T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

TEF VE GUAR KARIŞIM SİLAJININ FERMANTASYON KALİTESİ İLE BESLEME ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hazırlayan
Abdullah ÜNAL

Danışman
Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

Yüksek Lisans Tezi

Kasım 2024
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

TEF VE GUAR KARIŞIM SİLAJININ FERMANTASYON KALİTESİ İLE BESLEME ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Abdullah ÜNAL

Danışman
Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2023-13249 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Kasım 2024
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Abdullah ÜNAL

İmza

“Tef ve Guar Karışım Silajının Fermantasyon Kalitesi ile Besleme Özelliklerinin Değerlendirilmesi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Abdullah ÜNAL	Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

Tarla bitkileri ABD Başkanı

Prof. Dr. Satı UZUN

TEŞEKKÜR

"Tef ve Guar Karışım Silajının Fermantasyon Kalitesi ile Besleme Özelliklerinin Değerlendirilmesi" konulu araştırmayı yüksek lisans tezi olarak belirleyen, yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile örnek edindiğim, yanında çalışmaktan dolayı onur duyduğum, zaman ve yer gözetmeksizin her anımda maddi-manevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemediğinden ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli danışman hocam Prof. Dr. Mahmut KAPLAN'a ve üzerimde emeği geçen tüm hocalarıma katkılarından dolayı teşekkür ediyorum.

Çalışmalarımın her aşamasında destek ve yardımcı olan değerli Dr. Beyza ÇİFTÇİ ve değerli Mahmood ESHAQZAI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2023-13249) teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmam boyunca beni yalnız bırakmayan, sabırla beni daima destekleyen, hayatım boyunca aldığım kararlarla hep yanımda olan, bu hayattaki en büyük şansım olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Abdullah ÜNAL

Kasım 2024, KAYSERİ

TEF VE GUAR KARIŞIM SİLAJININ FERMANTASYON KALİTESİ İLE BESLEME ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Abdullah ÜNAL

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Kasım 2024
Danışman: Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

ÖZET

Silajda fermantasyon ve besin kalitesini arttırmak için protein yönünden zengin baklagiller ile suda çözünür karbonhidrat bakımından zengin buğdaygillerin karışım silajı yapımı oldukça yaygındır. Çalışmanın amacı farklı oranlarda karıştırılan tef (T) ve guar fasülyesi (G) silajının fermentasyonu ve besinsel özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla tef ve guar bitkileri kuru madde oranları esas alınarak beş farklı oranda (100%T, 75%T+25%G, 50%T+50G, 25%T+75%G ve %100G) karıştırılmıştır.

Yapılan silajlar 60 gün sonra açılmıştır. pH ölçümü yapılmıştır ve örnekler 70 °C'de kurutularak kuru madde oranı belirlenmiştir. Kuru örnekte ham protein, ham yağ, ham kül, ADF, NDF ve Gaz-Metan analizleri yapılmıştır. Silajlardan alınacak silaj suyu örnekleri ile silaj organik asit (laktik, asetik, bütirik ve propiyonik asitler) içeriği belirlenmiş ve fermentasyon özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ADF ve NDF içeriklerine bakıldığı zaman en iyi sonuçları Tef (%100) silajından sırasıyla (29.85 ve 43.66) elde edilmiştir. Yağ içeriği en yüksek %2.74, kuru madde oranı en yüksek %27.18 ve kül değeri en yüksek %10.73 ile Guar (%100) uygulamasında bulunmuştur. (%75) Guar + (%25) Tef karışımında protein içeriği %17.34 ile en yüksek sonucu vermiştir. pH değeri en iyi olan sonuç Guar (%25)+ Tef (%75) karışım silajında 4.23 ile saptanmıştır. Laktik asitin en yüksek değeri %7.53 Tef (%100) silajında bulunmuştur. Asetik asit %1.67 ile Tef (%100) silajında, Bütirik asit %0 ile Guar (%25)+ Tef (%75) ve Tef (%100) silajında, propiyonik asit %0.36 ile Tef (%100) silajında belirlenmiştir. Tef oranının artmasıyla birlikte karışım silajda ETOH değeri azalmışken in vitro gaz, ME değeri, OMD değeri, Fleig puanı yükselmiştir. Araştırma sonunda elde edilen veriler ile hayvanlar için kaliteli alternatif silaj materyalleri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tef, Guar, Silaj, Fermantasyon, ADF, NDF,

EVALUATION OF FERMENTATION QUALITY AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF TEF AND GUAR MIXTURE SILAGE

Abdullah ÜNAL

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, November 2024
Supervisor: Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

ABSTRACT

Mixed silage production using protein-rich legumes and water-soluble carbohydrate-rich cereals is widely practiced to enhance silage fermentation and nutritional quality. This study aimed to investigate the effects of teff (T) and guar bean (G) silage, mixed in varying proportions, on fermentation and nutritional characteristics. For this purpose, teff and guar plants were combined in five different ratios (100%T, 75%T+25%G, 50%T+50%G, 25%T+75%G, and 100%G) based on their dry matter content.

The prepared silages were opened after 60 days. pH measurements were taken, and samples were dried at 70°C to determine dry matter content. Dried samples were analyzed for crude protein, crude fat, crude ash, ADF, NDF, and gas-methane production. Silage juice samples were extracted to determine organic acid content (lactic, acetic, butyric, and propionic acids) and elucidate fermentation characteristics. Results indicated that the 100% Teff silage yielded the most favorable ADF and NDF contents (29.85% and 43.66%, respectively). The 100% Guar treatment exhibited the highest fat content (2.74%), dry matter ratio (27.18%), and ash value (10.73%). The 75% Guar + 25% Teff mixture produced the highest protein content at 17.34%. The optimal pH value of 4.23 was observed in the 25% Guar + 75% Teff mixed silage. The highest lactic acid concentration (7.53%) was found in the 100% Teff silage. Acetic acid content peaked at 1.67% in the 100% Teff silage, while butyric acid was absent (0%) in both the 25% Guar + 75% Teff and 100% Teff silages. Propionic acid reached its maximum (0.36%) in the 100% Teff silage. As the proportion of teff increased in the mixed silage, ETOH values decreased, while in vitro gas production, ME values, OMD values, and Fleig scores increased. The data obtained from this research presents high-quality alternative silage materials for animal nutrition.

Keywords: Tef, Guar, Silage, Fermentation, ADF, NDF

İÇİNDEKİLER

TEF VE GUAR KARIŞIM SİLAJININ FERMANTASYON KALİTESİ İLE BESLEME ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
KABUL VE ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Literatür Taraması 6

2. BÖLÜM
YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Silajların Hazırlanması 14
2.2. Biyokimyasal analizler 14
2.2.1. Ph 14
2.2.2. Kuru Madde Oranı (%) 15
2.2.3. Ham protein oranı (%) 16
2.2.4 Asit Deterjanda Çözülmeyen Lif Oranı (%ADF) 17
2.2.5 Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif Oranı (%NDF) 17
2.2.6 Ham Kül Oranı (%) 18
2.2.7. Ham Yağ Oranı (%) 19
2.2.8. Organik (Uçucu yağ) asitleri (laktik, asetik, bütirik ve propiyonik asitler) 20
2.2.8.1. Organik Asit Analizi İçin Silaj Örneklerinin Ekstraksiyonu 20
2.2.8.2. HPLC Aparatı ve Kolonu 20

2.3. *İn vitro* gaz ve metan üretimi.....21
2.3.1.Yemlerin metabolik enerji (ME) değeri ve sindirilebilir organik maddenin (SOM) belirlenmesi.....21
2.4. İstatistiksel Analizler.....22

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Bulgular.....23
3.1.1. ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif %).....23
3.2. NDF (Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif %).....24
3.2. Ham Yağ Oranı (%).....26
3.3.Ham Kül Oranı (%).....28
3.4. Ham Protein Oranı (%).....29
3.5. Kuru Madde Oranı (%).....31
3.6. pH.....32
3.7. Laktik Asit Oranı (%).....33
3.8. Asetik Asit (%).....35
3.9. Bütirik Asit (%).....37
3.10. Propiyonik Asit (%).....38
3.11. Etanol (EtOH).....40
3.12. *İn vitro* gaz üretimi (ml).....41
3.13. Metan üretimi (ml).....43
3.14. Metabolik Enerji (MJ kg/KM).....44
3.15. Organik Madde Sindirim Derecesi (%).....46
3.16. Fleig Skor.....47

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1.Tartışma.....49
4.2.Sonuç ve Öneriler.....54
KAYNAKÇA.....56
ÖZGEÇMİŞ.....63

KISALTMALAR

% **:** Yüzde

ADF **:** Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif

EtOH **:** Etanol

FS **:** Fleig Skor

KM **:** Kuru Madde

NDF **:** Nötr Deterjanda Çözünmeyen LifOMS: Organik Madde Sindirim Derecesi

pH **:** Potansiyel Hidrojen

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Tef ve Guar Karışım Silajının ADF Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 23
Tablo 3.2. Tef ve Guar Karışım Silajının ADF Değerlerine Ait Ortalama Değerler .. 24
Tablo 3.3. Tef ve Guar Karışım Silajının NDF Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 25
Tablo 3.4. Tef ve Guar Karışım Silajının NDF Değerlerine Ait Ortalama Değerler .. 25
Tablo 3.5. Tef ve Guar Karışım Silajının Yağ Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 26
Tablo 3.6. Tef ve Guar Karışım Silajının Yağ Değerlerine Ait Ortalama Değerler ... 27
Tablo 3.7. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Kül Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 28
Tablo 3.8. Tef ve Guar Karışım Silajının Kül Değerlerine Ait Ortalama Değerler 28
Tablo 3.9. Tef ve Guar Karışım Silajının Protein Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 29
Tablo 3.10. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Protein Değerlerine Ait Ortalama Değerler 30
Tablo 3.11. Tef ve Guar Karışım Silajının Kuru Madde Oranı Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 31
Tablo 3.12. Tef ve Guar Karışım Silajının Kuru Madde Değerlerine Ait Ortalama Değerler 31
Tablo 3.13. Tef ve Guar Karışım Silajının pH Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 32
Tablo 3.14. Tef ve Guar Karışım Silajının pH Değerlerine Ait Ortalama Değerler 33
Tablo 3.15. Tef ve Guar Karışım Silajının Laktik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 34
Tablo 3.16. Tef ve Guar Karışım Silajının Laktik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler 34
Tablo 3.17. Tef ve Guar Karışım Silajının Asetik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 35

Tablo 3.18. Tef ve Guar Karışım Silajının Asetik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler 36
Tablo 3.19. Tef ve Guar Karışım Silajının Bütirik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 37
Tablo 3.20. Tef ve Guar Karışım Silajının Bütirik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler 37
Tablo 3.21. Tef ve Guar Karışım Silajının Propiyonik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 38
Tablo 3.22. Tef ve Guar Karışım Silajının Propiyonik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler 39
Tablo 3.23. Tef ve Guar Karışım Silajının ETOH Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 40
Tablo 3.24. Tef ve Guar Karışım Silajının ETOH Değerlerine Ait Ortalama Değerler 40
Tablo 3.25. Tef ve Guar Karışım Silajının *İn Vitro* Gaz Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 41
Tablo 3.26. Tef ve Guar Karışım Silajının İn vitro Gaz Değerlerine Ait Ortalama Değerler 42
Tablo 3.27. Tef ve Guar Karışım Silajının Metan Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 43
Tablo 3.28. Tef ve Guar Karışım Silajının Metan Değerlerine Ait Ortalama Değerler..43
Tablo 3.29. Tef ve Guar Karışım Silajının ME Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 44
Tablo 3.30. Tef ve Guar Karışım Silajının Me Değerlerine Ait Ortalama Değerler 45
Tablo 3.31. Tef ve Guar Karışım Silajının Organik Madde Sindirim Derecesi Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 46
Tablo 3.32. Tef ve Guar Karışım Silajının Organik Madde Sindirim Derecesi Değerlerine Ait Ortalama Değerler..... 46
Tablo 3.33. Tef ve Guar Karışım Silajının Fleig Skor Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları 47
Tablo 3.34. Tef ve Guar Karışım Silajının FS Değerlerine Ait Ortalama Değerler 48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. pH metre 15
Şekil 2.2. Etüv cihazı 16
Şekil 2.3. Ham Protein Cihazı 17
Şekil 2.4. ADF - NDF (Ankom) Cihazı 18
Şekil 2.5. Kül Fırını 19
Şekil 2.6. Ham Yağ Cihazı 20
Şekil 3.1. Tef ve Guar Karışım Silajının ADF Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 24
Şekil 3.2. Tef ve Guar Karışım Silajının NDF Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 26
Şekil 3.3. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Yağ Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 27
Şekil 3.4. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Kül Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 29
Şekil 3.5. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Protein Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 30
Şekil 3.6. Tef ve Guar Karışım Silajının Kuru Madde Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 32
Şekil 3.7. Tef ve Guar Karışım Silajının pH Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 33
Şekil 3.8. Tef ve Guar Karışım Silajının Laktik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 35
Şekil 3.9. Tef ve Guar Karışım Silajının Asetik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 36
Şekil 3.10. Tef ve Guar Karışım Silajının Bütirik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 38
Şekil 3.11. Tef ve Guar Karışım Silajının Propiyonik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 39
Şekil 3.12. Tef ve Guar Karışım Silajının Etanol Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 41
Şekil 3.13. Tef ve Guar Karışım Silajının İn Vitro Gaz Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 42
Şekil 3.14. Tef ve Guar Karışım Silajının Metan Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 44
Şekil 3.15. Tef ve Guar Karışım Silajının Metabolik Enerji Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 45

Şekil 3.16. Tef ve Guar Karışım Silajının Organik Madde Sindirim Derecesi Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 47
Şekil 3.17. Tef ve Guar Karışım Silajının Fleig Skor Değerlerine Ait Ortalama Grafiği 48

GİRİŞ

Ülkemiz hayvancılığının geliştirilmesi için çözülmesi gereken en önemli sorunlardan biri kaba yem ihtiyacının karşılanmasıdır. Kaba yemler hayvan besleme fizyolojisine uygunluğu olmalarının yanı sıra, kaliteli ve ucuz olması gerekmektedir (Canbolat, 2012). Ülkemiz koşullarında da konunun, hayvancılığımız için taşıdığı önem sürekli olarak vurgulanmasına karşın arzu edilen noktaya henüz ulaşılamamıştır.

Ülkemizde üretilen kaba yemlerin niteliği, genelde düşüktür. Buna paralel olarak besin madde içerikleri de yetersizdir. O nedenle, kaba yem kaynaklı hayvansal ürün elde etme şansımız tam olarak kullanılmış değildir (Kılıç, 2000).

Bitkisel üretim sonucu yan ürün olarak elde edilen saman, kavuz, kabuk gibi kaba yem kaynaklarında lignin düzeyinin yüksek olması yanında, diğer besin madde düzeylerinin ise (ham protein, ham yağ, vitamin ve azotsuz öz madde) düşük olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu yan ürün kaba yemler kalitesiz kaba yemlerdir. Ancak vejetasyon dönemini tamamlamamış yeşil otların kurutulmasıyla elde edilen kaba yem kaynakları (yonca, korunga gibi) ise daha kaliteli kaba yemlerdir. Bu kaliteli kaba yemlerin her mevsim çiftliğimizde bulunması imkânsızdır. Bu nedenle yeşil kaba yemlerle yapılacak olan silaj yem kaynaklarının gereksinim duyulan dönemler için ve farklı yöntemler aracılığı ile saklanması sıkça başvurulan bir uygulamadır. Söz konusu işlemin başlangıç materyalindeki besin maddelerinden en az kayıp ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Üretime ilişkin özellikler yanında, hasat ve saklama koşullarında uygun yöntemlerin kullanılması ile ulaşılabilecek bu nokta, hayvan tarafından tüketilecek son üründe kalite kavramı olarak irdelenir. Silajın besleme değerinin yüksek olması, su oranının yüksek olması, muhafazasının kolay olması ve uzun süre dayanabilmesi, fermantasyondan dolayı sindiriminin kolay olması, üretilen yemin kaliteli olarak uzun süre muhafazasının sağlanması, hayvan besiciliğinde arzulanan bir yöntem olan kuru ve suca zengin yemlerle rasyonların hazırlanmasına olanak sağlaması (Altunay, 1975; Tosun vd., 1986; Tükel vd.,

1997), silaj yedirilerek sağlanan proteinin, fabrikasyon karma yemden sağlanan proteine göre daha ucuz olması ve silajın provitamin A içeriğinin yüksek olması (Tümer, 2001) gibi üstünlükleri nedeniyle hayvancılığı gelişmiş ülkelerde oldukça fazla tüketilmektedir.

Silo yemleri ruminant hayvanlarının beslenmesinde vazgeçilmez bir kaba yem kaynaklarıdır. Hayvansal üretimde yem giderlerinin oldukça yüksek olması silo yemlerinin önemini bir kat daha artırmaktadır. Tarımı gelişmiş ülkelerde silo yemi yaygın olarak kullanılmakta ve rasyonların önemli bir kısmını silajın oluşturmasına özen gösterilmektedir (Sarıçiçek vd., 2002).

Son zamanlarda silaj, hasattan depolamaya kadar düşük besin kaybı, kolay besleme ve kullanım ve daha yüksek verim nedeniyle geviş getiren hayvan gereksinimlerini karşılamak için süt rasyonunun en önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir (Mahanna vd., 2003). Dünyanın çoğu yerinde son zamanlarda yeşil tahıl, mısır, sorgum, yonca ve soya fasulyesi gibi baklagillerden silaj üretimi, kuru ot olarak kullanım veya otlatmaya göre daha çok artmıştır (Kizilsimsek vd., 2017).

Ruminant hayvanları, taze yemin bulunmadığı dönemlerde beslemek için kullanılan fermente edilmiş, yüksek nemli depolanmış yem olan silaj, hayvancılık üretim sistemlerinde kritik bir bileşendir. Silaj oluşturma süreci olan silaj yapımı, yem bitkilerinin besin değerini korur, yem arzını dengeler ve lifli materyallerin sindirilebilirliğini artırır. Silaj üretiminin başarısı büyük ölçüde kullanılan yem bitkilerinin kalitesine, fermantasyon sürecinin yönetimine ve karışım silajlar birleştirildiğinde farklı bitki türleri arasındaki etkileşime bağlıdır (Du vd., 2023).

Etiyopya'ya özgü bir tahıl ürünü olan Tef (*Eragrostis tef* L.), özellikle yüksek düzeyde diyet lifi, kalsiyum ve demir içermesi nedeniyle besinsel zenginliği ile bilinmektedir. Tef ayrıca glütensizdir, bu da onu küresel sağlık pazarlarında giderek daha popüler bir tahıl haline getirmektedir. Temel gıda olarak yaygın kullanımına rağmen, tefin yem bitkisi olarak silaj üretimi potansiyeli kapsamlı bir şekilde araştırılmamıştır. Ancak besin profili, özelliklerini tamamlayıcı diğer bitkilerle birleştirildiğinde, silaj için mükemmel bir aday olabileceğini göstermektedir (Gelaw vd., 2020). Etiyopya'da 3 milyondan fazla hektar alanda tef tarımı yapılmaktadır.(Tadele vd., 2021). Etiyopya'da tef'in ortalama verimi hektar başına yaklaşık 1,6 ton olarak kaydedilmiştir. Bu verim de tarım uygulamaları ve çevresel koşullara göre değişiklik gösterebilir.(Adepoju vd., 2024)

Guar fasulyesi sıcağa ve kurağa dayanıklı (Singh, 2014), yüksek verime sahip, baklalar, yapraklar ve protein açısından zengin ve ekimden 3-4 ay sonra hasat edilebilen bir bitkidir (Suliman vd., 2017). Bu özellikler yönüyle tef tarımının yapıldığı bölgelerde tarımına uygun olduğu görülmektedir. Olumsuz çevre şartlarının yetişmesi yanında yüksek protein içeriğine ve düşük hücre duvarı bileşenlerine sahiptir (Kusvuran vd., 2019). Yüksek çözünür karbonhidratlara sahip bitkiler ile yüksek proteine sahip bitkilerin karıştırılarak silaj yapılması kaliteli bir yem elde etmenin iyi bir yoludur (Cürek vd., 2004).Guar üretimi Hindistan ve Pakistan'a yoğunlaşmakta olup, bu iki ülke küresel üretimin %95'inden fazlasını karşılamaktadır. Hindistan'da, özellikle Rajasthan ve Gujarat eyaletleri, bu ürünün yetiştirildiği başlıca bölgelerdir. Rajasthan'da yaklaşık 2,8 milyon hektarlık bir alan guar tarımına ayrılmıştır ve bu eyalet guar üretiminde Hindistan'da önemli yere sahiptir. Bu iki eyaletin üretim alanlarının büyük bölümü, diğer mahsullerin sınırlı olduğu yarı kurak bölgelerde, genellikle ihracat pazarları için kullanılmaktadır (Sharma vd., 2012; Sharma vd., 2014). Guar'ın ortalama verimi, Hindistan'ın Rajasthan gibi bölgelerinde hektar başına yaklaşık 474 kg'dır. Ancak bu verim, yağış miktarı ve toprak koşulları gibi faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir.(Nampelli vd., 2020).

