

Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics, 11*: 1–42

Elfaki, M.A. (2024). Domates hasat artıklarından yapılan silaj ve peletlerin yem değerinin in vitro yöntemlerle belirlenmesi. (Doktora Tezi), Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun., Türkiye.

Ergün, A., Tuncer, Ş. D., Çolpan, İ., Yalçın, S., & Saçaklı, P. (2013). *Yemler, yem hijyeni ve teknolojisi* (Genişletilmiş 5. baskı, s. 72). Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları.

Ergün, A., Tuncer, Ş. D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M. K., Küçükersan, S., & Şehu, A. (2001). *Hayvan besleme ve beslenme hastalıkları* (s. 54). Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi.

Erişçi, D., Bingöl, T., & Avcı, A. (2022). Elma (*Malus pumila*) katkısının yonca silaj kalitesi üzerine etkisi. *Van Veterinary Journal, 33*(3), 135–140. https://doi.org/10.36483/vanvetj.1185934

Fayed, A. (2019). Influence of feeding mixture of tomato and apple pomace silage to lactating goats on productive performance. *Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences*, *11*(3), 1-13.

Filya, İ. (2000). Silaj fermantasyonunda katkı maddeleri kullanımı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 15* (3): 118-125

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *FAOSTAT: Crops and livestock products*, FAO, https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Gadulrab, K., Sidoruk, P., Kozłowska, M., Szumacher-Strabel, M., Lechniak, D., Kołodziejski, P., ... & Cieślak, A. (2023). Effect of feeding dried apple pomace on ruminal fermentation, methane emission, and biohydrogenation of unsaturated fatty acids in dairy cows. *Agriculture*, *13*(10), 2032.

GAP (2024). Güneydoğu Anadolu Projesi, Tüik verilerine göre bitkisel ürünlerin müdürlüğümüz sorumluluk alanına giren iller ile türkiye geneli üretim alanları ve üretim miktarları erişim: https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gaputaem/Belgeler/tar%C4%B1msal%20veriler/tar%C4%B1msal%20veriler%20ve%20g%C3%B6stergeler/TU%C4%B0K%20B%C4%B0TK%C4%B0SEL%20%C3%9CRET%C4%B0M%20VER%C4%B0LER%C4%B0.pdf (14.02.2025)

Gbaguıdı, G., & Sarıçiçek, Z. (2021). Availability of Some Tropical Plants as Alternative Roughage Source in Ruminant Feeding. *Black Sea Journal of Agriculture*, *4*(3), 107-111.

Gemalmaz, E. R., & Tanay, B. (2016). Alternatif kaba yem kaynakları. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 56*, 63–69.

Gharehbagh, A. G., Pirmohammadi, R., Alijoo, Y. A., & Behroozyar, H. K. (2020). Investigating the effect of apple pomac silage as fodder source on performance and residues of its toxins in milk and some rumen fermentation in Mahabadi lactation goats in early lactation period. *Ukrainian Journal of Ecology*, *10*(1), 241-245.

Ghoreishi, S. F., Pirmohammadi, R., & Teimouri-Yansari, A. (2007). Effects of ensiled apple pomace on milk yield, milk composition and DM intake of Holstein dairy cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances, 6*(9), 1074–1078.

Goel, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2008). Effect of *Sesbania sesban* and *Carduus pycnocephalus* leaves and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds and their extract on partitioning of nutrients from roughage and concentrate-based feeds to methane. *Animal Feed Science and Technology, 147*(1–3), 72–89.

Göncü, M., & Kaya, H. (2024). Zeytin yaprağının (*Folium olivae*) süt sığırı toplam rasyon karışımlarında (TMR) kuru çayır otu yerine ikame edilebilirliğinin in vitro gaz üretim tekniği ile belirlenmesi. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 10*(1), 106–114.

Gül, H., Avcı, M., & Kaplan, O. (2017). Bazı kaba yemlere çörek otu, kekik otu ve yağları ilavesinin in vitro organik madde sindirimi ve metan üretimi üzerine etkileri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *6*(2), 167-173.

Gültepe, E., & Bayram, İ. (2019). Bitkisel ve endüstriyel atıkların ruminant beslemede etkin kullanımının hayvan verimi üzerine etkileri. *Turkiye Klinikleri Animal Nutrition and Nutritional Diseases-Special Topics*, *5*(3), 14-21.