Guar fasulyesi, tef ile kaliteli bir silaj yapımında karışım için iyi bir ikili gibi görünmektedir. Sorgum, soya (Lima vd., 2011; Ni vd., 2018), lablab bean (Contreras-Govea vd., 2011), jack bean and velvet bean (Lima-Orozco vd., 2014) gibi birçok farklı baklagil ile yapılan karışım silajlarında kalite arttırılmıştır.

Öte yandan Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), kurak ve yarı kurak bölgelere adaptasyon kabiliyeti ile bilinen bir baklagildir. Guar öncelikle, çeşitli endüstrilerde değerli bir koyulaştırıcı madde olarak kullanılan Guar gamını elde etmek üzere işlenen tohumları için yetiştirilmektedir. Endüstriyel uygulamalarının ötesinde, Guar protein açısından zengindir ve yem bitkisi olarak umut vaat etmiştir. Guar silajı üzerine yapılan çalışmalar, melas ve diğer katkı maddelerinin eklenmesinin fermantasyon kalitesini önemli ölçüde artırarak, laktik asit üretiminin artmasına, protein içeriğinin iyileşmesine ve genel olarak kontrol gruplarına kıyasla daha iyi silaj kalitesine yol açabileceğini göstermiştir. Örneğin, Olfaz vd., (2019) tarafından yapılan bir araştırma, melas içeren Guar silajının bu geliştirmeler sayesinde üstün yem değerine sahip olduğunu göstermiştir.

Çiftçi vd., (2021)yaptıkları bu çalışmada ve soya (S) ve vetiverin (V) silaj fermentasyonu, gaz ve metan üretimi ve besinsel özelliklerinin etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada beş farklı karışım oranı (100V%, 75%V+25%25S, 50%V+50S, 25%V+75%S ve %100S) kullanmışlardır. karışımda soya miktarının artması ile, ham protein, kuru madde miktarı ve ham yağ oranlarında artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Soya miktarının artması ile ADF ve NDF oranlarında azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Vetiver oranının artmasıyla pH seviyesinde azalma, gaz ve metan üretimi, organik madde sindirim derecesi ve metabolik enerji, ham kül, laktik asit yüzdelerinde artış olduğunu saptamışlardır.

Fermantasyon, sadece silajın besin değerini korumak için değil, aynı zamanda yem bitkilerinde bulunan anti-besinsel faktörleri azaltmak için de kritik öneme sahiptir. Örneğin, Tef demir ve kalsiyum gibi temel minerallerin biyoyararlanımını azaltabilen bir anti-besin olan fitik asit içerir. Ancak, fermantasyon sürecinin fitik asit içeriğini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Karaçoban vd., (2023) tarafından Tef unu üzerinde fermantasyonun etkisine ilişkin bir çalışmada, otoklavlama ve fitaz işlemi ile birlikte fermantasyonun, fitik asit seviyelerini düşürmede ve böylece elde edilen ürünün besin değerini artırmada etkili olduğu vurgulanmıştır. Benzer fermantasyon prensiplerinin Tef ve Guar karışım silajına uygulanması, besinlerin biyoyararlanımını artırarak silajı hayvancılık için daha faydalı hale getirebilir.

Tef ve Guar fasulyesi bitkilerinin benzersiz özellikleri göz önüne alındığında, bunların silaj üretiminde birlikte kullanımı umut verici bir araştırma alanı sunmaktadır. Karışım Tef ve Guar silajının beslenme açısından dengeli ve yüksek kaliteli bir yem sunabileceği hipotezi, benzer ürün kombinasyonları üzerine yapılan mevcut çalışmalar tarafından desteklenmektedir. Bu tez, Tef ve Guar fasulyesi karışım silajının fermantasyon kalitesi ve besinsel özelliklerini derinlemesine inceleyecek ve silaj işleminin faydalarını en üst düzeye çıkarmak için bu ürünlerin karıştırılması için en uygun koşulları ve oranları belirlemeyi amaçlayacaktır. Bu araştırma sayesinde, özellikle Tef ve Guar fasulyesi bitkilerinin kolayca bulunabildiği bölgelerde, hayvancılık verimliliğini artırabilecek yüksek kaliteli silaj üretimine ilişkin yeni bilgiler elde edileceği öngörülmektedir.

Bu araştırmanın temel amacı, Tef ve Guar karışım silajının fermantasyon kalitesi ve besin özelliklerinin değerlendirilmesidir. Özellikle, Tef ve Guar'ın birlikte ne kadar etkili bir

şekilde silaj haline getirilebileceğini belirlemek için, laktik asit üretimi, pH seviyelerinin stabilizasyonu ve diğer fermantasyon yan ürünlerinin oluşumu dahil olmak üzere fermantasyon süreci analiz edilecektir. Ayrıca araştırmada protein seviyeleri, lif içeriği ve temel minerallerin biyoyararlanımına odaklanarak, karışım silajın besin içeriği değerlendirilecektir. Bu araştırma, üretilen silajın genel yem değerinin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

Bir diğer önemli hedef, karışım silajdaki Tef ve Guar'ın optimal oranının belirlenmesidir. Bu iki ürünün farklı oranlarıyla silajlar yapılarak hem fermantasyon kalitesini hem de silajın besinsel faydalarını en üst düzeye çıkaran kombinasyonun keşfedilmesi amaçlanmaktadır. Bu hedefler aracılığıyla, özellikle Tef ve Guar'ın yaygın olarak yetiştirildiği bölgelerde hayvancılık verimliliğini artırmak için kullanılabilecek yüksek kaliteli, beslenme açısından dengeli bir silaj geliştirilmesine katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Literatür Taraması

Silaj, yem bitkilerinin anaerobik koşullar altında fermantasyon yoluyla, geviş getiren hayvanlar için uygun, kararlı, yüksek nem içerikli bir yem üretilmesi yöntemidir. Bu süreç, taze yemin bulunmadığı dönemlerde beslenebilecek yüksek kaliteli yemin depolanmasına olanak sağladığı için, büyüme mevsiminin kısa veya öngörülemez olduğu bölgelerde kritik öneme sahiptir. Silaj kalitesi, hem fermantasyon özellikleri hem de besin değerini zaman içinde koruma yeteneği tarafından belirlenir (Guo vd., 2023; Tahir vd., 2023).

Silaj üretimi, her biri farklı besinsel ve fermantasyon özellikleri olan buğdaygiller, baklagiller ve tahıllar dahil olmak üzere çeşitli bitkilerle yaygın olarak yapılmaktadır. Bitki seçimi, silajın besinsel sonucunda önemli bir rol oynadığından, farklı bitkilerin silaj yapma sürecine getirdiği spesifik nitelikleri anlamak önemlidir (Da Silva vd., 2017).

Esas olarak Etiyopya'da bir tahıl ürünü olarak bilinen Tef, silaj üretiminde bir yem bitkisi olarak yeterince değerlendirilmemiştir. Bununla birlikte, çeşitli iklimlere uyum sağlama yeteneği, yüksek biyokütle verimi ve olumlu beslenme profili nedeniyle son zamanlarda potansiyelini keşfetmek için çalışmalar başlatılmıştır. Tef, özellikle silajın yapısal bütünlüğüne katkıda bulunan yüksek lif içeriği ve hayvan beslenmesinde faydalı olan mineral içeriği, özellikle demir ve kalsiyum ile dikkat çekmektedir (Kızılşımşek vd., 2020; Yıldız, 2024).

Heuzé vd., (2017a; 2017b; 2017c) yaptığı tef' in ot, saman ve tanesine ait kimyasal bileşimleri ile besin değerleri çalışmasında KM, tef otunda: %91.7, tef samanında: %91.6,tef tanesinde: %88.3 olarak bulunmuş ve en yüksek değere tef otunda karşılaşılmıştır. Tef otunun %14,6, tef samanının %4.1 ve tef tanesinin %13.2 ham

protein içeriği bulunmuş ve en yüksek protein oranı tef otunda görülmüştür. NDF, tef otunda %56.6, tef samanında %70.9 olarak bulunmuştur. NDF değeri için tef samanında daha yüksek olduğu görülmüştür. Tef otunda %36.0, tef samanında %41.7 ADF içerdiği görülmüş ve tef samanında ADF oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Tef otunda %2.3, tef samanında %1.9 ve tef tanesinde %3.4 ham yağ içerdiği görülmüş ve en yüksek tef tanesinde yağ içerdiği gözlenmiştir. HK, tef otunda %9.4, tef samanında %7.9 ve tef tanesinde %1.6 ham kül içerdiği tespit edilmiş ve tef otunda en yüksek ham kül olduğu belirlenmiştir. Metabolik Enerji (MJ/kg KM): tef otunda %8.6 ve tef samanında %7.9 olduğu görülmüş ve tef otunun metabolik enerjisinin daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır.

Yıldız (2024), Tef samanının bazı yem bitkileriyle karşılaştırmasında KM oranları; yonca kuru otu %90.1, buğday samanı %92.4, Mısır koçanı %91.0 ve yulaf samanı %91.9 olduğu ifade edilmiş ve tef samanının %91.1 belirlenmiştir. Ham protein içeriği açısından, yonca kuru otu %20.1, mısır koçanı %5.1, yulaf samanı %6.2, buğday samanı %2.3, tef samanı %3.6 olduğu saptanmıştır. NDF oranları sırasıyla yonca kuru otu %44.4, mısır koçanı %75.5, Yulaf Samanı %71.2 Tef Samanı %77.5 Buğday Samanı %76.1 olduğu ve ADF oranlarınında sırasıyla Yonca kuru otu % 36.6 Mısır Koçanı % 51.3 Yulaf Samanı % 46.6 Tef Samanı % 44.3 Buğday Samanı % 51.7 olduğu ifade edilmiştir. Metabolik enerji değerlerinde, yonca kuru otu %19.0 mısır koçanı % 16.7, yulaf samanı % 17.9 tef otu % 17.6, buğday samanı % 18.8 olarak tespit edilmiştir. Wagali vd., (2023) çalışmalarında dört tef genotipi, iki farklı sulama rejimi (%75 ve %100) altında yetiştirilmiş ve hasat edilen bitkilerden silaj yapılmıştır. Silaj yapımında katkı maddesi olarak heterofermentatif inokulum, melas ve melas+inokulum kombinasyonu kullanılmış olup kullanılan katkı maddeleri pH'ı düşürmüş *in vitro* kuru madde sindirilebilirliği artmıştır, Laktik asit miktarı artmıştır, Laktik asit bakterileri sayısı artmıştır ve ham protein içeriği artmıştır. En iyi silaj kalitesinin göstergesi olan pH değeri 4.4-4.6 arasında bulunmuş, Laktik asit bakterilerinin sayısı katkı maddeli silajlarda daha yüksek bulunduğu ortaya koyulmuştur.

Chiofalo vd., (2018) Guar gamı elde etmek amacıyla yaygın olarak yetiştirilen, baklagil olan Guar, yüksek protein içeriği ve bir yem bitkisi olması nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Guar'ın silaj üretiminde kullanılması, özellikle hayvan rasyonlarının

düşük protein içerdiği bölgelerde yemin protein içeriğini iyileştirme kabiliyeti nedeniyle avantajlı olduğu ortaya koyulmuştur.

Araştırmalar, Guar silajının melas gibi fermantasyon hızlandırıcılarının eklenmesinden önemli ölçüde fayda sağlayabileceğini göstermiştir. Guar silajına melas eklenmesinin sadece laktik asit üretimini iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda silajın genel besin kalitesini de artırarak onu hayvan rasyonlarına değerli bir katkı haline getirdiği gösterilmiştir (Olfaz vd., 2019).

Ciftci vd., (2023) yaptıkları bu çalışmada, sorgum (S) ve sakız fasulyesi (SF) karışım oranlarının fermentasyon parametreleri, besin bileşimi ve karışım silajlarının gaz-metan üretimi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Çalışma beş farklı karışım oranı (%100 S, %75 S + %25 SF, %50 S + %50 SF, %25 S + %75 SF ve %100 SF) kullanmışlardır. Karışımlardaki sakız fasulyesi oranlarının artmasıyla, ADF ve NDF oranlarında azalma ve ham protein, kül ve yağ içeriklerinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, sakız fasulyesi suda çözünen karbonhidrat ve laktik asidi azaltmış ve pH, bütirik asit ve etanol içeriklerini artırmıştır. En düşük Fleig puanı sakız fasulyesi silajından (%100 SF) elde edilmiştir. En düşük gaz-metan üretimi sakız fasulyesi silajından elde edilirken, en yüksek ME değeri sorgum silajından (%100 S) elde edilmiştir. En iyi OMD değerleri sorgum silajından ve %75 S + %25 SF karışım silajından elde edilmiştir. Sonuçta, %50 S + %50 SF karışımının yüksek besin bileşimi ve iyi fermentasyon parametrelerini sağladığını ortaya koymuşlardır.

Topçu vd., (2023) yaptıkları bu çalışmada İskenderiye üçgülü ’nün (İÜ) İtalyan çimi (İÇ) ile 5 farklı karışım oranının (%100 (Yalın), %80 İÜ + %20 İÇ, %60 İÜ + %40 İÇ, %40 İÜ + %60 İÇ ve %20 İÜ + %80 İÇ) silaj kalitesine etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen verilere göre, baklagil yem bitkisi olan İskenderiye Üçgülünün oranı arttıkça pH ve Ham Protein oranında artış olduğunu gözlemlemişlerdir. NDF ve ADF ise İskenderiye Üçgülünün karışımda yüksek olan silajlarda daha düşük olduğu saptanmıştır. Buğdaygil yem bitkisi olan İtalyan Çiminin farklı oranlarda İskenderiye Üçgülü ile karıştırılarak yapılan silajlarında yalın İtalyan Çimi ve en çok %40İÜ ile oluşturulacak karışımlarının silaj kalitesinin yüksek olacağını belirtmişlerdir.

Kardeş vd., (2023) yaptıkları çalışmada şeker mısıra ‘M’ 5 farklı oranlar da eklenen yoncanın ‘Y’ (%100M, %100Y, %75M+%25Y, %50M+%50Y, %25M+%75Y) silaj

kalitesine etkilerini incelemişlerdir. En yüksek ham protein %100Y silajından (%26.74) elde edilmiştir Laktik asit içeriğinin %1.94-3.47 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Fleig skorlarına göre, şeker mısır (99.69), %75M+%25Y (95.96) ve %50M+%50Y (90.45) karışım silajları için en yüksek değerler elde edildiği saptanmıştır. Sonuç olarak, mısır silajına eklenen yoncanın silaj kalitesini iyileştirdiğini bildirmektedirler. Ayrıca bütün özellikler göz önünde tutulduğunda %75M+25Y karışımının diğer karışımlara göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Mut vd., (2020) yaptıkları çalışmada koca fiğ "KF" ile İtalyan çimi "İÇ" karışımlarının (%100:0, 80:20, 60:40, 40:60 ve 20:80) silaj kalitesinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Flieg puanına göre silajlar sıralandığında, %60KF+20İÇ (94.69), %20KF+80İÇ (94.51) %100 İtalyan çimi (93.91), %40KF+60İÇ (87.87) değerlerine sahip olmuş ve silaj kalitesi açısından çok iyi sınıfta yer aldıkları saptanmıştır. En yüksek protein oranı yalın koca fiğ (%16.17) silajında, En yüksek laktik asit %20KF+80İÇ (%3.975) silajında gözlemlenmiştir. Asetik asit değeri silajlarda %0.010-0.061 arasında değiştiği bildirilmiştir. Sonuçta, tüm özellikler göz önünde tutulduğunda koca fiğ ile İtalyan çiminin 60+40 karışımı diğer silajlara göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Silaj üretiminde farklı bitkilerin karıştırılması uygulaması, üstün bir yem üretmek için her bir bitkinin en iyi özelliklerini birleştirme hedefiyle yönlendirilmektedir. Karışık silajlar, bir bitkinin yapısal ve fermantasyon özelliklerinin yanı sıra bir diğerinin besinsel avantajlarından da yararlanabilir. Tef ve Guar söz konusu olduğunda, Tef'in yüksek lif içeriği, Guar'ın yüksek protein içeriğini tamamlayarak potansiyel olarak dengeli bir silaj elde edildiği saptanmıştır (Olfaz vd., 2019).

Tef ve Guar karışım silajı üzerine spesifik çalışmalar az olsa da gerekli kıyaslamalar diğer karışım silaj çalışmalarından da çıkarılabilir. Örneğin, buğdaygillerden ve baklagillerden oluşan karışım silajlar üzerine yapılan araştırmalar, bu tür kombinasyonların, tek bitki silajlarına kıyasla daha iyi pH dengesi, artırılmış laktik asit üretimi ve üstün besin içeriği ile fermantasyon kalitesini artırabileceği gözlemlenmiştir (Li vd., 2024; Lei vd., 2024; Borreani vd., 2018).

Silajdaki fermantasyon süreci, yemin besin içeriğinin korunması ve bozulmanın önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Başarılı bir silaj fermantasyonunu belirleyen temel parametreler arasında pH, laktik asit konsantrasyonu ve uçucu yağ asitlerinin

dengesi bulunur. İyi kalitede bir silaj için optimal pH değeri genellikle 3.5 ila 4.5 arasında olup, bu değer bozulması durumunda organizmalarının çalışmasının engellendiği görülmüştür(Kung vd., 2018).

Laktik asit, silajda en çok arzu edilen fermentasyon ürünüdür, çünkü fermantasyon sırasında üretilen en güçlü asittir ve silajın korunması için gerekli olan hızlı pH düşüşünden sorumludur. Laktik asidin, asetik ve bütirik asit gibi diğer asitlere oranı da silaj kalitesinin kritik bir göstergesidir. Tef ve Guar gibi karışım silajlar, özellikle istenen laktik asit seviyelerine ulaşmak için optimal fermantasyonu sağlamak adına katkı maddelerinin kullanımının gerekliliği bildirilmiştir (Bacaksız vd., 2022).

Silajın besin kalitesi, kullanılan bitki türleri, silaj yapma süreci ve dahil edilen katkı maddeleri de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir. Yüksek lif içeriğine sahip olan Tef, silajın enerji değerine katkıda bulunurken, protein açısından zengin olan Guar, genel beslenme profilini iyileştirir. Bu bitkilerin silajda birleştirilmesi, potansiyel olarak yeterli düzeyde protein, lif ve enerji içeren dengeli bir yem sağlanabildiği ileri sürülmüştür (Olfaz vd., 2019).

Ayrıca, silaj yapma sürecinin kendisi de silajın besinsel özelliklerini etkileyebilir. *Lactobacillus plantarum* gibi mikrobiyal aşıların kullanımı, belirli kaba yemlerde ham protein içeriğini artırdığı gösterilmiştir, ancak etki ürüne bağlı olarak değişebilir. Tef ve Guar karışım silajı için, uygun katkı maddeleri fermantasyon sürecinin optimize edilmesi, nihai ürünün besin değerini artırabildiği ortaya koyulmuştur (Arasu vd., 2014).

Yüksek kaliteli silaj üretiminde, özellikle karışım ürünlerle karşılaşılan ana zorluklardan biri, fermentasyon sürecinde tutarlılığın sağlanmasıdır. Nem içeriğindeki değişimler, ürün olgunluğu ve katkı maddelerinin kullanımı, sonuçları etkileyebilir. Ayrıca, başarılı bir fermantasyon için gereken anaerobik koşulların, özellikle yüksek nem veya sıcaklık dalgalanmalarının olduğu bölgelerde sürdürülmesi zor olabildiği görülmüştür (Ávila vd., 2020).

Tanenler gibi kimyasal katkı maddelerinin kullanımı, fermentasyon sürecini iyileştirmenin ve silajın besin kalitesini korumanın bir yolu olarak araştırılmıştır. Tanenler, protein bozulmasını azaltarak ve besinlerin tutulmasını iyileştirerek yüksek proteinli yemlerin silaj olmasını kolaylaştırabilir. Ayrıca geviş getiren hayvanlarda metan

üretimini azaltmanın ek fayda sunarak sürdürülebilir hayvancılık üretiminde değerli bir araç haline geldiği belirtilmiştir (Bacaksız vd., 2022).

Silaj üretimindeki fermentasyon süreci, bitki karbonhidratlarını anaerobik koşullar altında başta laktik asit olmak üzere organik asitlere dönüştüren çeşitli mikrobiyal popülasyonların karmaşık bir etkileşimidir. Bu sürecin başarısı, başlangıçtaki ürün kalitesine, silaj yapma ortamına ve ilgili mikrobiyal topluluklara bağlıdır (Xu vd., 2021).

Silaj fermantasyonundan sorumlu başlıca mikroorganizmalar, anaerobik ortama hakim olan ve bozulma, organizmalarının büyümesini engelleyen bir seviyeye kadar silajın pH'ını düşüren laktik asit üreten, laktik asit bakterileridir. Yemin besinsel kalitesinin korunması için gerekli olan pH'ta hızlı bir düşüşün sağlanması için laktik asit bakterilerinin varlığı çok önemlidir. Farklı bitkiler, değişen laktik asit bakterileri popülasyonlarını destekler ve Tef ve Guar'ın silolanması, baskın olan spesifik laktik asit bakterileri suşlarını etkileyebilir. Çalışmalar, *Lactobacillus plantarum* gibi belirli laktik asit bakterileri suşlarının, laktik asit üretimini artırarak ve pH'ı doğal suşlardan daha etkili bir şekilde düşürerek fermantasyon sürecini önemli ölçüde iyileştirebileceği ortaya koyulmuştur (Arasu vd., 2014).

Bu çalışmada Signal otu (*Brachiaria decumbens*) ve Napier otunun (*Pennisetum purpureum*) silajının yapılmış ve tek ürünlü silajlara kıyasla üstün fermantasyon kalitesi göstermiştir. Karışım yapılan silaj, daha iyi pH seviyeleri, daha yüksek ham protein içeriği ve iyileştirilmiş besin tutma sergilemiş ve silaj üretiminde tamamlayıcı ürünlerin kullanılmasının avantajlı olduğu ortaya koyulmuştur (Mugoti vd., 2023).

Tef ve Guar, diğer yaygın olarak kullanılan silaj bitkileriyle karşılaştırıldığında, besin içeriği, fermente edilebilirlik ve biyokütle verimi dahil olmak üzere çeşitli faktörler dikkate alındığında nispeten az kullanılan Tef, yüksek lif içeriği ve çeşitli yetiştirme koşullarına uyum sağlama yeteneği sunarak, mısır gibi geleneksel silaj bitkilerinin gelişemeyebileceği bölgelerde silaj için güçlü bir aday haline geldiği gözlemlenmiştir (Nematpour vd., 2021; Soe Htet vd., 2021).

Silaj üretimi, yem kaynaklarının verimli kullanımını sağlayarak ve harici yem girdilerine olan bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarında kritik bir rol oynamaktadır. Tef ve Guar gibi yerel olarak yetiştirilen bitkilerin silolanmasıyla çiftçiler,

ithal yemlere olan bağımlılıklarını azaltabilir, böylece karbon ayak izlerini düşürebilir ve yerel tarım ekonomilerini destekleyebildiği saptanmıştır (Budihardjo vd., 2023;Dědina vd., 2024).

Ayrıca, Tef ve Guar'ı birleştirmek gibi karışım silajları kullanma uygulaması, çiftçilik sistemlerinde biyolojik çeşitliliğe katkıda bulunur ve toprak sağlığını teşvik eder. Çeşitli mahsul sistemleri genellikle zararlılara, hastalıklara ve iklim değişikliklerine karşı daha dayanıklıdır, bu da daha sürdürülebilir ve verimli tarım uygulamalarına yol açar.

Silaj üretiminin ekonomik fizibilitesi, özellikle yem maliyetlerinin hayvancılık üretim giderlerinin önemli bir bölümünü oluşturduğu bölgelerde çiftçiler için önemli bir husustur. Tef ve Guar'ın karışım silajda kullanımı çeşitli ekonomik avantajlar sunar (Notenbaert vd., 2021).

Hem Tef hem de Guar, mısır gibi daha yoğun yem bitkilerine kıyasla minimum gübreleme ve sulama gerektiren, nispeten düşük girdili bitkilerdir. Bu, onları sınırlı kaynaklara sahip bölgelerdeki çiftçiler için uygun maliyetli seçenekler haline getirmektedir. Ek olarak, Guar'ın yüksek protein içeriği, hayvan yemlerinde daha az tamamlayıcı protein gerekebileceği anlamına gelmekte, bu da yem maliyetlerini düşürmektedir (Garcia vd., 2023).

Tef ve Guar'dan yerel olarak silaj üretebilme kabiliyeti, aynı zamanda, özellikle ithal yeme bağımlı bölgelerde dalgalanma gösterebilen yem fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı bir tampon sağlar. Silaj altyapısına ve üretimine yatırım yapılarak, çiftçiler tarafından daha büyük bir yem güvenliği ve fiyat istikrarı elde edilebilir, bu da işletmelerinin genel karlılığına katkıda bulunur (Wagali vd., 2023).

Mevcut araştırma birikimi, Tef ve Guar'ın silaj üretimindeki potansiyelini anlamak için sağlam bir temel sağlasa da daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulan birkaç alan bulunmaktadır. Temel alanlardan biri, farklı ürün kombinasyonlarının ve bunların silaj kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır. Farklı ürünler arasındaki fermentasyon sırasındaki etkileşimlerin anlaşılması, daha etkili silaj karışımlarının formüle edilmesine yardımcı olabilir. Gelecekteki araştırmalar için bir diğer alan, fermentasyon sürecini iyileştirebilecek ve silajın besinsel kalitesini artırabilecek yeni katkı maddeleri ve inokülantların geliştirilmesidir. Son olarak, özellikle sera gazı emisyonları ve besin

maddesi akışı açısından silaj üretiminin çevresel etkilerine yönelik araştırmalar, daha sürdürülebilir uygulamalar geliştirmek için gereklidir. Yüksek kaliteli yem talebi artmaya devam ettikçe, silaj üretimindeki yenilikler hem hayvancılık üreticilerinin hem de çevrenin ihtiyaçlarını karşılamak için kilit öneme sahip olacaktır.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Silajların Hazırlanması

Çalışmada silaj materyali olarak tef ve guar fasülyesi kullanılmıştır.

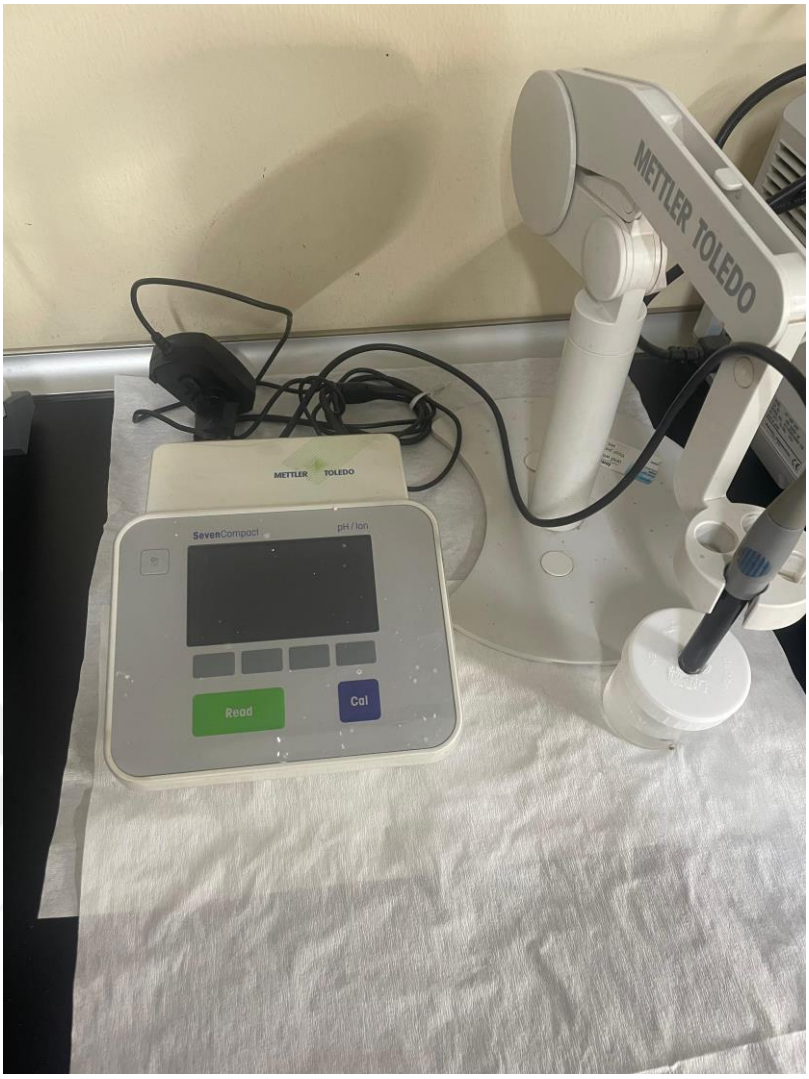
Sakız fasulyesi bakla tutma döneminde tef ise süt-hamur olum dönemde biçilmiştir. Bitkiler kıyıcı kullanılarak 2-3 cm uzunluğunda doğranmıştır. Örnekler T100: %100 Tef, T75G25: %75 Tef+%25 guar fasulyesi, T50G50: %50 Tef +%50 guar fasulyesi, T25G75: %25 Tef +%75 guar fasulyesi ve G100: %100 guar fasulyesi şeklinde hazırlanmıştır. Doğranmış örnekler homojen bir şekilde karıştırılarak 2 kg'lık vakum poşetlerine doldurulduktan sonra havası alınarak ağzı kapatılmış ve karanlık bir ortamda 24±2°C de 60 gün süre ile saklanmıştır. Silajlar üç tekerrürlü olarak hazırlanmıştır.

2.2. Biyokimyasal analizler

60 gün sonra açılan silajdan alınan 30 g örnek 270 ml saf su ile karıştırılarak pH ölçümü yapılmıştır. Silajdan alınan 500 g örnek 70 °C'de ağırlığı sabit kalıncaya kadar etüvde kurutularak kuru madde oranı belirlenmiştir. Kurumuş örnekler 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek kimyasal analizler için hazırlanmıştır.

2.2.1. Ph

Her parselden alınan örneklerin silajından 30 g örneğe 270 ml su eklenerek karıştırılacak ve pH metre ile ölçülmüştür.



Şekil 2.1. pH metre

2.2.2. Kuru Madde Oranı (%)

Her parselden alınan örnekle yapılmış silaj örneklerinden alınan 500 g örnek 70 °C'de ağırlığı sabit kalıncaya kadar kurutulmuş ve daha sonra tartılarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.2. Etüv cihazı

2.2.3. Ham protein oranı (%)

1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülen kurutulmuş numunelerden 0.2 g'lık örnekler alınarak, Kjeldahl yöntemi ile azot oranları bulunacaktır. Bulunan azot değerleri 6.25 katsayısı ile çarpılarak numunelerdeki ham protein oranları belirlenecektir (AOAC, 1990).



Şekil 2.3. Ham Protein Cihazı

2.2.4 Asit Deterjanda Çözülmeyen Lif Oranı (%ADF)

ADF analizi için Asit deterjan fiber solüsyonu hazırlanıp filtre torbaları boşken tartılmıştır. Daha sonra 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüş numunelerden yaklaşık 0.5 gr tartılarak torbalara konulmuştur ve torbanın ağzı kapatılarak tartılmıştır. Tartılan numuneler cihaza (ANKOM 200 Fiber Analyzer) yerleştirilip hazırlanan solüsyon eklenerek çalıştırılmıştır. 100 ^{o}C‘de, 60 dakika kaynatıldıktan sonra numuneler iki defa sıcak su ile bir defa soğuk su ile 5’er dk durulandıktan sonra 3 dakika asetonda bekletilmiştir. Asetonu uçurulduktan sonra etüvde 105°C’de 2-4 saat bekletilerek süre sonunda numune tartılıp formülle hesaplanmıştır (Soest, 1963).

2.2.5 Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif Oranı (%NDF)

NDF analizi için Nötral deterjan fiber solüsyonu hazırlanıp filtre torbaları boşken tartılmıştır. Daha sonra 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüş numuneden

yaklaşık 0.5 g torbalara koyulduktan sonra tartılarak ağzı kapatılarak tartılmıştır. Tartılan numuneler cihaza (ANKOM 200 Fiber Analyzer) yerleştirilip ve hazırlanan solüsyon eklenerek çalıştırılmıştır. 100 °C'de, 60 dakika kaynatıldıktan sonra, iki defa sıcak su ile bir defa soğuk su ile 5'er dk durulandıktan ve 3 dakika asetonda bekletilmiştir. Asetonu uçurulduktan sonra etüvde 105 °C'de 2-4 saat bekletilerek süre sonunda numune tartılıp formülle hesaplanmıştır (Soest vd., 1967).



Şekil 2.4. ADF - NDF (Ankom) Cihazı

2.2.6 Ham Kül Oranı (%)

1 g silaj örnekleri porselen kroze içerisinde 550 ºC'de 8 saat süre ile yakılarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.5. Kül Fırını

2.2.7. Ham Yağ Oranı (%)

1 mm elek çapında öğütülen tohum örneklerinde alınan 3 g örnek soxelet kartuşuna konularak eter yardımı ile çözündürülerek yağı alınarak ve 95 ºC'de 1 saat kurutma dolabında bekletildikten sonra desikatörde soğutularak tartılıp formülle hesaplanmıştır (AOAC, 1990).



Şekil 2.6. Ham Yağ Cihazı

2.2.8. Organik (Uçucu yağ) asitleri (laktik, asetik, bütirik ve propiyonik asitler)

2.2.8.1. Organik Asit Analizi İçin Silaj Örneklerinin Ekstraksiyonu

Organik asit analizi için 5 g silaj örneği alınarak %5'lik metafosforik asitte 2 dakika homojenize edilmiştir. Ardından bu örnekler 8000 rpm'de 5 dk santrifüjlenerek üst tabaka alınarak ve membran filtreden geçirildikten sonra HPLC tüplerine aktarılıp analizi yapılmıştır.

2.2.8.2. HPLC Aparatı ve Kolonu

Shimadzu Prominence serisi (Shimadzu, Kyoto, Japan) yüksek basınçlı sıvı kromatografi (HPLC) cihazı kullanılarak silaj örneklerinin organik asit analizi yapılmıştır. Kromotografik ayrışım Eluent A'da %0.5 metafosforik asit ve Eluent B'de asetonitril ile

yapılmıştır. Bütün organik asit ayrışımları süresince akış oranı 0.6 ml/dk olacak ve organik asit analizi için Prodigy 5µ ODS (2) HPLC kolonu kullanılarak DAD detektörü ile analiz yapılmıştır (Barker vd.,1941).

2.3. *İn vitro* gaz ve metan üretimi

İn vitro gaz ve metan ölçümlerin yapılması *İn vitro* gaz ölçümlerinde gerekli olan rumen sıvısı, fistül takılmış üç adet ivesi koyunlarından alınmıştır. Rumen sıvısı alınan ivesi koyunlar sakız fasulyesi ve tef'den oluşan karışımla beslenmiştir. Koyunlara her zaman ulaşabilecekleri su ve yalama taşları sağlanmıştır. Rumen sıvısı sabah yemlemesi yapılmadan önce alınarak dört katlı tülbentten süzülmüş ve 1:2 oranında tampon çözeltiyle karıştırılmıştır. Öğütülmüş örneklerden yaklaşık 0.2 gram 100 ml şırınga içerisine tartılarak konulmuştur. Daha sonra şırınga içerisine 30 ml tamponlanmış rumen sıvısı transfer edilmiştir. İçerisinde örnek ve rumen sıvısı bulunan şırıngalar 39º C ayarlanmış su banyosu içerisine yerleştirilmiştir. Ayrıca örnek içermeyen sadece tamponlanmış rumen sıvısı içeren dört adet şırınga inkübasyona dahil edilmiştir. Bu şırıngalardan elde edilen gaz ölçümleri tüm şırıngalardan elde edilen gazlardan düşürülerek net gaz üretimi belirlenmiştir. Yemler 24 saatlik inkübasyona bırakılarak ve açığa çıkan toplam gazlar belirlenmiştir. Elde edilen gazlar plastik şırınga yardımıyla İnfrared Metan Analiz cihazına (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) transfer edilmiş ve metan üretimi belirlenmiştir (Goel vd., 2008). İnfrared Metan Analiz cihazına enjekte edilen gazın içerisindeki metanı % olarak ölçülmüştür. Metan üretimini hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

Metan üretimi (ml)= Toplam gaz (mL) X Metan (%)

2.3.1.Yemlerin metabolik enerji (ME) değeri ve sindirilebilir organik maddenin (SOM) belirlenmesi

Yemlerin metabolik enerji içeriği, yirmi dört saatlik gaz üretimi ve kimyasal kompozisyonlarına ait bazı parametreler kullanılarak aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır (Menke vd., 1988).

SOM, % = 15.38 + 0.8453 x GÜ+ 0.0595 X HP + 0.0675 x HK

ME, MJ/kg KM= 2.20 + 0.1357x GÜ + 0.0057 x HP+ 0.0012859 x HY^2

Bu eşitliklerde;

SOM = sindirilebilir organik madde

ME = metabolik enerji

GÜ = Yirmi dört saatlik gaz üretimi (ml)

HP = Ham protein (g/kg/kuru madde)

HY: Ham yağ (g/kg/kuru madde)

HK: Ham kül (g/kg/kuru madde)

Sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi ve nispi yem değeri aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır (Rohweder vd., 1978).

Sindirilebilir kuru madde (% SKM) = 88.9- (0.779 x %ADF)

Kuru madde tüketimi (%KMT) = 120 / %NDF

Nispi yem değeri (NYD) = (%SKM x %KMT) /1.29

2.4. İstatistiksel Analizler

Araştırma sonucu elde edilen bulgular, (SAS analysis software, 1999) paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Bulunan ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığı LSD testi ile belirlenmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Bulgular

3.1.1. ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif %)

Tef ve Guar Karışım silajının ADF değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre ADF değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.63 olmuştur.