Güney, M., Bingöl, N.T., ve Aksu, T. (2016). Kaba yem kalitesinin sınıflandırılmasında kullanılan göreceli yem değeri (GYD) ve göreceli kaba yem kalite indeksi (GKKİ). *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, *11*(2), 254-258. https://doi.org/10.17094/avbd.50526

Güney, M., Karslı, M. A., (2014). Süt İneklerinin Protein Fraksiyonlarına Tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, *24*(3): 317- 324.

Gürsoy, E., Kaya, A., Kaya, A., & Ayaşan, T. (2024). The effect of various additives to vetch forage silage on *in vitro* digestibility values and feed quality. *South African Journal of Animal Science*, *54*(2), 236-243.

Gürsoy, E., Sezmiş, G., & Kaya, A. (2022). Farklı seviyelerde gübre uygulamalarının değişik dönemlerde hasat edilen yem bitkileri karışımının, yem değeri, yem kalitesi ve in vitro fermantasyon parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *5*(1), 243-257.

Gürsoy, E., Sezmiş, G., & Kaya, A. (2023a). Effect of urea and molasses supplementation on *in vitro* digestibility, feed quality of mixed forage silages. *Czech Journal of Anımal Scıence* , *68* (6), 266-276.

Gürsoy, E., Sezmiş, G., & Kaya, A. (2023b). Yem bitkisi karışım silajına farklı katkı maddeleri ilavesinin in vitro fermantasyon parametreleri ile yem kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, *10*(28), 100–109. https://doi.org/10.5281/zenodo.13207444

Kandemir, A. F. (2022). *Havuç posası silajının in-vitro gaz üretim metodu ile sindirilebilirliğinin ve metabolize edilebilir enerji değerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü,Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.

Kara, K., Guclu, B. K., Baytok, E., Aktug, E., Oguz, F. K., Kamalak, A., & Atalay, A. I. (2018). Investigation in terms of digestive values, silages quality and nutrient content of the using pomegranate pomace in the ensiling of apple pomace with high moisture contents. *Journal of applied animal research*, *46*(1), 1233-1241.

Kara, K., Ozkaya, S., Guclu, B. K., Aktug, E., Demir, S., Yılmaz, S., ... & Baytok, E. (2023). In vitro ruminal fermentation and nutrient compositions of potato starch by-products. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *32*(3).

Karaca,H.(2004). *Çeşitli fiziksel muamelere tabi tutulmuş fiğin (vicia sativa) yumurtacı tavuk rasyonlarına değişik oranlarda katılmasının performans ve yumurta kalite özellikleri üzerine etkisi*.(Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Kauser, S., Murtaza, M. A., Hussain, A., Imran, M., Kabir, K., Najam, A., ... & Yaqub, S. (2024). Apple pomace, a bioresource of functional and nutritional components with potential of utilization in different food formulations: A review. *Food Chemistry Advances*, *4*, 100598.

Kaya, Ç. (2016). *Bazı meyve ve sebze posalarının besin madde içerikleri ile potansiyel sindirilebilirliklerinin gaz üretim tekniği ile belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kayar, T., Gümüş, E., Sevim, B., Ayaşan, T., & Duru, A. A. (2024). Şeftali posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılma olanakları. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, *8*(4), 1034-1042

Kazemi, M., & Valizadeh, R. (2024). Utilization of some fruit rinds in small ruminant feeding: nutritional characteristics determination. *Tropical Animal Health and Production*, *56*(4), 144.

Keklikçi, A. (2017). *Domates posasının ruminantlar için in vitro gerçek sindirilebilirliğinin belirlenmesi* (Master's thesis, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Kengoo, H., Bishist, R., Devi, S., Gautam, K.,L., & Khalandar, S. (2023). Qualitative analysis of apple pomace based maize silage for animal feeding. *Asian Jorunal of Dairly And Food Research*, *42*(3), 292-297.

Khatooni, M. A., Nobar, R. S. D., & Cheraghi, H. (2014). Evaluating possibility replacement of by-product of apple pomace with barley grain for ruminants by in vitro gas production technique. *J. animl. Sci Adv, 4*(5), 839-844.

Kılıç, A. (1986). *Silo yemi öğretim, öğrenim ve uygulama önerileri*. Bilgehan Basımevi, İzmir

Kılıç, Ü., & Sarıçiçek, B. Z. (2006). In vitro gaz üretim tekniğinde sonuçları etkileyen faktörler. *Hayvansal Üretim*, *47*(2).