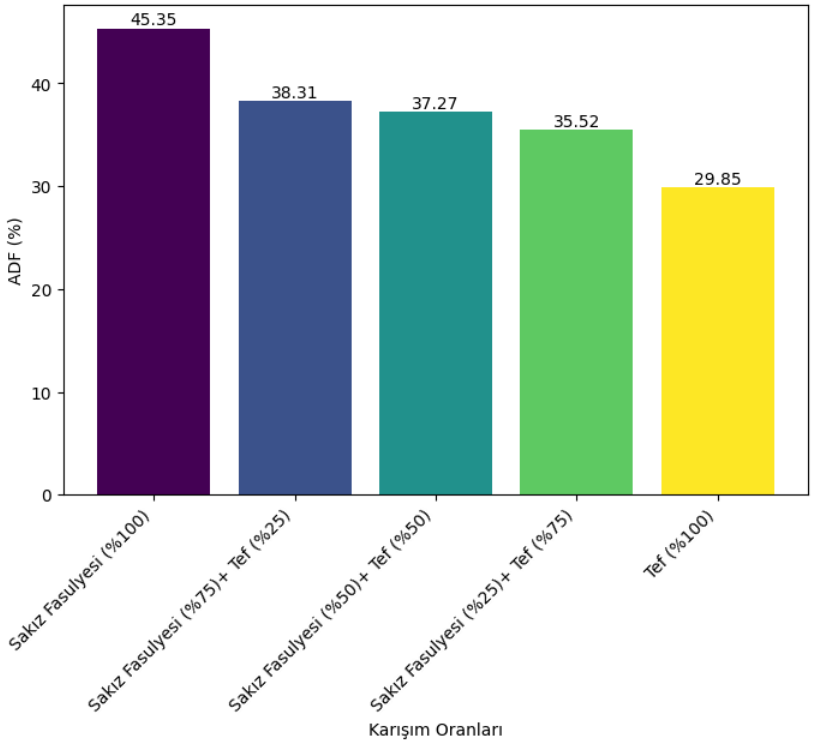
Tablo 3.1. Tef ve Guar Karışım Silajının ADF Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.51	0.25	
Karışım	4	373.13	93.28	251.99**
Hata	8	2.96	0.37	
Genel	14	376.60		
Değişim Katsayısı %1.63				
**: P ≤0.01				

Tabloda 3.2'de görüldüğü üzere, %100 Guar içeren örnek en yüksek ADF değerine (%45.35) sahip iken, %100 Tef içeren numune en düşük ADF değerine (%29.85) sahiptir. Guar oranının azaldığı karışımlarda ADF değerlerinin de azaldığı gözlemlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda gruplar arası farkın önemli olduğu belirlenmiştir (LSD=1,15, p≤0,01). Buna göre, Guar oranının artmasıyla silajların yapısını oluşturan hücre çeperi bileşeni olan selüloz miktarının arttığı söylenebilir. Sonuç olarak, bu çalışmada elde ettiğim ADF verileri, Tef ve Guar karışım silajlarının besin değerleri üzerine Guar oranının etkisini ve oran artışıyla silaj kalitesinin azaldığını göstermektedir.

Tablo 3.2. Tef ve Guar Karışım Silajının ADF Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**ADF (%)**
Guar (%100)	45.35[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	38.31[b]
Guar (%50)+ Tef (%50)	37.27[b]
Guar (%25)+ Tef (%75)	35.52[c]
Tef (%100)	29.85[d]
Asgari Önem Farkı (LSD)	1.15
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.1. Tef ve Guar Karışım Silajının ADF Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.2. NDF (Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif %)

Tef ve Guar karışım silajının NDF değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.3.'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre NDF değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.65 olmuştur.

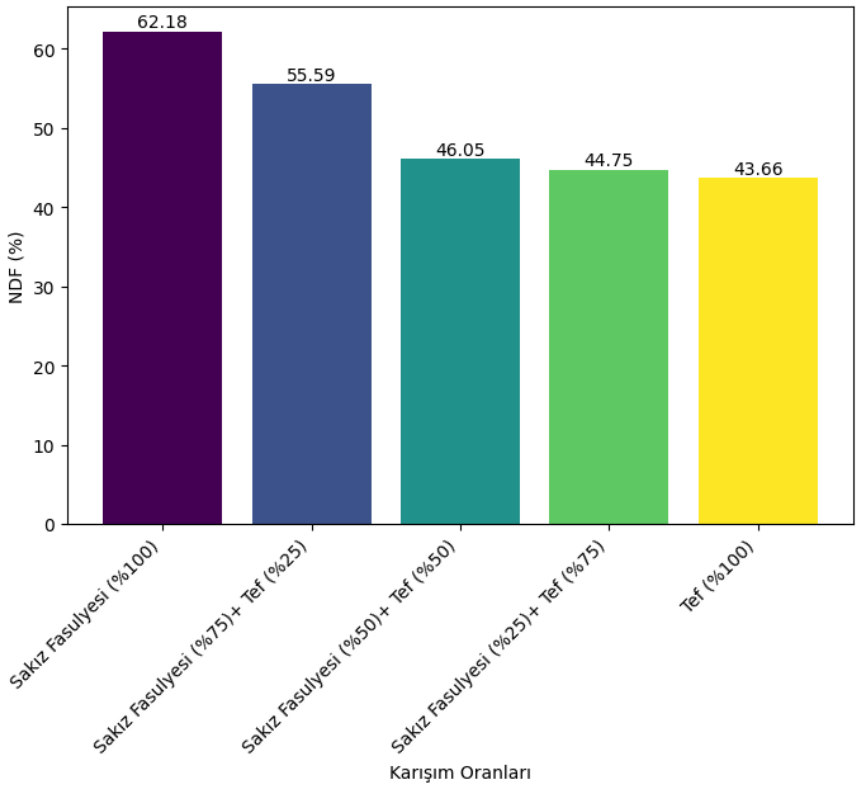
Tablo 3.3. Tef ve Guar Karışım Silajının NDF Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.88	0.44	
Karışım	4	785.65	196.41	282.12**
Hata	8	5.57	0.70	
Genel	14	792.10		
Değişim Katsayısı % 1.65				
**: P ≤ 0.01				

Tablo 3.4.Tabloda gösterildiği gibi, %100 Guar içeren numune en yüksek ortalama NDF değerine sahip olup 62,18%'dir. %100 Tef içeren numune ise en düşük ortalama değer olan %43,66'ya sahiptir. Guar oranları azaldıkça, karışımlardaki NDF seviyeleri de düşmüştür. Örneğin, %25 Guar + %75 Tef içeren numune %44,75 NDF değerine sahip olmuştur. Yapılan istatistiki analizler, gruplar arasındaki farkların anlamlı olduğunu göstermiştir (LSD= 1,57, p≤0,01). Sonuçlar, Guar katılım oranının artmasının hücre çeperi bileşenlerini yansıtan NDF içeriğini artırdığını göstermektedir. Çalışmam sonucunda elde edilen NDF verileri, Tef ve Guar karışım silajlarının besin değerleri üzerine değişen Guar oranının etkisini ve oran artışıyla lif miktarının yükseldiğini göstermektedir.

Tablo 3.4. Tef ve Guar Karışım Silajının NDF Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**NDF (%)**
Guar (%100)	62.18^{a}
Guar (%75)+ Tef (%25)	55.59^{b}
Guar (%50)+ Tef (%50)	46.05^{c}
Guar (%25)+ Tef (%75)	44.75^{cd}
Tef (%100)	43.66^{d}
Asgari Önem Farkı (LSD)	1.57
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.2. Tef ve Guar Karışım Silajının NDF Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.2. Ham Yağ Oranı (%)

Tef ve Guar karışım silajının yağ değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.5.'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Ham yağ değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.69 olmuştur.

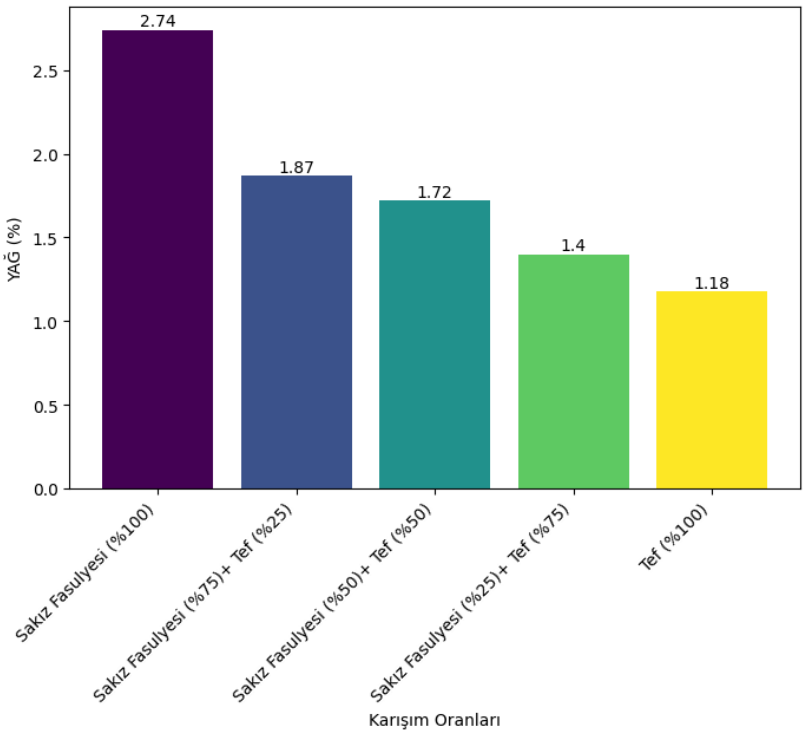
Tablo 3.5. Tef ve Guar Karışım Silajının Yağ Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.001	0.0005	
Karışım	4	4.31	1.08	1189.61**
Hata	8	0.007	0.0009	
Genel	14	4.32		
Değişim Katsayısı % 1.69				
**: P ≤0.01				

Tablo 3.6'da, değişik oranlarda Tef ve Guar karışımlarıyla hazırlanan silajların yağ içeriğine ilişkin ortalama değerler sunulmaktadır. En yüksek yağ içeriği %2,74 ile %100 Guar uygulamasında bulunmuştur. En düşük yağ içeriği ise %1,18 ile %100 Tef uygulamasında tespit edilmiştir. Karışımlardaki Tef oranı arttıkça yağ içeriği genel olarak azalmıştır. %75 Guar +%25 Tef uygulamasında yağ içeriği %1,87, %50 Guar + %50 Tef uygulamasında %1,72 ve %25 Guar + %75 Tef uygulamasında ise %1.40 olarak bulunmuştur. Guar oranının yüksek, Tef oranının ise düşük olduğu karışımlarda yağ içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 3.6. Tef ve Guar Karışım Silajının Yağ Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Ham Yağ Oranı (%)**
Guar (%100)	2.74[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	1.87[b]
Guar (%50)+ Tef (%50)	1.72[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	1.40[d]
Tef (%100)	1.18[e]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.06
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.3. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Yağ Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.3.Ham Kül Oranı (%)

Tef ve Guar karışım silajının ham kül değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.7.'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre ham kül değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.67 olmuştur.

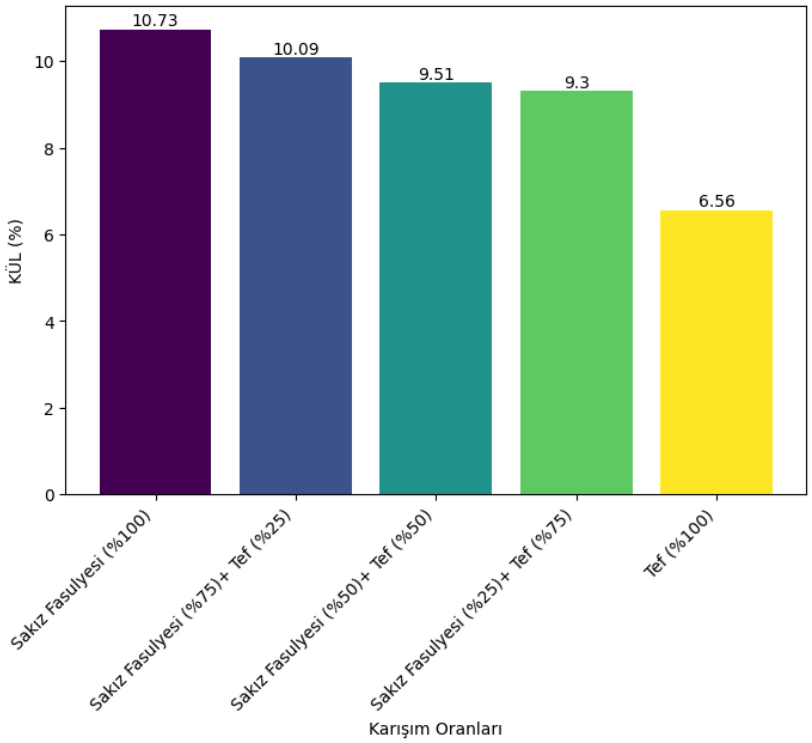
Tablo 3.7. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Kül Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.03	0.01	
Karışım	4	30.55	7.64	319.57**
Hata	8	0.19	0.02	
Genel	14	30.77		
Değişim Katsayısı % 1.67				
**: $P \leq 0.01$				

Tablo 3.8.'de Tef ve Guar karışımı silajlarının farklı oranlardaki kül değerlerine ait ortalama değerleri görülmektedir. En yüksek ortalama kül değeri %10.73 ile %100 Guar silajında görülmüştür. Tef oranının artmasıyla karışımlardaki ortalama kül değeri azalmıştır. En düşük ortalama kül değeri %6.56 ile %100 Tef silajında belirlenmiştir. Guar oranının yükselmesiyle kül değerinin arttığı görülmüştür.

Tablo 3.8. Tef ve Guar Karışım Silajının Kül Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Ham kül oranı (%)**
Guar (%100)	10.73^{a}
Guar (%75)+ Tef (%25)	10.09^{b}
Guar (%50)+ Tef (%50)	9.51^{c}
Guar (%25)+ Tef (%75)	9.30^{c}
Tef (%100)	6.56^{d}
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.29
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.4. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Kül Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.4. Ham Protein Oranı (%)

Tef ve Guar karışım silajının protein değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.9.'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre protein değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %2.6 olmuştur.

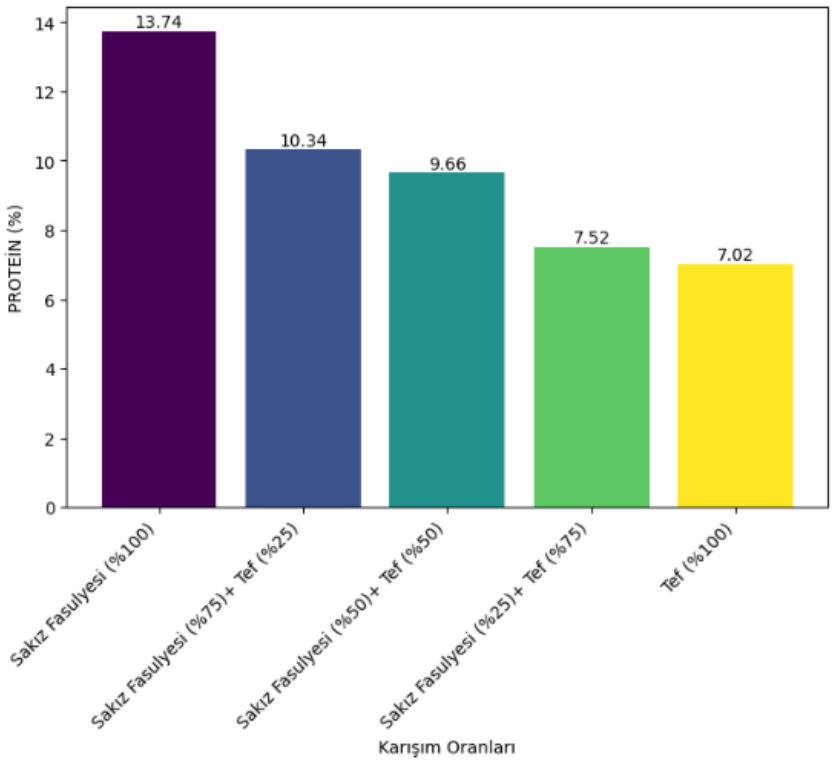
Tablo 3.9. Tef ve Guar Karışım Silajının Protein Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.07	0.04	
Karışım	4	86.03	21.51	341.75**
Hata	8	0.50	0.06	
Genel	14	86.60		
Değişim Katsayısı % 2.6				
**: P ≤0.01				

Tablo 3.10.'da Tef ve Guar karışımında farklı oranlarda oluşturulan silaj karışımlarının ortalama protein yüzde değerlerini göstermektedir. Guar oranı arttıkça silaj karışımının ham protein içeriğinin de arttığı gözlemlenmektedir. En yüksek protein oranı guar (%100) silaj örneğinde %13.74 ile görülmüş, en düşük oran ise tef (%100) silaj örneğinde %7.02 tespit edilmiştir. Bu sonuç, guar bitkisinin tefe kıyasla daha yüksek protein içeriğine sahip olduğunu ve karışım oranının bu değeri doğrudan etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, tef oranı arttıkça ham protein içeriğinde belirgin bir azalma olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 3.10. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Protein Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**HM Protein Oranı(%)**
Guar (%100)	13.74[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	10.34[b]
Guar (%50)+ Tef (%50)	9.66[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	7.52[d]
Tef (%100)	7.02[e]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.47
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.5. Tef ve Guar Karışım Silajının Ham Protein Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.5. Kuru Madde Oranı (%)

Tef ve Guar karışım silajının kuru madde değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.11.'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre kuru madde değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.62 olmuştur.

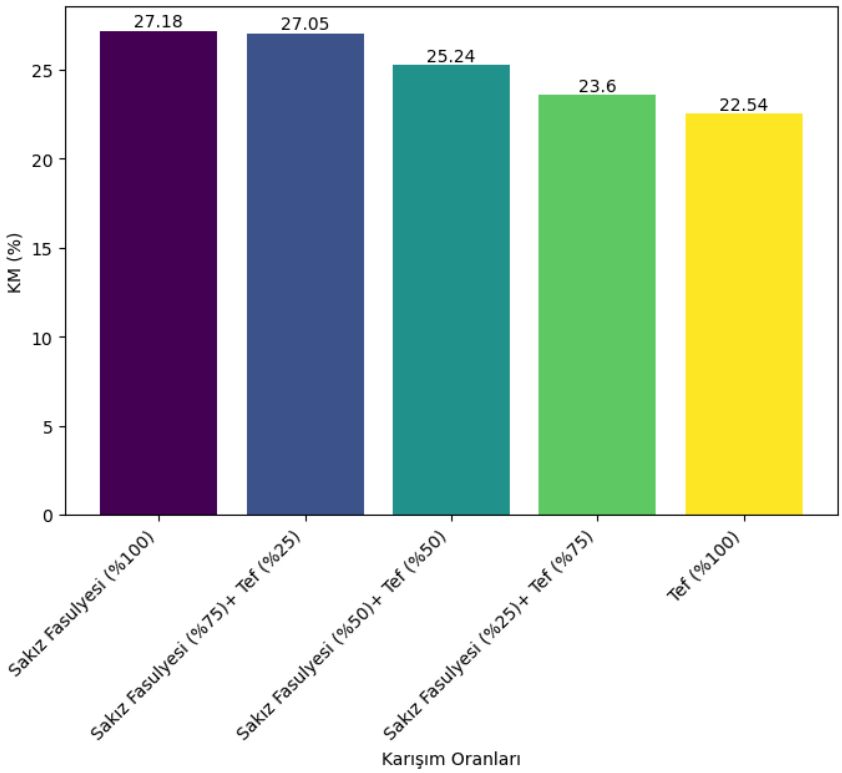
Tablo 3.11. Tef ve Guar Karışım Silajının Kuru Madde Oranı Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.23	0.11	
Karışım	4	50.87	12.72	77.09**
Hata	8	1.32	0.16	
Genel	14	52.41		
Değişim Katsayısı % 1.62				
**: P ≤0.01				

Tablo 3.12.'de Tef ve Guar karışımı silajlarının farklı oranlardaki kuru madde değerlerine ait ortalama değerleri görülmektedir. En yüksek ortalama kuru madde değeri %27.18 ile %100 Guar silajında görülmüştür. Bu durum Guarın besin değeri açısından zengin bir kaynak olduğunu göstermektedir. Örneğin, %75 Guar+ %25 Tef karışımı, %100 Guar silajına %27.05 ile yakın kuru madde değeri sunarken, %50 Guar + %50 Tef karışımı belirgin bir düşüşle 25.24% seviyesine gerilemektedir. Böylece Guar oranı azaldıkça, KM değerlerinin de düştüğü gözlemlenmektedir. En düşük ortalama kuru madde değeri %22.54 ile %100 Tef silajında belirlenmiştir. Bu durum, Tefin besin içeriğinin Guara göre daha düşük olduğunu ve dolayısıyla silaj kalitesinin de etkilenebileceğini göstermektedir.