Köksal, Y. (2020). *Dut posasının çayır otu ile silolanmasının silaj kalitesine ve sindirilebilirliği üzerine etkilerinin araştırılması* (Doktora tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Kutlu, H. R. (2002). *Tüm yönleriyle silaj yapımı ve silajla besleme*. Çukurova Üniversitesi, Balcalı-Adana.

Kutlu, H. R. (2008). Yem değerlendirme ve analiz yöntemleri (Ders notu). *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Adana*, *20*.

Kutlu, H.,R., Görgülü,M.,Çelik,L.,B. (2005), *Genel Hayvan Besleme*,Adana,

Makkar HPS, Blümmel M, Becker K, (1995). In vitro effects of and interactions between tannins and saponinins and the fate of tannins in the rumen. *J. Sci. Food Agric. 69*: 481-493.

Marten, G.C., Buxton, D.R., & Barnes, R.F. (1988). Feeding value (forage quality). p. 463-492. In Hanson *et al.* (eds.) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. Agronomy Monograph no. 29.

Martin, C., Morgavi, D. P., & Doreau, M. (2010). Methane mitigation in ruminants: From microbe to the farm scale. *Animal*, *4*(3), 351-365.

Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, *28*: 7–55. (Separate Print)

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*, *93*(1), 217–222. https://doi.org/10.1017/S0021859600086305

Mirzaei-Aghsaghali, A., Maheri-Sis, N., Mansouri, H., Razeghi, M. E., Shayegh, J., & Aghajanzadeh-Golshani, A. (2011). Evaluating nutritional value of apple pomace for ruminants using in vitro gas production technique. *Annals of Biological Research, 2*(1), 100–106

Mitsumori, M., & Sun, W. (2008). Control of rumen microbial fermentation for mitigating methane emissions from the rumen. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 21*(1), 144–154.

Moate, P. J., Williams, S. R. O., Torok, V. A., Hannah, M. C., Ribaux, B. E., Tavendale, M. H., ... & Wales, W. J. (2014). Grape marc reduces methane emissions when fed to dairy cows. *Journal of dairy science*, *97*(8), 5073-5087.

Nemati, Z., Amirdahri, S., Asgari, A., Taghizadeh, A., Siddiqui, S. A., Besharati, M., ... & Holman, B. W. (2024). Feeding pomegranate pulp to Ghezel lambs for enhanced productivity and meat quality. *Veterinary and Animal Science*, *24*, 100356.

NRC (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th edn. NAS-NRC, Washington

Omre, P.K., Singh, S. and Shikha (2018). Waste utilization of fruits and vegetables-A review. *South Asian Journal of Food Technology and Environment*, *4*(1): 605-615

Ören, H. G. Ü. (2021). Dünya'da, bölgelerde ve Türkiye'de hayvancılık sektörü. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, *22*(48), 72-95.

Pirmohammadi, R., Rouzbehan, Y., Rezayazdi, K., & Zahedifar, M. (2006). Chemical composition, digestibility and in situ degradability of dried and ensiled apple pomace and maize silage. *Small ruminant research*, *66*(1-3), 150-155.

Rivera D., and Parish J. (2010). *Interpreting Forage and Feed Analysis Report*. 2620, Mississippi State University.

Rodrigues, M. A. M., Guedes, C. M., Rodrigues, A., Cone, J. W., Van Gelder, A. H., & Ferreira, L. M. M. (2008). Evaluation of the nutritive value of apple pulp mixed with different amounts of wheat straw. *Livestock Research for Rural Development*, *20*(1).

Rohweder, D., Barnes, R. F., & Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of animal science, 47*(3), 747-759.

Savrunlu, M., & Denek, N. (2016). Farklı seviyelerde yaş domates posası ilavesi ile hazırlanan mısır silajının kalitesinin araştırılması. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *5*(1), 5-11.

SPSS. *Windows User's Guide*. Version 20.0, SPSS Inc., Michigan Ave., Illinois, USA., Chicago

Stallings, C. C. (2006). *Relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ)*. Virginia Cooperative Extension, 404-124.

Sülük, K., Tosun, İ., Ekinci, K. (2018). Elma işleme atıklarının özelliklerinin belirlenmesi ve bertaraf yöntemlerinin incelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2* (Special Issue): 98-108.