Tablo 3.12. Tef ve Guar Karışım Silajının Kuru Madde Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Kuru Madde Oranı (%)**
Guar (%100)	27.18[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	27.05[a]
Guar (%50)+ Tef (%50)	25.24b
Guar (%25)+ Tef (%75)	23.60[c]
Tef (%100)	22.54[d]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.76
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.6. Tef ve Guar Karışım Silajının Kuru Madde Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.6. pH

Tef ve Guar karışım silajının pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.13.'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre pH değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %0.3 olmuştur.

Tablo 3.13. Tef ve Guar Karışım Silajının pH Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

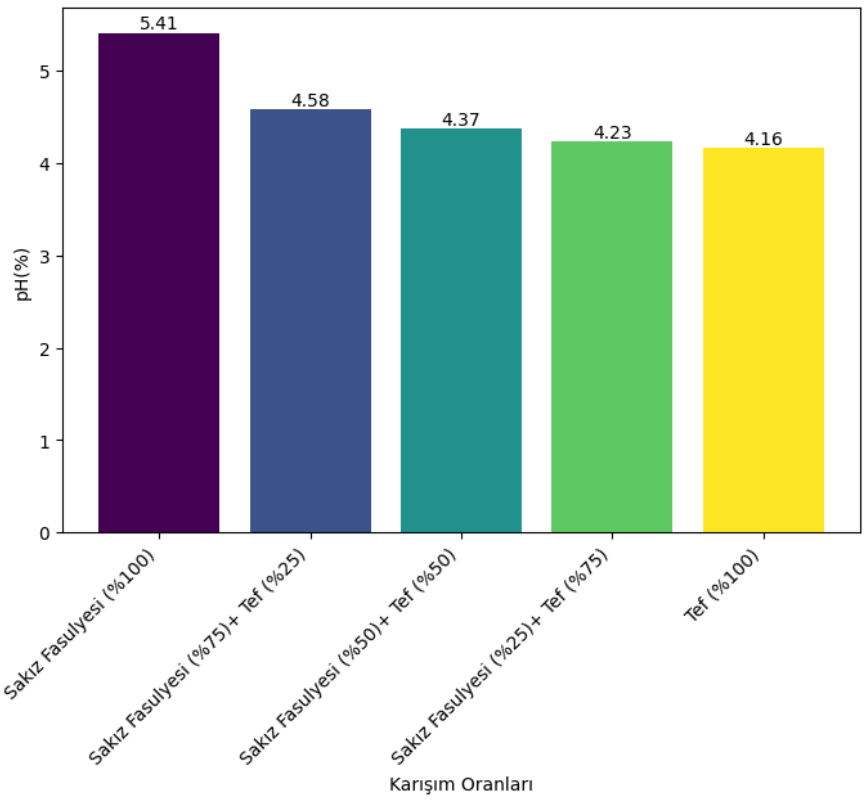
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.00004	0.00002	
Karışım	4	3.08	0.77	3499.14**
Hata	8	0.002	0.0002	
Genel	14	3.08		
Değişim Katsayısı % 0.3				
**: $P \leq 0.01$				

Tablo 3.14.'te, Tef ve Guar karışımı silajlarının farklı oranlarda pH değerlerine ait ortalama değerler görülmektedir. En yüksek ortalama pH değeri %100 Guar silajı muamelesinde 5,41 olarak bulunmuştur. Tef ilavesinin arttığı karışımlarda pH değerleri

azalmıştır. En düşük ortalama pH değeri %100 Tef silajı muamelesinde 4,16 olarak gözlenmiştir. Karışımlarda tefin oranına bağlı olarak Guar tek başına kullanılarak hazırlanan silajlara kıyasla pH değerlerini düşürdüğü görülmüştür.

Tablo 3.14. Tef ve Guar Karışım Silajının pH Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**pH**
Guar (%100)	5.41[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	4.58[b]
Guar (%50)+ Tef (%50)	4.37[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	4.23[d]
Tef (%100)	4.16[e]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.03
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.7. Tef ve Guar Karışım Silajının pH Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.7. Laktik Asit Oranı (%)

Tef ve Guar karışım silajının laktik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.15'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre laktik asit değerleri bakımından tef

ve guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.53 olmuştur.

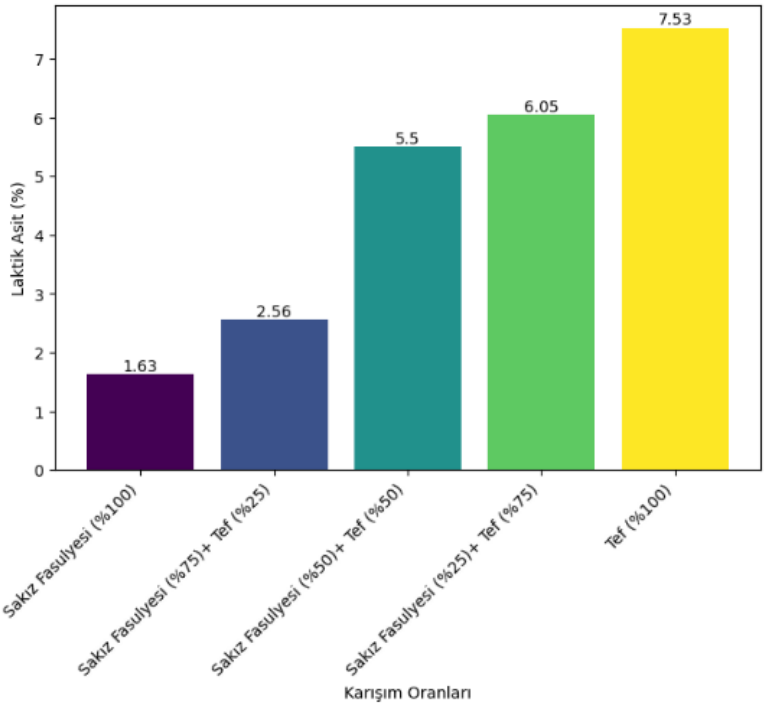
Tablo 3.15. Tef ve Guar Karışım Silajının Laktik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.01	0.006	
Karışım	4	73.42	18.36	3627.52**
Hata	8	0.04	0.005	
Genel	14	73.47		
Değişim Katsayısı % 1.53				
**: P ≤ 0.01				

Tablo 3.16'da Tef ve Guar karışım silajının laktik asit değerlerine ait ortalama değerleri gösterilmektedir. Tef oranının artmasıyla karışımlardaki laktik asit yüzdesi artmıştır. En yüksek laktik asit yüzdesi %7.53 ile %100 Tef silajından elde edilirken, bunu %6.05 ile %25 Guar+%75 Tef karışımı takip etmiştir. %50 Guar+%50 Tef karışımı ortalama %5.50 laktik asit içermiştir. En düşük laktik asit seviyeleri %100 Guar silajı ve %75 Guar+%25 Tef karışımında sırasıyla %1.63 ve %2.56 laktik asit ile gözlenmiştir. Böylece, fermantasyon kalitesinin laktik asit yüzdesi ile ölçüldüğü karışımlardaki Tef oranının laktik asit üretimini artırdığını gösteren önemli derecede etkilediği anlaşılmaktadır.

Tablo 3.16 Tef ve Guar Karışım Silajının Laktik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Laktik asit(%)**
Guar (%100)	1.63^{e}
Guar (%75)+ Tef (%25)	2.56^{d}
Guar (%50)+ Tef (%50)	5.50^{c}
Guar (%25)+ Tef (%75)	6.05^{b}
Tef (%100)	7.53^{a}
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.13
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.8. Tef ve Guar Karışım Silajının Laktik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.8. Asetik Asit (%)

Tef ve Guar karışım silajının asetik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.15'te verilmiştir. Asetik asit sonuçlarına göre asetik asit değerleri bakımından tef ve guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.53 olmuştur.

Tablo 3.17. Tef ve Guar Karışım Silajının Asetik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

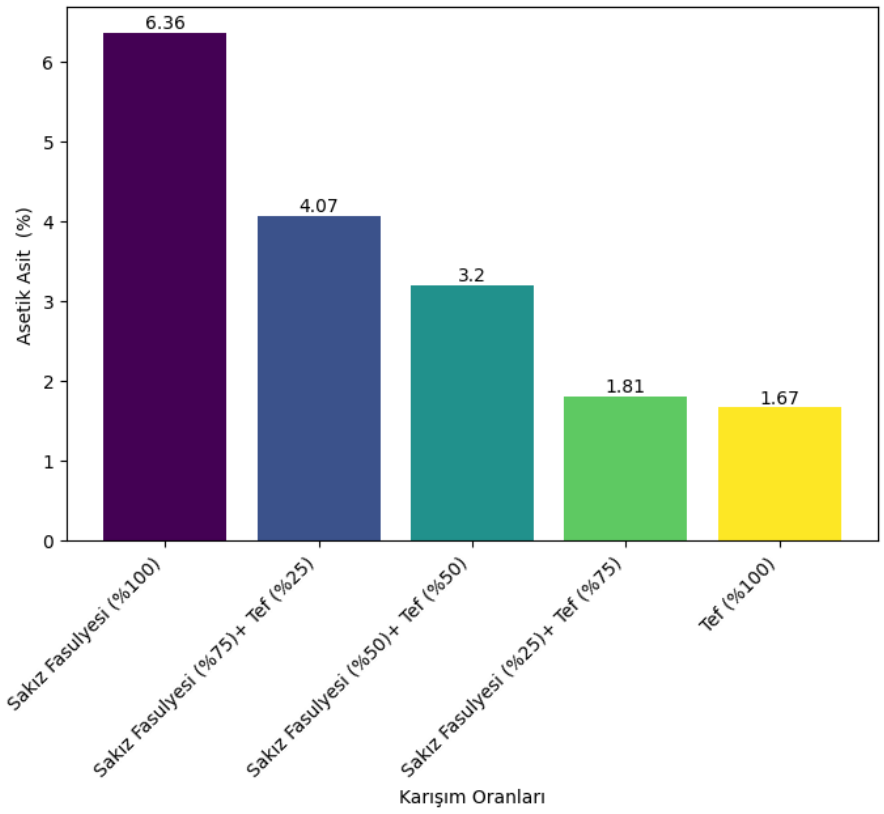
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.004	0.002	
Karışım	4	44.27	11.07	2582.72**
Hata	8	0.03	0.004	
Genel	14	44.31		
Değişim Katsayısı % 1.91				
**: P ≤0.01				

Tablo 3.18'de, Tef ve Guar karışımı silajlarının farklı karışım oranlarında asetik asit ortalama değerleri görülmektedir. En yüksek asetik asit değeri %6.36 ile %100 Guar

silajında görülmüştür. Bu durum, Guar'ın fermantasyon sürecinde yüksek miktarda asetik asit ürettiğini göstermektedir. %75 Guar+%25 Tef karışım silajı, %100 Guar silajına göre önemli bir azalma ile %4.07 seviyesine gerilemektedir. Guar oranı azaldıkça belirgin bir düşüş göstermektedir. En düşük asetik asit değeri %1.67 ile %100 Tef silajında belirlenmiştir. Bu durum, Tefin silaj fermantasyon süreçlerinde daha az asetik asit ürettiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 3.18. Tef ve Guar Karışım Silajının Asetik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Asetik asit(%)**
Guar (%100)	6.36[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	4.07[b]
Guar (%50)+ Tef (%50)	3.20[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	1.81[d]
Tef (%100)	1.67[e]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.12
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.9. Tef ve Guar Karışım Silajının Asetik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.9. Bütirik Asit (%)

Tef ve Guar karışım silajının bütirik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.19.'da verilmiştir. Bütirik Asit sonuçlarına göre bütirik asit değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %2.49 olmuştur.

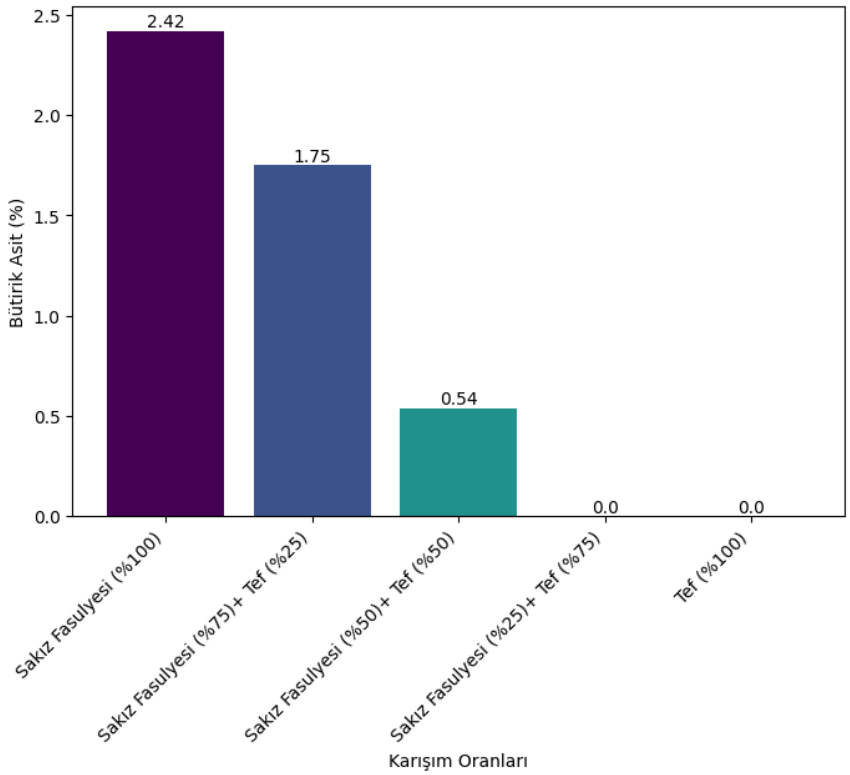
Tablo 3.19. Tef ve Guar Karışım Silajının Bütirik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.0001	0.00006	
Karışım	4	14.30	3.57	6478.96**
Hata	8	0.004	0.0006	
Genel	14	14.30		
Değişim Katsayısı % 2.49				
**: $P \leq 0.01$				

Tablo 3.20.'de Tef ve Guar karışımlarının farklı oranlarındaki silajların bütirik asit değerlerine ait ortalama değerleri göstermektedir. Tef oranının karışımlarda artmasıyla bütirik asit seviyeleri azalmıştır. En yüksek bütirik asit seviyesi %2,42 ile %100 Guar karışımında bulunmuştur. %25 Guar + %75 Tef ve %100 Tef karışımları %0,00 seviyesinde en düşük değerleri vermiştir.

Tablo 3.20. Tef ve Guar Karışım Silajının Bütirik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Bütirik asit (%)**
Guar (%100)	2.42^{a}
Guar (%75)+ Tef (%25)	1.75^{b}
Guar (%50)+ Tef (%50)	0.54^{c}
Guar (%25)+ Tef (%75)	0.00^{d}
Tef (%100)	0.00^{d}
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.04
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.10. Tef ve Guar Karışım Silajının Bütirik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.10. Propiyonik Asit (%)

Tef ve Guar karışım silajının propiyonik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.21.'de verilmiştir. Propiyonik asit sonuçlarına göre propiyonik asit değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.93 olmuştur.

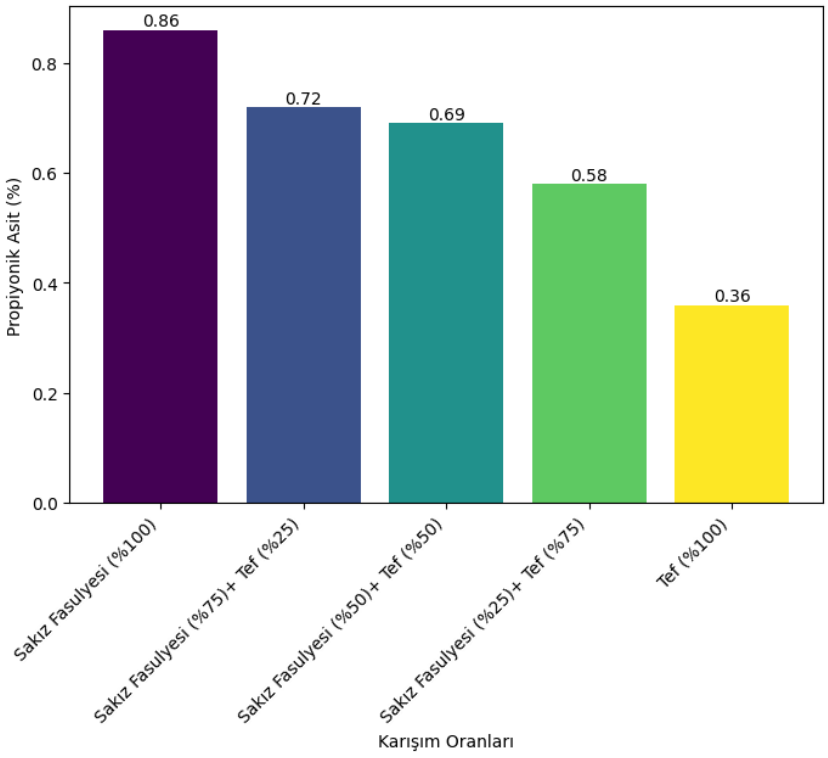
Tablo 3.21. Tef ve Guar Karışım Silajının Propiyonik Asit Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.0002	0.00009	
Karışım	4	0.43	0.11	700.26**
Hata	8	0.001	0.0002	
Genel	14	0.43		
Değişim Katsayısı % 1.93				
**: P ≤ 0.01				

Tablo 3.22.'de beş farklı oranda Tef ve Guar karışımı silaj karışımlarının propiyonik asit ortalama değerlerini göstermektedir. En yüksek ortalama propiyonik asit değeri %100 Guar içeren silaj karışımında %0,86 olarak bulunmuştur. En düşük ortalama değer ise %100 Tef içeren silaj karışımında %0,36 olarak ölçülmüştür. Karışımlardaki Tef oranı arttıkça ortalama propiyonik asit değerinde azalan bir eğilim gözlenmiştir. %75 Guar + %25 Tef karışımının ortalama değeri %0,72, %50 Guar + %50 Tef karışımının ortalama değeri %0,69 ve %25 Guar + %75 Tef karışımının ortalama değeri %0,58 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.22. Tef ve Guar Karışım Silajının Propiyonik Asit Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Propiyonik asit (%)**
Guar (%100)	0.86[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	0.72[b]
Guar (%50)+ Tef (%50)	0.69[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	0.58[d]
Tef (%100)	0.36[e]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.02
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.11. Tef ve Guar Karışım Silajının Propiyonik Asit Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.11. Etanol (EtOH)

Tef ve Guar karışım silajının etanol değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.23.'te verilmiştir. Etanol sonuçlarına göre etanol değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %2.16 olmuştur.

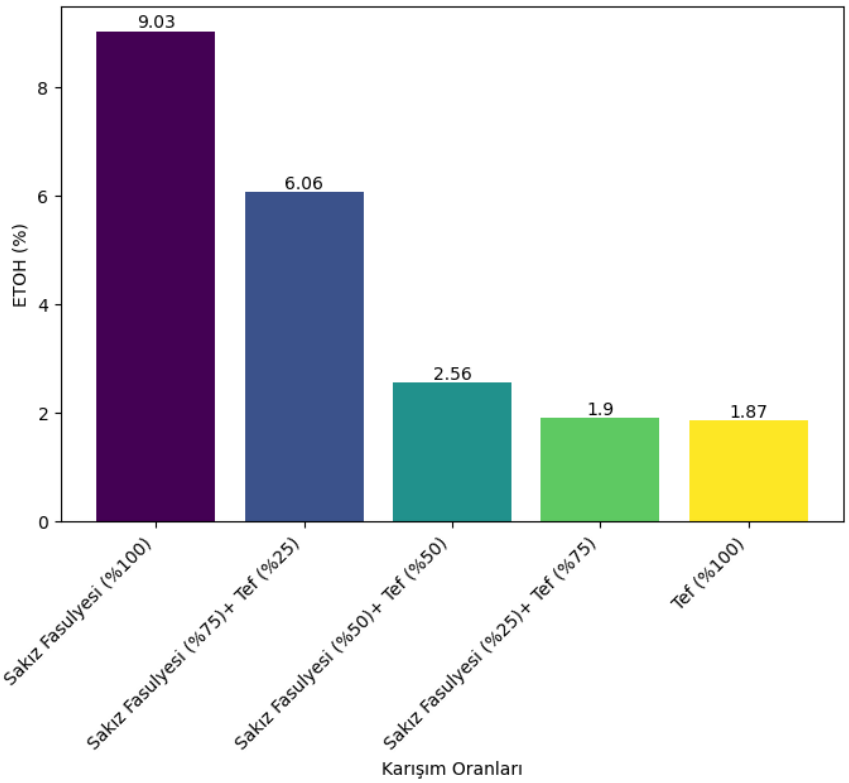
Tablo 3.23. Tef ve Guar Karışım Silajının ETOH Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.005	0.002	
Karışım	4	120.62	30.15	3535.04**
Hata	8	0.07	0.009	
Genel	14	120.69		
Değişim Katsayısı % 2.16				
**: P ≤ 0.01				

Tablo3.24'te farklı oranlardaki Tef ve Guar karışımı silajlarının ortalama etanol (ETOH) değerleri görülmektedir. Ortalama en yüksek ETOH değeri %100 Guar silajı için %9,03 olarak kaydedilmiştir. Guar ve Tefin karışımından elde edilen silajlar %100 Guar silajından daha düşük ETOH değerlerine sahiptir. %75 Guar + %25 Tef karışımı ve %100 Tef arasında istatistiki fark olmayan en düşük ortalama ETOH değerleri sırasıyla %6,06 ve %1,87 olarak belirlenmiştir. %50 Guar + %50 Tef karışımının ortalama ETOH değeri %2,56 iken, %25 Guar + %75 Tef karışımınınki %1,90 olarak kaydedilmiştir.

Tablo 3.24. Tef ve Guar Karışım Silajının ETOH Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**ETOH (%)**
Guar (%100)	9.03[a]
Guar (%75)+ Tef (%25)	6.06[b]
Guar (%50)+ Tef (%50)	2.56[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	1.90[d]
Tef (%100)	1.87[d]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.17
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.12. Tef ve Guar Karışım Silajının Etanol Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.12. *İn vitro* gaz üretimi (ml)

Tef ve Guar karışım silajının *in vitro* gaz değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.25'te verilmiştir. *İn vitro* gaz sonuçlarına göre *in vitro* gaz değerleri bakımından Tef ve Guar karışım silajının arasındaki farklar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.49 olmuştur.

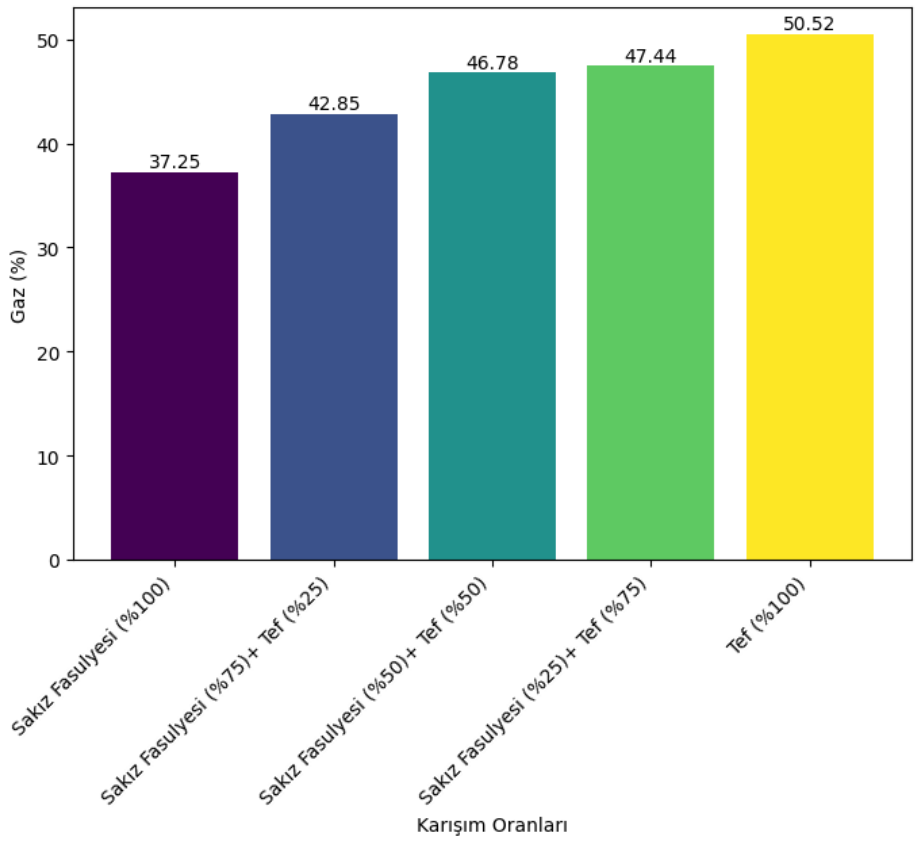
Tablo 3.25. Tef ve Guar Karışım Silajının *İn Vitro* Gaz Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.49	0.25	
Karışım	4	312.92	78.23	174.28**
Hata	8	3.59	0.45	
Genel	14	317.00		
Değişim Katsayısı % 1.49				
**: $P \leq 0.01$				

Tablo 3.26'da Tef ve Guar karışımı silajının ortalama *in vitro* gaz değerlerini göstermektedir. En yüksek gaz üretimi %100 Tef silajında 50,52 ml ile gözlenmiştir. En düşük gaz üretimi ise %100 Guar silajında ortalama 37,25 ml ile gözlenmiştir. Tef oranının karışımlardaki artışı, ortalama gaz yüzdesini de artırmıştır. Ortalama gaz yüzdesi %75 Guar + %25 Tef karışımı için 42,85 ml, %50 Guar + %50 Tef karışımı için 46,78 ml ve %25 Guar + %75 Tef karışımı için 47,44 ml olarak bulunmuştur

Tablo 3.26. Tef ve Guar Karışım Silajının İn vitro Gaz Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Gaz(%)**
Guar (%100)	37.25^{d}
Guar (%75)+ Tef (%25)	42.85^{c}
Guar (%50)+ Tef (%50)	46.78^{b}
Guar (%25)+ Tef (%75)	47.44^{b}
Tef (%100)	50.52^{a}
Asgari Önem Farkı (LSD)	1.26
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.13. Tef ve Guar Karışım Silajının *İn Vitro* Gaz Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.13. Metan üretimi (ml)

Tef ve Guar karışım silajının metan üretimi değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.27.'de verilmiştir. Metan üretimi sonuçlarına göre Tef ve Guar karışım oranının metan üretimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %2.07 olmuştur.

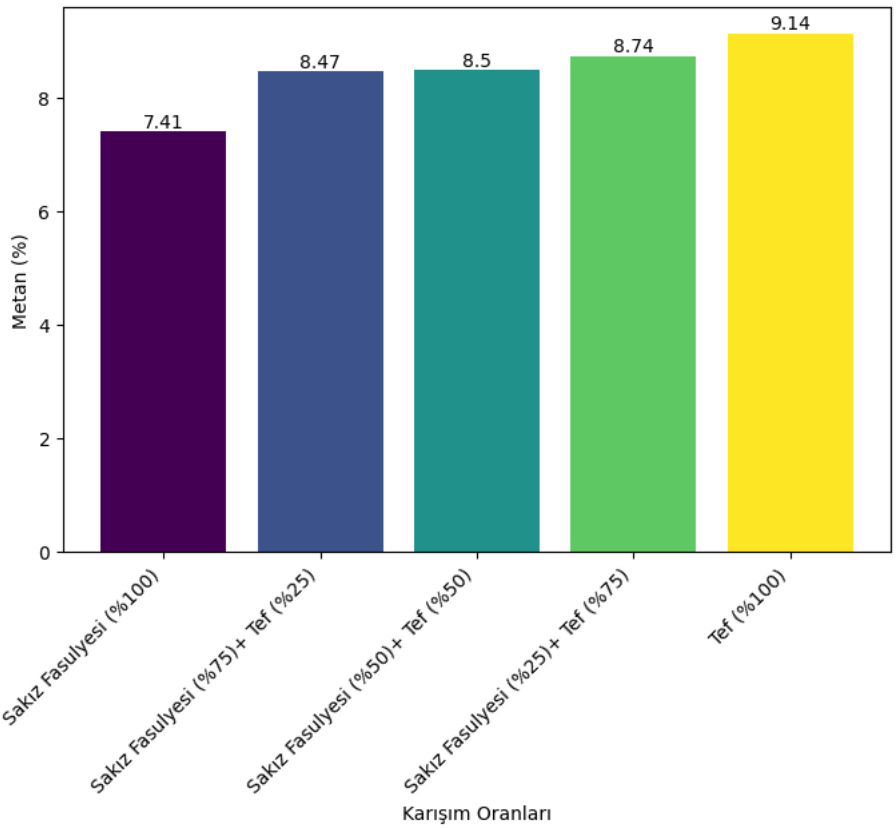
Tablo 3.27. Tef ve Guar Karışım Silajının Metan Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.08	0.04	
Karışım	4	4.95	1.24	40.60**
Hata	8	0.24	0.03	
Genel	14	5.27		
Değişim Katsayısı % 2.07				
**: P ≤0.01				

Tablo 3.28'de, Tef ve Guar karışımı silajlarının farklı oranlardaki karışımları için ortalama metan değerlerini göstermektedir. En düşük metan değeri %7,41 ile %100 Guar silajında görülmüştür. %75 ve %50 Guarın Tef ile karıştırıldığı silaj karışımları sırasıyla %8,47 ve %8,50'lik ortalama metan değerlerine sahip olup aralarındaki fark önemsizdir. En yüksek metan değeri %9,14 ile %100 Tef silajında belirlenmiştir. %25 Guar + %75 Tef içeren silajın sonraki en yüksek değeri %8,74'tür Tef ve Guar içeren silaj karışımlarındaki değişen oranlara göre ortalama metan değerlerini, en yüksek değerlerin Tef içeren silajlarda, en düşük değerlerin ise Guar oranı yüksek olan silajlarda görüldüğünü göstermektedir.

Tablo 3.28. Tef ve Guar Karışım Silajının Metan Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Metan(ml)**
Guar (%100)	7.41^{c}
Guar (%75)+ Tef (%25)	8.47^{b}
Guar (%50)+ Tef (%50)	8.50^{b}
Guar (%25)+ Tef (%75)	8.74^{b}
Tef (%100)	9.14^{a}
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.33
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.14. Tef ve Guar Karışım Silajının Metan Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.14. Metabolik Enerji (MJ kg/KM)

Tef ve Guar karışım silajının metabolik enerji değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.29'da verilmiştir. Metabolik enerji sonuçlarına göre Tef ve Guar karışım silajında karışım oranının etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.02 olmuştur.

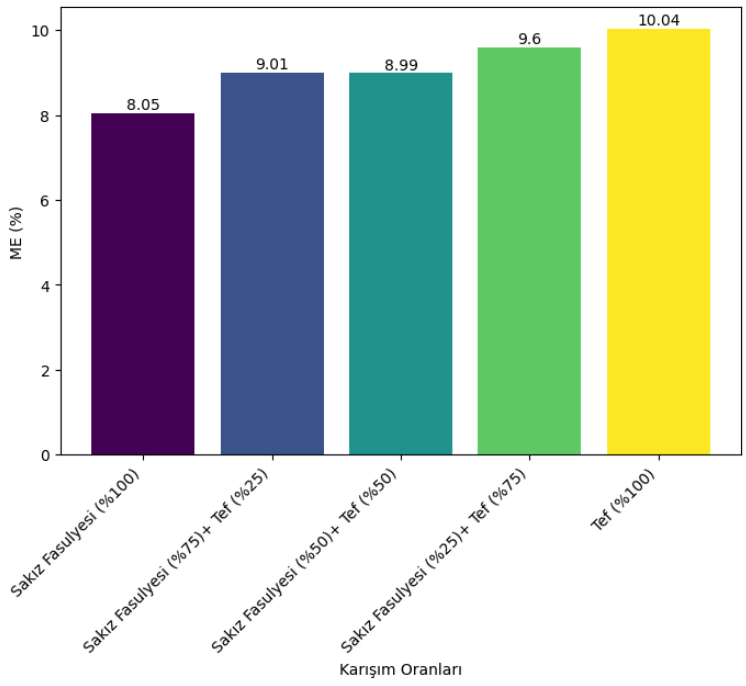
Tablo 3.29. Tef ve Guar Karışım Silajının ME Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.01	0.005	
Karışım	4	6.76	1.69	195.00**
Hata	8	0.07	0.009	
Genel	14	6.84		
Değişim Katsayısı % 1.02				
**: P ≤0.01				

Tabloda 3.30'da farklı oranlardaki Tef ve Guar karışımı silaj karışımlarının ortalama Me değerleri verilmiştir. Ortalama ME değeri %100 Tef karışımında en yüksek 10.04 MJ kg/KM olarak bulunurken, %100 Guar karışımında en düşük 8.05 MJ kg/KM olarak bulunmuştur. %75 Guar + %25 Tef ve %50 Guar + %50 Tef karışımları sırasıyla 9,01 MJ kg/KM ve 8,99 MJ kg/KM, %25 Guar + %75 Tef karışımı ortalama 9,60 MJ kg/KM ME değeriyle ortadaki bir değere sahiptir. Bu sonuçlara göre, silaj karışımlarındaki Guar'ın artan oranlarda Tef ile değiştirilmesi ortalama ME içeriğinin iyileşmesine neden olmuştur. Tüm formüller arasında en yüksek ortalama ME değerine sahip olan %100 Tef karışımı olmuştur.

Tablo 3.30. Tef ve Guar Karışım Silajının Me Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**ME (**MJ kg/KM)
Guar (%100)	8.05[d]
Guar (%75)+ Tef (%25)	9.01[c]
Guar (%50)+ Tef (%50)	8.99[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	9.60[b]
Tef (%100)	10.04[a]
Asgari Önem Farkı (LSD)	0.18
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.15. Tef ve Guar Karışım Silajının Metabolik Enerji Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.15. Organik Madde Sindirim Derecesi (%)

Tef ve Guar karışım silajının OMS değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.31.'de verilmiştir. karışım oranının OMS etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %0.94 olmuştur.

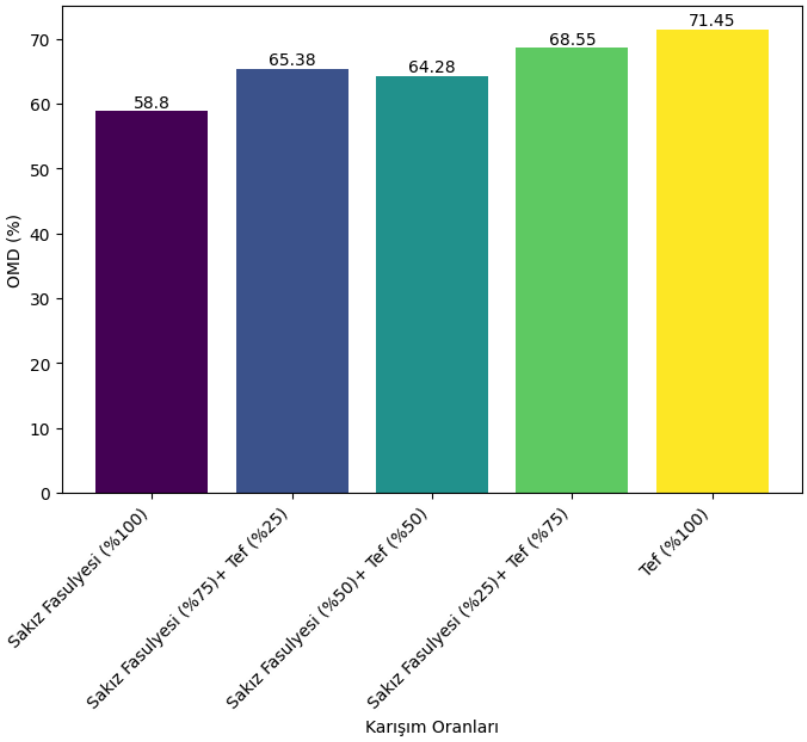
Tablo 3.31. Tef ve Guar Karışım Silajının Organik Madde Sindirim Derecesi Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	0.43	0.22	
Karışım	4	273.04	68.26	179.02**
Hata	8	3.05	0.38	
Genel	14	276.53		
Değişim Katsayısı % 0.94				
**: P ≤0.01				

Tablo 3.32'de Tef ve Guar karışım silajlarının farklı karışım oranlarında ortalama Organik Madde Sindirim Derecesi (OMS) değerlerini sunmaktadır. Beş farklı karışım oranı denenmiştir: % Ortalama en yüksek OMS değeri %100 Tef silajı için 71.45 olarak ölçülmüştür. %25 Guar+%75 Tef karışımı 68.55 değeriyle ikinci sırada yer almıştır. %50 ve %75 Guar içeriğine sahip silajlar yaklaşık %65 civarında benzer OMS değerlerine sahip bulunmuştur. %100 Guar silajının ortalama en düşük OMD değeri 58.80 olarak kaydedilmiştir.

Tablo 3.32. Tef ve Guar Karışım Silajının Organik Madde Sindirim Derecesi Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	**Organik Madde Sindirim Derecesi (%)**
Guar (%100)	58.80[d]
Guar (%75)+ Tef (%25)	65.38[c]
Guar (%50)+ Tef (%50)	64.28[c]
Guar (%25)+ Tef (%75)	68.55[b]
Tef (%100)	71.45[a]
Asgari Önem Farkı (LSD)	1.16
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.16. Tef ve Guar Karışım Silajının Organik Madde Sindirim Derecesi Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

3.16. Fleig Skor

Tef ve Guar karışım silajının Fleig Skor (FS) değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.33.'te verilmiştir. Tef ve Guar karışım silajında karışım oranının fleig skor üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve değişim katsayısı %1.44 olmuştur.