Şahin, İ. F., & Zaman, M. (2010). Hayvancılıkta önemli bir yem kaynağı: Silaj. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *15*(23), 1-18.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü **(TEPGE).** (2021, Haziran). *Elma, Haziran 2021 Tarım Ürünleri Piyasa Raporu*. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021-Haziran%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Elma,%20Haziran-2021,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu,%20TEPGE.pdf

TUİK, (2024a). Türkiye İstatistik Kurumu. Hayvancılık İstatistikleri, Haziran 2024. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvancilik-Istatistikleri-Haziran-2024-53811 19.10.2024

TUİK, (2024b). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2024. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2024-53447 29.12.2024

Ülger, İ. S., Beyzi, S. B., Kaliber, M. A., & Konca, Y. (2020). Chemical, nutritive, fermentation profile and gas production of citrus pulp silages, alone or combined with maize silage. *South African Journal of Animal Science, 50*(1), 161–169

Ülger, İ., Kaliber, M., Beyzi, S. B., & Konca, Y. (2015). Yaş şeker pancarı posasının bazı meyve posaları ile silolanmasının silaj kalite özellikleri, enerji değerleri ve organik madde sindirilebilirlikleri üzerine etkisi. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, *29*(2), 19-25.

Ülger, I., Küçük, O., Kaliber, M., & Ayaşan, T. (2018). Chemical composition, organic matter digestibility and energy content of apple pomace silage and its combination with corn plant, sugar beet pulp and pumpkin pulp. *South African Journal of Animal Science*, *48*(3), 497-503.

Ünal, Y., Sevim, B., Gümüş, E., Sırakaya, S. Ayaşan, T., Cufadar,Y., Olgun, O., & Duru, A.A., (2024). Determination of the effects of apple pomace addition on alfalfa silage quality, kish *Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 12*(7): 1190-1196, 2024

Van Soest P. J., Robertson, J. B. & Lewis. B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. *74*: 3583-3597.

Van Soest, P. J. (1982). *Nutritional ecology of the ruminant: Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers*. O & B Books.

Vargas, J. E., Andrés, S., López-Ferreras, L., Snelling, T. J., Yáñez-Ruíz, D. R., García-Estrada, C., & López, S. (2020). Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. *Scientific Reports*, *10*(1), 1613.

Ward, R., & Ondarza, M. B. (2008). *Relative feed value (RFV) vs. relative forage quality(RFQ)*. Cumberland Valley Analytical Services. Inc., Hagerstown. MD. available on-line at:http://www. foragelab. com/Media/RFV_vs_RFQ-CVAS, 20.

Wiedmeier, R. D., Arambel, M. J., & Walters, J. L. (1987). Effect of yeast culture and Aspergillus oryzae fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *Journal of Dairy Science, 70*(10), 2063-2068.

Yalçınkaya, M. Y., Baytok, E., & Yörük, M. A. (2012). Some physical and chemical properties of different fruit pulp silages. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *9*(2), 95-106.

Yavuz, T., Kır,H., Gül, V., (2020). Türkiye'de kaba yem üretim potansiyelin değerlendirilmesi: Kırşehir ili örneği, *Turk J Agric Res, 7*(3): 165-352.

Yeşil, Ş. D., & Aksu, T. (2024). Ruminant beslemede alternatif yem kaynakları: meyve ve sebze işleme yan ürünleri. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, *17*(3), 189-199.

Yılmaz F., (2021). Erzurum ilinde yetişen bazı çalı formlu ağaç yapraklarının *ın vitro* gaz üretim tekniğiyle yem değerlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Yitbarek M.B., &Tamir, B., (2014). Silage additives:Review. Open Journal of Applied Science; 4:258-74

Yörük, M., Aksu, T., & Gül, M. (2014). Farklı kuru madde düzeyi esasına göre hazırlanan şeker pancarı posası silajlarının, silaj kalitelerinin ve rumen yıkılabilirliklerinin tespit

edilmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 9*(3). https://doi.org/10.17094/avbd.85614.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Şeyma ÇİLO
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	T.C.
Adres:	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Nafizbey Ticaret Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi(2017)
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni (2022)
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı (2025)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
Çilo, Ş. & Kaya, H. (2025), Elma Posasına Farklı Oranlarda Fiğ Tohumu İlavesinin Silaj Kalitesi, Yem Değeri ve Rumen Fermantasyon Parametreleri Üzerine Etkisi, Memba Su Bilimleri Dergisi 11 (1), 50-61	