Tablo 3.33. Tef ve Guar Karışım Silajının Fleig Skor Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

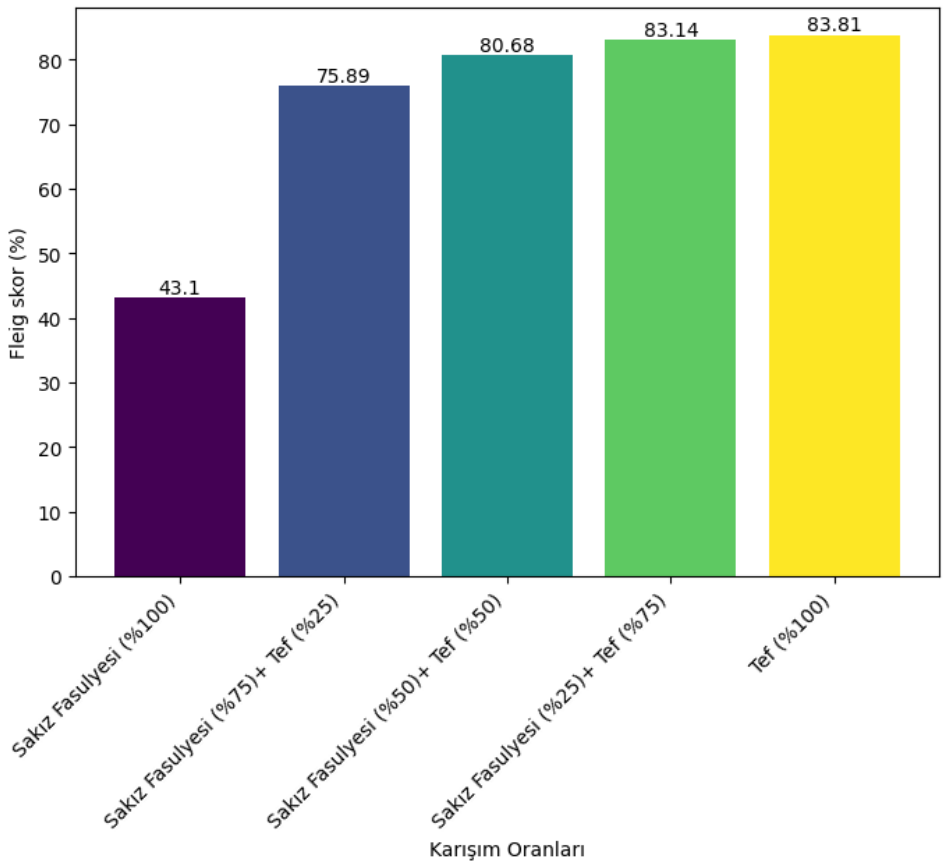
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Blok	2	1.43	0.72	
Karışım	4	3540.38	885.09	790.71**
Hata	8	8.95	1.12	
Genel	14	3550.76		
Değişim Katsayısı % 1.44				
**: P ≤0.01				

Bu tablo 3.34'te farklı oranlarda Tef ve Guarın karışımından elde edilen silajların FS değerlerine ait ortalama değerlerini göstermektedir. En düşük FS değeri %100 Guar

karışımında 43,10 olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama FS değeri %100 Tef karışımında 83,81 olarak görülmüş, hemen ardından da %25 Guar + %75 Tef karışımında 83,14 değeri ölçülmüştür. %50 Guar + %50 Tef karışımı ortalama 80,68 FS değerine sahipken, %75 Guar +%25 Tef karışımı ortalaması 75,89'dur.

Tablo 3.34. Tef ve Guar Karışım Silajının FS Değerlerine Ait Ortalama Değerler

Karışım Oranları	Fleig Skor
Guar (%100)	43.10[d]
Guar (%75)+ Tef (%25)	75.89[c]
Guar (%50)+ Tef (%50)	80.68[b]
Guar (%25)+ Tef (%75)	83.14[a]
Tef (%100)	83.81[a]
Asgari Önem Farkı (LSD)	1.99
Önem Seviyesi	**



Şekil 3.17. Tef ve Guar Karışım Silajının Fleig Skor Değerlerine Ait Ortalama Grafiği

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1.Tartışma

Bu çalışmanın bulguları, silaj kompozisyonunun besinsel kalite, fermantasyon verimliliği ve hayvan sağlığı üzerindeki etkilerinin çeşitli kritik yönlerini vurgulamaktadır. Tef ve Guar kombinasyonu gibi yem bitkisi karışımlarının hücre duvarı bileşenleri (ADF, NDF) içeriği, ham yağ içeriği, kül içeriği ve protein seviyeleri gibi temel parametreler yanında silaj asitleri ile gaz ve metan üretimi gibi parametreler üzerindeki etkisini inceleyerek, optimal silaj performansını yönlendiren mekanizmalar hakkında değerli bilgiler elde edilmektedir. Sonuçlar, mevcut araştırmaları doğrulamakla birlikte, bitki yapısal ve biyokimyasal farklılıklarının sindirim ve genel besinsel değeri sinerjik olarak nasıl artırabileceği konusunda yeni perspektifler sunmaktadır.

Bu tartışmada, bu sonuçların mevcut literatür bağlamındaki etkileri incelenmekte, modern tarımda karışık yem bitkisi silajlarının pratik uygulamalarına vurgu yapılmaktadır. Özellikle, stratejik yem bitkisi karıştırmanın sadece yem kalitesini değil, aynı zamanda atık azaltımı, besin kullanımının optimize edilmesi ve çevresel etkilerin hafifletilmesi yoluyla sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekleyebileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca, Tef ve Guar'ın fermantasyon kararlılığını artırma ve protein kullanılabilirliğini düzenleme gibi benzersiz özellikleri, silajın genel performansına nasıl katkıda bulunduğunu anlamak için daha derinlemesine analiz edilmektedir.

Bu bölüm ayrıca çalışmanın sınırlamalarını ele alacak ve özellikle silaj fermantasyonundaki biyokimyasal etkileşimler ve mikrobiyal dinamiklerin henüz yeterince araştırılmadığı alanlarda gelecekteki araştırmalar için yönler önermektedir. Bu

karmaşık süreçlerin anlaşılması, hayvanların çeşitli besinsel ihtiyaçlarını karşılayan ve yem verimliliği ile sürdürülebilirliği teşvik eden hassas silaj formülasyonları geliştirmek için önemlidir.

Lif İçeriği (ADF ve NDF) Çalışmanın Asit Deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve Nötral Deterjanda çözünmeyen Lif (NDF) konusundaki bulguları, silaj araştırmalarındaki iyi bilinen kalıplarla tutarlıdır. Meng vd., (2022)'de gösterildiği gibi, karışık silajlar içinde mısır gibi daha sindirilebilir yem bitkilerinin oranının artması, lif içeriğini azaltarak sindirimi artırmaktadır. Benzer şekilde, çalışmamız, silaj karışımında Tef oranının artmasının, özellikle Guar baskın silajlara kıyasla ADF ve NDF seviyelerini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. %100 Guar silajı, en yüksek ADF ve NDF seviyelerini göstermiş olup, bu da tipik olarak sindirimi azaltan ve potansiyel olarak ruminantlar için enerji kullanılabilirliğini düşüren daha yüksek sindirimi güç olan lif konsantrasyonunu göstermektedir. Guar ve Tef karışımında ADF ve NDF değerleri, tef oranı arttıkça azalmaktadır. %100 Guar silajı için ADF %45.35, NDF %62.18 iken; %100 Tef silajı için ADF %29.85, NDF %43.66 olmuştur. Mürdümük ve Arpa karışım silajında ise ADF ve NDF oranları, arpa oranı arttıkça artış göstermiştir. %100 mürdümük için ADF %31.32, NDF %45.66 iken, %100 arpa için ADF %32.27, NDF %47.09 olmuştur (Seydoşoğlu vd.,2019). Guar ve Tef karışım silajında NDF (Nötr Deterjan Lif) oranı %100 Guar silajı için %62.18 iken, %100 Tef silajı için %43.66'dır.ADF (Asit Deterjan Lif) oranı ise %100 Guar silajı için %45.35, %100 Tef silajı için %29.85 olarak belirlenmiştir. NDF oranları mısır silajında %38-47 arasında değişmektedir. ADF oranı ise genellikle %22-28 aralığında tespit edilmiştir (Keleş vd.,2014). Guar ve Tef karışım silajlarında ADF değeri, %100 guar silajı için %45.35 iken %100 Tef silajı için %29.85 bulunmuştur. Soya silajında ADF değeri %31.9 olarak belirlenmiştir, Guar ve Tef karışım silajında NDF oranı %62.18 (guar %100) ve %43.66 (tef %100) arasında değişmiştir. Soya silajında ise NDF oranı %39 olarak bulunmuştur. Bu değer, tef karışımlarındaki NDF oranından daha düşüktür ve yüksek sindirilebilirlik potansiyeline işaret eder(Ergin vd.,2018).

Bu sonuçlar, lif içeriğini belirlemede yem bitkisi kompozisyonunun önemini vurgulamaktadır, burada daha ince hücre yapısıyla bilinen Tef, daha düşük lif konsantrasyonlarına ve dolayısıyla daha iyi fermantasyon kalitesine (Tablo 3.2. ve Tablo 3.4.) katkıda bulunmaktadır.

Li vd., (2024) gibi önceki çalışmalar da, daha düşük ADF ve NDF değerlerine sahip yem bitkilerinin daha verimli fermantasyon geçirme eğiliminde olduğunu ve daha yüksek kaliteli silaj oluşturduğunu gözlemlemiştir. Bu bulgu, özellikle lifin silaj sindirimi ve genel besinsel değerindeki rolü göz önünde bulundurulduğunda önemlidir. Çalışmamızda, Tef içeriğinin artmasıyla ADF ve NDF'de gözlenen belirgin azalma, Tef'in daha ince hücre yapısının fermantasyon sırasında mikroorganizmalar için daha kolay erişim sağladığı ve böylece silaj sindirimini iyileştirdiği hipotezini desteklemektedir.

Ham Yağ İçeriği

Lipid içeriği analizi, Tef ve Guar arasındaki besinsel dinamikleri silaj karışımlarında daha da açıklığa kavuşturmaktadır. Sonuçlar, Tef oranlarının artmasıyla lipid içeriğinin açıkça azaldığını, %100 Guar silajının en yüksek lipid yüzdesine sahip olduğunu göstermektedir. Bu, (Chen vd., 2018) tarafından gösterilen bulgularla tutarlıdır, bu bulgular Guar'dan baskın olanlar gibi daha yüksek lif içeriğine sahip silajların, bitkinin daha yoğun hücre duvarları ve daha fazla yağ birikimi nedeniyle daha yüksek lipid içeriklerine sahip olma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Çalışmamızda gözlenen Tef oranları ile lipid içeriği arasındaki ters ilişki, tipik olarak Tef ile ilişkili olan daha düşük yağ içeriğini de yansıtabilir. Bu eğilim, lipid içeriğinin ruminant beslenmesinde kritik bir faktör olan silajın enerji yoğunluğunu doğrudan etkilediği için önemlidir.Bulgularımız ayrıca Olfaz vd., (2019)'un bulgularıyla da ilişkilidir, bu bulgular belirli yem bitkilerinin eklenmesinin silajda belirli besinsel bileşenleri seyreltebileceğini veya yoğunlaştırabileceğini belirtmiştir. Tef durumunda, silaj karışımına dahil edilmesinin genel lipid konsantrasyonunu düşürdüğü, potansiyel olarak enerji yoğunluğunu azalttığı ancak silajın fermantasyon kalitesini ve kararlılığını iyileştirdiği görülmektedir (Tablo 3.6.). Guar ve Tef karışım silajlarında ham yağ oranı %2.74 (guar %100) ve %1.18 (tef %100) arasında değişmektedir. Soya silajında ham yağ oranı %12.6 olarak verilmiştir, bu da yüksek enerji içeriği sağlar ve diğer karışımlara göre önemli bir avantajdır(Ergin vd.,2018).

Ham Kül İçeriği

Silajın mineral kompozisyonunu temsil eden kül içeriği konusundaki sonuçlar, Wang vd., (2023) tarafından elde edilen bulgularla uyumludur. Onların çalışmasında, silajın kül içeriğinin, doğal olarak daha düşük mineral içeriğine sahip bitkilerin dahil edilmesiyle

azaldığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, çalışmamızda Tef oranlarının artmasıyla kül içeriği önemli ölçüde azalmıştır. %100 Guar silajı, Guar'ın daha zengin mineral profilini yansıtan en yüksek kül içeriğine sahiptir. Tef oranlarının artmasıyla kül içeriğindeki bu azalma, Tef gibi daha az mineral yoğunluğuna sahip bir bitkinin dahil edilmesinin silajın genel mineral konsantrasyonunu azaltan seyreltme etkisine atfedilebilir. Bu bulgu, özellikle ruminant diyetlerinde gerekli olan mineral dengesini göz önünde bulundurulduğunda önemlidir, burada aşırı veya eksik mineral içeriğinin hayvan sağlığı ve verimliliği üzerinde önemli etkileri olabilir (Tablo 3.8).

Ham Protein İçeriği Ham protein içeriği sonuçları, önceki çalışmalarla ilginç bir kontrast sunmaktadır. Saswini vd., (2023) tarafından bildirildiği üzere, farklı yemlerin dengeli karışımlarına sahip silajlar, protein içeriğinde anlamlı varyasyonlar göstermez. Ancak, çalışmamız, %75 Guar ve %25 Tef karışımının, %100 Tef silajını aşan ve %100 Guar silajına yaklaşan bir değer ile protein içeriğini ortaya çıkardığını göstermiştir. Bu, Guar ve Tef'in bu özel kombinasyonunun protein kullanılabilirliğini optimize ettiği benzersiz bir sinerjik etki önermektedir. Bu bulgu, stratejik yem karıştırmanın silajın belirli besinsel bileşenlerini artırma potansiyelini vurguladığı için önemlidir. Bu sinerjinin arkasındaki mekanizma, Guar ve Tef'teki protein parçalanması ve korunma oranlarındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir, burada belirli orandaki kombinasyon, fermantasyon işlemi sırasında daha yüksek protein tutulumunu destekleyen koşullar oluşturabilir (Tablo 3.10.). Buna karşılık, Franco vd., (2022), silaj içindeki yemlerin oranlarının değiştirilmesinin, özellikle yemlerin tamamlayıcı besin profillerine sahip olduğunda, protein içeriğini önemli ölçüde etkileyebileceğini bulmuştur. Çalışmamızın sonuçları, Guar ve Tef'in belirli karışımlarının optimal protein içeriğine ulaşabileceğini göstererek bu anlayışı genişletmekte, potansiyel olarak silajın besinsel kalitesini iyileştirmek için hedefli bir yaklaşım sunmaktadır. Guar ve Tef karışımında en yüksek ham protein oranı %100 guar'da (%13.74), en düşük ise %50 guar + %50 tef karışımında (%7.52) belirlenmiştir. Mürdümük ve Arpa karışım silajında en yüksek ham protein %100 mürdümük (%21.79), en düşük %100 arpa (%12.71) olarak bulunmuştur. Bu da mürdümük bitkisinin protein açısından daha zengin olduğunu göstermektedir (Seydoşoğlu vd.,2019). En yüksek ham protein oranı %75 guar + %25 tef karışım silajında %17.34 olarak bulunmuştur. Ham protein oranı %6.6 ile %9 arasında değişmektedir. Bu oranlar, mısır silajında düşük seviyelerde kalmaktadır (Keleş

vd.,2014). Guar ve tef karışım silajlarında ham protein oranı %7.52 (en düşük, %50 guar + %50 tef) ile %17.34 (en yüksek, %75 guar + %25 tef) arasında değişmiştir. Soya silajı için ham protein oranı %20.7 olarak belirlenmiştir. Bu, guar ve tef karışım silajlarından daha yüksektir ve soyanın protein açısından zengin bir kaynak olduğunu göstermektedir(Ergin vd.,2018).

Fermentasyon Kalitesi (pH, Laktik Asit, Asetik Asit, Bütirik Asit)

Çalışmamızda, tef oranlarının artmasıyla azalan pH değerleri, Tef gibi daha fermente edilebilir ürünlerin eklenmesinin pH'ı düşürerek daha asidik ve stabil bir silaj ortamı oluşturduğunu bildiren sonuçlarımız Li vd., (2024) bulgularıyla tutarlıdır. Daha yüksek tef oranlarıyla laktik asit içeriğindeki artış, bu eğilimi daha da desteklemektedir. Olfaz vd., (2019), stabil ve verimli bir fermantasyon sürecini teşvik etmek için laktik asidin önemini vurgulamış olup, bu durum, çalışmamızda daha yüksek Tef içeriğinin anlamlı derecede artmış laktik asit seviyelerine yol açtığı gözlemlenmiştir (Tablo 3.14. ve Tablo 3.16.).

Ayrıca, Tef içeriğinin artmasıyla asetik ve bütirik asitlerin azalması, daha iyi fermantasyon profillerine sahip silajların genellikle bu asitlerin daha düşük seviyelerine sahip olduğunu gözlemleyen Meng vd., (2022) bulgularını yansıtmaktadır. Asetik ve bütirik asitler genellikle istenmeyen fermantasyon yolları ile ilişkilidir ve Tef açısından zengin silajlarda bunların azalması, Tef'in sadece fermantasyon verimliliğini artırmakla kalmayıp aynı zamanda bozulmaya neden olan yolları da bastırdığını göstermektedir. Bu, silajın kalitesini ve raf ömrünü korumak, ayrıca silajın hayvanlar için lezzetli ve besleyici olmasını sağlamak açısından özellikle önemlidir (Tablo 3.18. ve Tablo 3.20.). Guar ve Tef karışım silajında pH değeri, tef oranı arttıkça azalmıştır (%100 Guar pH 5.41, %100 Tef pH 4.16).Mürdümük ve Arpa karışım silajlarında da benzer bir eğilim gözlenmiştir. %100 Mürdümük silajı için pH 3.99, %100 Arpa silajı için pH 4.09 olarak belirlenmiştir (Seydoşoğlu vd.,2019). Guar ve Tef karışım silajında pH,(%100) Guar silajı için 5.41, (%100) Tef silajı için 4.16 olarak belirlenmiştir.Soya silajının pH değeri ise 5.29 olarak bildirilmiştir. Bu değer, Guar ağırlıklı karışım silajlara benzerlik göstermektedir(Ergin vd.,2018).

Fermentasyon Stabilitesi (Propiyonik Asit, Etanol, Gaz, Metan)

Çalışmanın fermantasyon stabilitesi konusundaki bulguları özellikle dikkat çekicidir. Tef açısından zengin silajlarda daha düşük propiyonik asit ve etanol içeriği, bu bileşenlerin genellikle daha iyi aerobik stabilite ve fermantasyon verimliliğine sahip silajlarda daha düşük olduğunu belirten Franco vd., (2022) sonuçlarıyla tutarlıdır. Bu, Tef'in depolama sırasında bozulmaya daha az eğilimli olan daha stabil bir silaja katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Gaz ve metan üretimi açısından, daha yüksek Tef içeriği ile artan üretimi gösteren sonuçlar, Xie vd., (2022) tarafından bildirilen benzer eğilimlerle uyumludur. Bu, Tef'in fermantasyon kalitesini artırmasına rağmen, fermantasyon sırasında metabolik aktiviteyi de artırarak daha yüksek gaz ve metan çıkışlarına yol açtığını göstermektedir. Bunun hem silaj üretiminin çevresel etkeni hem de ruminantlarda yem kullanım verimliliği açısından önemli etkileri vardır (Tablo 3.22.- Tablo 3.28.).

Genel Silaj Kalitesi (Fleig Skoru)

Son olarak, en yüksek Fleig'skor değerinin %100 Tef silajında tespit edilmesi, Olfaz vd., (2019) tarafından yapılan, daha yüksek laktik asit üretimine ve daha düşük lif içeriğine katkıda bulunan ürünlerin genellikle üstün silaj ürettiği sonucunu desteklemektedir. Fleig'skor değeri, pH, kuru madde içeriği ve laktik asit konsantrasyonu gibi faktörleri dikkate alan kapsamlı bir silaj kalitesi ölçümüdür. Tef açısından zengin silajların bu ölçümde en yüksek puanı alması, Tef'in yüksek kaliteli silaj üretmek için özellikle uygun olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, Tef'in sadece fermantasyon sürecini geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda silajın genel besinsel ve koruma kalitesine de katkıda bulunduğunu, bu da onu ruminant yem formülasyonlarına dahil edilmek için ideal bir aday haline getirdiğini göstermektedir (Tablo 3.34.).

4.2.Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, önceki araştırmaları büyük ölçüde doğrulamakla birlikte, Tef'in silaj üretiminde değerli bir bileşen olarak potansiyelini vurgulayan, benzersiz bulgular da sunmaktadır. Tef'in fermantasyon kalitesini artırabilmesi, istenmeyen fermantasyon ürünlerini azaltabilmesi ve silajın genel besin profilini

iyileştirebilmesi, ruminant beslenmesi için yem karışımlarını optimize etmede önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Belirli Guar ve Tef oranlarıyla protein içeriğindeki gözlenen sinerji, özellikle besin faydalarını maksimize ederken olumsuz çevresel etkileri minimize eden özelleştirilmiş silaj formülasyonları geliştirme bağlamında gelecekteki araştırmalar için heyecan verici bir yol sunmaktadır. Genel olarak, bulgular, silaj kalitesi konusundaki bilgi birikimine önemli ölçüde katkıda bulunmakta ve stratejik yem yönetimi yoluyla yem verimliliğini ve hayvan verimliliğini artırmak için pratik öneriler sunmaktadır.

Öneriler

Bu çalışmanın bulgularına dayanarak, silaj üretiminde en iyi karışım silajı seçimi için sonuçlar ve öneriler öne çıkarıldığında en iyi silaj karışımı, fermantasyon kalitesi, besinsel değer ve çevresel sürdürülebilirlik kriterleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. %50 Guar + %50 Tef karışımı, dengeli özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bu karışım, yüksek bir Fleig skor (80.68), uygun pH (4.37) ve makul laktik asit üretimi (5.50 g/kg KM) ile hem fermantasyon kalitesini hem de stabiliteyi optimize etmektedir.

Besinsel değer açısından, bu karışım, %64.28'lik organik madde sindirim derecesi ve 8.99 MJ/kg KM metabolik enerji ile ruminant diyetleri için yeterli bir enerji ve sindirilebilirlik sağlamaktadır. Aynı zamanda, daha düşük ADF (%37.27) ve NDF (%46.05) oranları, yem tüketimini teşvik ederek toplam verimliliği artırabilir.

Diğer karışımlarla kıyaslandığında, %75 Guar + %25 Tef karışımı daha yüksek ham protein (%10.34) içeriği sunmakta, ancak fermantasyon stabilitesinde (Fleig skor: 75.89) ve genel kalite kriterlerinde daha az etkileyicidir. %100 Tef karışımı ise en iyi fermentasyon performansına (pH: 4.16, Fleig skor: 83.81) ve en yüksek metabolik enerjiye (10.04 MJ/kg KM) sahip olmasına rağmen, düşük lif (%29.85 ADF) ve protein içeriği (%7.02) nedeniyle tek başına önerilmemektedir.

Sonuç olarak, %50 Guar + %50 Tef karışımı, hem besinsel kalite hem de fermantasyon stabilitesi açısından dengeli bir çözüm sunar. Çevresel sürdürülebilirlik bağlamında, bu karışımın metan üretimini (%8.50 ml) minimize eden potansiyel katkı maddeleri ile desteklenmesi önerilmektedir. Gelecekte, bu karışımın farklı çevresel ve üretim koşullarındaki performansı üzerine çalışmalar, daha geniş uygulamalara ışık tutabilir.

KAYNAKÇA

Adepoju, M., Verheecke-Vaessen, C., Pillai, L. R., Phillips, H., & Cervini, C. 2024. Unlocking the potential of teff for sustainable, gluten-free diets and unravelling its production challenges to address global food and nutrition security: A review**. Foods, 13**(21), 3394.

Altunay, A. 1975. "Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri", Ülkü Matbaası Yayınları, Eskişehir, 92s.

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.US.

Arasu, M. V., Jung, M. W., Kim, D. H., Ilavenil, S., Jane, M., Park, H. S., Al-Dhabi, N. A., Jeon, B. T., & Choi, K. C. 2014. Enhancing nutritional quality of silage by fermentation with lactobacillus plantarum. **Indian Journal of Microbiology, 54**(4), 396–402.

Ávila, C. L. S., & Carvalho, B. F. 2020. Silage fermentation—updates focusing on the performance of micro-organisms. **Journal of Applied Microbiology, 128**(4), 966-984.

Bacaksız, O. K., & Azman, M. A. 2022. Tanenler: Silajlarda ve Hayvan Besleme Uygulamalarında Kullanımı. **Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi, 11**(Supplement 1), 64-73.

Barker, S. B., & Summerson, W. H. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material.

Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. 2018. Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science, 101**(5), 3952–3979.

Budihardjo, M. A., Huboyo, H. S., Puspita, A. S., & Hutagaol, J. D. C. 2023. Utilization of bokashi composting and animal feed silage for sustainable agricultural waste management and environmental impact analysis. **Glob. Nest J, 25,** 1-10.

Canbolat, Ö. 2012. "Bazı buğdaygil kaba yemlerinin in vitro gaz üretimi, sindirilebilir organik madde, nispi yem değeri ve metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılması", **Kafkas Univ Vet Fak Derg, 18** (4): 571-577.

Chen, L., Li, J., Dong, Z., Yuan, X., & Shao, T. 2018. Effects of applying oil-extracted microalgae on the fermentation quality, feed-nutritive value and aerobic stability of ensiled sweet sorghum. **Journal of the Science of Food and Agriculture,**

98(12), 4462–4470.

Chiofalo, B., Lo Presti, V., D'Agata, A., Rao, R., Ceravolo, G., & Gresta, F. 2018. Qualitative profile of degummed guar (cyamopsis tetragonoloba L.) seeds grown in a mediterranean area for use as animal feed. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 102**(1), 260–267.

Contreras-Govea, F., Marsalis, M., Angadi, S., Smith, G., Lauriault, L. M., & VanLeeuwen, D. 2011. Fermentability and nutritive value of corn and forage sorghum silage when in mixture with lablab bean. **Crop Science, 51**(3), 1307-1313.

Cürek, M., & Özen, N. 2004. Feed value of cactus and cactus silage. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 28**(4), 633-639.

Çiftçi, B., Akçura, S., Doran, T., Okumuş, O., Turan, A., Kaplan, M., & Kamalak, A. 2021. Vetiver ve soya karışım silajının fermantasyon kalitesi, besleme özellikler ile gaz ve metan üretiminin değerlendirilmesi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8**(2), 295–300.

Ciftci, B., Kaplan, M., Akcura, M., & Buyukkilic Beyzi, S. 2023. Assessment of nutritive value, gas and methane production, fermentation of ensiled mixtures of sorghum–cluster bean. **Journal of Applied Animal Research, 51**(1), 123–129.

Da Silva, T. C., da Silva, L. D., Santos, E. M., Oliveira, J. S., & Perazzo, A. F. 2017. Importance of the fermentation to produce high-quality silage. **Fermentation processes, 8**, 1-20.

Dědina, M., Jevič, P., Čermák, P., Moudrý, J., Mukosha, C. E., Lošák, T., Hrušovský, T., & Watzlová, E. 2024. Environmental life cycle assessment of silage maize in relation to regenerative agriculture. **Sustainability (Switzerland), 16**(2).

Du, Z., Yang, F., Fang, J., Yamasaki, S., Oya, T., Nguluve, D., Kumagai, H., & Cai, Y. 2023. Silage preparation and sustainable livestock production of natural woody plant. **Frontiers in Plant Science, 14**. Frontiers Media SA.

Ergin, N., & Aydemir, S. K. 2018. Soya bitkisinin hayvan beslenmesindeki yeri ve önemi. **International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research, 1**(1), 143-157.

Franco, M., Tapio, I., Huuskonen, A., & Rinne, M. 2022. Fermentation quality and bacterial ecology of red clover dominated silage modulated by different management factors. **Frontiers in Animal Science, 3**(December).

Garcia, A., Grover, K., VanLeeuwen, D., Stringam, B., & Schutte, B. 2023. Growth and performance of guar (cyamopsis tetragonoloba (L.) Taub.) genotypes under various irrigation regimes with and without biogenic silica amendment in Arid Southwest US. **Plants**, **12**(13).

Gelaw, A. M., & Qureshi, A. S. 2020. Tef (Eragrostis tef): a superfood grain from ethiopia with great potential as an alternative crop for marginal environments. **Emerging research in alternative crops**, 265-278.

Goel, G., Makkar, H.P., Becker, K. 2008.Effects of sesbania sesban and carduus pycnocephalus leaves and fenugreek (trigonella foenum-graecum L.) seeds and their extracts on partitioning of nutrients from roughage and concentrate-based feeds to methane. **Animal Feed Science and Technology, 147** (1-3):72–89.

Guo, X., Xu, D., Li, F., Bai, J., & Su, R. 2023. Current approaches on the roles of lactic acid bacteria in crop silage. **Microbial Biotechnology, 16**(1), 67–87.

SAS, 1999. SAS User's Guide. Statistic. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC.

Saswini, A. A. U., Haris, M., & Hidayat, T. 2023. The use of probiotics in the fermentation process of feed (silage) for conservation of timor deer (cervus timorensis) by the empowerment group of timor deer breeders (mammettang) in cakura village. **International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis, 06**(08), 3655–3658.

Soe Htet, M. N., Hai, J. B., Bo, P. T., Gong, X. W., Liu, C. J., Dang, K., Tian, L. X., Soomro, R. N., Aung, K. L., & Feng, B. L. 2021. Evaluation of nutritive values through comparison of forage yield and silage quality of mono-cropped and intercropped maize-soybean harvested at two maturity stages. **Agriculture , 11**(5), 1–14.

Heuzé, V., Thiollet, H., Tran, G., & Lebas, F. 2017a. Tef (Eragrostis Tef) straw. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO.

Heuzé, V., Thiollet, H., Tran, G., & Lebas, F. 2017b. Tef (Eragrostis Tef) hay. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO.

Heuzé, V., Thiollet, H., Tran, G., Bastianelli, D., & Lebas, F. 2017c. Tef (Eragrostis Tef) grain. Feedipedia, a by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO.

Karaçoban, İ., Bilgiçli, N., & Yaver, E. 2023. Impact of fermentation, autoclaving and phytase treatment on the antioxidant properties and quality of teff cookies. **Food**

Technology and Biotechnology, 61(3), 328–338.

Kardeş, Y. M., Mut, H., & Gülümser, E. 2023. Şeker mısırına farklı oranlarda ilave edilen yoncanın silaj kalitesine etkisi. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13**(3), 2205–2216.

Keleş, G., & Çıbık, M. 2014. Mısır silajının besin ve besleme değerini etkileyen faktörler. **Hayvansal Üretim, 55**(2), 27–37.

Kılıç. A. 2000. "Kaba yem üretimi ve sorunları", TMMOB Zir. Müh. Odası, V. Teknik Kongresi, Milli Kütüphane- Ankara, S. 845-858

Kızılşımşek, M., Günaydın, T., Aslan, A., Keklik, K., & Açıkgöz, H. 2020. Mısır ve bazı baklagillerin birlikte üretimi ile silaj yem kalitesini artırma olanakları. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7**(1), 165–169.

Kizilsimsek, M., Ozturk, C., Yanar, K., Ertekin, I., Ozkan, C. O., & Kamalak, A. 2017. Associative effects of ensiling soybean and corn plant as mixtures on the nutritive value, fermentation and methane emission. **Fresenius Environmental Bulletin, 26**(10), 5754-5760.

Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. 2018. Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science, 101**(5), 4020–4033.

Kusvuran, A., Can, U., & Boğa, M. 2019. Forage yield and quality of guar (cyamopsis tetragonoloba (L.) taub.) harvested at different growing stages. **Turkish Journal of Nature and Science, 8**(1), 1-7.

Lei, Y., Li, M., Liu, Y., Wang, J., He, X., Zhao, Y., Chen, Y., Cheng, Q., & Chen, C. 2024. Lactic acid bacteria and formic acid improve fermentation quality and beneficial predicted functional characteristics in mixed silage consisting of alfalfa and perennial ryegrass. **Fermentation, 10**(1), 1–19.

Li, X., Jin, Y., Li, F., Yu, M., Du, J., Yi, Q., Zhao, T., Yuan, B., & Wang, P. 2024. Effects of lactobacillus plantarum and cellulase on mixed silages of amaranthus hypochondriacus and cornmeal: fermentation characteristics, nutritional value, and aerobic stability. **Fermentation, 10**(8).

Lima-Orozco, R., Van Daele, I., Álvarez-Hernández, U., & Fievez, V. 2014. Combined conservation of jack bean and velvet bean with sorghum: evaluation of lab-scale silages and in vitro assessment of their nutritive value. **The Journal of Agricultural Science, 152**(6), 967-980.

Lima, R., Díaz, R. F., Castro, A., & Fievez, V. 2011. Digestibility, methane production and nitrogen balance in sheep fed ensiled or fresh mixtures of sorghum–soybean forage. **Livestock Science, 141**(1), 36-46.

Mahanna, B., & Chase, L. E. (2015). Practical applications and solutions to silage problems. **Silage Science and Technology, 42**, 855–895.

Meng, H., Jiang, Y., Wang, L., Wang, S., Zhang, Z., Tong, X., & Wang, S. (2022). Effects of different soybean and maize mixed proportions in a strip intercropping system on silage fermentation quality. **Fermentation, 8**(12).

Menke KH, Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. **Anim Res Devlop. 28.**

Mugoti, A., Chikumba, N., Munengwa, A., Dziwanyika, L., Moyo, S., & Mgumba, C. 2023. Associative effects of a mixed brachiaria decumbens and pennisetum purpureum grass feed on the ensiling properties. **Biotechnology in Animal Husbandry, 39**(1), 103–116.

Mut, H., Gülümser, E., Doğrusöz, M. Ç., & Başaran, U. 2020. Koca fiğ ile italyan çimi karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. **ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8**(2), 391–396.

Nampelli, P., Seenivasan, N., Prashanth, P., & Padmaja, V. 2020. Yield and yield association studies in seed guar (cyamopsis tetragonoloba (L.) taub.) cultivars under rainfed condition. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9**(2), 895–898.

Nematpour, A., Eshghizadeh, H. R., & Zahedi, M. 2021. Comparing the corn, millet and sorghum as silage crops under different irrigation regime and nitrogen fertilizer levels. **International Journal of Plant Production, 15**(3), 351–361.

Ni, K., Zhao, J., Zhu, B., Su, R., Pan, Y., Ma, J., Zhou, G., Tao, Y., Liu, X., Zhong, J. (2018). Assessing the fermentation quality and microbial community of the mixed silage of forage soybean with crop corn or sorghum. **Bioresource technology, 265**, 563-567.

Notenbaert, A. M. O., Douxchamps, S., Villegas, D. M., Arango, J., Paul, B. K., Burkart, S., Rao, I., Kettle, C. J., Rudel, T., Vázquez, E., Teutscherova, N., Chirinda, N., Groot, J. C. J., Wironen, M., Pulleman, M., Louhaichi, M., Hassan, S., Oberson, A., Nyawira, S. S., … Peters, M. 2021. Tapping into the environmental co-benefits

of improved tropical forages for an agroecological transformation of livestock production systems. **Frontiers in Sustainable Food Systems, 5**(November).

Olfaz, M., Kilic, U., & Yavrucu, O. 2019. Determining potential feed value and silage quality of guar bean (cyamopsis tetragonoloba) silages. **Open Life Sciences, 14**(1), 342–348.

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.

Sarıçiçek, Z.B., Ayan, İ., Garipoğlu, A.V., 2002. "Mısır ve Bazı Baklagillerin Tek ve Karışık Ekilmelerinin Silaj Kalitesine Etkisi", **OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 17** (3), 1-5.

Seydoşoğlu, S., & Gelir, G. (2019). Farklı oranlarda karıştırılan mürdümük (lathrus sativus L.) ve arpa (hordeum vulgare L.) hâsıllarının silaj özellikleri üzerinde bir araştırma. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9**(1), 397–406.

Sharma, B. K., Singh, J., Kumar, A., & Kumawat, R. C. 2014. Performance and prospects of guar cultivation in Rajasthan. **International Journal of Agricultural and Statistical Sciences, 10**(1), 201–206.

Sharma, P., & Gummagolmath, K. C. 2012. Reforming guar industry in India: issues and strategies §. **Agricultural Economics Research Review, 25**(1), 37-48.

Singh Santosh, K. 2014. An analysis of guar crop in India. *GAIN Report Number: IN4035, USDA* **Foreign Agricultural Services.**

Soest, P. V. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of official Agricultural Chemists**, 46(5), 829-835.

Soest, P. V., & Wine, R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, *50*(1), 50-55.

Suliman, A. I. A., Daghash, H. A., Abd-Elati, M. N. M., & Mokhtar, M. H. 2017. Productive performance of growing Farafra lambs fed guar forage or guar silage. **Journal of Animal and Poultry Production, 8**(3), 41-47.

Tadele, E., & Hibistu, T. 2021. Empirical review on the use dynamics and economics of teff in ethiopia. **Agriculture and Food Security, 10**(1), 1–13.

Tahir, M., Li, J., Xin, Y., Wang, T., Chen, C., Zhong, Y., Zhang, L., Liu, H., He, Y., Wen,

X., & Yan, Y. 2023. Response of fermentation quality and microbial community of oat silage to homofermentative lactic acid bacteria inoculation. **Frontiers in Microbiology, 13**(January), 1–13.

Topçu, D. G., & Kahya, E. M., 2023. İskenderiye üçgülü (Trifolium alexandrinum L.) ile italyan çimi (lolium multiflorum lam.) karışımlarının bazı silaj özelliklerinin belirlenmesi. **Research Journal of Biology Sciences, 16**(1), 8–15.

Tosun, F., Altın, M. 1986. "Çayır-Mera-Yayla Kültürü ve Bunlardan Faydalanma Yöntemleri", Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 9, Samsun, 229s.

Tükel, T., Hatipoğlu, R. 1997. "Çayır-Mera Amenajmanı", Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 191, Ders Kitapları Yayın No: A-59, Adana, 152s.

Tümer, S. 2001. "Silo ve Silaj Yapımı", Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü, Yayım Dairesi Başkanlığı, Ankara, 13 s.

Wagali, P., Sabastian, C., Saranga, Y., Ben-Zeev, S., & Mabjeesh, S. J. 2023. The effects of irrigation, genotype and additives on tef silage making. **Animals, 13**(3), 1–18.

Wang, N., Wang, Y., Lin, Y., Xu, G., Ni, K., & Yang, F. (2023). Effect of lactic acid bacteria and wheat bran on the fermentation quality and bacterial community of broussonetia papyrifera silage. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 10**(1), 1–13.

Xie, Y., Wang, L., Li, W., Xu, S., Bao, J., Deng, J., Wu, Z., & Yu, Z. (2022). Fermentation quality, ın vitro digestibility, and aerobic stability of total mixed ration silage in response to varying proportion alfalfa silage. **Animals, 12**(8).

Xu, D., Wang, N., Rinne, M., Ke, W., Weinberg, Z. G., Da, M., Bai, J., Zhang, Y., Li, F., & Guo, X. 2021. The bacterial community and metabolome dynamics and their interactions modulate fermentation process of whole crop corn silage prepared with or without inoculants. **Microbial Biotechnology, 14**(2), 561–576.

Yıldız, S. (2024). Tef (Eragrostis Tef [Zucc.] Trotter) bitkisinin hayvan beslemede kullanımı. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29**(1), 403–412.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Abdullah ÜNAL

Uyruğu: Türkiye (T.C)

Doğum Tarihi ve Yeri:

Medeni Durum:

e-mail:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimler Enstitüsü - Kayseri	2024
Lisans	ERÜ Ziraat Fakültesi / Tarla Bitkileri - Kayseri	2022
Lise	Asef Çoban Anadolu Öğretmen Lisesi, Sivas	2016

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR