

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANA BİLİM DALI**



**MELAS VE MİKROBİYAL İNOKÜLANT İLAVELİ GUAR FASULYESİ
VE SORGUM SİLAJLARININ YEM DEĞERİNİN *İN VİTRO*
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ

Danışman
Prof. Dr. Ünal KILIÇ

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.ZRT.1904.21.012 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ tarafından, Prof. Dr. Ünal KILIÇ danışmanlığında hazırlanan “MELAS VE MİKROBİYAL İNOKÜLANT İLAVELİ GUAR FASULYESİ VE SORGUM SİLAJLARININ YEM DEĞERİNİN *İN VİTRO* YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 9.11.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ Atatürk Üniversitesi Zootečni Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Ünal KILIÇ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Zootečni Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Ferat UZUN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Hasan ÖNDER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Zootečni Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Muhammet Kuddusi ERHAN Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Meslek Yüksekokulu/ Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

07 /07/ 2023

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : MELAS VE MİKROBİYAL İNOKÜLANT İLAVELİ GUAR FASULYESİ VE SORGUM SİLAJLARININ YEM DEĞERİNİN *İN VİTRO* YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 07.07.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 17

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

07 /07 / 2023

Prof. Dr. Ünal KILIÇ

ÖZET

MELAS VE MİKROBİYAL İNOKÜLANT İLAVELİ GUAR FASULYESİ VE SORGUM SİLAJLARININ YEM DEĞERİNİN *İN VİTRO* YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Zootečni Ana Bilim Dalı
Doktora, Kasım/2023
Danışman: Prof. Dr. Ünal KILIÇ

Bu çalışmada mikrobiyal inokülan ve melasın guar fasulyesi (GFS), sorgum (SS) ve guar fasulyesi+sorgum (GSS, 1:1) ekim alanlarından elde edilen materyallerden yapılan silajlarda, besin madde içerikleri, silaj kalitesi, *in vitro* gaz üretim parametreleri, metan üretimleri ve *in vitro* sindirilebilirlikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Silajların gaz üretimlerinin ve sindirilebilirliklerin belirlenmesinde sırasıyla *in vitro* (Hohenheim) gaz üretim tekniği ve Daisy inkübatör kullanılmıştır.

Ham protein (HP) içeriği ve nispi yem değeri (NYD) bakımından GFS diğer silajlardan daha yüksek bir değere sahip olmuştur ($P<0.05$). Karışık ekimde beklenildiği gibi HP içeriği tek başına sorgum içeren gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Silaj katkı maddeleri bakımından da melas ve melas+inokülan ilaveli gruplar daha yüksek HP içeriğine ($P<0.05$) sahip olmuştur. Melas ve melas +inokülan ilavesinin sadece inokülan ilavesine göre silaj kalitesini artırdığı belirlenmiştir. Metan üretimi bakımından inokülan ilaveli GFS'nin, diğer tüm silajlardan daha düşük değere sahip olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Melas+inokülan, GFS'nin *in vitro* gerçek sindirilebilirlik değerini diğer silaj katkı maddelerine kıyasla daha fazla arttırırken; guar+sorgum karışık ekim sadece inokülan ilaveli silajlar ise diğer silajlara kıyasla düşürmüştür ($P<0.05$).

Bu çalışma sonuçları kullanılan silaj katkı maddelerinin (özellikle melas+inokülan) GFS'nin incelenen silaj parametrelerinin üzerinde daha etkin olduğu ve dolayısıyla bu katkı maddesi ile guar fasulyesinden başarıyla silaj yapılabildiğini göstermiştir. Ayrıca sorgum ve guar fasulyesi karışık ekiminin hem yem değerini hem de yapılan silajların kalitesini artırdığı ve baklagil olması sebebiyle tek başına zor silolanan guar fasulyesinin karışık ekim sayesinde katkı maddesi katılmaksızın silolanabileceği gerek duyuşsal analizlere gerekse Flieg puanına göre kalite sınıfının yükseldiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: *In vitro* gaz üretimi, inokülan, melas, metan, guar fasulyesi, sorgum, silaj

ABSTRACT

DETERMINING FEED VALUE OF GUAR AND SORGHUM SILAGES WITH MELAS AND MICROBIAL INOCULANT ADDITION USING *IN VITRO* METHODS

Abdiwali MOHAMOUD ABDI
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Animal Science
Ph.D., November/2023
Supervisor: Prof. Dr. Unal KILIC

In this study, it was investigated the effect of microbial inoculant and molasses on nutrient content, silage quality, *in vitro* gas production parameters, methane production, and *in vitro* digestibility in silages made from the guar bean (GBS), sorghum (SS) and guar bean+sorghum mixed cropping (GSS, 1:1). The *in vitro* gas production technique (Hohenheim) and Daisy incubator were used to determine the gas production and digestibility of the silages, respectively.

In terms of crude protein (CP) content and relative feed value (RFV), GBS had a higher value compared to other silages ($P<0.05$). As expected, the CP content was found to be higher in the mixed planting compared to groups containing sorghum alone. Regarding silage additives, the groups with molasses and molasses + inoculant showed higher CP content ($P<0.05$). It was determined that the addition of molasses and molasses+inoculant enhanced silage quality compared to the addition of inoculant alone. It was observed that GBS with inoculant had a lower methane production compared to all other silages ($P<0.05$). The addition of molasses+inoculant increased the *in vitro* true digestibility of GBS significantly compared to other silage additives, whereas the intercropping of guar+sorghum with only inoculant decreased it compared to other silages ($P<0.05$).

The results of this study indicate that the silage additives used, especially molasses+inoculant, were more effective on the examined silage parameters of GBS. Consequently, this additive allowed successful silage production from guar beans. Furthermore, the mixed planting of sorghum and guar beans improved both the feed value and the quality of the produced silages. As a leguminous crop, guar beans, which are difficult to ensile alone, could be ensiled without the addition of additives through mixed cropping. The improvement in the quality classification of the silage is evident through both sensory analysis and the Flieg score.

Keywords: *In vitro* gas production, Inoculant, Molasses, Methane, Guar bean, Sorghum, Silage

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim ve tez çalışmam süresince akademik bilgi birikimi ve tecrübelerini esirgemeyen, danışman hocam Prof. Dr. Ünal KILIÇ'a; Tez İzleme Komitesi üyeleri olarak, tez çalışmama değerli eleştirileri ve yorumlarıyla katkıda bulunmalarının yanı sıra, arazi şartlarında yem bitkileri yetiştirilmesinde teknik destek veren Prof. Dr. Ferat UZUN'a ve istatistiksel analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Hasan ÖNDER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez konusu kapsamında yürütülen *in vitro* laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan başta, Doktora öğrencisi Mahmoud Mohamedosman Ahmed ELFAKİ'ye ve silajlarda UYA analizleri yapılmasında önemli katkılar sağlayan Doktora öğrencisi Abdulkadir ERİŞEK'e ve tez çalışmasında kullanılan bitki materyali ekiminde, yetiştirmesinde, hasat edilmesinde ve silolamasında fiziki katkılarıyla destek olan lisansüstü öğrenciler; Mohamed FARAH, Mohamed SAEED, Salad ABDULLA ve Mohamed Ahmed HASSAN'a da teşekkürlerimi sunarım.

Şahsıma doktora eğitimi yapma imkanı sunan Türkiye Cumhuriyeti Devleti ile Somali Devletine ve doktora eğitimim boyunca burs desteği sunan "Yurtdışı Türkler ve Akrabalar Topluluklar Başkanlığına (YTB)" ve bu tez çalışmasına ait projeye maddi destek sağlayan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine (PYO.ZRT.1904.21.012) teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmalarım esnasında beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ve bana manevi destek olan eşim ve çocuklarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	İ
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	İİ
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	İİ
ÖZET	İİİ
ABSTRACT	İV
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR	Vİİİ
ŞEKİLLER DİZİNİ	İX
TABLolar DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	7
2.1. Guar Fasulyesi	16
2.2. Sorgum	18
2.3. Silolama Aşamaları	18
2.3.1. Aerobik Faz	19
2.3.2. Fermantasyon fazı	20
2.3.3. Stabil Faz	20
2.3.4. Besleme Fazı	20
2.4. Laktik asit bakterileri	21
2.5. Sorgum ve guar karışık ekimi	22
2.6. Silaj Katkı Maddeleri	22
2.6.1. İnokulantlar	23
2.6.2. Laktik asit Bakterileri	24
2.6.3. Melas	24
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1. Yeşil Yem Materyali	27
3.2. <i>İn Vitro</i> Çalışmalarda Kullanılan Rumen Sıvı İçeriği	28
3.3. Muamele Gruplarının Oluşturulması ve Silajların Hazırlanması	29
3.4. Silajlarda pH ve Organik Asitlerin Belirlenmesi	32
3.5. Silaj Kalite Analizleri	32
3.6. Silajda Aerobik Stabilitenin Belirlenmesi	33
3.7. Silajların Nispi Yem Değerlerinin Belirlenmesi	33
3.8. Yemlerin Besin Madde İçeriklerinin Belirlenmesi	34
3.9. <i>İn Vitro</i> Gaz Üretim Tekniğinin (Hohenheim) Uygulanması	34
3.9.1. Çalışmada kullanılan çözeltiler aşağıdaki gibi hazırlanmıştır	35
3.9.2. Gaz üretim miktarları aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir	36
3.10. Yemlerde Metan Üretiminin Belirlenmesi	37
3.11. <i>İn Vitro</i> Gerçek Besin Madde Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi	38
3.11.1. Torbaların ve Örneklerin Hazırlanması	38
3.11.2. Tampon Çözeltilerin Hazırlanması	38
3.11.3. İnokulum ve İnküasyonun Hazırlanması	38
3.12. Rumen Sıvısında pH, Uçucu Yağ Asitleri (UYA) ve Amonyak Azotu (NH ₃ -N) Analizleri	40
3.12.1. Rumen sıvısının amonyak azotu (NH ₃ -N) analizi	40
3.12.2. Rumen sıvısının uçucu yağ asitleri (UYA) analizi	40

3.13. İstatistiksel Analizler.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	42
4.1. Silajların Besin Madde İçerikleri	42
4.2. Silajların Hücre Duvarı Yapı Elemanları	52
4.3. Silajların Nispi Yem Değerleri	56
4.4. Silajların Organik Asitler ve Amonyak Azotu (NH ₃ -N) İçerikleri	57
4.5. Silajlarda Kalite Özellikleri	60
4.6. Silajların Aerobik Stabiliteleri	63
4.7. Silajların <i>In Vitro</i> Sindirilebilirlikleri ve Gaz Üretim Parametreleri	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	75
ÖZ GEÇMİŞ.....	87



SİMGELER VE KISALTMALAR

AA	: Asetik asit
ADF	: Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler
ADL	: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin
AOAC	: Association of Official Analytical Collaboration (Resmi Analitik Kimyagerler Derneği)
BA	: Bütirik asit
CA	: Canlı ağırlık
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
HK	: Ham kül
HP	: Ham protein
HS	: Ham selüloz
HSEL	: Hemiselüloz
HY	: Ham yağ
IVGS	: <i>İn vitro</i> gerçek besin madde sindirilebilirliği
KM	: Kuru madde
KMS	: Kuru madde sindirilebilirliği
KMT	: Kuru madde tüketimi
NYD	: Nispi yem değeri
ME	: Metabolize edilebilir enerji
N	: Azot
NDF	: Nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler
NE _L	: Net enerji laktasyon
NH ₃	: Amonyak
NÖM	: Nitrojensiz (azotsuz) öz maddeler
NRC	: National Research Council (Ulusal Araştırma Konseyi)
OM	: Organik madde
PA	: Propiyonik asit
SEL	: Selüloz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Tipik bir yem bitkisinin mikrobiyal popülasyonu ve bolluğu (Muck et al., 2003).	19
Şekil 3. 1. Sorgum ve guar fasulyesinin ekim ve yetiştirilme aşamasından bazı kesitler.....	28
Şekil 3. 2. Sorgum ve guar fasulyesi silolanması ve paketlenmiş silajlardan bazı kesitler.....	30
Şekil 3. 3. Silajların duyuşsal analizleri.....	33
Şekil 3. 4. İn Vitro Gaz Üretim Tekniğinin Uygulanması	35
Şekil 4. 1. Silajların Aerobik Stabilitate (AS) Süreleri	63
Şekil 4. 2. Sorgum silajlarının zamana bağlı <i>in vitro</i> gaz üretimleri (ml/200 mg KM)	65
Şekil 4. 3. Guar silajlarının zamana bağlı <i>in vitro</i> gaz üretimleri (ml/200 mg KM)..	66
Şekil 4. 4. Sorgum+guar silajlarının zamana bağlı <i>in vitro</i> gaz üretimleri (ml/200 mg KM).....	66
Şekil 4. 5. Silajların 24 saatlik inkübasyon sonrası <i>İn vitro</i> metan üretimleri	68
Şekil 4. 6. Silajlara ait organik madde sindirilebilirliği (OMS) değerleri.....	71
Şekil 4. 7. Silajlara ait <i>in vitro</i> gerçek sindirilebilirlik (<i>İVGS</i>) değerleri	72

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2. 1. Guar fasulyesi ve sorgum silajlarına ait besin madde içerikleri	14
Tablo 3. 1. Denemede oluşturulan silaj muamele grupları	31
Tablo 3. 2. Buffer Solüsyonların Hazırlanması	39
Tablo 4. 1. Taze Yem Bitkilerin Besin Madde Değerleri	45
Tablo 4. 2. Taze Yem Bitkilerin Hücre Duvarı Yapı Elemanları, Kaba Yem Kalite Sınıfı ve Sindirilebilirliği	46
Tablo 4. 3. Denemede incelenen silajların besin madde içerikleri, % (doğal halde) ..	48
Tablo 4.4. Denemede incelenen silajların hücre duvarı yapı elemanları içerikleri, % (doğal halde)	49
Tablo 4. 5. Denemede incelenen silajların besin madde içerikleri, % (kuru maddede).....	54
Tablo 4. 6. Denemede incelenen silajların hücre duvarı yapı elemanları içerikleri, % (kuru maddede).....	55
Tablo 4. 7. Silajların kuru madde sindirilebilirliği (KMS), kuru madde tüketimleri (KMT) ve nispi yem değeri (NYD) indeksleri ve kaba yem kalite sınıfları ..	57
Tablo 4. 8. Silajların organik asit ve Amonyak Azot değerleri	59
Tablo 4. 9. Silajlarda pH, OpH, Flieg puanı ve toplam kalite puanları	61
Tablo 4. 10. Silajların duyusal analiz değerleri.....	62
Tablo 4. 11. Denemede kullanılan yemlerin <i>in vitro</i> gaz üretimleri (ml/200 mg KM) ve 96 saatlik inkübasyon sonrası pH.....	69
Tablo 4. 12. Denemede kullanılan yemlere ait <i>in vitro</i> gaz üretim parametreleri, metan üretimleri, OMS, ME içerikleri ve İVGS değerleri.....	70

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun yaklaşık olarak 8.0 milyardan fazla olduğu (UN, 2023) ve bu sayının her geçen gün arttığı görülmekte olup, dünya nüfusunun hızla artması başta beslenme sorunu olmak üzere, barınma, çevre kirliliği ve sağlık gibi birbirine bağlı zincirleme bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Artan nüfusun getirdiği bu sorunlarla başa çıkmak ve gerekli tedbirleri almak için oldukça fazla çaba sarf edilmesi gerekmektedir. İnsanın yeterli ve sağlıklı beslenebilmesi, gıda arzının sürekliliği yanında aynı zamanda gıdaya erişimin ekonomik olmasına da bağlıdır. İnsanların beslenmesinde bitkisel ve hayvansal gıdalar kullanılmaktadır ve genellikle et, süt, yumurta gibi hayvansal gıdalar bitkisel gıdalara göre daha besleyici ve daha pahalı besin kaynaklardır. Ayrıca hayvansal gıda kaynakları insanların beslenmesinde ihtiyaç duyulan esansiyel besin maddelerini karşılayabilmeleri açısından da önem taşımaktadır. Bu nedenle hayvansal üretim faaliyetleri insanların dengeli beslenmesinde toplam protein tüketimin yaklaşık üçte birini ve toplam kalorisinin altıda birini sağlayarak gerek küresel gıda güvenliği gerekse beslenmede büyük rol oynamaktadır. Bu hayvansal ürünlerin yarısından fazlası ise ruminant hayvanlardan elde edilmektedir (FAO, 2018). Ruminantlar, tek mideliler tarafından salgılanan enzimler tarafından sindirilemeyen kaba yemleri ve lifli bileşiklerini parçalayarak onlardan yararlanabildikleri için, yüksek lif içerikli ve düşük kaliteli kaba yemleri et ve süt gibi yüksek besin kalitesine sahip ürünlere dönüştürebilmektedirler (Van Gastelen et al., 2015). Bununla birlikte, ruminant hayvanlar yılın her mevsiminde büyük miktarlarda yem kaynaklarına ihtiyaç duymaktadırlar. Yıl boyunca gerekli olan kaba yem ihtiyacının karşılanmasında özellikle taze yemlerin bulunamadığı kış dönemlerinde kullanılmak üzere taze kaba yemlerin iki farklı yolla (silolama ve kurutma) muhafaza edildiği görülmektedir (McAllister et al., 2018; Muck et al., 2020).

Dünya genelinde hayvancılık faaliyetlerindeki en önemli nakdi masrafların tüm işletmeler için yem giderleri olduğu ve işletmelerdeki hayvan sayısının artışına bağlı olarak yem masraflarının genel masraflar içerisindeki payının da arttığı ve bir hayvancılık işletmesindeki toplam masrafların yaklaşık %70-80'nin yem giderleri olduğu bildirilmektedir (Özdemir vd., 2022). Yemler içerisinde kesif yem kaynakları kaba yemlere kıyasla daha pahalı olup, kaba yemlerin kalitesi arttıkça kesif yemlere olan ihtiyaç azalmakta ve hayvansal üretim maliyeti daha ekonomik olmaktadır.

Ayrıca, ruminantların beslenmesinde, kaba yemlerin fizyolojik ve ekonomik açıdan önemi büyüktür ve ekonomik hayvancılık yapabilmek için kaliteli kaba yemlerin ucuza temin edilmesi gerekmektedir. Kaba yem kaynaklarının yetersizliği ve çoğu zaman kaba yemlerin bulunmadığı dönemlerde kullanılan alternatif kaba yem kaynaklarının düşük kalitede olması ruminantların beslenmesindeki en önemli problemlerin başında yer almaktadır (Ozcan ve Kilic, 2018). Bu nedenle kaba yem açığını kapatmak amacıyla yem bitkileri ekim alanlarının artırılması yanında, yüksek verim yeteneğine sahip yem bitkileri çeşitlerinin ekilmesi ve birim alandan elde edilen yem bitkileri üretim miktarlarının artırılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Geleneksel olarak hayvanların otlatılmasına dayalı yapılan hayvancılık faaliyetlerinde kaba yem ihtiyacının karşılanmasında; çayır mera alanları önemli yer tutmaktadır. Günümüzde fazla sayıda hayvanla yapılan entansif yetiştiricilik faaliyetinin yaygınlaşması dolayısıyla sadece kırsalda hayvancılık yapanlar için çayır mera alanları kaba yem açığının kapatılmasına kısmen katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte düşük besleme değerlerine sahip tahıl hasat artıkları (sap, saman) ile endüstriyel üretim sonrası kalan fabrika artıklarından (posa vb.) da çoğu zaman kaba yem kaynağı olarak faydalanılmaktadır (Kılıç ve Abdi, 2016).

Ne yazık ki bu kaba yem kaynakları, kış aylarında hayvanların kaba yem ihtiyaçlarını karşılamaya yetmemektedirler. Bu nedenle, kaba yem ihtiyacının daha fazla olduğu kış aylarında hayvanların beslenmesinde kullanılmak üzere, taze halde iken kurutma (kuru otlar) ve silolama (silajlar) yöntemleri ile muhafaza edilen yem kaynaklarından yaygın olarak faydalanılmaktadır. Kurutma işlemi özellikle bol yağış alan bölgelerde sorun olmakta ve doğal yöntemlerle ot kurutma işleminde yaşanan bazı olumsuzlukları önlemek amacıyla yapay ot kurutma önerilmektedir. Ancak bu işlemin gerek kurutucu sisteme ihtiyaç göstermesi gerekse enerji maliyeti dolayısıyla pahalı bir yöntem olduğu dikkatleri çekmektedir. Bununla beraber, farklı bir kaba yem muhafaza yöntemi olan silolama yöntemi (silaj yapımı) son zamanlarda oldukça yaygınlaşmış olup, tüm dünyada kabul görmüş bir kaba yem muhafaza yöntemidir. Bununla birlikte günümüzde silaj yapımında teknolojik gelişmelerden faydalanılmakta ve silajlık materyallerin yem değerini artırıcı değişik katkı maddeleri ilavesiyle silolama üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır.

Tarımsal faaliyetlerin yürütülmesinde, bitkilerin ihtiyaç duydukları bazı besin madde ihtiyaçlarının karşılanmasında ve verim miktarının artmasında sulama büyük

önem taşımaktadır. Bununla birlikte dünya çapında susuzluk ve kuraklık tehdidi önemli sorunların başında gelmekte ve bu nedenle daha az su ihtiyacı olan veya kuraklığa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi yanında daha az su ile sulama yapılabilen yöntemler üzerinde durulmaktadır. Yem bitkileri yetiştiriciliğinde görülen kaba yem açığının kapatılmasında da bu durumun dikkate alınması ve kuraklığa dayanıklı yem bitkileri yetiştiriciliğinin tercih edilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Bu bakımdan su gereksinimi çok az olan ve susuzluğa dayanıklı olan sorgum ve guar fasulyesinin alternatif yem bitkileri olarak yetiştirilmesi gelecekte olası kuraklık durumunda veya sulama sorunu olan bölgeler açısından kaba yem temininde büyük katkılar sağlayacaktır.

Bu bağlamda kaba yem açığını kapatmak için, yapılan araştırmalarda kurak şartlarda (Somali gibi Afrika ülkelerinde) dahi yetişebilme özelliğine sahip olan sorgum ve guar fasulyesi önemli bir kaba yem potansiyeline sahiptir. Hint fasulyesi olarak da bilinen guar fasulyesinin taze hali içerdiği hidrosiyamik asit (fenolik madde) dolayısıyla hayvanların tüketimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle guar fasulyesi silajlarının yapılması ile istenmeyen acımsı tatların bertaraf edilmesi sağlanabilmektedir, böylece guar silajlarının ruminantların beslenmesinde güvenle kullanılması mümkün olmaktadır (Olfaz et al., 2019). Bu konuda yapılan literatür taramalarında guar fasulyesinin yem değeri ve silajları üzerine yapılmış araştırma sonuçlarının oldukça sınırlı olduğu görülmüştür.

Ayrıca sorgum bitkisinin de kuraklığa dayanıklı olduğu ve kurak bölgelerde (sınırlı yağmur alan yerlerde) yaygın olarak ekilen tahıl olduğu bilinmekte olup, düşük verimli arazilerde bile sorgumdan yüksek verim alınabilmektedir. Ayrıca sorgum, guar fasulyesine benzer toprak ve iklim şartlarına sahiptir ve samanı ruminant beslemede kullanılabilirken, bir tahıl olması dolayısıyla silajlarının da başarıyla yapıldığı bilinmektedir.

Mevcut çalışmanın amacı guar fasulyesi ve sorgum silajlarının tek başlarına ve karışım halinde ekilerek elde edilen materyallerin silajlarının yapılması ve silaj yapımında kullanılacak melasın ve mikrobiyal inokülantın silaj kalitesi, silajların besin madde içerikleri, potansiyel yem değeri, *in vitro* sindirilebilirlikleri ve metan üretimi üzerine etkisinin belirlenmesidir. Ayrıca, kurak bölgelerde yüksek verim alınabilecek alternatif yem bitkileri ekimi sayesinde özellikle kış aylarında görülen kaba yem yetersizliğinin silaj yapımıyla karşılanması bu çalışmanın diğer amaçları arasında yer

almaktadır.

Silaj yapımında tek başına silolanması zor olan guar fasulyesinin, kolay silolanabilme özelliğine sahip bir tahıl olan sorgumla birlikte ekilmesi ve bu sayede silaj fermentasyonunun garanti altına alınması da bu çalışma kapsamında amaçlanmıştır. Silaj yapımında özellikle tek başına yapılan guar silajlarında melas ve inokülan ilavesiyle silaj kalitesinin ve kaba yem kalitesinin artırılması hedeflenmiştir. Nitekim, düşük kaliteli kaba yemlerle beslenen hayvanlarda çevreye yayılan metan üretiminin fazla olduğu dikkate alınır, kaba yem kalitesini artırarak çevresel katkılar da sağlamak bu çalışmanın kurguları arasında yer almıştır.

Metan (CH_4), sera gazları arasında olumsuz etkisi en fazla olan gazdır nitekim, ruminal fermentasyonda en çok üretilen gaz karbondioksit olduğu halde metanın küresel ısınmaya katkısı (küresel ısınma potansiyeli) karbondioksitin 28-34 kat daha fazlasıdır (Glasson et al., 2022). İklim değişikliği çalışmalarına dayanarak, 2010-2019 yılları arasında gözlenen küresel ısınmaya yaklaşık olarak $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir (IPCC, 2021). Hayvancılıktan kaynaklanan metan emisyonları, enterik fermentasyon ve gübre yönetimi gibi süreçlerden oluşmaktadır (IPCC, 2019; Kumari et al., 2020). Tarımsal kökenli metan gazlarının yaklaşık %80'i hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmakta olup, bunun %90'ının ruminantların enterik fermentasyonundan, kalan %10'unu da hayvanların gübrelerinden kaynaklanmaktadır. Tarımsal kökenin kalan %20'si ise çoğunlukla pirinç tarlalarından olmak üzere küçük miktarda da tarımsal artıkların yakılmasından kaynaklı olduğu bildirilmektedir (Reisinger et al., 2021). Çiftlik hayvanlarından kaynaklanan küresel metan emisyonlarının 2017 yılı için yaklaşık 115 milyon ton CH_4 olduğu ve bu rakamın 2000-2006 yıllarındaki ortalama metan emisyonlarına kıyasla %10-13'lük bir artış olduğu saptanmıştır (Jackson, 2020). Atmosferdeki metan varlığının, büyük ölçüde hayvancılıkla ilişkili olduğu ve küresel CH_4 emisyonlarının yaklaşık %24-30'unun hayvancılık (ruminant) faaliyetlerinden kaynaklandığı (Jackson et al., 2020; Sauniois et al., 2020; Glasson et al., 2022) bildirilmektedir. Enterik metan gazının çevresel etkileri (küresel ısınma) yanı sıra ayrıca, ruminantlara verilen yemlerin enerjilerinin bir kısmının israf edilmesine de neden olması hayvan besleme açısından büyük sorun teşkil etmektedir. Bu yolla kaybolan enerjinin hayvanlara verilen yemlerin toplam enerjilerinin yaklaşık %2-12'si arasında olduğu bildirilmektedir (Mahesh et al., 2013). Bu bakımdan ruminantların metan üretimlerinin azaltılması için besleme stratejilerinin

geliştirilmesi ve metan üretimini azaltıcı önlemler alınması önem taşımaktadır. Bu önlemler kısa sürede etkisini gösterebilecektir çünkü metanın atmosferdeki ömrü 8.4 – 9 yıldır (Glasson et al., 2022; Mihaila et al., 2022).

Kaliteli silajların hazırlanması ve silaj fermantasyonunun garanti altına alınmasında silaj katkı maddeleri kullanımı önem taşımaktadır. Ayrıca, silajların bozulmasına neden olan mikroorganizmaları baskılaması, silajlarda oluşabilecek kuru madde ve besin maddesi kayıplarını en aza indirmesi, silajların besleme değerini ve kalitesini yükseltmesi nedeniyle silaj katkı maddeleri, hayvan beslemeciler tarafından stratejik açıdan umut verici bir yönetim aracı olarak kabul edilmektedir (Aurbach et al., 2020). Bu bağlamda hayvan beslemeciler genellikle silaj katkı maddelerini bitki solunumu üzerindeki olumsuz etkilerin önlenmesi, silaj yapımında istenmeyen fermantasyonun ve mikroorganizmaların (maya ve küf) sınırlandırılması, depolama sırasında hava, sıcaklık stresinin bertaraf edilmesi ve arzu edilen fermantasyon kalitesinin sağlanması gibi sorunların üstesinden gelmek için kullanılmaktadır (Arriola, 2010; da Silva, 2018). Genel olarak silaj katkı maddeleri fermantasyon üzerindeki etkilerine göre (McDonald et al., 1991) şu şekilde sınıflandırılabilir; **1)** fermantasyon uyarıcıları (LAB, enzimler, şekerler, melas), **2)** fermantasyon engelleyiciler (güçlü asitler veya bunlara karşılık gelen tuzlar, güçlü antimikrobiyal özelliklere sahip kimyasallar), **3)** aerobik bozulmayı engelleyiciler (LAB veya zayıf organik asitler), **4)** besinler ve besleme değerini artırıcı besin kaynakları (mineraller, üre, amonyak) ve **5)** emici (absorbant) maddeler (saman, kurutulmuş şeker pancarı küspesi). Silajlık materyalde katkı maddeleri kullanımına ihtiyaç varsa tercih edilmelidir. Kullanılacak katkı maddeleri etkili, güvenli, belirli bitki türlerine uygun, kullanımı ve uygulaması kolay, çevreye, insan sağlığına ve aynı zamanda ekipmanlara zarar vermeyen, düşük maliyetli (ekonomik) ve kolay erişilebilir olmalıdır (Oude Eflerink, 2000; Weinberg, 2008). Mevcut çalışmada kullanımı tercih edilen katkı maddeleri yaygın olarak kullanıma sahip olan, uygulaması ve temini kolay olan melas ve LAB inokülanlarıdır.

Bu çalışmada, ruminantların beslenmesinde görülen kaliteli kaba açığının kapatılmasında alternatif kaba yem kaynağı potansiyeli yüksek olan kurak şartlara dayanıklı guar fasulyesi ve sorgumun tek başlarına ve karışım halinde ekilmeleri sonrasında melas ve mikrobiyal inokülan ilavesiyle yapılan bütün silajların besin madde içerikleri, *in vitro* gaz üretimleri ve buna bağlı parametreler, *in vitro*

sindirilebilirlikler, metan üretimleri ve silajlarda duyusal ve kimyasal kalite analizlerinin yapılması ve silajların birleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasının birden çok hipotezi bulunmakta olup, yüksek ham protein içeriği ve yüksek tamponlama kapasitesi dolayısıyla silolanması zor olan guar fasulyesinin, kolay çözünebilir karbonhidrat kaynağınca zengin olan sorgumla karışık ekimi sonrasında kolay silolanabileceği, melas ve mikrobiyal inokülan ilavelerinin bütün silajlarda laktik asit fermentasyonunu iyileştireceği ve mikrobiyal inokülan ve melas ilavesinin silaj fermentasyonunu iyileştireceği kurguları oluşturmaktadır. Bununla birlikte tek başına yapılan guar silajlarının aerobik stabilitesinin, asetik asit üretimini artıracığı için diğer silajlardan daha yüksek olacağı; melas ilave edilen silajlarda melasın sindirilebilirliğinin yüksek olması dolayısıyla *in vitro* sindirilebilirliklerin artacağı, metan üretiminin ise düşeceği (guar fasulyesinin yüksek HP içeriği dolayısıyla daha düşük metan üretimine neden olacağı) beklenmektedir. Ayrıca, sorgum ve guar fasulyesinin karışık ekiminin ve silolanmasının bütün veriler dikkate alındığında tek başına sorguma kıyasla protein içeriklerinde artış başta olmak üzere potansiyel yem değerini artıracığı bu çalışmanın hipotezleri arasında yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Ruminant hayvanların besin zincirine sağladıkları en büyük katkı, ruminant olmayanlar tarafından yeterince değerlendirilemeyen, bitkilerin yapısında yer alan yapısal lif ve proteinleri et, süt gibi dengeli ve kaliteli besinlerin temelini oluşturan hayvansal kaynaklı aynı zamanda yüksek besleyici değere sahip gıdalara dönüştürebilmesidir (Gislon et al., 2020; Zubairova et al., 2022). Ruminantlar, yıl boyunca bu üretkenliklerini optimize etmek için yüksek miktarda ve kaliteli yem kaynaklarına ihtiyaç duymakta olup, yem bitkileri bu açıdan çok önemli bir rol oynamaktadır. Genellikle sağmal sığırların rasyonundaki kaba yem oranı %40 ile %100 arasında değişebilmektedir ve kaliteli kaba yem kaynakları hayvanların besin madde gereksinimlerini sağlamanın yanında, sağlık ve refahlarını korumak için de hayati önem taşımaktadır (Adesogan et al., 2019). Bununla birlikte, kaba yemlerin yeterince teminini; hayvanların otlatma döneminin yetersiz (kıt) olması, kuraklık, hasat olgunluğu gibi iklime dayalı faktörler yem kalitesini etkilemekte ve tedarik zincirini kısıtlayabilmektedir (Weinberg, 2008). Ayrıca bitkilerin olgunluk aşamasının yemlerin sindirilebilirliğini, enerji ve ham protein (HP) içeriğini önemli ölçüde etkilediği de bilinmektedir (Harris et al., 2017). Bu nedenle kaba yemlerin tedariğinde sorunların meydana gelmemesi için yem bitkilerinin optimum verim ve besin madde kalitesine ulaştıklarında hasat edilmesi ve daha sonra kullanılmak üzere uygun bir yöntemle muhafaza edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaba yemleri muhafaza etmek için kurutma veya silolama olmak üzere iki yaygın kullanıma sahip olan seçenek vardır ve ikisi arasındaki seçimde; iklim koşulları, gelenekler ve teknoloji belirleyici faktör olarak rol oynamaktadır (Muck et al., 2020). Yapılan bazı çalışmalar gerek ot kurutma yöntemi gerekse silolamada oluşan kayıpların tamamen ortadan kaldırılamadığını göstermektedir. Ancak, yetiştirilecek ürünlerin seçim aşamasından başlamak üzere son aşama olan depolama dönemine kadar kapsamlı bir yaklaşım uygulayarak meydana gelen kayıpları en aza indirmenin mümkün olabildiği bildirilmiştir (Hancock ve Collins, 2006; Holmes ve Muck, 2007; Zubairova et al., 2022).

Kurutma işleminde başlıca amaç, bitki enzimlerinin biyolojik olarak inaktivasyonu sağlamak ve yemlerin kurutularak mikrobiyal ayrışmasının önlenmesidir. Silolama işleminin asıl amacı ise, fermentasyon aşamasında pH'ı düşürerek yeşil yemleri muhafaza etmek ve yemleri mikroorganizmaların olumsuz

etkilerinden (yemlerin bozulmasından) korumaktır (Mehmood et al., 2020).

Ot kurutma işleminde en büyük kayıpların hasat sürecinde meydana geldiği (Muck et al., 2020) ve depolama sürecinde oluşan kayıpların daha az olduğu bilinmekte olup, ayrıca kuru otların nakliyesinin ve pazarlanabilirliğinin silajlara göre daha kolay olması dolayısıyla yağışlı olmayan (ot kurutmaya engel olmayacak kadar az yağış alan) bölgelerde ot kurutma yöntemi silaj yapımına kıyasla daha avantajlı görülmektedir (Mehmood et al., 2020; Muck et al., 2020). Ancak, silaj yapımı ılıman ve nemli iklimlerde (ot kurutma işlemine elverişsiz yağışlı bölgelerde) ve sanayisi gelişmiş hayvancılık açısından daha uygun işletmelerde yaygın bir kaba yem muhafaza yöntemidir (Filya et al., 2000). Silolamanın avantajları arasında kurutmaya kıyasla besin kayıplarını önleyen ve yemlerin kalitesini artıran başta yaprak kayıplarının daha az olması yer almaktadır (Polan et al., 1998). Bununla beraber silolamada başarı çok önem taşımaktadır, tonlarca kaba yem kaynağının bozularak çöpe atılması gibi olumsuz durumlarla karşılaşılmasını için silaj yapım ilkelerine uygun şekilde hareket etmek ve azami özen göstermek gerekmektedir. Başarılı bir silolamada, yem bitkilerinin tür seçimi ve silolanacak materyalin kimyasal özelliklerinin dikkate alınması, uygun hasat zamanının belirlenmesi, silo türü ve gerekli katkı maddelerinin (enzimler, kimyasallar, mikrobiyal inokülanlar, besin maddeleri vb.) seçiminde isabetli karar almak zorunludur. Ayrıca, uygulamada silaj yapım kurallarına uygun olarak silajlık materyallerin hasat döneminden hayvanlara verinceye kadar geçen bütün süreçleri koordine etmek ve yönetmek büyük önem taşımaktadır.

McDonald et al. (1991) ile Weinberg (2008) iyi muhafaza edilmiş ve kaliteli silajlar üretmek ve silolamada başarı sağlamak için silajlık materyallerde yeterli miktarda çözünebilir karbonhidrat içeriği, düşük tamponlama kapasitesi ve %30-40 KM (en az %20 KM) içeriği olması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, silajlarda fermentasyon başlangıcında laktik asit bakteri gelişimini desteklemek için minimum 30 ila 50 g/kg KM kolay çözünebilir karbonhidrat içeriğinin gerekli olduğu (Weinberg, 2008), ayrıca laktik asit bakterilerine yeterince fermente edilebilir karbonhidrat sağlamada silajlık materyalin hem karbonhidrat içeriği hem de karbonhidratların yapısının önemli olduğu ve kolay fermente olabilen glikoz ve fruktozun çoğunlukta olması gerektiği bildirilmektedir (Rooke ve Hatfield, 2003).

Niyigena et al. (2021), serin iklim mahsullerin sıcak iklim mahsullerine kıyasla

daha fazla SÇK içeriğine sahip olduğunu bildirmekle birlikte, yemlerdeki toplam SÇK içeriğini etkileyen bazı faktörler olduğu ve bu faktörlerden bir tanesinin de SÇK'nin günlük birikimi olduğu belirtilmektedir. Ruckle et al., (2018), hem buğdaygillerin hem de baklagillerin gündüzleri fotosentez ürünleri biriktirdiğini ve bunların gece boyunca solunum ve büyüme için kullanıldığını bildirirken; McDonald et al., (1991), buğdaygillerin SÇK içeriğinin gün boyunca fotosentez ürünlerinin birikmesiyle arttığını ve öğleden sonra zirveye ulaştığını ancak, baklagillerin öğle saatlerinde zirveye ulaştığını belirlemiştir. Ayrıca, Pelletier et al. (2010), baklagillerde öğleden sonra çözünür karbonhidratlarda eşzamanlı bir düşüşün muhtemel nedeninin heksozların yapısal olmayan karbonhidratlara (YOK) ve nişastaya dönüştürülmesiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir. Aynı şekilde Andueza et al. (2012), gün batımında hasat edilen baklagillerde YOK içeriğinin gün doğumuna göre daha yüksek olduğunu iddia etmektedir. Ruckle et al. (2018), buğdaygillerin gövdelerinde ve yapraklarında yaklaşık 200-250 g/kg KM SÇK biriktirebildiğini, baklagillerin ise biyokütlelerinde yaklaşık 250-350 g/kg KM nişasta biriktirebildiğini bildirmektedir. Ayrıca, Kagan et al. (2020), hasat mevsiminin ve coğrafi bölgelerin, kaba yemlerin SÇK içeriğini etkileyen diğer faktörler arasında yer aldığı bildirilmiştir.

Ruminantları yeterli, dengeli ve ekonomik beslemenin temeli kaliteli kaba yemlere dayanmaktadır. Kaliteli kaba yem temini öncelikle çayır-mer'a alanlarından ve tarımı yapılan yem bitkilerinden temin edilmektedir. Türkiye'de kaba yem sıkıntısı özellikle kış aylarında görülmekte ve ekonomik anlamda hayvansal üretim yapmayı engelleyen en önemli sorunların başında ise kış aylarında yeterli kalitede kaba yem temin edilememesi ve kesif yem fiyatlarının yüksek olması gelmektedir. Bununla birlikte kaba yem sıkıntısının fazla olduğu yıllarda düşük kalitede kaba yem kaynaklarının (saman gibi) yüksek fiyatla satılması önemli sorunlardandır.

Türkiye'de yem bitkisi ekiliş alanlarının yetersiz olması dolayısıyla yılda yaklaşık 55 milyon ton kaliteli kaba yem açığı görülmektedir. Bu durum ekonomik hayvan yetiştirmeyi engellemekte ve hayvansal üretimde maliyeti artırmaktadır. Bu bağlamda, hayvancılık işletmelerinin kaliteli kaba yem gereksinimlerinin karşılanması için, mevcut yem bitkileri ve alternatif (birim alandan daha fazla yem bitkisi üretimi yapılabilecek, kuraklık, susuzluk gibi olumsuz şartlara dayanıklı) yem bitkileri ekiliş alanlarının artırılması, çayır-mera alanlarının ıslah edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Silaj katkı maddesi olarak yaygın şekilde kullanılan melas, KM'sinde yaklaşık

%70 suda çözünebilir karbonhidrat içerdği için silaj yapılacak materyallerde kolay çözünebilir karbonhidrat içeriğini artırarak, silaj fermentasyonunu iyileştirmekte ve silaj fermentasyonunda arzu edilen LAB'lerinin çoğalmak için ihtiyaç duyduğu şekerleri sağlayarak fermentasyonu garanti altına almaktadır. Silajlık bitkilere melas ilavesinde yemin lezzetinin artması yanında; silaj KM'si ve laktik asit miktarı artmakta; pH ve NH₃ düzeyi ise düşmektedir, böylece silajda kalite artmaktadır. Bu nedenle kolay silolanabilen (mısır gibi) bitkiler de dahil; bütün silajlık bitkilerin silolanmasında katkı maddesi olarak (fermentasyon uyarıcı) melas kullanımı yaygın bir uygulamadır (Kaiser 2004, Ni et al., 2017). Melas, şeker üretim sürecinde şeker pancarından arta kalan bir artık olarak elde edilmekte ve yaklaşık %70-%75 kuru madde içermektedir. Melas suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) bakımından (çoğunlukla sakaroz) oldukça zengindir (%83-%85 KM). Ayrıca temin edilmesi ve silajlık materyallere uygulamasının kolay olması, diğer alternatif silaj katkı maddelerine göre daha ucuz bir kaynak olması ve silajlık materyallerde gerek fermentasyon süreci gerekse lezzet bakımından olumlu katkıları dolayısıyla günümüzde silaj yapımında geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Bitkiler ve silajlık materyaller, mikroorganizmaların büyümesi için gerekli olan çeşitli besinleri içererek onlar için uygun ortam sağlamaktadırlar. Bu mikroorganizmalar silaj yapılmayan taze materyallerde yüksek nem dolayısıyla hızlı bir şekilde bozulmaya ve küflenmeye neden olmaktadır. Yeşil materyallerin bozulmasını önlemek ve nemli yemlerin uzun süre saklanmasını sağlamak için silaj yapımından yararlanılmaktadır. Yeşil yemleri silolamanın kurutma yöntemine göre birçok avantajları olduğu literatürde bildirilmiş olup, silaj yapımının başlıca avantajları: hasat sırasında düşük mekanik kayıplar, soldurma sırasında düşük besin madde kayıpları, silaj yapımının hava şartlarına daha az bağımlı olması ve yemleme yönetimi kolaylığı vb. özellikler olarak bildirilmektedir (Collins ve Moore, 2018; Van Den Oever et al., 2021). Ancak iyi korunmamış silajlarda bulunan Clostridium benzeri silaj fermentasyonunda istenmeyen mikroorganizmalar kuru madde (KM) kayıplarını artırarak silaj kalitesini ve lezzetini olumsuz yönde etkilemektedir (Collins ve Moore, 2018).

Silajda istenilen mikrobiyal fermentasyonu teşvik etmek, silolama sürecini kontrol etmenin önemli bir aşamasıdır. Laktik asit bakterileri bu amaç için en yaygın kullanılan katkı maddeleri arasında yer almaktadır. Silajların iyi kalitede olması için

laktik asit (LA) ve asetik asit (AA) oranının ayarlanmasında laktik asit bakteri (LAB) inokülanları çok önemli rol oynamaktadırlar (Wang et al., 2020; Jung et al., 2022). Silajlarla ilgili mevcut literatürün çoğu, güvenli, çevre dostu, toksik olmayan ve kullanımı kolay olan bakteriyel inokülanlara ve enzimlere odaklanmaktadır (Zhang et al., 2009; Wang et al., 2020; Rupp et al., 2021). Bununla birlikte bazı literatürlerde maya ve LAB'nın birlikte yer aldığı katkı maddelerinin kullanılmasının yüksek kaliteli silajlar elde edilmesinde başarılı sonuçlar sağladığı bildirilmektedir (Schnürer ve Jonsson, 2011).

Mikrobiyal inokülanların silaj katkı maddesi olarak kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmakta olup, özellikle büyük işletmelerde mikrobiyal inokülan kullanımının daha yoğun olduğu görülmektedir. İlk yıllardaki uygulamalarından, gerek LAB kültürlerinin silaj ortamına adapte olamamaları gerekse uygun zamanda kullanılmamaları nedeniyle olumlu sonuçlar alınamadığı bilinmekte iken, son 35-40 yılda bu alandaki teknolojinin gelişimi ile birlikte, özellikle 1980'lerden sonra hayvancılığı gelişmiş ülkelerde bakteriyel inokülan kullanımı çok büyük bir artış göstermiştir. Bu durum mikrobiyal inokülanların günümüzde daha ekonomik olarak üretilmesine ve tonlarca silajın bozulma ihtimaline karşı silaj fermentasyonunu hızlı bir şekilde garanti altına almada sağladığı katkılara bağlanmaktadır (Khota 2017; Michel 2017; Dos Anjos et al., 2018; Junior 2020; Arriola et al., 2021).

Silaj yapımında melas kullanımı protein içeriği yüksek ve kolay çözünebilir karbonhidrat içeriği düşük olan (guar fasulyesi gibi) zor silolanan bitkilerde silaj fermentasyonunu iyileştirmesi (laktik asit bakterilerinde artış sağlaması) dolayısıyla, ya da silajların bozulmasını engellemek ve fermentasyonu garanti altına almak için diğer silajlık bitkilere sağladığı katkı dolayısıyla tercih edilmekte ve yaygın şekilde silaj katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu katkı maddeleri silaj (mısır, buğday, tritikale) yapım aşamasında kullanılabileceği gibi, özellikle silaj açıldıktan sonra silaj stabilitesini korumak ve silo ömrünü artırmak amacıyla da kullanılmaktadır (Filya 2001; Kutlu 2002; Lima et al., 2010; Ozduven et al., 2010; Kutlu ve Celi 2014; Lukkananukool et al., 2019; Handriati et al., 2019). Ayrıca, olası susuzluk ve kuraklık tehdidine karşı; sulanamayan, kurak bölgelerde yüksek verim alınabilecek alternatif yem bitkileri ekimi sayesinde özellikle kış aylarında görülen kaba yem yetersizliğinin silaj yapımıyla karşılanması yaygın uygulamalar arasındadır.

Nsereko et al., (2008) tarafından silaj yapımında katkı maddesi olarak kullanılan

mikrobiyal inokülanların rumen mikroorganizmalarını olumlu etkileyen bazı metabolitleri (bakteriosin) salgıladıkları, monensin benzeri etkisi olan nisin gibi maddeleri ürettikleri ve yem mikrobiyelerine benzer etki göstererek probiotik benzeri role sahip oldukları bildirilmektedir. Araştırmacılar ayrıca, inokülanların silaj fermentasyonu esnasında ürettikleri bir aktif metabolitin ortamdaki toksinleri azaltıcı ve silaj bileşenlerinin sindirilebilirliğini artırıcı etki gösterdiklerini de bildirmektedir (Nsereko et al., 2008). Ayrıca, LAB inokülanı ilavesinin silajda gerçek proteinleri koruyarak (daha düşük seviyede amonyak oluşumu) silajda protein parçalanmasını azalttığı da Muck vd. (2013) tarafından bildirilmektedir. Mikrobiyal inokülanların silolanan ürünlerin daha iyi fermente olmasına katkı sağlaması yanında, silajların aerobik stabilitesini artırdığı ve hijyenik açıdan daha temiz bir silaj elde edilmesine ve hayvanların verim performanslarında artışa neden olduğu bu nedenle günümüzde mikrobiyal inokülan kullanımının ekonomik olduğu sürece silaj yapımında kullanımları tavsiye edilmektedir.

Mısır ve sorgum silajları yapımında mikrobiyal inokülan (LAB) kullanımı üzerine yapılan çalışmalarda (Filya, 2003) mısır ve sorgum silajlarının pH'larının 3.7 ve 3.6; laktik asit içeriklerinin %4.0 ve %7.9; asetik asit içeriklerinin ise %1.2 ve %0.3 olarak belirlendiği; 48 saatlik *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirliklerinin katkı maddesi ilavesinden etkilenmediği bildirilmektedir. Bununla birlikte, LAB inokülanlarının silajda fermentasyonu geliştirmenin yanısıra ruminantlarda süt verimi, canlı ağırlık artışı ve yem değerlendirmede iyileşme sağladıkları da bilinmektedir (Kung et al., 2003).

Guar fasulyesinin tek başına silolandığında pH değerinin 5.7 olduğu (Alaca ve Parlak 2017) ve bu pH değerinin silajda istenilen fermentasyonun (laktik asit) sağlanması açısından sorun teşkil edebileceği görülmektedir. Silajların aerobik dayanıklılığı yani silo ömrü üzerindeki etkilerinin incelendiği araştırmaların bir kısmında LAB inokülanlarının silo ömrünü artırdığı (Weinberg et al., 1993; Meeske et al., 1999), bir kısmında etkilemediği (Moran et al., 1996); bir kısmında ise silo ömrünü azalttığı (aerobik dayanıklılığı düşürdüğü) ve silajlarda küflenme ve yoğun bir karbondioksit gazı üretimine neden oldukları bildirilmektedir (Ozduven vd. 2010; Lukkananukool et al., 2019). Silaj katkı maddesi olarak kullanılan mikrobiyal inokülanlarla yapılan çalışmaların, yaygın olarak *in vitro* şartlarda yürütülmesi ve araştırma sonuçları arasında bazı çelişkiler olması nedeniyle bu konuda yapılacak *in*

vivo çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte LAB inokulanti kullanılan bir çok çalışmada (mısır, sorgum, tritikale, gl, yonca, buğday, ayır otu, fiğ vb. silajlarında) pH ve bütirik asit miktarlarında düşme, laktik asit miktarında ise artış olduğu bildirilmektedir (Hotun et al., 2019). Tablo 2.1’de guar fasulyesi silaj ve kuru otları ile sorgum silajlarına ait besin madde içerikleri yer almaktadır.



Tablo 2.1. Guar fasulyesi ve sorgum silajlarına ait besin madde içerikleri

Kaba Yemler	KM	HP	HY	HK	HS	NÖM	NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL	Kaynak
Sorgum silajı	22.27	7.37	2.47	7.93	-	-	71.13	45.99	7.33	25.14	38.66	Cattani et al. (2017)
Sorgum silajı	32.90	10.5	2.85	10.8	-	-	57.7	38.9	5.72	18.8	33.18	McCary et al. (2020)
Sorgum silajı	24.68	6.47	3.37	4.13	-	29.58	59.42	32.99	4.14	26.43	28.85	Michel et al. (2017)
Sorgum silajı	26.39	8.32	2.77	4.18	-	24.67	60.07	33.79	4.09	26.28	29.70	Dos Anjos et al. (2018)
Sorgum silajı	22.37	5.20	1.52	-	-	-	69.71	43.48	4.56	26.23	38.92	Khota et al. (2017)
Sorgum silajı	22.50	8.07	-	-	-	-	64.20	39.80	-	-	-	Alhaag et al. (2019)
Sorgum silajı	22.99	8.10	3.09	8.26	34.48	-	62.79	39.66	-	-	-	Manoj et al. (2021)
Sorgum silajı	20.98	6.99	1.80	9.33	-	-	67.62	36.51	4.78	-	31.11	Bhakar et al. (2020)
Sorgum silajı	22.89	9.51	-	9.16	-	-	46.54	-	-	-	-	Behling et al. (2017)
Guar silajı	25.50	13.88	2.51	8.67	28.45	46.48	45.87	32.64	6.06	13.23	26.58	Olfaz et al., (2019)
Guar silajı	-	11.93	-	9.02	-	-	43.70	21.54	2.26	22.16	19.28	Alaca ve Parlak (2017)
Guar silajı	-	14.60	2.47	14.95	-	42.16	-	-	-	-	-	Suliman et al. (2017)
Guar silajı	-	19.35	-	8.12	13.31	-	-	-	-	-	-	Ali et al. (2016)
Guar silajı	25.11	14.48	-	7.19	21.40	-	-	-	-	-	-	Ayub et al. (2010)
Guar silajı	-	14.92	-	7.19	21.34	-	-	-	-	-	-	Ayub et al. (2011)
Guar silajı	23.48	15.88	-	7.19	21.55	-	-	-	-	-	-	Ayub et al. (2012)
Guar silajı	21.17	19.15	1.25	11.36	-	-	45.34	33.11	5.00	-	12.23	Bhakar et al. (2020)
Sorgum+guar silajı	-	12.20	-	9.62	22.29	-	-	-	-	-	-	Akhtar et al. (2013)

Silaj yapımında kullanılacak olan materyallerin tamponlama kapasitesi (TK) oldukça önem taşımaktadır. Muck (1988)'a göre, tamponlama kapasitesi, birim kuru madde başına silaj pH değerini 6'dan 4'e düşürmek için gerekli olan asit miktarı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle TK, bitki materyalinin pH değişimine karşı direnç derecesini ölçmektedir (Kung, 2010). Silaj pH'ını 4.2 ila 3.9 arasında tutmak için gerekli minimum şeker içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada (Stanaćev and Vik, 2002), TK'nin yemin şeker içeriği ile doğrudan ilişkili olduğu ve baklagillerin pH'ını düşürmek için buğdaygillere göre daha fazla SÇK'ye ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Bu görüş, baklagillerin yüksek organik asit ve ham protein (HP) içeriklerinin ve nispeten düşük SÇK içeriklerinin onların silolanmasını zorlaştırdığını bildiren Manneje (2016) tarafından da desteklenmektedir. Ayrıca silajlık materyallerin tamponlama kapasitesini düşürmek ve silaj fermentasyonunda bozulmaya neden olan bütirik asit bakterilerini azaltmak için, baklagillerin silolanmadan önce 300 ve 500 g/kg KM'ye kadar soldurulması önerilmektedir. Muck (1988), yoncadaki yüksek tamponlama kapasitesinin olgunluk dönemi, yoncanın biçim sayısı ve potasyum gübrelmesi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Nitekim, olgunlaşmamış, ilk biçim ve gübrelenmiş yoncanın silolanmasının; gübrelenmemiş, geç dönemde biçilmiş veya olgunlaşmış dönemdeki yoncaya göre daha fazla SÇK gerektirdiği bilinmektedir. Filya (2001) bu durumdaki baklagillerin silolanması için taze materyallerin %40 üzerinde KM içeriğinde olmasını önermektedir.

Silaj yapımında KM'nin kalite üzerindeki etkisi oldukça önemli olup, bu konu pek çok bilim insanı tarafından tartışılmıştır. Hu et al., (2009), kaba yemlerdeki nem eksikliği nedeniyle genel fermentasyon sürecinin kısıtlanabileceğini; Muck (1987) ise hasat zamanındaki yüksek KM'nin yonca silajlarında proteinlerin parçalanmasını (proteoliz) düşürdüğünü, protein olmayan nitrojen, serbest amino asitler ve amonyak konsantrasyonlarını azalttığını bildirmiştir. Ayrıca, yüksek KM (>400 g/kg) içeren silajlarda daha az miktarda asetik asit üretimi, daha yüksek etanol fermentasyonu gerçekleştiği ve besleme aşamasında aerobik bozulmanın yaygın olduğu bildirilmiştir (Kung et al., 2018; Zhao et al., 2019a). Bitki materyallerinde bulunan suda çözünen karbonhidratlar ve epifitik laktik asit bakterileri silaj kalitesini belirleyen iki kritik faktördür. Aynı şekilde, Zhao et al., (2021) düşük KM içerikli silajlarda daha düşük SÇK, LA ve propiyonik asit (PA) konsantrasyonlarının gözlemlendiğini bildirmiştir. Ayrıca yemdeki KM içeriği silajın atık su ve fermentasyon kayıplarını da

etkilemektedir. Randby ve Bakken (2021) tarafından yapılan bir çalışmada bank tipi silolarda atık suyu ve fermantasyon kayıplarının düşük KM içerikli ot silajlarında daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Filya (2001) ve Kılıç (2010) silaj yapımında en uygun kuru madde içeriğinin %25-%41 arasında olduğunu bildirmektedir.

2.1. Guar Fasulyesi

Guar fasulyesi, kuraklığa dayanıklı olup, özellikle erken hasat edildiğinde nispeten yüksek protein ve düşük lif içeren, ruminant hayvanlar için yüksek kaliteli bir yem bitkisidir (Salama and Nawar, 2016). Yağmurla sulanan alanlarda ortalama kaba yem verimi (15 ton ha, sulama sistemi altında yetiştirilen guar fasulyesine göre çok daha düşüktür (Anonim, 2008). Nitekim, Ayub vd. (2010), iyi bir sulama sistemine sahip bir araştırma çiftliği altında yetiştirilen ve azotlu gübre uygulanan guar fasulyelerinin önemli ölçüde daha yüksek kaba yem verimine sahip olduğunu (63 ton/ha) bildirmektedir.

Guar fasulyesi verimini artırmak için, o bölgenin iklimine uyumlu yüksek verimli bitki çeşitlerinin tanıtılması da dahil olmak üzere çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Bilal et al., 2000). Guar fasulyesi çeşitleri, bitki boyu, bitki başına yaprak ve dal sayısı, bireysel tohum ağırlığı ve protein içeriği açısından önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Sortino and Gresta, 2007). Iqbal (2018) guar fasulyesinin %50 bakla oluşumu sırasında hasat edildiğinde daha yüksek kaba yem kalitesine ve önemli ölçüde daha fazla ekonomik getiriye sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca guar fasulyesinde en yüksek yeşil ot ve kuru madde verimi hektara 50 kg tohum atıldığında ve hektara 45 kg azotlu gübre uygulandığında elde edilmiştir (Ayub et al., 2011). Ayub et al. (2012), guar fasulyesinin genel yetiştiriciliği için hektar başına 85-85 kg/ha oranında PK uygulamasını önermiş ve bu uygulama ile en yüksek yeşil yem (35 ton/ha ve kuru madde (7.90 ton/ha verimi yanında istenen yem kalitesini sağlamıştır.

Tüylü yapraklara ve hoş olmayan bir tada sahip olması nedeniyle, bazı araştırmacılar guar fasulyesinin hayvanların otlatılması için uygun olmadığını düşünmektedir (Göhl, 1982; Wong and Parmar, 1997), ancak guar fasulyesi ruminant hayvanlarda şişkinliği azaltıcı özelliğe sahiptir (Amasaib et al., 2016). Buna karşılık, Suliman et al., (2017), taze guar kaba yemi ve silaj içeren rasyonla beslenen kuzularda sindirilebilirliğin, yem tüketiminin, canlı ağırlık artışının ve yemden yararlanma oranının, %60 konsantre ve %40 pirinç sapına dayalı rasyonla beslenenlere kıyasla iyileştiğini bildirmiştir. Ayrıca melas ve ekomas ilavesiyle hazırlanan guar fasulyesi

silajlarında kuru madde sindirilebilirliği, yem tüketimi, silaj kalitesi ve protein içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Olfaz et al., 2019). Bu nedenle guar fasulyesinin taze halde tüketilmesi durumunda karşılaşılan hoş olmayan tadını düzeltmek ve silaj fermentasyonunu iyileştirmek için melas ile silolanarak ruminantlarda alternatif bir kaba yem kaynağı olarak kullanılabilir.

Iqbal (2018), guar fasulyesinin %50 bakla oluşumu aşamasında hasat edildiğinde en yüksek protein (%17.95) ve en düşük ham lif (%22,75) içeriğine sahip olduğunu bildirmiştir. Ayub vd. (2010) da azot gübresi uygulanan guar fasulyelerinde benzer protein (%17.59) ve lif (%24,84) içeriği belirlemişlerdir. Bununla birlikte, Ayub vd. (2011) azot gübresi uygulanan guar fasulyelerinin protein içeriğinin %15-17 arasında ve lif içeriğinin ise %21-26 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise, İran yerel guar fasulyesi çeşitlerinin protein içeriği farklı ekim zamanlarına göre karşılaştırılmış ve Ağustos ayında ekilenlerde %26.1; Şubat ve Mayıs aylarında ekilen guar fasulyelerinde ise %32.2 protein içeriği bildirilmiştir (Meftahizadeh et al., 2019). Yedi farklı guar genotipinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, guar fasulyelerinin protein içeriğinin %24-29 arasında değiştiği ve daha yüksek sindirilebilirliklere sahip oldukları (%80-90) belirlenmiştir (Amasaib et al., 2016).

Guar fasulyesine ait küspenin değerlendirildiği bir çalışmada kuru madde bazında %6.2 oranında ham saponin belirlenirken (Hassan et al., 2013), Amasaib vd., (2016) ise yaptıkları çalışmada sadece %0.70 saponin içeriği ve %1.34 tanen içeriği belirlemiştir. Akcura vd., (2019), 30 farklı guar fasulyesi genotipinin yağ asidi içeriğini analiz etmiş ve toplam doymamış yağ asitlerinin, özellikle oleik, linoleik ve linolenik asitlerin %57.00-%72.40 arasında; doymuş yağ asitlerinin ise %27.60-%43.00 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu bilgiler doğrultusunda bahsi geçen faktörlerin rumen fermentasyon parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceği ve ruminantlarda enterik metan üretiminin azaltılmasında olumlu etkiler yapabileceği düşünülmektedir.

Dünya genelinde hayvancılık işletmelerinin başarısı ve kârlılığı, yıl boyunca yüksek kaliteli kaba yemlerin teminine bağlı olmaktadır. Somali gibi bazı ülkelerde ise çiftlik hayvanları yetiştiriciliği yaygın olarak sadece kaba yemlere dayalı olarak yapılmakta olup, başlıca kaba yem kaynakları ise çayır ve mer'a alanları ile bazı çalılar ve dikenli ağaçların dal ve yapraklarıdır. Bununla birlikte, özellikle kaba yemlerin kıtlığı en fazla kuru mevsimlerde (yaz ve kış) meydana gelmektedir ve bu mevsimlerde

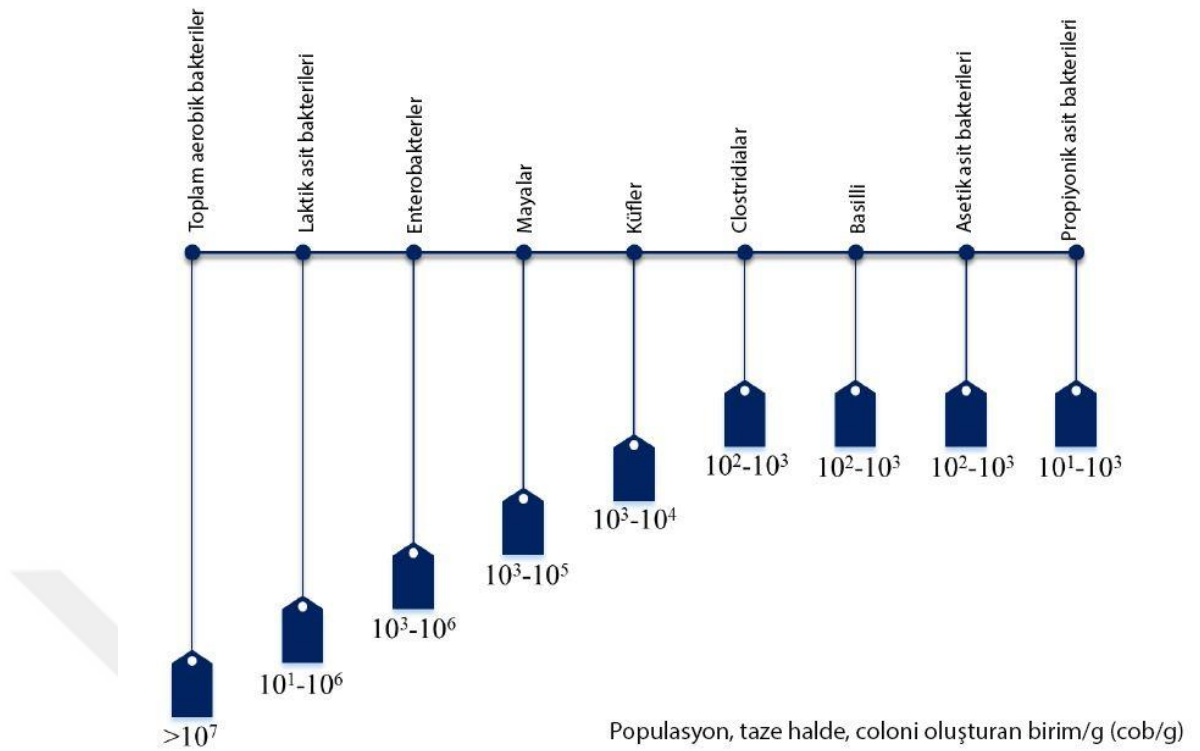
hayvanlara daha iyi beslenme seçenekleri sağlayabilecek kaliteli kaba yem kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle durumlarda, yıl boyunca çiftlik hayvanlarının kaba yem gereksinimini sağlayacak alternatiflere yönelmek gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı guar fasulyesi silajı gerek Türkiye'de gerekse Somali'de ve benzer durumda olan dünyadaki diğer ülkelerde; ayrıca suya olan ihtiyacın her geçen gün arttığı ve su tasarrufunun ön plana alındığı günümüzde dünya çapında görülen ve görülebilecek olan kaba yem ihtiyacını karşılamak için kuraklığa dayanıklı ve bol verimli alternatif bir yem kaynağı potansiyeline sahiptir.

2.2. Sorgum

Yemlik sorgum kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilebilmesi bakımından gerek dane üretimi gerek yeşil ot gerekse silaj üretimi için önemli bir bitkidir. Sınırlı yağış, yüksek sıcaklıklar ve düşük toprak verimliliği gibi çevresel koşullara iyi adapte olması dolayısıyla, bu iklim koşullarını taşıyan bölgeler için uygun bir bitkidir. Sorgum mısıra göre suyu çok daha verimli kullanır, kuraklığa maruz kaldığında bile yüksek yeşil ot verimi sağlar ve silajlık materyal olarak da üretebilmektedir (Amer, 2012).

2.3. Silolama Aşamaları

Geniş anlamda silolama, bir siloda oksijensiz koşullar altında laktik asit bakterilerinin etkinliğinde gelişen fermentasyon yoluyla herhangi bir nemli bitki materyalinde veya endüstriyel yan ürünlerde bozulmaya neden olan faktörlerin engellenmesi olarak tanımlanmaktadır. Silaj yapım sürecindeki başarı üzerine pH, sıcaklık, nem veya oksijenli/oksijensiz koşullar dahil olmak üzere bazı faktörler önemli bir rol oynamaktadır. Epifitik laktik asit bakterilerinin varlığı ve bolluğu, SÇK'yi organik asitlere (esas olarak LA) dönüştürerek ortamın pH'ını düşürmesi nedeniyle asidikleştirmesi yukarıda belirtilen abiyotik faktörler içinde en önemlisidir (Weinberg and Muck, 1996; Weinberg, 2008). Bu nedenle, hemen hemen tüm çalışmalar silaj yapımında başlıca LAB sayımının (Şekil 2.1) ve fermente edilebilir karbonhidrat içeriklerinin önemini vurgulamıştır.



Şekil 2.1. Tipik bir yem bitkisinin mikrobiyal popülasyonu ve bolluğu (Muck et al., 2003).

Silaj yapımında ortama hava (oksijen) girişini önlemek için taze materyal parçalandıktan sonra, silaj yapım ilkelerine göre silajların siloya doldurma ve sıkıştırılmasını müteakiben, silonun hava almayacak şekilde kapatılması koordinasyon halinde gerçekleştirilir. Silolar kapatıldıktan sonra silolama işleminde meydana gelen olaylar 4 farklı aşamaya (faza) ayrılabilir (Weinberg and Muck, 1996):

2.3.1. Aerobik Faz

Silolamanın ilk aşaması, silajlık materyallerin sıkıştırılması ve materyallerin arasında kalan hava boşluklarının (oksijenin) giderilmesiyle birlikte atmosferik oksijenin yeniden girişini kesmek için silonun kapatılmasıyla başlamaktadır (Yitbarek ve Tamir, 2014). Bu aşamada bitki materyalinin ince parçacıklar halinde doğranması, sıkıştırmada önemli bir rol oynamaktadır (Meeske, 2005). Siloda bitki materyali ile maya ve Enterobakteriler gibi aerobik ve fakültatif aerobik mikroorganizmaların solunmasıyla silodaki oksijenin azaltılması normalde birkaç saat sürmektedir. Ayrıca, protein ve karbonhidratların enzimatik parçalanması aerobik faz aşamasında devam ederek silodaki pH değeri taze malzemeye benzer şekilde 6.0-6.5 arasında olmaktadır (Elferink et al., 2008).

2.3.2. Fermantasyon fazı

Silolamanın fermantasyon aşaması, silodaki oksijenin tükenmesiyle başlar bu sürenin (oksijenin tükenmesinin) genelde 48 saat kadar olduğu varsayılmaktadır. Fermantasyon aşaması silolanacak materyallerin özellikleri ve çevre koşullarına bağlı olarak birkaç günden, haftalara kadar sürebilmektedir. Başarılı şekilde devam eden bir fermantasyonda siloda laktik asit bakterileri (LAB) dominant hale gelmektedir. Laktik asit bakterileri SÇK'ı LA'e dönüştürür ve bu aşamada siloda ölçülen pH 3.8-5.0'a düşmektedir (Elferink et al., 2000; Filya, 2001; Weinberg, 2008). Ayrıca, bazı şekerlerin salınmasıyla hemiselülozun kimyasal parçalanması bu fazda yavaş bir oranda gerçekleşmekte ve SÇK eksikliği nedeniyle LAB fermantasyonu durursa kullanılabilmektedirler (Bolsen et al., 1996).

2.3.3. Stabil Faz

Aerobik kayıp miktarının silonun geçirgenliği ve silaj materyalin yoğunluğu ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Bolsen et al., 1996). Silaj materyali iyice sıkıştırılır ve siloya hava girişi tamamen engellenirse bu aşamada nispeten çok az bir değişiklik olmaktadır. Ayrıca asidik ortamlar nedeniyle fermantasyon fazındaki mikroorganizmaların çoğu sayıca azalmaktadır. Bununla birlikte, aside dayanıklı mikroorganizmaların bazı inaktif formları ve spor oluşturan *clostridium* ve *basil* grubu mikroorganizmalar bu aşamada hayatta kalabilirler. Ayrıca, bazı asit toleranslı bitki enzimleri (proteazlar ve karbohidrazlar) ve LAB (*Lactobacillus buchneri*) bu şiddetli asidik koşullarda daha düşük bir oranda aktif olmaya devam etmektedir (Elferink et al., 2000; Schmidt et al., 2008).

2.3.4. Besleme Fazı

Silajın fermantasyon aşamaları arasında genellikle en çok ihmal edilen aşama, silajın tekrar havaya maruz kalmasıyla başlayan hayvanların silajla beslenme aşamasıdır. Silajdaki aerobik mikroorganizmaların (genellikle maya ve küf, bazı durumlarda *Enterobacteria* ve basiller) yeniden aktivasyonu, SÇK, fermantasyon son ürünleri ve çözünebilir besinlerin tüketimini artırmaktadır. En büyük KM (%50'ye kadar) ve besin kayıpları, bu çözünür ürünlerin karbondioksit ve suya solunması, pH'ı yükseltmesi ve ısı üretmesi nedeniyle besleme fazında meydana gelebilmektedir (Bolsen et al., 1996; Elferink et al., 2000). Siloda ısıtmaya karşı yapılan araştırma tartışmaları da silajda bulunan epifitik mikroorganizmaların sayısı, havaya maruz kalma süresi, fermantasyon özellikleri, silonun dolum ve sıkıştırma oranı ve ortam

sıcaklığının KM kayıplarını azaltmada önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Esen, 2022).

2.4. Laktik asit bakterileri

Laktik asit bakterileri (LAB), silajlık materyallerin epifitik mikroflorasına ait fakültatif anaeroblardır. Şimdiye kadar, birçok çalışma LAB'nin silolama sürecinde pH'ı düşürme ve yemleri korumadaki temel rolünü iyi bir şekilde belgelemiştir (Blajman et al., 2018; Ávila and Carvalho, 2020; Carvalho et al., 2021). Nishino'ya (2011) göre, siloda istenen LA fermentasyonu, düşük pH'a iyi adapte edilmiş LAB ile yapılabilmekte olup, ayrıca, hayatta kalan LAB'nin silo açıldıktan sonra diğer bakterileri baskılamak için büyük şanslarının olabileceği belirtilmiştir.

Silajda izole edilen LAB'nin çoğu mezofiliktir ve LAB 20°C ila 40°C arasındaki sıcaklıklarda iyi gelişmektedir ve optimum sıcaklık ise yaklaşık 30 °C'dir (Driehuis and Elferink, 2000). Ancak, Amaral et al. (2020) yaklaşık 15°C gibi düşük bir sıcaklıkta büyüme kabiliyetine sahip şeker kamışı ve fil otu silajlarında izole edilen bazı LAB suşlarının da bulunduğunu belirtmiştir. Bu suşların, düşük sıcaklıkların yem muhafazasını engelleyebileceği soğuk iklim bölgelerinde fermentasyon sürecini iyileştirmek için etkili bir şekilde kullanılabileceğine inanılmaktadır (Bernardes et al., 2018).

Genel olarak silodaki fermentasyon yolları, mevcut substratlara, oksijenin varlığına/yokluğuna ve LAB'nin enzimatik yapısına bağlıdır (Weinberg, 2008). Driehuis and Elferink (2000), silaj fermentasyonu sırasında LAB florasının rekabetçiliği ile ilişkili faktörleri mahsul özellikleri (silaj malzemesinin KM ve SÇK içeriği) ve LAB özellikleri (maksimum büyüme hızı, ozmotolerans, asit toleransı ve substrat yararlanması) olarak iki gruba ayırmıştır. Öte yandan LAB, fermentasyon ürünlerine ve sağladıkları faydalara göre 1) zorunlu homofermentatif (fermentasyonun birincil ürünü olarak LA üretir), 2) fakültatif heterofermentatif (heksozu LA'ya veya pentozu AA ve etanole fermente edin) ve 3) zorunlu heterofermentatif (heksozları etanol ve LA'ya ve pentozları LA ve AA'ya fermente eder) olmak üzere 3 ayrı gruba ayrılmıştır (Von Wright ve Axelsson 2012; Bernardi et al., 2019). Silajlarda homolaktik fermentasyonun pH'ı düşürdüğü, istenmeyen bakterilerin çoğalmasını kısıtladığı ve KM kayıplarını azalttığı, heterolaktik fermentasyonun ise maya ve küf gelişimini engellediği ve aerobik stabiliteyi arttırdığı belirtilmektedir (Bernardi et al., 2019).

2.5. Sorgum ve guar karışık ekimi

Akhtar vd., (2013), tek başına ekilen sorgumun yaklaşık 50 ton/ha yeşil ot ve 20.50 ton/ha kuru madde verimine sahip olduğu; guar fasulyesi ve börülce ile birlikte ekilen sorgumun ise %14.94 ham protein içeriği ile 70 ton/ha yeşil ot üretimi gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumda, sorgumun guar fasulyesi ve börülce gibi yemlik baklagillerle birlikte ekildiğinde sorgum kaba yem kalitesinin ve miktarının arttığı görülmüştür. Ahmad vd. (2007), sorgumun baklagiller ile birlikte karışık ekiminde uygulanan ekim aralığı ve tohum karıştırma deseninin üretilen kaba yemlerin kalitesi ve miktarı üzerine etkisinin olmadığını belirlemiştir. Bu bağlamda, sorgum ve guar fasulyesi için uygun karışık ekim deseninin tanımlanması önemlidir. Ali vd. (2015) farklı guar fasulyesi çeşitlerinin kuraklığa dayanıklılığı üzerine yapılan bir karşılaştırmalı çalışmada, guar fasulyesinin sıcak ve kuru koşullarda uzun süreli su kıtlığına dayanabildiğini belirlemiştir. Bu bakımdan guar fasulyesi yetiştiriciliği, kurak ve sıcak iklime sahip bölgeler önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Sorgum ve guar fasulyesi karışık ekimi, sıra, karışık, ardışık ve şerit karışık ekim sistemleri olmak üzere dört farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Li et al., 2001; Reda et al., 2005; Iqbal et al., 2017; Iqbal et al., 2018a). Karışık ekim sistemlerinin çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır, bu nedenle uygun karışık ekim yönteminin seçilmesi sırasında dikkatli olunmalıdır. Yeşil kaba yem kalitesini etkileyebilecek diğer bir faktör ise hasat zamanı ve bitki büyüme aşamasıdır. Iqbal (2018) tarafından bildirildiğine göre, guar fasulyesi %50 bakla oluşumunda hasat edildiğinde maksimum ham protein ve yağ içeriği ile en düşük ham lif içeren en kaliteli yeşil ot elde edilmektedir.

2.6. Silaj Katkı Maddeleri

Silaj katkı maddeleri silajların kalitesini artırmak ve besleme değerini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Kılıç, 2010). Kullanılması düşünülen katkı maddelerinden beklenen fayda maliyetinden daha fazla olmalı, kolay uygulanabilir ve kolay temin edilebilir olmalıdır. Günümüzde genellikle silaj katkı maddeleri kullanımı zor silolanan materyaller için ya da silaj fermantasyonunu garanti altına almak için tercih edilmektedir. Bununla birlikte silajların besleme değerini artırmak amacıyla kullanılan katkı maddelerine de rastlanılmaktadır.

Melas kolay çözünebilir bir karbonhidrat kaynağı olup, silajda LAB'nin çoğalması için onlara kolay enerji kaynağı sunmaktadır, bu sayede silaj yapımında başarılı bir fermantasyon süreci geçirilmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra melas

ucuz ve kolay temin edilebilmekte olup, lezzeti bakımından da pek çok materyalin tadını olumlu yönde etkilemekte ve silaj kalitesini artırmaktadır (Filya, 2001; Kılıç, 2010).

Fermantasyon uyarıcıları sınıfında yer alan mikrobiyal inokülanlar (LAB), homofermentatif ya da heterofermentatif özellikte olabilmektedirler. Günümüzde heterofermentatif inokülanların hem silaj kalitesi hem de silaj ömrünü artırdığı için daha çok tercih edildiği görülmektedir. Ayrıca inokülanların etkinliğini artırmak için bazı enzimlerin de mikrobiyal inokülanlarla birlikte kullanıldığı (mevcut karbonhidrat kaynaklarını artırmak ve organik madde sindirilebilirliğini iyileştirmek) örneklerle rastlanılabilmektedir (Ndiweni, 1993; Filya, 2001). Günümüzde bu konuda çalışan bir çok araştırmacı, bakteriyel inokülanların organik asit üretimini geliştirmesi ve aerobik stabiliteyi artırması nedeniyle fermantasyon uyarıcıları arasında en uygun katkı maddeleri olduğuna inanmaktadır. Genel olarak taze yem bitkisi (silajlık) materyallerinde laktik asit bakterileri popülasyonu 10^4 kob/g'den az olduğunda, silaj fermantasyonunu iyileştirmek ve garanti altına almak için dışarıdan LAB inokülanları ilavesi önerilmektedir (Oladosu et al., 2016).

2.6.1. İnokülanlar

Laktik asit bakterileri (LAB) içeren inokülanlar mikrobiyal bozulmayı engelleyerek silajın aerobik stabilitesini yani açıldıktan sonra silajın bozulmadan kaldığı süreyi (silo ömrünü) artırmaktadır. Laktik asit bakterileri, fermantasyon yoluyla laktik asit üretmekte ve silajın pH değerini düşürmeye yardımcı olarak bozulmaya neden olan bakteri ve mantarların çoğalmasını engelleyecek bir ortam sağlamaktadır. Laktik asit bakterileri tarafından oluşturulan bu asidite, silajın korunmasına ve aerobik maruziyet (oksijene maruz kaldığı süre) sırasında silaj kalitesinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Kung and Charley, 2010). Silaj kalitesini iyileştirmek için bazı kimyasal ve doğal katkı maddeleri silaj yapım sürecinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Titterton and Bareeba, 1999). Bu katkı maddelerin içinde olan laktik asit bakterileri silajlık materyalin içerdiği suda çözünebilir karbonhidratları laktik asitte dönüştürmektedir. Sadece bir tür veya daha fazlasından oluşan canlı mikrobiyal ürünlere inokülan denir ve silaj süreci için en önemli mikroorganizmalardan biri laktik asit bakterileridir. Silaj yapımında mikrobiyal inokülanların kullanımından kaynaklanan temel faydalı etkiler arasında istenilen mikrobiyal metabolitlerin artırılması yoluyla istenmeyen mikroorganizmaların

önlenmesi ve kuru madde kayıplarının azaltılması yer almaktadır (Oliveira et al., 2017; Muck et al., 2018; Wilkinson and Muck, 2019). Laktik asit bakterileri, silaj yapımında kullanılan materyaller ve yan ürünlerinde doğal olarak bulunmaktadır (Carvalho et al., 2020).

2.6.2. Laktik asit Bakterileri

Laktik asit bakterileri (LAB), silaj üretiminde kullanılan bir katkı maddesi olarak önemli bir rol oynamaktadır. Silaj, bitkisel materyallerin fermentasyonu ile elde edilen bir yeşil yem muhafaza yöntemi olup, LAB bu fermentasyon sürecinin baş aktörlerindendir. Laktik asit bakterileri, silaj fermentasyonunun ana bileşenidir ve şekerleri laktik asit gibi fermentasyon ürünlerine dönüştürerek silajların asitlenmesini sağlamaktadırlar. Bu asitlenme, siloda pH'nın düşmesine ve istenmeyen mikroorganizmaların büyümesinin engellenmesine yardımcı olmaktadır (McDonald et al., 2020). Silaj yapımında katkı maddesi olarak LAB'nin eklenmesi, hızlı ve etkili bir fermentasyon süreci sağlamak ve silajların kalitesini artırmaktadır. Laktik asit bakterileri silajların lezzet ve kokusunu olumlu yönde etkilemektedir. Silaj fermentasyonunda laktik asit üretimi, silajın daha hoş bir tadı ve kokusu olmasını sağlamakta, böylece hayvanların daha fazla yem tüketmesini teşvik etmektedir (Nielsen et al., 2017).

2.6.3. Melas

Melas, silaj üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmasıyla ilgili birçok avantaja sahiptir. Şeker üretimi sırasında elde edilen bir yan ürün olan melas, silaj fermentasyonunu iyileştirerek silajların kalitesini artırabilmektedir. Melas, içerdiği çözünür şekerler, özellikle sükroz, sayesinde silaj fermentasyonunda rol oynayan laktik asit bakterileri için enerji kaynağı olarak kullanılmaktadırlar (McDonald et al., 2000). Melasın silaj yapımında kullanılması, laktik asit bakterilerinin büyümesini ve aktivitesini uyarmaya yardımcı olmakta, pH'nın hızlı bir şekilde düşmesini sağlamak ve silajlık materyaldeki besin maddelerinin daha iyi korunmasını garanti altına almaktadır (Nielsen and Weisbjerg, 2017). Melasın silajlık materyale eklenmesi, silajların lezzetliliğini artırarak hayvanların kuru madde tüketimini artırabilmektedir (Kung et al., 2003). Melasın tatlı ve lezzetli olması hayvanları daha fazla yem tüketmeye teşvik etmektedir, bu da temel besin maddelerinin daha yüksek alımına ve hayvan performansının iyileştirilmesine yol açmaktadır. Melasta yer alan kolay çözünebilir şekerler laktik asit bakterileri tarafından hızla fermante edilir ve laktik asit

üretimi gerçekleşir. Oluşan laktik asit silaj ortamında pH değerini düşürerek maya ve küf gibi istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir (McDonald et al., 2020). Melas kullanımı ile silajlarda elde edilen düşük pH, silajın korunmasına yardımcı olur ve depolama sürecinde kalitesini muhafaza etmektedir. Melasın silaj yapımında kullanılması ayrıca proteinler ve karbonhidratlar dahil olmak üzere bazı besin maddelerinin korunmasını artırabilmektedir (Larsen and Kristensen, 2017). Melas tarafından desteklenen fermentasyon süreci şekerlerin laktik aside dönüşümünü teşvik ederek besin kayıplarını azaltır ve silajın genel besin değerini iyileştirir. Melasın silajlık materyale eklenmesinin silaj fermentasyonunun iyileştirilmesine önemli katkılar sağlayacağı belirtilmiştir (McDonald et al., 2020).

Çalışmada silaj yapımında, bir baklagil olması dolayısıyla yüksek tamponlama kapasitesine (pH=5.7) sahip olan ve tek başına silolanması zor olan guar fasulyesinin, bir tahıl olan (kolay silolanma özelliğine sahip) sorgumla birlikte ekilmesi ve bu sayede silaj fermentasyonunun garanti altına alınması amaçlanmıştır. Guar fasulyesi yapısında bulunan saponin, β -mannan ve tripsin inhibitörü gibi antibesinsel faktörler (Acamovic 2001) guar fasulyesinin silolanması sayesinde oluşan fermentasyon sonucu bertaraf edilebilmektedir. Yapısında bulunan galaktomannan ve saponin dolayısıyla guar fasulyesi antimikrobiyal aktiviteye sahip olup, bu yönüyle ruminantlarda faydalı bir yem olabileceği bildirilmektedir, ayrıca yapılan literatür çalışmalarında guar fasulyesi ve küspelerinin hayvan beslemede gerek kaba yem kaynağı gerekse kesif yem kaynağı olarak kullanılabileceği, bununla birlikte *in vivo* çalışmalar ve sindirilebilirlik çalışmalarının yapılması konusunda öneriler yer almaktadır (Olfaz et al., 2019; Hassan 2008; Tunç ve Cufadar 2019).

Guar fasulyelerinin yapısındaki antibesinsel faktörler dolayısıyla hayvanlar tarafından yeşil ot olarak kullanımı bazı sağlık sorunlarına neden olabileceğinden, kış döneminde de kaba yem temini için silolanmaları en uygun olan yoldur. Silaj ortamında oluşan fermentasyon sayesinde hayvanlara olumsuz etkisi olabilecek antibesinsel faktörler etkisiz hale getirilerek, hayvanların lezzetle tükettikleri yem haline dönüşebilmektedir. Ancak tek başına zor silolanabilen guar fasulyesinin silolanmasını kolaylaştırmak için kolay çözünebilen karbonhidrat içeriği yüksek olan buğdaygillerle takviye edilmesi gerekmektedir. Bu sayede silaj yapımında istenilen fermentasyonun gerçekleşmesi için gerekli laktik asit oluşumu garanti altına alınmış olacaktır.

Silaj yapımında özellikle tek başına yapılan guar silajlarında melas ve inokülan ilavesiyle silaj kalitesinin ve kaba yem kalitesinin artırılması hedeflenmiştir. Nitekim, düşük kaliteli kaba yemlerle beslenen hayvanlarda çevreye yayılan metan üretiminin fazla olduğu dikkate alınır, kaba yem kalitesini artırarak çevresel katkılar da sağlamak çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın hipotezini yüksek ham protein içeriği ve yüksek tamponlama kapasitesi dolayısıyla silolanması zor olan guar fasulyesinin, kolay çözünebilir karbonhidrat kaynağınca zengin sorgumla karışık ekimi sonrasında kolay silolanabileceği, melas ve mikrobiyal inokülan ilavelerinin bütün silajlarda laktik asit fermentasyonunu iyileştireceği ve mikrobiyal inokülan+melas ilavesinin tek başına melas veya mikrobiyal inokülan ilavesine göre silaj fermentasyonu bakımından daha iyi sonuçlar vereceği kurguları oluşturmaktadır. Bununla birlikte tek başına yapılan guar silajlarının aerobik stabilitesinin, asetik asit üretimini artıracak için diğerlerinden yüksek olacağı; melas ilave edilen silajlarda melasın sindirilebilirliğinin yüksek olması dolayısıyla, *in vitro* sindirilebilirliği artacağı, metan üretiminin ise düşeceği beklenmektedir. Ayrıca, sorgum ve guar fasulyesinin karışık ekiminin ve silolanmasının bütün veriler dikkate alındığında potansiyel yem değerini artıracak çalışmanın hipotezleri arasında yer almaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Yeşil Yem Materyali

Bu çalışmada yem materyali olarak sorgum ve guar fasulyesi tohumlarından elde edilen yeşil otlar kullanılmıştır. Çalışmada gerekli olan yeşil otların yetiştirilmesinde kullanılan sorgum (E-Sumac) tohumları Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü/Antalya'dan; guar fasulyesi tohumları ise ticari bir firma tarafından silajlık olarak geliştirilen çeşitlerden temin edilmiştir. Sorgum, guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi karışımı (kullanılan tohumların ağırlık esasına göre, 1:1) olarak üç farklı grup halinde hazırlanan tohumlar, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra İstasyonunda, 2021 Haziran başında her bir grup için 1 dekar olmak üzere toplam 3 dekarlık alanda yetiştirilmiştir. Yeşil otların yetiştirilmesinde toprak hazırlığı, ekim, sulama ve gübreleme gibi teknik konularda Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Öğretim Üyesi yem bitkileri uzmanı hocamız Prof. Dr. Ferat UZUN'un tecrübe ve bilgi birikiminden faydalanılmıştır. Bununla birlikte, Cebeci vd., (2017) guar fasulyesinin ot üretimi için yetiştirilmesi durumunda sıra aralığının 20-40 cm arasında olmasını önermiş olup, bu nedenle projede guar fasulyesi ve sorgum 1:1 oranında (35 cm sıra aralığı) ekilmiştir. Bu oran Alaca ve Parlak (2017) tarafından bildirildiği gibi belirlenmiştir. Gerek guar fasulyesi gerekse sorgumun silolanması için en uygun dönemi olması dolayısıyla ekildikten 3.5 ay sonra her iki ürün birlikte 29.09.2020 tarihinde hasat edilmiştir (Şekil 3.1). Nitekim hasat dönemi sorgumun hamur olum dönemine rastlamış olup, bu dönem sorgumun silolanması için en uygun dönemdir. Ayrıca belirlenen bu hasat zamanının guar fasulyesi silajı yapmak için de uygun zaman olduğu daha önce guar fasulyesi silajı üzerine yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır (Olfaz et al., 2019). Dolayısıyla, belirlenen hasat dönemi silaj yapımı için en iyi seçim olmuştur.



Şekil 3.1. Sorgum ve guar fasulyesinin ekim ve yetiştirilme aşamasından bazı kesitler

3.2. *İn Vitro* Çalışmalarda Kullanılan Rumen Sıvı İçeriği

İn vitro gaz üretim tekniği ve *in vitro* sindirilebilirlik çalışmalarında kullanılan rumen sıvılarının sadece kanüllü hayvanlardan alınmadığı, mezbahanede yeni kesilmiş hayvanlardan alınan rumen sıvılarının da yaygın olarak kullanıldığı ve genel kabul gördüğü bilinmektedir (Denek et al., 2009; Spangheroa et al., 2009; Calabrò et al., 2009; El-Waziry et al., 2015; Spanghero et al., 2017; Pelagalli et al., 2020; Al-Galbi and Usur 2021; Abd-Elkerem et al., 2021; Sabry et al., 2021). Bu çalışmada kullanılan rumen sıvısı, Samsun ili Atakum ilçesinde faaliyet gösteren özel bir mezbahaneden temin edilmiş ve rumen gelişimini tamamlamış 2 baş sağlıklı sığırdan alınarak,

karıştırılmıştır. Bununla birlikte, alınan rumen sıvısının standart rumen sıvısı özelliklerini taşımasına dikkat edilmiş ve mezbahane hayvanlar kesilmeden önce sahiplerinden hayvanların beslendikleri rasyonlar hakkında bilgi alınmıştır. Ayrıca, alınan rumen sıvısının özellikleri (pH yanında, uçucu yağ asitleri ve amonyak azotu içerikleri de) belirlenmiştir.

3.3. Muamele Gruplarının Oluşturulması ve Silajların Hazırlanması

Denemede kullanılan yem bitkileri, silaj yapımı için en uygun kuru madde içerikleri dikkate alınarak (yaklaşık %25-40 KM) ekim zamanından yaklaşık 3.5 ay sonrasında hasat edilmiştir. Yeşil yem örneklerinden ilk kuru madde ve diğer analizlerin yapılması için örnekler alındıktan sonra kalan materyal silajların yapılacağı Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Çiftliğine kamyonlarla taşınmış ve 1 gece soldurulduktan sonra silolanmıştır (Şekil 3.2).

Yeşil materyaller daha sonra her bir yem yem bitkisi ve karışık ekim için bir kısmı kuru ot, bir kısmı da silaj yapımında kullanılmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Kuru ot olarak kullanılmak üzere ayrılan materyaller yağış almayan, kapalı bir ortamda (ot deposu) kurutulmuş, kızılmaması için ara sıra çevrilerek, havalandırılmıştır. Diğer ayrılan kısım ise silaj yapımına kullanılmıştır (Tablo 3.2). Silajlar, Filya (2001) ve Kılıç (2010) tarafından bildirilen silolama tekniğine uygun olarak hazırlanmış ve silajlarda arzu edilen laktik asit fermantasyonunu garanti altına almak, silajların bozulmasını önlemek, silajların besleme değeri ve kalitesini artırmak için katkı maddesi olarak melas ve laktik asit bakteri inokülanları kullanılmıştır. Deneme gruplarında kullanılacak melas miktarları (Kutlu ve Celi 2014; Sarwar et al., 2011; Özcan ve Kılıç 2018) literatür taramasına göre ve iki katı kadar su ile seyreltilerek; mikrobiyal inokülan ise üretici firmanın ve literatür önerileri doğrultusunda silaja katılmıştır (Zielińska et al., 2015; Fabiszewska et al., 2019). Denemede sorgum, guar fasulyesi ve sorgum + guar fasulyesi yem örnekleri için 4 farklı silaj grubu oluşturulmuştur. Her bir yem örneği için birinci grup hiçbir katkı maddesi içermeyen kontrol grubu, ikinci grup %7 melas ilave edilen grup, üçüncü grup mikrobiyal inokülan ilaveli (tona 2 g ya da 2×10^5 cfu/g) grup ve dördüncü grup ise %7 melas + mikrobiyal inokülan (tona 2 g ya da 2×10^5 cfu/g) ilave edilen grup olacak şekilde ayarlanmıştır. Bütün gruplar 4 tekerrürlü olacak şekilde silolanmıştır. Bu çalışmada toplamda (3x4) 12 deneme grubu oluşturulmuştur (Tablo 3.1).



Şekil 3.2. Sorgum ve guar fasulyesi silolanması ve paketlenmiş silajlardan bazı kesitler

Çalışmada hazırlanan silajlar 50 kg'lık özel silaj poşetlerinde silolanmıştır. Katkı maddeleri uygulanan silajlarda, karışım iyice harmanlandıktan sonra poşetlere bir miktar konulduktan sonra, iyice sıkıştırılarak doldurma işlemi yapılmış ve silaj poşetleri bu şekilde doldurulmuş ve ağızları hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Daha sonra poşetlerin zarar görmemesi için her biri poşet 50 kg'lık çuvallar içine yerleştirilmiş ve tekrar ağızları kapatılarak fermentasyona bırakılmıştır. Bütün silajlar 60 günlük oksijensiz fermentasyondan sonra açılmış, açılan silajlarda duyusal ve kimyasal analizler yapılmıştır.

Silaj yapımında melas, suda çözünebilir karbonhidrat içerikleri bakımından zengin olması ve silajda laktik asit bakterilerinin etkinliğini artırıcı etkileri yanında lezzeti dolayısıyla uygulanırken, silajlarda kullanılan LAB inokülanlarının silaj

fermentasyonunu iyileştirme açısından olumlu etkisi dikkate alınarak kullanılmıştır. Bu katkı maddeleri kullanımında özellikle guar fasulyesi gibi proteince zengin materyallerin silolanmasında görülebilecek zorlukları önlemek amaçlanmıştır. Bu sayede silajların fermentasyon kalitesi ve kaba yem kalitesinin artması, hayvanların silajları severek tüketmelerinin sağlanması dolayısıyla hayvan beslemede daha değerli kaba yem kaynağı elde edilmesi sağlanmış olacaktır. Bu çalışmada kullanılan laktik asit bakteri inokülanları içeriği *Lactobacillus plantarum*'dan iki homofermentatif suş içeren bir bakteriyel preparattır. Bu inokülan çiftlik hayvanları için hazırlanan silajların pH'sını yapısında yer alan laktik asit bakterileri sayesinde hızla düşürerek silaj fermentasyon kalitesini artırmakta ve bozulmaya yol açan mikroorganizmaların üremesini ise baskılamaktadır. Ayrıca, bu tür inokülanların silaj fermentasyonunda istenmeyen *Clostridia* türü bakterilerin gelişimini engellediği, silajlarda oluşabilecek kayıpları önemli ölçüde azalttığı ve yüksek enerji içeriği sağladıkları da bilinmektedir.

Tablo 3.1. Denemede oluşturulan silaj muamele grupları

Yem Bitkileri	Muamele
Sorgum	Kontrol
	Melas
	İnokülan
	Melas+İnokülan
Guar Fasulyesi	Kontrol
	Melas
	İnokülan
	Melas+İnokülan
Guar Fasulyesi + Sorgum	Kontrol
	Melas
	İnokülan
	Melas+İnokülan

3.4. Silajlarda pH ve Organik Asitlerin Belirlenmesi

Açılan silolarda asitlik derecesi yani pH değerinin belirlenmesi için, silonun farklı yerlerinden alınan örneklerde ölçüm yapılmıştır. Bu kapsamda, 25 g silaj örneği bir bilendir içerisine alınarak, üzerine 100 ml saf su ilave edilmiş ve 5-10 dk sureyle karıştırılmıştır. Karışımın sıvı kısmı süzgeç kâğıdı ile bir beher içerisine ayrıldıktan ve 10-15 dakika dinlendirildikten sonra bu süzükte dijital pH metre yardımıyla (HANNA INSTRUMENTS 1332 model) ile 3 tekerrürlü olarak pH değeri ölçülmüştür.

Silajlarda organik asitler analizi HPLC cihazında Ankara Merkez Hayvancılık Araştırma Enstitüsü (LALAHAN)’nde hizmet alımı yoluyla (Tjardes et al., 2000; Canale et al., 1984) aşağıda bildirildiği gibi (asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit ve laktik asit analizleri) yaptırılmıştır. Silaj örneklerinde organik asitler analizi için silajlardan elde edilen süzükten 5 ml alınarak, 12N H₂SO₄ ile asitleştirilmiş (pH 2-3) ve asitleştirilen silaj içerikleri, +4°C’de, 26000 devir/dk 30 dakika santrifüj edilerek HPLC’ye enjekte edilmeye hazır hale getirilmiştir (Tjardes et al., 2000). Çalışmada kullanılan cihaz oto enjektörlü Agilent 1100 yüksek performanslı likit kromatografisidir. Organik asit analiz kolonu olarak (300mm x 7.8 mm i.d.; Aminex Hpx 87H Ion Exchange) Bio Radkolonu kullanılmıştır. Analizlerin yapılmasında HPLC için; mobil faz, 0.005 M H₂SO₄; akış hızı 0.6 ml/dk; kolon sıcaklığı 41 °C; enjeksiyon hacmi 10 µL, ultraviyole deteksiyon 210 nm olacak şekilde koşullar uygulanmıştır (Canale et al., 1984).

Açılan silajlardan alınan örneklerde Amonyak Azotu (NH₃-N) analizleri: AOAC (1998)’e göre, Kjeldahl destilasyonu kullanılarak, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalına ait laboratuvarlarda yapılmıştır.

3.5. Silaj Kalite Analizleri

Silaj örneklerinde kalite analizleri ile Flieg puanı ve toplam puanın (duyusal analiz: renk, yapı ve kokuya göre) hesaplanmasında Kılıç (2010)’ın bildirdiği formüllerden faydalanılmıştır (Şekil 3.3).

Flieg Puanı = 220+(2 x % Kuru Madde – 15) –40 x pH.

Silajlarda “olması gereken pH” değerinin hesaplanmasında Meeske (2005)’nin silajların pH değerleri ile KM içerikleri arasında yakın ilişki olduğunu belirledikleri aşağıdaki formülden faydalanılmıştır.

Olması gereken pH (OpH) = 0.00359 x KM (g/kg) + 3.44 (Meeske 2005).



Şekil 3.3. Silajların duyuusal analizleri

3.6. Silajda Aerobik Stabilitenin Belirlenmesi

Aerobik stabilite, silo açıldıktan sonra silo yemlerinin ne kadar süre bozulmadan kalacağını gösteren çok önemli bir silaj kalite kriteridir. Başka bir ifadeyle aerobik stabilite hayvanlara verilmek üzere açılan bir silajın, bozulmadan kalacağı süreyi, silo ömrünü ifade etmektedir. Açıldıktan kısa bir süre sonra bozulan silo yemleri hayvancılık işletmeleri için büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu nedenle silo yemlerinin aerobik stabilitelerinin belirlenmesi hayvan besleme bakımından önem taşımaktadır. Aerobik stabilite, silaj materyalinin havayla temasından sonra, silaj materyali sıcaklığının, çevre sıcaklığının 2°C üzerine çıkması için gerekli süre olarak da tanımlanmaktadır (Kung et al., 2000). Bu kapsamda silo ömrünü belirlemek için hazırlanan daha önce silaj analizleri için açılmamış silaj paketlerinden alınacak örneklerde, silajların aerobik stabilitesi Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümüne ait laboratuvarlarda aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çalışmada TMC6-HD sıcaklık problemleri ve inkübatör kullanılmıştır ve bu yöntemde silaj materyalinin havayla temasından sonra meydana gelen sıcaklık değişimi, sıcaklık problemleri (TMC6-HD) vasıtasıyla zamana bağlı olarak her 15 dakikada bir kayıt edilerek data loggerlara yüklenmiştir. Çalışmada 168 saat (7 gün) boyunca veri akışı sağlanmıştır. Daha sonra bu veriler bilgisayara aktarılarak, silo yemlerinin aerobik stabiliteleri belirlenmiştir.

3.7. Silajların Nispi Yem Değerlerinin Belirlenmesi

Silajların kaba yem kalitesinin belirlenmesinde nispi yem değeri indeksi (NYD: Relative Feed Value, RFV) kullanılmıştır. Nispi yem değeri indeksi (NYD), kaba yem değerlendirme ve pazarlamada ABD’nde uzun yıllardır kullanılan, yemlerin ADF ve NDF içeriklerinden hesaplanan ve kaba yemlerin hayvanlar tarafından

tüketilebilme potansiyeli ile sağlayacağı enerji değerinin tahminine dayanan bir indekstir (Rohweder et al., 1978) ve günümüzde kaba yemlerin fiyatlandırılması, pazarlanması ve kalitesinin belirlenmesinde önemli bir araçtır. Bu çalışmada yem bitkilerinin ADF değerlerinden elde edilen kuru madde sindirilebilirliği (KMS) ile NDF değerlerinden elde edilen kuru madde tüketimlerinden (KMT) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Kuehn et al., 1999). Kaba yem kalitesinin belirlenmesinde “The Hay Marketing Task Force of the American Forage and Grassland Council” tarafından yapılan sınıflandırmaya göre NYD bakımından yemlerde “5” reddedilecek düzeyde kötü kaliteyi ifade ederken, “1” iyi kaliteyi “prime” ise en iyi kaliteyi ifade etmektedir.

$$\text{KMS} = \text{Kuru madde sindirilebilirliği (\%)} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ ADF})$$

$$\text{KMT} = \text{Kuru madde tüketimi (\% CA)} = 120 / (\% \text{ NDF})$$

$$\text{NYD} = \text{Nispi yem değeri} = (\text{KMS} \times \text{KMT}) / 1.29$$

3.8. Yemlerin Besin Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

Silolar açıldıktan ve silajların kuru maddeleri belirlendikten sonraki numuneler ile deneme başlangıcında ayrılan örneklerin (kuru otların) her biri, 1 mm’lik elekten geçecek şekilde öğütüldükten sonra; kuru madde (KM), ham protein (HP), ham yağ (HY) ve ham kül (HK) analizleri AOAC [58]’nin bildirdiği gibi, asit çözücülerde çözünmeyen lifli maddeler (ADF), asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL) ve nötr çözücülerde çözünmeyen lifli maddeler (NDF) ve ham selüloz (HS) analizleri Ankom²⁰⁰⁰ model yarı otomatik Fiber Analyzer cihazı ile Van Soest vd., (1991)’in bildirdiği gibi, organik maddeler (OM = KM - HK), nitrojensiz öz maddeler (NÖM = KM - (HP+HK+HY+HS), selüloz (ADF-ADL) ve hemiselüloz (HSel = NDF-ADF) değerleri ise hesaplama yoluyla belirlenmiştir.

3.9. *In Vitro* Gaz Üretim Tekniğinin (Hohenheim) Uygulanması

Denemede ele alınan yemlerin toplam gaz üretimlerinin ölçülmesinde *in vitro* gaz üretim tekniği (Hohenheim) aşağıdaki gibi uygulanmıştır (Menke et al., 1988). Teknikte kullanılan yem örnekleri 1 mm’lik elekten geçecek şekilde öğütülmüş, yaklaşık 250 mg havada kuru yem maddesi (200 mg KM) tartılarak, enjektörün dibine yerleştirilmiş ve enjektörün pistonları gaz kaçışını engellemek amacıyla, pistonların uç kısımlardan başlayarak ilk 2-3 cm’lik kısmı hariç ince bir tabaka halinde vazelinle kaplanmıştır. Örnek miktarının 200 mg KM olarak sınırlı tutulması toplam gaz üretiminin 90 ml’yi aşmayacak şekilde ayarlanmak istenmesiyle ilgilidir.

Enjektörlerde biriken toplam gaz üretiminin 90 ml'yi aşması durumunda ise biriken gaz (sıvı kısım hariç) dışarı atılmış ve bu değer kayıt edilerek hesaplamalarda dikkate alınmıştır (Şekil 3.4).

3.9.1. Çalışmada kullanılan çözeltiler aşağıdaki gibi hazırlanmıştır

Mikro mineral çözeltisi: 13.2 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 10.0 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 1.0 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ve 8.0 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 100 ml saf suya tamamlanmıştır.

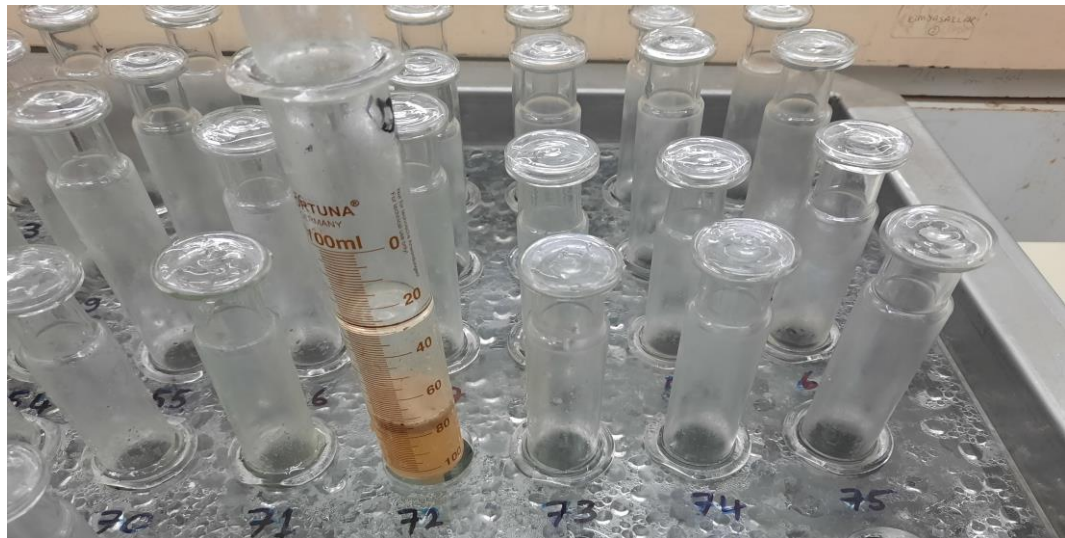
Tampon çözeltisi: 4.0 g NH_4HCO_3 ve 35.0 g NaHCO_3 1000 ml saf suya tamamlanarak hazırlanarak pH 8.1'e ayarlanmıştır.

Makro mineral çözeltisi: 5.7 g Na_2HPO_4 susuz, 6.2 g KH_2PO_4 susuz ve 0.6 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1000 ml saf suya tamamlanarak hazırlanmış ve pH 6.8'e ayarlanmıştır.

Resazurin çözeltisi: 100 mg resazurin saf suda çözündürülerek, 100 ml'ye tamamlanarak hazırlanmıştır.

İndirgeme çözeltisi: 1 Normal 4 ml NaOH, 625 mg $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ve 95 ml saf su katılarak, her zaman taze olarak hazırlanmıştır.

Vasatın hazırlanmasında sırasıyla, 400 ml saf su, 0.1 ml mikromineral çözeltisi, 200 ml rumen tampon çözeltisi, 200 ml makromineral çözeltisi, 1.0 ml resazurin çözeltisi ve 40 ml indirgeme çözeltisi kullanılmış ve iyice karıştırılarak vasat hazırlanmıştır. Bu karışım rumen sıvısı alınmadan hemen önce hazırlanmış, CO_2 gazı altında 39 °C' deki su banyosunda manyetik bir karıştırıcı ile karıştırılarak bekletilmiş ve rumen sıvısı eklenmeden önce sıcaklığın 39 °C olup, olmadığı kontrol edilerek, ortamın renginin maviden pembeye ve renksizliğe dönüp dönmediği gözlenmiştir. Nitekim gözlenen renk değişimi ortamın indirgenmiş olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.4. *In Vitro* Gaz Üretim Tekniğinin Uygulanması

Rumen sıvısı mezbahane de henüz kesilmiş 2 baş sığırın içkembesinden, karbondioksit ile beslenen 2 litrelik 39 °C’de ısıtılmış termos (içindeki sıcak su boşaltılmış) içine iki kat tülbentten süzölerek alınmıştır. Rumen sıvısı alınır alınmaz sıcaklığı muhafaza edilerek laboratuvara kısa sürede taşınmıştır. Laboratuvarda manyetik bir karıştırıcı üzerine oturtulmuş su banyosunda (39 °C), içine sürekli karbondioksit verilen bir şişe içerisinde tutulan vasatla rumen sıvısı karıştırılarak (bir kısım rumen sıvısı iki kısım vasat), sıvı içine sürekli olarak karbondioksit gazı vermeye devam edilerek yaklaşık 30 dk. boyunca sıcaklığını muhafaza ederek karışması sağlanmış ve karışım *in vitro* çalışmada kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Rumen sıvısı vasat karışımından bir otomatik pipetle (dispenser) 30 ml alınmış ve her biri daha evvel 39 °C’de etüvde tutulmuş olan enjektörlere sırasıyla aktarılmıştır. Enjektör içinde oluşan gaz kabarcıkları ortamdaki uzaklaştırılmış, silikon boru üzerindeki açma-kapama vanaları kapatılarak ve pistonun pozisyonu okunarak her bir enjektörün hacmi ayrı ayrı kayıt edilmiştir. Bütün enjektörlerin doldurulma işlemi yarım saati geçmeyecek şekilde tamamlanmış ve 39°C’ye ayarlı özel su banyosundaki enjektör desteklerine yerleştirilmiştir. İnkübasyonlar sabah başlatılmış, okumalar 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 ve 96. saatlerde, sıcaklık değişikliklerini de önlemek için mümkün olduğu kadar hızlı yapılmıştır. Her okumadan sonra enjektörler enjektörün yan yüzeylerine yapışmış yem örneğinin tekrar rumen sıvısı+vasat karışımı içine alınması amacıyla hafifçe dört kez alt üst edilerek karıştırılmıştır. *In vitro* gaz üretimleri dört paralel ölçümle denetlenmiş olup ayrıca gaz ölçümlerinin hesaplanmasında gerek kör örneklere (rumen sıvısı+vasat karışımı) ve gerekse standart yonca kuru otuna göre düzeltme faktörü uygulanmıştır.

3.9.2. Gaz üretim miktarları aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir

$$G\ddot{U}(ml/200\ mg\ KM, 24saat) = \frac{(V_{24} - V_0 - G\ddot{U}_0) \times 200 \times (Fk)}{\ddot{O}A}$$

V_0 : İnkübasyonun başında pistonun pozisyonu

V_{24} : 24 saatlik inkübasyondan sonra pistonun pozisyonu

$G\ddot{U}_0$: Örneksiz rumen sıvısının 24 saatlik inkübasyonda verdiği ortalama gaz üretimi

$\ddot{O}A$: mg KM olarak test edilen örneğin ağırlığı

Fk : Yonca kuru ot için düzeltme faktörü (Fk): = 44.76/ ($G\ddot{U}k - G\ddot{U}o$).

Çalışmada, *in vitro* gaz üretim tekniğinde elde edilen veriler kullanılarak belirlenen gaz üretim parametreleri, NEWAY adlı PC paket program yardımıyla Ørskov ve McDonald (1979)'ın bildirdiği aşağıdaki modele göre hesaplanmıştır.

$$Y = a+b(1-e^{-ct})$$

Burada;

a: hemen çözünebilir fraksiyondan oluşan gaz miktarı (ml)

b: zamana bağlı oluşan gaz miktarı (ml)

c: gaz üretim hızı

a+b: potansiyel gaz üretimi (ml)

t: inkübasyon süresi (saat)

y: “t” zamandaki gaz üretimi

Denemede kullanılan kaba yemler için OMS, ME ve NE_L içerikleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

Organik maddenin sindirilebilirliği (OMS) % = 14.88+ 0.8893 GÜ + 0.448 HP + 0.651 HK (Menke et al., 1979).

Metabolizeedilebilir Enerji (ME) MJ/kg KM = 2.20+0.136GÜ + 0.057HP + 0.002859 HP² (Menke et al., 1979).

Net Enerji Laktasyon (NE_L) MJ/kg KM = 0.101GÜ + 0.051HP + 0.11 HY (Menke et al., 1988).

Burada;

GÜ: 24. Saatteki gaz üretim miktarı (ml/ 200 mg KM)

HP: Ham protein (%)

HK: Ham kül (%)

HY: Ham yağ (%)

3.10. Yemlerde Metan Üretiminin Belirlenmesi

Denemede incelenen yemlere ait metan üretim miktarları bir infrared metan analizörü (Sensor Europa GmbH, Erkrath, Germany) kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için, *in vitro* gaz üretim tekniğinde 24 saatlik fermentasyon sonrasında oluşan toplam gaz üretiminin okunmasından sonra, enjektörlerde biriken gazın infrared metan analizörüne (plastik enjektörler vasıtasıyla) alınarak, yemlerin metan üretimleri (mL) toplam gazın yüzdesi olarak, aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Metan üretimi (mL) = Toplam gaz üretimi (mL) X metanın yüzdesi (%)

3.11. *In Vitro* Gerçek Besin Madde Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi

In vitro gerçek besin madde sindirilebilirliklerinin belirlenmesinde, Ankom Daisy^{II} inkübatör D 220 kullanılmıştır. Daisy inkübatörde 50 mm × 55 mm ebatlarında, polyester/polietilen karışımından yapılmış ve 25 µm den büyük partiküllerin geçemeyeceği porlardan oluşmuş azot içermeyen süzgeç torbalar (Ankom F57 bag) kullanılmıştır. Her bir torbaya 1 mm' lik elekten geçirilmiş yem örneği tartılmıştır.

Denemede yemlerin ve torbalarda kalan rezidülerin besin madde analizleri AOAC (1998) de belirtilen yöntemlere göre belirlenmiş, kuru madde bazında *in vitro* gerçek besin madde sindirilebilirlikleri (IVGS) süzgeç torba tekniği (Van Soest et al., 1991) kullanılarak aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

3.11.1. Torbaların ve Örneklerin Hazırlanması

Süzgeç (F57) torbalar 3-5 dakika aseton içerisinde tutulduktan sonra tamamen havada kuru hale getirilmiş ve daha sonra F57 torbaların darası alınarak (W1). Her F57 torba içerisine 0.25 g örnek koyup (W2) heat sealler yardımıyla torbaların ağzı kapatılmıştır. Torbalar her silindir içerisinde en fazla 25 örnek olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yerleştirme işlemi sırasında silindirler içerisindeki ayıracın her iki tarafında eşit sayıda örnek olması ve her silindire bir adet kör F57 süzgeç torba (C1) koyulması sağlanmıştır.

3.11.2. Tampon Çözeltilerin Hazırlanması

Her bir silindir için, tampon çözelti A ve B aşağıda belirtildiği gibi hazırlanmış ve 39 °C'ye ısıtılmıştır. Tampon çözelti hazırlamak için 1330 ml A çözeltisi ile 266 ml B çözeltisi alınarak her bir kavanoza konulmuş, hazırlanan yaklaşık 1600 ml (1596 ml) karışımın 39 °C sıcaklıkta pH'sının 6.8 olmasına dikkat edilmiştir (Tablo 3.3). Her bir kavanoz cihaza yerleştirilmiş, ısıtma ile karıştırma düğmeleri aktif hale getirilerek ve 20-30 dakika süresince tüm silindirlerin sıcaklığının eşit olması beklenmiştir. Bu bekleme süresinde rumen sıvısının toplanması ve rumen inokulumun hazırlanması sağlanmıştır.

3.11.3. İnokulum ve İnkübasyonun Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan rumen sıvı içeriği *in vitro* gaz üretim tekniğinde kullanılan rumen sıvısı ile aynı özelliklerde olup, aynı hayvanlardan aynı zamanda alınan ve aynı şekilde işlem görmüş rumen sıvısı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan rumen sıvısına 2 avuç rumen katı içeriği ilave edilerek, blendırla yüksek hızda yaklaşık 30 saniye iyice karıştırıldıktan sonra karbondioksit tüpü eşliğinde iki kat steril

tülbentten süzölmüş ve 39°C sıcaklığı muhafaza edilerek kullanılmıştır. Blendırda gerçekleşen parçalama işlevi rumen içeriğinde bulunan mikroorganizmaların rumen inokulumuna geçmesini sağlamıştır Çalışmada kullanılan Daisy inkübatör 4 kavanozdan oluşmaktadır. Her kavanoza 2000 ml'lik inkübasyon sıvısı (1600 ml tampon solusyonu + 400ml rumen sıvısı) ve yemlerin tartıldığı süzgeç torbalar inkübatöre CO₂ tüpü eşliğinde ilave edilmiştir. Silindirler içerisine CO₂ gazı ilave edilirken balon oluşumuna müsaade edilmemiştir.

Tablo 3.2. Buffer Solüsyonların Hazırlanması

Buffer Solüsyonu A	g/litre
KH ₂ PO ₄	10.00
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.5
NaC	0.5
CaCl ₂ .2H ₂ O	0.1
Üre	0.5
Buffer Solüsyonu B	g/litre
Na ₂ CO ₃	15.00
Na ₂ S.9H ₂ O	1.0

Tüm silindirleri cihaza yerleştirdikten sonra 48 saatlik inkübasyon süresinin tamamlanması sağlanmıştır. Cihaz iç sıcaklığını 39±0.5 °C'de sabit tutulmuştur. İnkübasyon süresi tamamlandığında silindirler cihazdan çıkarılmış ve rumen sıvıları boşaltılmış ve F57 torbaları çeşme suyunda akan su berrak olana kadar yıkanmıştır. Bu işlem sırasında minumun düzeyde torbalar sıkıştırılmış, daha sonra F57 torbaları NDF analizi için kullanılmıştır. Çalışmada NDF analizinden sonra çıkacak değer **W₃** olarak kaydedilmiştir.

In Vitro Gerçek Besin Madde Sindirilebilirliği aşağıdaki formöl uygulanarak hesaplanmıştır.

$$\%IVGS=100 - ((W3-(W1xC1))*100)/W2$$

W1 : F57 torbalarının darası

W2 : Kuru örnek veya kuru örnekteki besin madde miktarı (KM, OM ve NDF)

W3 : inkübasyon sonunda torbada kalan residüdeki besin madde miktarı

C1: Kör ağırlığı (inkübasyondan çıkartılıp etüet ale kurutulduktan sonraki boş torba ağırlığı/orijinal torba ağırlığı).

3.12. Rumen Sıvısında pH, Uçucu Yağ Asitleri (UYA) ve Amonyak Azotu (NH₃-N) Analizleri

Denemede kullanılan rumen sıvısında pH ölçümleri dijital pH metre (HANNA INSTRUMENTS 1332 model PH metre) kullanılarak ve sıcaklık değişmeden 3 tekerrürülü olarak belirlenmiştir. Rumen sıvısında amonyak azotu analizi OMÜ, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı laboratuvarlarında; rumen sıvısı UYA analizleri ise Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı laboratuvarlarında hizmet alımı yoluyla aşağıdaki şekilde analiz edilmiştir.

3.12.1. Rumen sıvısının amonyak azotu (NH₃-N) analizi

Rumen sıvısı parametrelerinden amonyak azotu (NH₃-N) Kjeldahl metodundan yararlanarak Blümmel vd., (1997)'nin bildirdikleri yönteme göre saptanmıştır. Buna göre; NH₃-N analizi için rumen sıvısı alındıktan sonra iki kat tülbentten süzölmüş ve 20 ml rumen sıvısı için 0.5 ml 1 M HCl asit ilave edilmiştir. Daha sonra iki kat steril bezden süzölerek elde edilen filtrattan 20 ml alınarak Kjeldahl destilasyon (Gerhadth, Bonn, Germany) ünitesine yerleştirilmiş, daha sonra %40'lık NaOH ile destile edilerek, borik asit içerisinde amonyak tutulmuştur. Tutulan amonyak 0.1 N HCl ile titre edilmiş ve harcanan HCl miktarından yararlanılarak Amonyak-N'ları hesaplanmıştır.

3.12.2. Rumen sıvısının uçucu yağ asitleri (UYA) analizi

Rumen sıvısı uçucu yağ asitleri Wiedmeier vd., (1987)'nin bildirdikleri yönteme göre hizmet alımı yoluyla (Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı laboratuvarlarında aşağıdaki gibi yaptırılmıştır. Rumen sıvısı UYA'ni belirlemek amacıyla 50 ml rumen sıvısı alınarak, 5000 devir/dk santrifüjde 15 dk santrifüje edildikten sonra tüplerin üst kısmından 10 ml sıvı alınıp 15 ml'lik tüplere konulmuş ve analizlerin yapılacağı zamana kadar derin dondurucuda -20 °C'de saklanmış ve soğuk zincir korunarak taşınmıştır.

Rumen sıvısı, uçucu yağ asitleri (asetik, bütirik, propiyonik, valerik, izovalerik ve izobütirik asit) analizleri için 3000 devir/dakika santrifüj edilerek ve üstte biriken kısımdan 10 ml alınmış ve üzerine 1.0 ml %25'lik fosforik asit ilave edilmiştir. Daha sonra gaz kromatografi cihazında okunması için 14000 devir/dakika santrifüj edilerek ve örnekten 1.5 ml alınarak Agilent 6890N marka Gaz Kromatografi cihazına enjekte edilerek (Agilent Technologies 6890N, Network GC system, gaz kromatografisi,

Kolon özellikleri: Stabilwax-DA, 30m, 0.25 mm ID, 0.25 um df. Max. temp: 260°C. Cat. 11023) rumen sıvısı UYA saptanmıştır. Analizler esnasında gaz kromatografi cihazının fırını 100°C' de 5 dk, ardından 10°C/dk artışla 160°C' de 2 dk ve son olarak 80°C/dk artışla 5 dk bekleme şeklinde programlanmıştır. Örnekler gaz kromatografi cihazına enjekte edilmeden önce, 1 ml' lik viole konulan UYA standartları (Spelco™ WSFA-2 Mix Sigma-Aldrich Co) otomatik örnekleme bölümüne yerleştirilerek okunacak, bilgisayarda pikler elde edilmiş ve rumen sıvısı UYA içerikleri bu piklere göre belirlenmiştir.

3.13. İstatistiksel Analizler

Araştırma sonucu hem silajlardan hem de kuru otlardan elde edilen veriler (besin madde içerikleri, *in vitro* gaz üretimi ve *in vitro* sindirilebilirlikler, metan üretimi vb.) gerekli varsayımlar (normallik ve varyansların homojenliği gibi) kontrol edildikten sonra faktöriyel deneme tertibine göre istatistiki analize tabi tutulmuştur. *In vitro* çalışmalarda her bir muamalele grubu 4 tekerrürlü olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Denemenin matematik modeli,

$$\text{Silajlar: } Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

olup, eşitlikte;

Y_{ijk} = i-inci uygulamaya tabi tutulan j-inci yem çeşidindeki k-ıncı örneğe ait gözlem değerini (gaz üretimi, vb).

μ = populasyon ortalamasını,

α_i = i-inci uygulamanın etki payını (kaba yemler vb.),

β_j : j-inci melasın ve mikrobiyal inokülan varlığı ya da yokluğu

Çoklu gösterimler interaksiyonları göstermektedir,

e_{ijk} = tesadüfi hatayı göstermektedir.

Uygulamalar veya yem çeşitleri arasındaki farklılıkların istatistiki olarak anlamlı olması durumunda ortalamaların karşılaştırılması için Duncan Çoklu Karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. İstatistiksel analizlerin yapılmasında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisanslı SPSS 21.0 istatistiksel paket programından faydalanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Silajların Besin Madde İçerikleri

Denemede sorgum, guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi karışımından hazırlanan silajların taze haline ait her bir muamelesi için ayrı ayrı kuru madde (KM), organik maddeler (OM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham selüloz (HS) ve nitrojensiz öz maddeler (NÖM) içerikleri (doğal halde, taze) Tablo 4.1’de; hücre duvarı yapı elemanlarından nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (NDF), asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (ADF), asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL), hemiselüloz (HSEL) ve selüloz (SEL) içerikleri ise (doğal halde, taze) Tablo 4.2’de verilmiştir.

Denemede kullanılan silajlarda KM içerikleri %25.07-34.31 arasında değişmiş olup bu değerler silaj yapımı için istenilen %25-42 kuru madde içerikleri arasında yer almıştır. Nitekim KM içeriğinin düşük olması siloda meydana gelecek besin madde kayıplarının artmasına sebep olmaktadır. Filya (2001), silo suyunun % 5’in üzerinde çözünebilir şekerler, organik asitler, mineral maddeler ve NPN’den oluşan çözünmemiş komponentler içerdiğini bildirmektedir. Dolayısıyla silo suyu çıkışı ile birlikte yoğun bir kayıp söz konusudur. Ayrıca, oluşan silo suyu önemli derecede çevresel kirliliğe de neden olabilmektedir. Silajlık materyalin KM içeriği düştükçe siloda görülen besin madde kaybı da artış göstermektedir. Silajda %30 KM düzeyinde silo suyu oluşumunun görülmediği ve besin madde kaybı oluşmadığı varsayılmakta iken; silajlar %15 KM düzeyinde ise 1 ton silajlık materyalden yaklaşık 200 litre silo suyu çıkışı ve %7.2 kuru madde kaybı olacağı bildirilmektedir (Filya, 2001).

Biyolojik oksijen ihtiyacı; aerobik şartlarda (hava içeren bir su ortamında) organik maddelerin (karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor ve kükürt içeren kimyasal bileşikler) bakteriler tarafından parçalanıp sindirilebilmeleri için gerekli olan oksijen miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu değer çevresel açıdan düşük olması arzu edilmektedir. Siloda oluşan suların biyolojik oksijen değeri 50-80 g/l arasında (Kılıç, 1986) bildirilmekle birlikte bazı literatürlerde (Filya, 2005) bu değer 90 g/l ‘ye kadar çıkabilmektedir. Bu durumda 100 m³ silo suyunun, çevresel kirlilik açısından 250000 m³ evsel atıklardan meydana gelen suya karşılık geldiği bilinmektedir (Kılıç, 1986). Bu nedenle silaj yapımında KM üzerinde durulması gereken en önemli koşulların başında yer almaktadır. Bu denemede silaj yapım ilkelerine ve pratik uygulamalara uygun sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

Çalışmada kullanılan silajlarda belirlenen KM içerikleri Alhaag vd. (2019) tarafından bildirilen değerden (%22.5) daha yüksek bulunmuştur. En yüksek KM değerleri her 3 grup için de kontrol gruplarında belirlenmiş olup, denemede silaj yapımında kullanılan katkı maddelerinin silajların KM içeriğini düşürdüğü görülmüştür ($P<0.05$). Bu durumun silaj yapımında kullanılan katkı maddeleri (mikrobiyal inokülan ve melas) uygulanmasında homojen karışım elde etmek için su ile karıştırıldıktan sonra kullanılması zorunluluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.1'in incelenmesinde silaj yapım öncesi bütün gruplarda silajlık materyallerin kuru madde içeriklerinin katkı maddesi ilavesiyle düştüğü, kontrol gruplarında muamelelere göre daha yüksek KM içeriklerinin belirlendiği ($P<0.015$), sorgum, guar fasulyesi ve sorgum + guar fasulyesi için kontrol grupları arasında farklılık bulunmadığı görülmüştür ($P>0.05$). Bununla birlikte silaj yapım öncesi bütün silajlık materyaller içerisinde en düşük KM içerikleri sorgum+guar fasulyesi için melas, inokülan ve melas + inokülan muamelelerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Silaj yapım öncesi materyallerin besin madde içerikleri üzerine değerlendirmeler daha sağlıklı yorumlar yapılabilmesi için KM bazında besin madde içerikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Buna göre en yüksek HK içerikleri guar fasulyesi silajlarına melas ilavesi yapılan gruplarda görülürken ($P<0.05$), en düşük değer sorgum +guar fasulyesine inokülan ilavesi yapılan gruplarda belirlenmiştir ($P<0.05$). Bütün gruplarda inokülan ilavesinin melas ve melas+inokülan ilavesine kıyasla daha düşük HK içerdiği görülmüştür ($P<0.05$). Ham protein içerikleri bakımından silaj yapım öncesi materyallerin incelenmesinde sorgum, guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi en düşük değerler tek başına inokülan ilavesi yapılan muamelelerde belirlenmiştir ($P<0.05$). En yüksek HP içerikleri ise melas ilavesi yapılan gruplarda (guar fasulyesi+sorgum grubunda melas+inokülan ilavesi yapılan grup hariç) görülmüştür. Çalışmada hipotezde vurgulandığı gibi en yüksek HP içerikleri baklagil olan guar fasulyelerinde görülmüş olup, sorgum + guar fasulyesi karışık ekiminin HP içeriğini artırdığı görülmüştür. Çalışmada en yüksek HY içeriğini guar fasulyesine herhangi bir katkı maddesi ilavesinin yapılmadığı kontrol grupları gösterirken ($P<0.05$), en düşük rakamsal değer guar fasulyesine inokülan ilave edilen gruplarda görülmüştür. Nitrojensiz öz maddeler içerikleri bakımından en düşük değerler silaj yapım öncesinde tek başına kullanılan guar fasulyesi gruplarında belirlenmiştir. Nitekim bir baklagil olması dolayısıyla guar fasulyelerinde NÖM içeriklerinin sorgumlara kıyasla daha

düşük olması beklenen bir durumdur. Karışık ekim yapıldığında NÖM içeriklerinin arttığı dikkati çekmektedir ve böylece silolanabilirliğin olumlu yönde geliştiği söylenebilir. Elde edilen sonuçlara göre, silaj yapımı için baklagil ve buğdaygillerin karışık ekimlerinin yapılması önerilmektedir.

Silaj yapım öncesi sorgum, guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi karışımına ait muamelelerin hücre duvarı yapı elemanları, nispi yem değerleri ve *in vitro* gerçek sindirilebilirlikleri Tablo 4.7’de verilmiştir. Buna göre NDF içerikleri bakımından en düşük değerlerin tek başına guar fasulyesinin kullanıldığı muamelelerde olduğu görülürken ($P<0.05$), sorgum ilaveli gruplarda NDF içerikleri daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Buna göre silaj yapım öncesinde tek başına guar fasulyesinden oluşturulan materyallerin düşük NDF içerikleri dolayısıyla hayvanlar tarafından daha sevilerek tüketileceği söylenebilir. Ayrıca rakamsal olarak en düşük NDF sorgum, guar fasulyesi ve sorgum + guar fasulyesi karışımlarının hepsi için melas+inokülan ilavesinde gerçekleşmiştir. Yemlerin sindirilebilirliğini gösteren ADF içerikleri bakımından da tek başına guar fasulyesinin kullanıldığı silajlık materyallerde en düşük değerler görülmüş ($P<0.05$) olup, diğerlerinden daha yüksek sindirilebilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak genel olarak bütün muamelelerde yüksek bir ADF içeriği olmadığı belirlenmiştir. Melas ilavesinin sorgum içeren gruplarda control grubuna göre daha düşük ADL içeriğine sahip olduğu ($P<0.05$) görülmüştür, bu durum melasın kolay çözünebilir karbonhidrat içeriğinin fazla olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Silaj yapımı öncesinde sorgum, guar fasulyesi ve sorgum + guar fasulyesi karışımlarında KMS, KMT ve NYD bakımından en yüksek değerler sadece guar fasulyesinin bulunduğu gruplarda görülmüştür. Sorgum bulunan gruplarda KMS, KMT ve NYD bakımından daha düşük değerler elde edilmiştir. Bununla birlikte silaj yapım öncesinde bütün materyallerde NYD’nin 100’ün üzerinde olduğu, guar fasulyesinin diğerlerinden daha yüksek kalitede olduğu ve genel olarak bütün materyallerin kaba yem kalitesi bakımından nitelikli sınıflarda yer aldığı belirlenmiştir. Silaj yapım öncesi hazırlanan örneklerin *in vitro* gerçek sindirilebilirlikleri bakımından KMS de belirlenenden farklı olarak en yüksek değerleri sorgum+guar fasulyesi karışık ekimde elde edilen materyallerin gösterdiği ($P<0.05$), tek başına ekilen guar fasulyesi ve sorgumlar için belirlenen İVGS değerlerinin karışık ekimde elde edilenden daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 4.1. Taze Yem Bitkilerin Besin Madde Değerleri

Çeşit	Uygulama	KM	OM	HK	HP	HY	HS	NÖM
SORGUM	Kontrol	34.31 ± 0.56 ^a	91.01±0.04 ^b	8.99±0.04 ^h	8.77±0.07 ⁱ	1.93±0.07 ^{bc}	23.79±1.13 ^a	56.52±1.16 ^a
	Melas	30.43 ± 0.35 ^b	88.71±0.09 ^{ef}	11.29±0.09 ^{de}	12.39±0.02 ^f	2.22±0.26 ^{bc}	18.10±1.17 ^{cd}	56.00±1.11 ^{ab}
	İnokulant	28.67 ± 0.77 ^c	91.08±0.11 ^b	8.92±0.11 ^h	7.64±0.04 ^j	2.67±0.32 ^{ab}	22.82±1.81 ^{ab}	57.96±1.55 ^a
	Melas +İnokulant	28.98 ± 0.55 ^{bc}	88.41±0.11 ^f	11.59±0.11 ^d	12.47±0.22 ^f	1.38±0.17 ^c	21.60±0.75 ^{abc}	52.96±0.73 ^{bc}
GUAR	Kontrol	33.70 ± 0.80 ^a	89.40±0.08 ^{cd}	10.60±0.08 ^{fg}	16.34±0.04 ^b	3.28±0.40 ^a	18.55±0.69 ^{cd}	51.24±0.48 ^{cd}
	Melas	28.57 ± 0.51 ^c	85.59±0.26 ⁱ	14.40±0.26 ^a	16.76±0.06 ^a	1.85±0.28 ^{bc}	18.90±1.44 ^c	48.08±1.81 ^d
	İnokulant	29.59 ± 0.37 ^{bc}	87.88±0.18 ^g	12.12±0.18 ^c	15.81±0.21 ^c	1.27±0.22 ^c	20.70±1.67 ^{abc}	50.11±1.59 ^{cd}
	Melas +İnokulant	28.33 ± 0.42 ^c	86.80±0.23 ^h	13.20±0.23 ^b	16.62±0.16 ^{ab}	2.06±0.43 ^{bc}	15.32±0.72 ^d	52.80±0.54 ^c
SORGUM+GUAR	Kontrol	33.06 ± 0.58 ^a	89.08±0.05 ^{de}	10.92±0.05 ^{ef}	10.86±0.08 ^g	1.90±0.45 ^{bc}	19.44±0.93 ^{bc}	56.88±0.48 ^a
	Melas	26.54 ± 0.39 ^d	89.75±0.25 ^c	10.25±0.25 ^g	14.01±0.07 ^d	1.98±0.37 ^{bc}	21.12±0.60 ^{abc}	52.63±0.61 ^c
	İnokulant	25.07 ± 0.35 ^d	91.86±0.15 ^a	8.14±0.15 ⁱ	9.68±0.13 ^h	2.30±0.45 ^{abc}	21.49±0.33 ^{abc}	58.39±0.36 ^a
	Melas +İnokulant	25.64 ± 0.39 ^d	89.39±0.12 ^{cd}	10.59±0.12 ^{fg}	13.19±0.06 ^e	1.55±0.033 ^{bc}	23.89±0.31 ^a	50.77±0.69 ^{cd}
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Tablo 4.2. Taze Yem Bitkilerin Hücre Duvarı Yapı Elemanları, Kaba Yem Kalite Sınıfı ve Sindirilebilirliği

Çeşit	Uygulama	NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL	KMS	KMT	NYD	İVGS
SORGUM	Kontrol	54.75±1.16 ^a	30.95±1.22 ^a	4.70±0.64 ^b	23.80±0.38 ^{abc}	26.25±0.62 ^a	64.78±0.95 ^h	2.19±0.05 ^c	110.23±3.92 ^f	65.49±0.79 ^{cd}
	Melas	48.51±1.16 ^{bc}	26.90±0.48 ^{c-f}	3.42±0.11 ^{cd}	21.60±1.14 ^{bc}	23.48±0.44 ^{bcd}	67.95±0.38 ^{c-f}	2.48±0.06 ^{de}	130.46±3.37 ^{de}	67.39±0.54 ^c
	İnokulant	53.85±2.00 ^a	28.66±0.74 ^{a-d}	3.82±0.29 ^{bcd}	25.19±1.30 ^a	24.84±0.51 ^{ab}	66.57±0.58 ^{e-h}	2.24±0.08 ^c	115.39±5.29 ^{ef}	60.12±0.44 ^e
	Melas +İnokulant	46.40±2.96 ^c	25.36±1.06 ^{efg}	3.72±0.45 ^{bcd}	21.03±1.91 ^c	21.64±0.82 ^{def}	69.14±0.83 ^{bcd}	2.61±0.17 ^d	139.97±10.51 ^d	62.11±0.82 ^{de}
GUAR	Kontrol	37.79±0.40 ^d	26.08±0.40 ^{d-g}	3.66±0.05 ^{bcd}	11.71±0.28 ^d	22.42±0.36 ^{cde}	68.58±0.31 ^{b-e}	3.17±0.03 ^c	168.87±2.42 ^c	66.43±1.96 ^c
	Melas	35.73±0.92 ^d	24.67±0.66 ^{fg}	3.98±0.23 ^{bcd}	11.07±0.41 ^d	20.68±0.65 ^{ef}	69.69±0.51 ^{bc}	3.36±0.09 ^{bc}	181.71±5.75 ^{bc}	66.85±2.22 ^c
	İnokulant	34.89±0.55 ^{de}	24.20±0.15 ^g	4.30±0.17 ^{bc}	10.69±0.59 ^d	19.91±0.14 ^f	70.04±0.12 ^b	3.44±0.05 ^b	186.81±2.92 ^b	61.58±0.99 ^e
	Melas +İnokulant	30.98±1.37 ^e	20.88±1.20 ^h	3.02±0.19 ^d	10.11±0.33 ^d	17.85±130 ^g	72.64±0.93 ^a	3.89±0.17 ^a	219.14±11.89 ^a	60.60±1.38 ^e
SORGUM+GUAR	Kontrol	53.37±1.38 ^a	30.36±1.12 ^{ab}	5.99±0.74 ^a	23.01±0.48 ^{abc}	24.38±0.46 ^{abc}	65.25±0.87 ^{gh}	2.25±0.06 ^c	113.95±4.32 ^{ef}	79.12±1.16 ^b
	Melas	51.80±0.88 ^{ab}	27.71±0.58 ^{cde}	3.75±0.12 ^{bcd}	24.09±0.53 ^{ab}	23.96±0.60 ^{bc}	67.32±0.45 ^{def}	2.32±0.04 ^c	120.97±2.72 ^{ef}	84.43±0.72 ^a
	İnokulant	53.72±1.67 ^a	28.80±0.93 ^{abc}	3.73±0.32 ^{bcd}	24.92±0.87 ^a	25.07±0.61 ^{ab}	66.46±0.72 ^{fgh}	2.24±0.07 ^c	115.39±4.89 ^{ef}	79.20±1.12 ^b
	Melas +İnokulant	50.80±0.87 ^{abc}	27.85±0.38 ^{b-e}	3.56±0.22 ^{bcd}	22.96±0.50 ^{abc}	24.28±24 ^{abc}	67.21±0.30 ^{d-g}	2.36±10 ^{de}	123.15±2.63 ^{def}	76.41±1.12 ^b
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Tablo 4.4'ün incelenmesinde hücre duvarı yapı elemanlarının genel olarak taze materyallerde beklenildiği gibi düşük değerler gösterdiği, bütün uygulamalarda katkı maddesi ilavesinin hücre duvarı yapı elemanlarının oranını azalttığı görülmektedir. Ancak, yemlerin kuru madde dışındaki diğer besin maddelerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında doğal halde yapılacak değerlendirmelerin bazı hatalara neden olacağı için, kuru madde bazındaki değerlerin dikkate alınmasının daha isabetli olacağı değerlendirilmiş ve yemlerin diğer besin madde içerikleri kuru madde bazında hesaplanan verilere göre (Tablo 4.3 ve Tablo 4.4) değerlendirilmiştir.



Tablo 4.3. Denemede incelenen silajların besin madde içerikleri, % (doğal halde)

Çeşit	Uygulama	KM	OM	HK	HP	HY	HS	NÖM
SORGUM	Kontrol	33.70 ± 0.80 ^a	36.99 ± 0.04 ^a	3.27 ± 0.03 ^b	3.33 ± 0.09 ^d	1.16 ± 0.11 ^{ab}	8.21 ± 0.21 ^b	24.29 ± 0.22 ^a
	Melas	28.57 ± 0.51 ^c	25.43 ± 0.02 ^h	3.15 ± 0.01 ^c	3.58 ± 0.04 ^c	0.77 ± 0.07 ^{cd}	5.60 ± 0.06 ^{efg}	15.47 ± 0.03 ^e
	İnokulant	29.59 ± 0.37 ^{bc}	27.20 ± 0.02 ^e	2.66 ± 0.02 ^g	2.35 ± 0.04 ^f	0.84 ± 0.08 ^{cd}	6.69 ± 0.24 ^{cd}	17.31 ± 0.22 ^c
	Melas +İnokulant	28.33 ± 0.42 ^c	25.08 ± 0.03 ⁱ	3.05 ± 0.03 ^d	3.59 ± 0.03 ^c	0.76 ± 0.03 ^{cd}	5.45 ± 0.28 ^{fg}	15.28 ± 0.27 ^e
GUAR	Kontrol	33.06 ± 0.58 ^a	31.48 ± 0.01 ^c	4.55 ± 0.01 ^a	5.11 ± 0.04 ^a	1.36 ± 0.06 ^a	7.54 ± 0.28 ^{bc}	17.47 ± 0.28 ^c
	Melas	26.54 ± 0.39 ^d	22.54 ± 0.03 ^j	3.24 ± 0.01 ^b	4.00 ± 0.06 ^b	0.82 ± 0.03 ^{cd}	4.78 ± 0.20 ^{gh}	12.94 ± 0.20 ^f
	İnokulant	25.07 ± 0.35 ^d	19.19 ± 0.01 ^l	2.68 ± 0.01 ^g	2.78 ± 0.02 ^e	0.61 ± 0.03 ^d	4.87 ± 0.13 ^{gh}	10.93 ± 0.11 ^g
	Melas +İnokulant	25.64 ± 0.39 ^d	21.84 ± 0.01 ^k	3.16 ± 0.01 ^c	4.00 ± 0.02 ^b	1.02 ± 0.11 ^{bc}	4.33 ± 0.37 ^h	12.49 ± 0.46 ^f
SORGUM+GUAR	Kontrol	34.31 ± 0.56 ^a	35.46 ± 0.01 ^b	2.97 ± 0.01 ^e	3.88 ± 0.04 ^b	1.25 ± 0.21 ^{ab}	9.27 ± 0.61 ^a	21.06 ± 0.79 ^b
	Melas	30.43 ± 0.35 ^b	27.47 ± 0.02 ^d	2.93 ± 0.02 ^e	4.08 ± 0.09 ^b	0.81 ± 0.05 ^{cd}	6.44 ± 0.33 ^{de}	16.15 ± 0.37 ^{de}
	İnokulant	28.67 ± 0.77 ^c	26.83 ± 0.01 ^f	2.3 ± 0.01 ^f	2.82 ± 0.08 ^e	0.8 ± 0.06 ^{cd}	6.64 ± 0.26 ^{cd}	16.59 ± 0.34 ^{cd}
	Melas +İnokulant	28.98 ± 0.55 ^{bc}	26.25 ± 0.06 ^g	2.76 ± 0.06 ^f	3.98 ± 0.12 ^b	0.8 ± 0.08 ^{cd}	6.13 ± 0.40 ^{def}	15.33 ± 0.35 ^e
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

KM: doğal halde kuru madde, OM: Organik madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham selüloz, NÖM: Nitrojensiz öz maddeler ^{ab}: Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0.05) göstermektedir.

Tablo 4.4. Denemede incelenen silajların hücre duvarı yapı elemanları içerikleri, % (doğal halde)

Çeşit	Uygulama	NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL
SORGUM	Kontrol	20.58 ± 0.03 ^a	11.23 ± 0.06 ^a	1.13 ± 0.04 ^b	9.35 ± 0.04 ^a	10.1 ± 0.06 ^a
	Melas	13.28 ± 0.13 ^{de}	7.58 ± 0.28 ^{def}	0.78 ± 0.06 ^{de}	5.70 ± 0.18 ^d	6.80 ± 0.21 ^{de}
	İnokulant	15.18 ± 0.23 ^b	8.43 ± 0.07 ^c	0.80 ± 0.05 ^{cde}	6.75 ± 0.26 ^{bc}	7.64 ± 0.11 ^c
	Melas +İnokulant	12.35 ± 0.04 ^f	7.12 ± 0.20 ^f	0.78 ± 0.03 ^{de}	5.23 ± 0.21 ^d	6.34 ± 0.17 ^e
GUAR	Kontrol	12.96 ± 0.40 ^e	9.96 ± 0.20 ^b	1.51 ± 0.08 ^a	3.01 ± 0.21 ^e	8.45 ± 0.14 ^b
	Melas	7.51 ± 0.13 ^h	5.93 ± 0.11 ^{gh}	0.74 ± 0.08 ^{de}	1.58 ± 0.03 ^f	5.19 ± 0.06 ^f
	İnokulant	8.03 ± 0.07 ^g	6.22 ± 0.04 ^g	0.91 ± 0.04 ^{cd}	1.82 ± 0.06 ^f	5.31 ± 0.02 ^f
	Melas +İnokulant	7.14 ± 0.06 ^h	5.62 ± 0.03 ^h	0.66 ± 0.03 ^e	1.52 ± 0.03 ^f	4.96 ± 0.03 ^f
SORGUM+GUAR	Kontrol	20.10 ± 0.20 ^a	10.72 ± 0.42 ^a	1.00 ± 0.11 ^{bc}	9.38 ± 0.24 ^a	9.71 ± 0.33 ^a
	Melas	14.49 ± 0.07 ^c	7.76 ± 0.09 ^{de}	0.82 ± 0.01 ^{cde}	6.73 ± 0.14 ^{bc}	6.94 ± 0.09 ^d
	İnokulant	15.05 ± 0.16 ^b	8.11 ± 0.16 ^{cd}	0.87 ± 0.12 ^{cde}	6.94 ± 0.20 ^b	7.24 ± 0.08 ^{cd}
	Melas +İnokulant	13.56 ± 0.22 ^d	7.19 ± 0.25 ^{ef}	0.78 ± 0.07 ^{de}	6.37 ± 0.24 ^c	6.41 ± 0.23 ^e
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

NDF: Nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, ADF: Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, ADL: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, HSEL: Hemiselüloz, SEL: Selüloz. ^{ab}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0.05) göstermektedir.

Sorgum, guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi karışımından hazırlanan silajların kuru madde düzeyinde organik maddeler (OM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham selüloz (HS) ve nitrojensiz öz maddeler (NÖM) içerikleri Tablo 4.5'te; hücre duvarı yapı elemanlarından nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (NDF), asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (ADF), asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL), hemiselüloz (HSEL) ve selüloz (SEL) içerikleri ise Tablo 4.6'da verilmiştir. Buna göre, HP içerikleri bakımından guar fasulyesi silajında en yüksek değerler melas ve melas+inokülan ilaveli gruplarda görülmüş (%15.51 KM; %16.01 KM) olup, en düşük HP içeriği sadece inokülan ilavesi ile silolanan guar silajlarında (%12.73 KM) belirlenmiştir. Sorgum silajlarında ve sorgum+guar fasulyesi silajlarında da en yüksek HP içerikleri melas ve melas+inokülan ilaveli silajlarda en düşük HP içeriklerinin ise sadece inokülan ilavesi yapılan gruplarda ve kontrol gruplarında olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bütün silajlar içerisinde en yüksek HP içeriğini bir baklagil olan guar fasulyesi göstermiş ve melas, melas+inokülan ilavesi ile HP içeriği artmıştır. Bu çalışmada guar fasulyesi silajında elde edilen en yüksek HP değerleri (%15.51-%16.01), Ali vd. (2016) ile Bhakar vd. (2020)'nin bildirdiği sonuçlardan (%19.15-%19.35) daha düşük bulunurken; Ayub vd. (2010), Parlak ve Alaca (2017), Suliman vd. (2017) ile Olfaz vd. (2019) tarafından bildirilen HP değerlerinden (%11.93-%14.60) daha yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan, sadece inokülan ilaveli ve kontrol grubu sorgum silajları için HP değerleri (%8.12-%8.92), Behling vd. (2017), Dos Anjos vd. (2018) ile Alhaag vd. (2019) tarafından bildirilen değerlerle (%8.07-%9.51) benzer bulunurken; melas ve melas + inokülan ilaveli sorgum silajlarından elde edilen HP değerleri (%10.84-%11.01) literatürlerde bildirilen (Khota et al., 2017; Behling et al., 2017; Cattani et al., 2017; Michel et al., 2017; Dos Anjos et al., 2018; Alhaag et al., 2019; McCary et al., 2020) sonuçlardan daha yüksek bulunmuştur.

Çalışma sonuçlara göre, HY içerikleri bakımından guar fasulyesi silajlarında en yüksek değerler melas+inokülan ilaveli grupta ve kontrol grubunda görülürken (%4.07-%3.77 KM), en düşük HY içerikleri melas ve sadece inokülan ilavesi ile silolanan guar silajlarında (%3.18-%2.78 KM) belirlenmiştir ($P<0.05$). Gerek sorgum silajlarında gerekse sorgum+guar fasulyesi silajlarında istatistiki açıdan muameleler arasında önemli farklılıklar görülmemiştir ($P>0.05$). Bu bağlamda, guar fasulyesi silajında sadece melas+inokülan katkılı gruba ait HY içeriği önceki çalışmalardan

daha yüksek bulunurken (Suliman et al., 2017; Olfaz et al., 2019) diğer silaj grupları literatür bildirişlerine benzer sonuçlar göstermiştir (Cattani et al., 2017; Michel et al., 2017; Khota et al., 2017; Dos Anjos et al., 2018; McCary et al., 2020). Genel olarak bütün silajlar değerlendirildiğinde sorgum ve guar fasulyesi silajlarının kontrol grupları ile guar fasulyesi silajlarına melas+inokülan ilave edilen gruplarda en yüksek HY içerikleri saptanmıştır ($P<0.01$).

Denemede HK içerikleri bakımından guar fasulyesi silajında elde edilen verilere göre sadece inokülan ilavesinin diğer gruplardan daha düşük değer gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Diğer gruplar arasındaki farklılığın önemsiz olduğu görülmüştür. Sorgum silajlarında ve sorgum+guar fasulyesi silajlarında da en yüksek HK içerikleri melas ve melas+inokülan ilaveli silajlarda bulunmuş olup, sorgum silajları için en düşük HK içeriklerinin kontrol grubunda olduğu ve kontrol grubu ile sadece inokülan ilavesi yapılan silajlar arasında önemli farklılıklar olduğu ($P<0.05$), sorgum+guar silajlarında kontrol grubu ile sadece inokülan ilaveli grup arasındaki farklılığın önemsiz olduğu görülmüştür ($P>0.05$). Ham kül içeriği yemlerdeki inorganik kısımların göstergesi olup, silaj yapımında kullanılan katkı maddelerinin ham kül içeriklerinin de silajlardaki besin madde içeriği üzerine önemli etkileri olduğu düşünülmektedir.

Silajların organik maddeler içerikleri ile ham kül içerikleri arasında ters ilişki söz konusudur. Nitekim, yem örneklerindeki organik maddelerin hesaplanmasında, yem kuru madde içeriğinden ham kül (inorganik maddeler) içerikleri çıkartılmaktadır. Buna göre yukarıda ham kül içerikleri için yapılan açıklamaların tersi organik maddelerin yorumlanmasında kullanılabilir. Yani silajlarda HK içerikleri artarken OM içerikleri azalmaktadır. Denemede OM içerikleri bakımından guar fasulyesi silajında sadece inokülan ilavesinin diğer gruplardan daha yüksek değer gösterdiği ($P<0.05$), sorgum silajlarında ve sorgum+guar fasulyesi silajlarında da en düşük OM içerikleri melas ve melas+inokülan ilaveli silajlarda bulunmuştur ($P<0.05$). Sorgum silajlarında ise en yüksek OM içeriklerinin kontrol grubunda olduğu ve kontrol grubu ile sadece inokülan ilavesi yapılan silajlar arasında da önemli farklılıklar olduğu bulunurken ($P<0.05$), sorgum+guar fasulyesi silajlarında kontrol grubu ile sadece inokülan ilaveli grup arasındaki farklılığın önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Ham selüloz içerikleri bakımından silajlar arasında guar fasulyesi silajı için katkı maddesi kullanımının etkisi önemli bulunurken ($P<0.05$); diğer silajlarda katkı maddesi kullanımının etkisi görülmemiştir. Guar fasulyesi silajında en düşük HS içeriği melas ilavesi yapılan gruplarda saptanmıştır ($P<0.05$). Melasın kolay çözünebilir karbonhidrat içeriği bakımından zengin bir katkı maddesi olması dolayısıyla (Filya 2001, Kılıç, 2010; Kutlu ve Çelik, 2014), guar silajlarının ham selüloz içeriğini oransal olarak düşürdüğü düşünülmektedir. Ayrıca inokülant ilavesinin de laktik asit bakterileri etkinliğini artırarak ihtiyaç duyulan enerjinin temini için selülozlu bileşiklerin de kullanılmasına katkı sağladığı dikkate alınmaktadır. Gerek sorgum silajları gerekse sorgum+melas silajlarının yapımında kullanılan katkı maddelerinin HS içeriği üzerine etkisinin olmaması ise sorgumun tahıl olması ve NÖM (kolay çözünebilir karbonhidrat kaynağı) bakımından zengin olması dolayısıyla laktik asit bakterilerinin silajda istenilen fermentasyonu sağlayabilmek için gerekli enerji ihtiyaçlarını karşılamalarında ilave bir enerji kaynağına ihtiyaç olmamasından kaynaklanmış olabilir. Buna göre Tablo 4.5'in incelenmesinden de anlaşılabileceği gibi sorgum içeren silajların NÖM içeriklerinin yüksek olduğu; bununla birlikte guar silajlarının NÖM içeriklerinin ise daha düşük olduğu dikkatleri çekmektedir.

4.2. Silajların Hücre Duvarı Yapı Elemanları

Tablo 4.6'da görüldüğü üzere silajların hücre duvarı yapı elemanlarından NDF içerikleri bakımından en düşük değerleri guar silajlarında tespit edilmiştir ($P<0.05$). Guar silajlarından melas ilave edilen grupların ise diğerlerinden daha düşük NDF içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum yem tüketiminin göstergesi olan NDF içeriğinin artmasıyla hayvanların istekli yem tüketiminin de azalacağı bildirisi (Yavuz, 2005) kapsamında ele alındığında, lezzetli tada sahip olan melas ilavesinin NDF içeriğini azaltması ve istekli yem tüketimini artırması beklenen bir durumdur. Nitekim aynı şekilde melas ilavesinin sorgum silajlarında ve sorgum+guar fasulyesi silajlarında da gerçekleştiği ve NDF içeriğini düşürdüğü görülmektedir ($P<0.05$). Bütün silajlarda gerek kontrol gruplarında gerekse sadece inokülant ilaveli gruplarda NDF içeriği melas ilavesi yapılanlardan daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Yemlerin ADF içerikleri sindirilebilirliğin göstergesidir ve bir yemin ADF içeriği ne kadar düşükse sindirilebilirliği de o ölçüde yüksek olur (Yavuz, 2005). Çalışmada en düşük ADF içerikleri guar fasulyesi silajlarına melas ilavesi yapılan gruplarda belirlenmiştir. Silajlar içerisinde sorgum silajı hariç diğer silajlarda (guar fasulyesi silajı ve

sorgum+guar fasulyesi silajı) melaslı gruplar diğerlerine (sadece inokülant ilaveli ve kontrol grubu silajlara) kıyasla daha düşük ADF değeri göstermiştir ($P<0.05$). Bununla birlikte sorgum silajlarında da rakamsal olarak en düşük ADF değerini melas ilaveli silajlar göstermiştir. Düşük ADF içerikleri dolayısıyla melas (kolay çözünebilir karbonhidrat kaynağı) ilaveli silajların, beklenildiği gibi sindirilebilirliklerinin de yüksek olduğu görülmüştür.

Yemlerde lifli bileşiklerle birlikte yer alan ancak sindirilmesi ruminantlar tarafından bile neredeyse imkânsız olan lignin (ADL), bir yemin yapısında ne kadar fazla ise o yemin değeri düşmektedir. Bu nedenle yemlerde sadece HS içeriğine bakmak yanıltıcı olabilmektedir, yemin daha iyi değerlendirilebilmesi için yapısındaki ADL içeriğinin de düşük olması arzu edilmektedir (Kutlu ve Çelik, 2014). Çalışmada incelenen silajlarda sadece guar fasulyesi silajlarında melas ilave edilen gruplarda ADL içeriklerinin sadece inokülant ilavesi yapılan silajlara ve kontrol grubu silajlara kıyasla düştüğü ($P<0.05$); diğer silajlarda ise katkı maddesi ilavesinin ADL içeriği üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ($P>0.05$).

Çalışmada incelenen silajların HSEL içeriklerinin melas ilavesinde düştüğü ($P<0.05$), her bir silaj için kontrol gruplarının en yüksek HSEL içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bununla birlikte çalışmada HSEL içerikleri bakımından en düşük değerleri guar fasulyesi silajları göstermiştir. Bu durum guar fasulyesinin baklagil olmasına ve genel olarak buğdaygillerden daha düşük HSEL içeriğine sahip olmasına bağlanabilir (Elgersma and Søgaard, 2018).

Selüloz (SEL) içerikleri bakımından silajlar içerisinde en düşük değerler melas ilavesinde kendini belli etmektedir. Bununla birlikte melas ilavesi yapılan silajlarla (melas ve melas+inokülant), kontrol ve sadece inokülant ilaveli silajların SEL içeriklerinde görülen farklılıklar guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi silajlarında istatistiki olarak önemli olurken ($P<0.05$); sorgum silajlarında ise bu farklılıklar sadece inokülant ilavesi yapılan silajlarda görülmüştür. Ayrıca sorgum silajlarında kontrol grubu ile melas+inokülant ilavesi yapılan silajlar arasındaki SEL bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Silajlar içerisinde en düşük SEL içeriklerini melas ve melas+inokülant ilavesi yapılan guar fasulyesi silajları göstermiştir ($P<0.05$). Silajlar selüloz içeriği bakımından önceki yapılan çalışmalardan daha düşük değer göstermiştir (Cattani et al., 2017; Khota et al., 2017; Michel et al., 2017; Dos Anjos et al., 2018; McCary et al., 2020).

Tablo 4.5. Denemede incelenen silajların besin madde içerikleri, % (kuru maddede)

Çeşit	Uygulama	OM	HK	HP	HY	HS	NÖM
SORGUM	Kontrol	91.88 ± 0.08 ^b	8.12 ± 0.08 ^f	8.28 ± 0.23 ^f	2.89 ± 0.28 ^c	20.38 ± 0.53 ^{b-e}	60.33 ± 0.55 ^a
	Melas	88.99 ± 0.06 ^e	11.01 ± 0.06 ^c	12.54 ± 0.16 ^d	2.71 ± 0.25 ^c	19.59 ± 0.22 ^{b-e}	54.14 ± 0.12 ^{cd}
	İnokulant	91.08 ± 0.07 ^c	8.92 ± 0.07 ^e	7.87 ± 0.14 ^f	2.82 ± 0.25 ^c	22.43 ± 0.82 ^{abc}	57.98 ± 0.73 ^{ab}
	Melas +İnokulant	89.16 ± 0.01 ^e	10.84 ± 0.01 ^c	12.77 ± 0.11 ^d	2.70 ± 0.13 ^c	19.36 ± 1.01 ^{cde}	54.32 ± 0.96 ^{cd}
GUAR	Kontrol	87.36 ± 0.04 ^g	12.64 ± 0.04 ^a	14.19 ± 0.11 ^b	3.77 ± 0.17 ^{ab}	20.92 ± 0.77 ^{a-d}	48.47 ± 0.79 ^f
	Melas	87.44 ± 0.003 ^g	12.56 ± 0.003 ^a	15.51 ± 0.02 ^a	3.18 ± 0.09 ^{bc}	18.56 ± 0.77 ^{de}	50.18 ± 0.76 ^{ef}
	İnokulant	87.74 ± 0.04 ^f	12.26 ± 0.04 ^b	12.73 ± 0.11 ^d	2.78 ± 0.15 ^c	22.26 ± 0.61 ^{abc}	49.98 ± 0.51 ^{ef}
	Melas +İnokulant	87.35 ± 0.04 ^g	12.65 ± 0.04 ^a	16.01 ± 0.09 ^a	4.07 ± 0.44 ^a	17.32 ± 1.48 ^e	49.95 ± 1.84 ^{ef}
SORGUM+GUAR	Kontrol	92.26 ± 0.02 ^a	7.74 ± 0.02 ^g	10.09 ± 0.10 ^e	3.25 ± 0.54 ^{abc}	24.12 ± 1.60 ^a	54.80 ± 2.06 ^{b-d}
	Melas	90.38 ± 0.06 ^d	9.62 ± 0.06 ^d	13.41 ± 0.30 ^c	2.66 ± 0.16 ^c	21.17 ± 1.07 ^{a-d}	53.14 ± 1.23 ^{de}
	İnokulant	92.09 ± 0.03 ^a	7.91 ± 0.03 ^g	9.67 ± 0.27 ^e	2.73 ± 0.20 ^c	22.77 ± 0.89 ^{ab}	56.91 ± 1.15 ^{abc}
	Melas +İnokulant	90.48 ± 0.19 ^d	9.52 ± 0.19 ^d	13.73 ± 0.43 ^{bc}	2.77 ± 0.27 ^c	21.15 ± 1.39 ^{a-d}	52.84 ± 1.21 ^{de}
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

OM: Organik madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham selüloz, NÖM: Nitrojensiz öz maddeler ^{ab}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0.05) göstermektedir.

Tablo 4.6. Denemede incelenen silajların hücre duvarı yapı elemanları içerikleri, % (kuru maddede)

Çeşit	Uygulama	NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL
SORGUM	Kontrol	51.10 ± 0.07 ^a	27.88 ± 0.15 ^a	2.80 ± 0.10 ^b	23.22 ± 0.09 ^{abc}	25.09 ± 0.15 ^{ab}
	Melas	46.47 ± 0.47 ^b	26.53 ± 0.97 ^{ab}	2.72 ± 0.22 ^b	19.95 ± 0.64 ^d	23.81 ± 0.76 ^{b-e}
	İnokulant	50.85 ± 0.76 ^a	28.24 ± 0.24 ^a	2.67 ± 0.18 ^b	22.61 ± 0.87 ^{abc}	25.57 ± 0.38 ^a
	Melas +İnokulant	43.90 ± 0.16 ^c	25.31 ± 0.69 ^b	2.78 ± 0.09 ^b	18.59 ± 0.75 ^d	22.53 ± 0.60 ^{ef}
GUAR	Kontrol	35.97 ± 1.11 ^d	27.63 ± 0.55 ^a	4.19 ± 0.22 ^a	8.34 ± 0.57 ^e	23.44 ± 0.40 ^{c-f}
	Melas	29.13 ± 0.51 ^e	23.02 ± 0.44 ^{cd}	2.87 ± 0.29 ^b	6.11 ± 0.12 ^f	20.14 ± 0.25 ^g
	İnokulant	36.74 ± 0.31 ^d	28.42 ± 0.18 ^a	4.14 ± 0.21 ^a	8.31 ± 0.26 ^e	24.28 ± 0.08 ^{a-d}
	Melas +İnokulant	28.56 ± 0.22 ^e	22.48 ± 0.12 ^d	2.63 ± 0.11 ^b	6.08 ± 0.11 ^f	19.84 ± 0.12 ^g
SORGUM+GUAR	Kontrol	52.30 ± 0.51 ^a	27.90 ± 1.10 ^a	2.61 ± 0.29 ^b	24.40 ± 0.62 ^a	25.28 ± 0.85 ^{ab}
	Melas	47.67 ± 0.21 ^b	25.52 ± 0.30 ^b	2.71 ± 0.02 ^b	22.15 ± 0.45 ^{bc}	22.81 ± 0.31 ^{def}
	İnokulant	51.66 ± 0.55 ^a	27.82 ± 0.56 ^a	2.97 ± 0.41 ^b	23.83 ± 0.71 ^{ab}	24.85 ± 0.26 ^{abc}
	Melas +İnokulant	46.73 ± 0.76 ^b	24.78 ± 0.85 ^{bc}	2.69 ± 0.25 ^b	21.95 ± 0.82 ^c	22.09 ± 0.80 ^f
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

NDF: Nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, ADF: Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, ADL: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, HSEL: Hemiselüloz, SEL: Selüloz. ^{ab}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0.05) göstermektedir

4.3. Silajların Nispi Yem Değerleri

Kaba yemlerde nispi yem değeri (NYD) ile kaba yem kalitesinin belirlenmesinde “The Hay Marketing Task Force of the American Forage and Grassland Council” tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, “prime (mükemmel)” (>151) en iyi kaliteyi, (125-151) arası iyi kaliteyi (pekiyi), (103-124) arası 2. kaliteyi (iyi), (87-102) arası 3.kaliteyi (orta), (75-86) arası 4.kaliteyi (zayıf) ifade ederken, “5” (<75) ise reddedilecek düzeyde kötü kaliteyi ifade etmektedir. Denemede incelenen silajlar NYD bakımından kalite sınıflarına ayrılmış ve silajların kuru madde sindirilebilirlikleri (KMS) ile kuru madde tüketimleri (KMT) ile birlikte Tablo 4.7’te verilmiştir. Buna göre; silajlar içerisinde guar fasulyesi silajlarının tamamı ”mükemmel” (prime) kalitede bulunurken; sorgum ve sorgum+guar fasulyesi silajlarına melas ilavesi yapılan (melas ve melas + inokülan) silajların ”pekiyi” kalitede oldukları, diğer grupların ise ”iyi” kalitede sınıflandırıldıkları görülmektedir. Bununla birlikte guar fasulyesi silajları arasında da melas ilave edilen grupların daha yüksek NYD’ne sahip oldukları görülmektedir.

Silajlarda kuru madde sindirilebilirliği (KMS) bakımından en yüksek değerler melas ilavesi yapılan gruplarda görülmekte olup, guar fasulyesi ve sorgum + guar fasulyesi silajlarında melas ve melas+inokülan ilavesi yapılan gruplarla kontrol grubu ve sadece inokülan ilavesi yapılan gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunurken ($P<0.05$), sorgum silajlarında ise sadece melas ilave edilen gruplarda önemsiz; melas+inokülan ilavesi yapılan gruplarda görülen farklılıklar önemli olmuştur ($P<0.05$). Çalışmada en yüksek KMS değerlerini melas ilavesi ile silolanan guar fasulyesi silajları göstermiştir ($P<0.05$).

Hayvanların istekli yem tüketimlerini belirtten KMT değeri bakımından ise silajlar arasında en yüksek değeri KMS’de olduğu gibi melas ilaveli guar fasulyesi silajları göstermiştir ($P<0.05$). En düşük KMT değeri ise sorgum ve sorgum+guar fasulyesi silajlarının kontrol grupları ile sadece inokülan ilaveli grupları göstermiştir ($P<0.05$). Denemede ele alınan bütün silajlarda melas ilavesinin KMT’ni artırdığı görülmüş olup, ayrıca sadece sorgum silajlarında melas+inokülan ilavesinin tek başına melas ilavesine göre daha çok kuru madde tüketimine sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu durum diğer silajlar için görülmemiştir. Buna göre silajların kuru madde sindirilebilirliği (KMS), kuru madde tüketimleri (KMT) ve nispi yem değerleri literatür bildirişlerinden (Olfaz et al., 2019; Kaplan 2021; Esen 2022) yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.7. Silajların kuru madde sindirilebilirliği (KMS), kuru madde tüketimleri (KMT) ve nispi yem değeri (NYD) indeksleri ve kaba yem kalite sınıfları

Çeşit	Uygulama	KMS (%)	KMT (% CA)	NYD	Kalite Sınıfı
SORGUM	Kontrol	67.18 ± 0.12 ^c	2.35 ± 0.003 ^e	122.30 ± 0.37 ^e	İyi
	Melas	68.23 ± 0.76 ^{bc}	2.58 ± 0.03 ^d	136.64 ± 2.78 ^d	Pekiyi
	İnokulant	66.90 ± 0.18 ^c	2.36 ± 0.03 ^e	122.44 ± 1.74 ^e	İyi
	Melas +İnokulant	69.18 ± 0.54 ^b	2.73 ± 0.01 ^c	146.59 ± 1.10 ^c	Pekiyi
GUAR	Kontrol	67.37 ± 0.43 ^c	3.34 ± 0.10 ^b	174.62 ± 6.54 ^b	Mükemmel
	Melas	70.97 ± 0.35 ^a	4.12 ± 0.07 ^a	226.84 ± 5.02 ^a	Mükemmel
	İnokulant	66.76 ± 0.14 ^c	3.27 ± 0.03 ^b	169.08 ± 1.63 ^b	Mükemmel
	Melas +İnokulant	71.39 ± 0.09 ^a	4.20 ± 0.03 ^a	232.60 ± 2.14 ^a	Mükemmel
SORGUM+GUAR	Kontrol	67.17 ± 0.86 ^c	2.29 ± 0.02 ^e	119.53 ± 2.69 ^e	İyi
	Melas	69.02 ± 0.23 ^b	2.52 ± 0.01 ^d	134.69 ± 0.53 ^d	Pekiyi
	İnokulant	67.23 ± 0.43 ^c	2.32 ± 0.02 ^e	121.10 ± 1.60 ^e	İyi
	Melas +İnokulant	69.60 ± 0.66 ^b	2.57 ± 0.04 ^d	138.65 ± 3.06 ^{cd}	Pekiyi
P		<0.05	<0.05	<0.05	

KMS: Kuru madde sindirilebilirliği, KMT: Kuru madde tüketimi, NYD: Nispi yem değeri,

^{ab}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0.05) göstermektedir.

4.4. Silajların Organik Asitler ve Amonyak Azotu (NH₃-N) İçerikleri

Çalışmada incelenen silajların organik asitler (Laktik asit, asetik asit, propiyonik asit, izobütirik asit ve bütirik asit) ve amonyak azotu içerikleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Sorgum silajları arasında LA içeriği bakımından yüksek değer (%7.31) melas + inokulant grubunda bulunurken, en düşük değer (%2.95) inokulant ilavesi grubunda gözlemlenmiştir (P<0.05). Guar silajları LA içerikleri bakımında en yüksek değeri (%14.49) melas grubunda göstermiş olup en düşük değer (%0.65) kontrol grubunda saptanmıştır (P<0.05). Çalışmada en düşük organik asit değerleri sorgum+guar fasulyesi silajlarında bulunmuştur. Laktik asit değerleri, Olfaz vd.

(2019) ile Ciftci vd. (2023) tarafından bildirilen değerlerle benzer bulunurken; Rodrigues vd. (2019) tarafından bildirilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Asetik asit içerikleri bakımından en yüksek değerleri sorgum + guar fasulyesi silaj grupları gösterirken (%7.04 - 7.77), sadece sorgum ve guar fasulyesi içeren silaj gruplarında daha düştük değerler belirlenmiştir ($P<0.05$). İnokülant ilaveli yapılan sorgum, guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi silajlarından elde edilen PA içerikleri en yüksek değerleri gösterirken; guar fasulyesi kontrol grubu ve sorgum + guar fasulyesi kontrol grubu bu değerlerden daha düştük belirlenmişt olup, bu değerler Ciftci vd. (2023) ile Rodrigues vd. (2019)'in bildirdiği değerlerle uyumlu bulunmuştur.

Melas ve melas+inokülant ilavesi yapılan sorgum ve guar silajlarına ait BA içerikleri literatür bildirişlerinden (Olfaz et al., 2019; Rodrigues et al., 2019; Ciftci et al., 2023) daha yüksek bulunmuştur. Silajda istenmeyen bütirik asitler *Clostridium* spp. remesi ve bozulmanın bir göstergesidir (Basmacıoğlu ve Ergül 2002).

Silajların amonyak azotu konsantrasyonu fermentasyon esnasında yem proteinlerinin bütirik asit bakterilerince parçalanma düzeyi hakkında bilgi vermektedir. Denemede incelenen silajların amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) değerleri olması gereken sınırlar arasında bulunmuştur. Silaj grupları arasında en yüksek amonyak azotu değeri guar fasulyesi silajlarına ait kontrol grubunda belirlenmişt olup en düştük amonyak azotu içeriğini ise sorgum silajı kontrol grubu göstermiştir. Bu değerler literatür bildirişlerinden daha düştük bulunmuştur (Esen 2022; Olfaz et al., 2019; Rodrigues et al., 2019).

Tablo 4.8. Silajların organik asit ve Amonyak Azot değerleri

Çeşit	Uygulama	LA	AA	PA	IBA	BA	NH ₃ -N, %TN
SORGUM	Kontrol	0.65±0.05 ^h	1.57±0.05 ^k	0.26±0.01 ⁱ	0.41±0.01 ⁱ	2.89±0.01 ^j	1.50±0.06 ^e
	Melas	14.49±0.14 ^a	2.41±0.01 ⁱ	0.90±0.03 ^e	4.40±0.01 ^d	6.40±0.01 ^h	2.68±0.17 ^{bc}
	İnokulant	1.33±0.13 ^g	0.86±0.03 ^l	1.12±0.01 ^d	0.76±0.03 ^g	2.79±0.01 ^j	1.92±0.12 ^d
	Melas +İnokulant	13.78±0.16 ^b	2.29±0.01 ^j	0.86±0.01 ^f	4.27±0.01 ^e	6.23±0.02 ⁱ	2.59±0.16 ^c
GUAR	Kontrol	0.58±0.04 ^h	7.04±0.02 ^d	0.58±0.15 ^h	0.31±0.01 ^j	8.06±0.03 ^f	4.44±0.09 ^a
	Melas	0.12±0.01 ⁱ	7.59±0.02 ^b	0.74±0.02 ^g	6.18±0.01 ^b	10.98±0.18 ^a	2.49±0.09 ^c
	İnokulant	0.29±0.04 ^{hi}	7.15±0.03 ^c	1.26±0.01 ^c	0.28±0.01 ^j	7.32±0.02 ^g	2.83±0.09 ^{bc}
	Melas +İnokulant	0.18±0.01 ⁱ	7.77±0.03 ^a	0.93±0.03 ^e	6.77±0.04 ^a	10.18±0.01 ^c	2.73±0.12 ^{bc}
SORGUM+GUAR	Kontrol	3.73±0.06 ^e	3.68±0.02 ^h	1.97±0.15 ^a	0.59±0.02 ^h	8.38±0.01 ^e	1.36±0.08 ^e
	Melas	6.41±0.24 ^d	3.78±0.05 ^g	0.90±0.01 ^e	4.14±0.01 ^f	10.50±0.01 ^b	2.00±0.15 ^d
	İnokulant	2.95±0.04 ^f	5.07±0.02 ^e	1.81±0.01 ^b	0.58±0.01 ^h	8.11±0.01 ^f	1.87±0.12 ^d
	Melas +İnokulant	7.31±0.19 ^c	3.99±0.01 ^f	0.91±0.01 ^e	5.61±0.04 ^c	9.67±0.01 ^d	3.02±0.07 ^b
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

LA: Laktik asit, AA: Asitik asit, PA: Probiyonik asit, IBA: İzobütirik asit, BA: Bütirik asit, NH₃-N: Amonyak azotu, ^{ab}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0.05) göstermektedir.

4.5. Silajlarda Kalite Özellikleri

Silajlarda ölçülen pH, olması gereken pH, Flieg puanı ve toplam kalite puanları Tablo 4.9’da yer almaktadır. Buna göre bir baklagil olan guar fasulyesi silajları için sadece inokülan ilave edilen ve kontrol grubu silajlarda en yüksek pH değerleri (5.63-5.48) belirlenmiştir ($P<0.05$). Silaj yapımında arzu edilen pH değeri 3.8-4.2 olup (Filya, 2001; Kılıç, 2010) buna göre diğer silajlarda ölçülen pH değerleri ideal değerler olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte guar fasulyesi silajlarında tek başına inokülan ilavesinin pH değerini istenilen düzeye çekememesi, inokülan kullanım miktarının yetersizliğini göstermektedir, bu nedenle guar silajlarına inokülan ilave edilmesinde kullanılan dozun artırılması önerilmektedir. Sorgum içeren silajlarda kolay çözünebilir karbonhidrat kaynağı olması dolayısıyla silajlarda laktik asit bakterilerinin gelişmesine uygun ortamların sağlandığı ve pH değerlerinin ideal sınırlarda olduğu görülmektedir. Bu çalışmada sorgum ilavesinin (sorgum+guar fasulyesi karışık ekim) guar fasulyesinin silolanabilirliğini iyileştirdiği de ortaya konulmuştur.

Ölçülen pH değeri bakımından en yüksek değerleri gösteren guar silajlarında (inokülan ve kontrol grubu) olması gereken pH değerler (3.53-3.56) dikkate alındığında; guar fasulyesi silajlarının hazırlanmasında iyi bir silaj fermentasyonunun gerçekleşmesi için kolay çözünebilir karbonhidrat içeren katkı maddelerine ihtiyaç duydukları ve guar fasulyesi silajlarına tek başına katkı maddesi olarak inokülan kullanımı halinde kullanılan dozun artırılması gerektiği görülmektedir. Oması gereken pH değeri silajların hazırlanmasında katkı maddesine ihtiyaçları olup olmadığının belirlenmesi ya da kullanılan katkı maddesinin yeterli oranda ilave edilip edilmediğinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Buna göre çalışmada diğer silajlar için katkı maddesi ilavesine ihtiyaç duyulmadığı ya da kullanılan dozların yeterli olduğu söylenebilir. Benzer bulgular Olfaz vd. (2019), Rodrigues vd. (2019), Kaplan (2021), Esen (2022) ve Ciftci vd. (2023) tarafından yürütülmüş çalışmalarda da belirlenmiştir.

Flieg puanı bakımından sorgum ve sorgum+guar fasulyesi silajları arasında en yüksek değerleri kontrol grupları gösterirken ($P<0.05$), guar fasulyesi silajlarında ise en düşük değerleri inokülan ilavesi yapılan gruplarla, kontrol grubu silajlar göstermiştir ($P<0.05$). Çalışmada elde edilen Flieg puanları Olfaz vd. (2019) ile Ciftci

vd. (2023)'nin bildirişleriyle uyumlu bulunmuştur. Guar fasulyesi silajlarında düşük Flieg puanının sebebi ise ölçülen yüksek pH değerine bağlanabilmektedir.

Tablo 4.9. Silajlarda pH, OpH, Flieg puanı ve toplam kalite puanları

Çeşit	Uygulama	pH	OpH	Flieg Puanı	Kalite Sınıfı
SORGUM	Kontrol	4.01 ± 0.02 ^{fg}	3.56 ± 0.003 ^a	112.0 ± 1.18 ^a	Pekiye
	Melas	4.30 ± 0.02 ^c	3.54 ± 0.003 ^{bcd}	90.14 ± 0.90 ^{cd}	Pekiye
	İnokulant	4.37 ± 0.01 ^c	3.55 ± 0.003 ^{bc}	89.39 ± 1.14 ^d	Pekiye
	Melas +İnokulant	4.19 ± 0.01 ^d	3.54 ± 0.001 ^{cd}	94.18 ± 0.67 ^c	Pekiye
GUAR	Kontrol	5.48 ± 0.02 ^b	3.56 ± 0.001 ^a	51.79 ± 1.57 ^e	Orta
	Melas	4.11 ± 0.05 ^e	3.54 ± 0.003 ^{de}	93.67 ± 1.89 ^{cd}	Pekiye
	İnokulant	5.63 ± 0.03 ^a	3.53 ± 0.001 ^e	30.07 ± 1.55 ^f	Orta
	Melas +İnokulant	4.08 ± 0.03 ^{ef}	3.53 ± 0.001 ^e	93.07 ± 1.84 ^{cd}	Pekiye
SORGUM+GUAR	Kontrol	3.95 ± 0.02 ^g	3.56 ± 0.003 ^a	115.76 ± 0.36 ^a	Pekiye
	Melas	4.02 ± 0.01 ^{fg}	3.55 ± 0.001 ^b	105.05 ± 1.00 ^b	Pekiye
	İnokulant	4.20 ± 0.05 ^d	3.55 ± 0.003 ^{bc}	94.48 ± 2.20 ^c	Pekiye
	Melas +İnokulant	4.04 ± 0.02 ^{ef}	3.54 ± 0.003 ^{bcd}	101.5 ± 1.67 ^b	Pekiye
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

OpH: Olması gereken pH, ^{ab}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0.05) göstermektedir.

Toplam puan bakımından da guar fasulyesi silajlarında en düşük değerler kontrol grubu ile sadece inokulant ilavesi yapılan gruplarda belirlenmiştir (P<0.05). Guar fasulyesi silajlarına melas ilavesinin silaj kalitesini iyileştirdiği dikkati çekmektedir. Sorgum silajının toplam puan bakımından incelenmesinde gruplar arasında istatistiki bir farklılığın görülmediği (P>0.05); sorgum+guar fasulyesi silajlarına ait toplam puanın en düşük kontrol grubunda bulunduğu ve diğer gruplardan önemli farklılık gösterdiği (P<0.05), diğer gruplar arasında ise farklılığın önemsiz olduğu saptanmıştır (P>0.05). Sorgum+guar fasulyesi silajlarında kontrol grubu diğer gruplara kıyasla Flieg puanı bakımından oldukça iyi değer göstermesine rağmen, duyuşal değerlendirmeye bağlı olan toplam puana göre tam tersi yani düşük değer göstermesi, toplam puan değerlendirmesinde yapılan subjektif (değerlendirmeyi yapan kişiye göre değişebilen) değerlendirmelere bağlanabilmektedir. Nitekim Tablo 4.10'da

çalışmada incelenen silajlarda yapılan subjektif değerlendirmelere ait detaylar yer almaktadır. Buna göre; söz konusu değerlendirmede Toplam puan bakımından elde edilen düşük puanın sorgum+guar fasulyesi silajları için kontrol grubunda "koku" başlığında alınan düşük puanlardan kaynaklandığı görülmektedir.

Silajların duyusal analizlere tabi tutulduktan sonra, Kılıç (1986)'ın bildirdiği gibi toplam puan dikkate alınarak kalite sınıfları belirlenmiş ve çizelge 4.8'de verilmiştir. Buna göre en iyi kalite sınıfında yer alan sorgum+guar fasulyesi silajlarında inokülan ve melas+inokülan ilavesi yapılan gruplarda ve sorgum silajlarında ise inokülan ilavesi yapılan gruplarda belirlenmiştir. Nitekim, kolay çözünebilir karbonhidrat içeriğince zengin olan melas, laktik asit bakterilerinin çoğalmasını sağlamakta ve böylece silaj fermentasyonunu olumlu yönde etkilemektedir. Guar fasulyesi silajı kontrol grubu ve inokülan ilavesi yapılan gruplar orta kalite sınıfında görülmüştür. Guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi silajlarında duyusal analizlere göre en düşük kalite sınıfı kontrol grubunda belirlenmiştir.

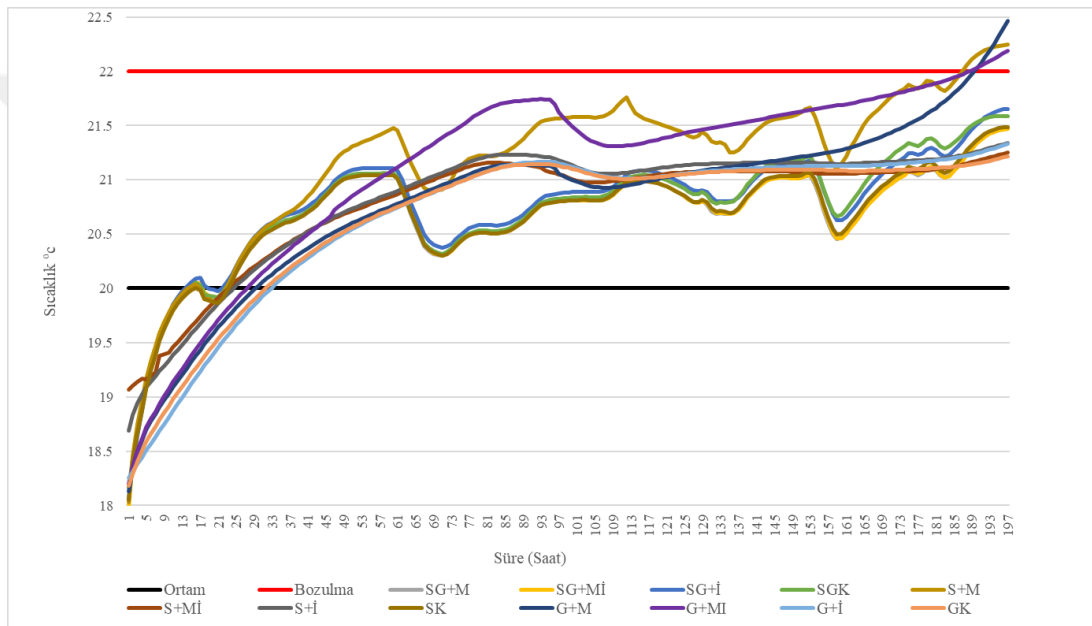
Tablo 4.10. Silajların duyusal analiz değerleri

Çeşit	Uygulama	Koku	Strüktür	Renk	Toplan	Kalite Sınıfı*
Sorgum	Kontrol	8.67	2.00	1.67	12.33	İyi
	Melas	13.33	2.67	1.33	17.33	İyi
	İnokülan	13.33	3.33	1.67	18.33	Pekiyi
	Melas +İnokülan	14.00	3.33	1.67	19.00	Pekiyi
Guar	Kontrol	6.00	1.67	1.00	8.67	Orta
	Melas	9.33	4.00	2.00	15.33	İyi
	İnokülan	6.67	1.67	1.00	9.33	Orta
	Melas +İnokülan	9.67	4.00	2.00	15.67	İyi
Sorgum+ Guar	Kontrol	13.33	2.67	1.33	17.33	İyi
	Melas	12.67	2.67	1.33	16.67	İyi
	İnokülan	14.00	3.33	1.67	19.00	Pekiyi
	Melas +İnokülan	13.33	2.67	1.67	17.67	İyi

* Kılıç (2010)

4.6. Silajların Aerobik Stabiliteleri

Silajların aerobik stabilitelerine ilişkin bulgular Şekil 4.1’de verilmiştir. Çalışmada silajların aerobik stabilitesi üzerine yapılan 7 günlük (168 saat) test sonuçlarına göre, yalnızca sorgum+melas grubunun üst sıcaklık sınırına ulaştığı görülmektedir. Guar fasulyesi silajlarının, melas ve melas+inokülan ilavesi yapılan grupların sınırı geçtiği görülmüştür. Ancak, sorgum+guar fasulyesi silajlarının aerobik stabilite test süresi boyunca üst sınırı geçmediği belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışmada kullanılan LAB inokülanları ve melas ilavesinin silajların aerobik stabilitesi üzerinde herhangi bir etkisi gözlenmemiştir.

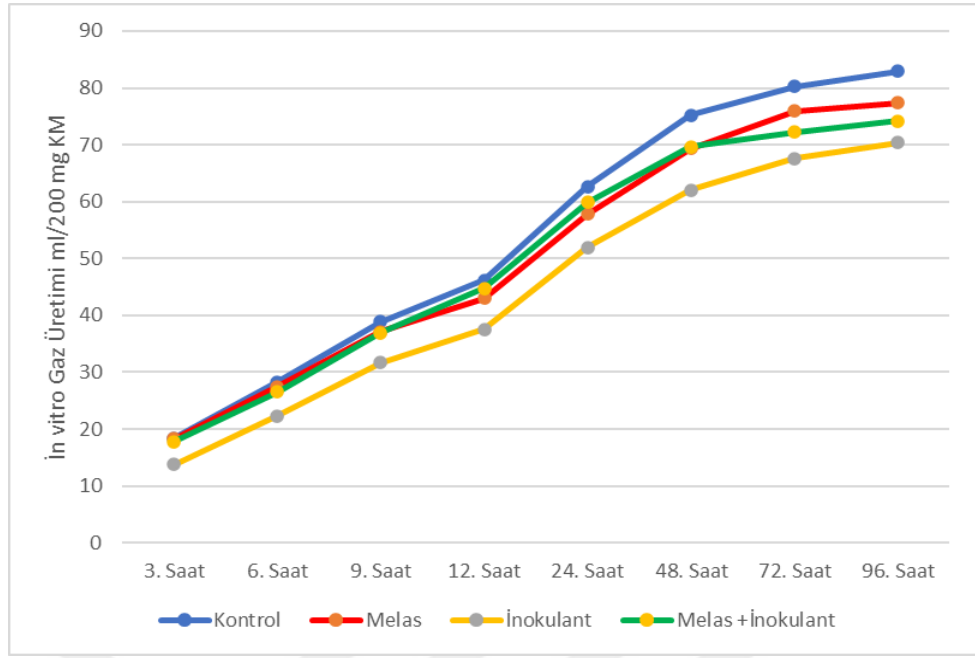


Şekil 4.1. Silajların Aerobik Stabilitite (AS) Süreleri

4.7. Silajların *In Vitro* Sindirilebilirlikleri ve Gaz Üretim Parametreleri

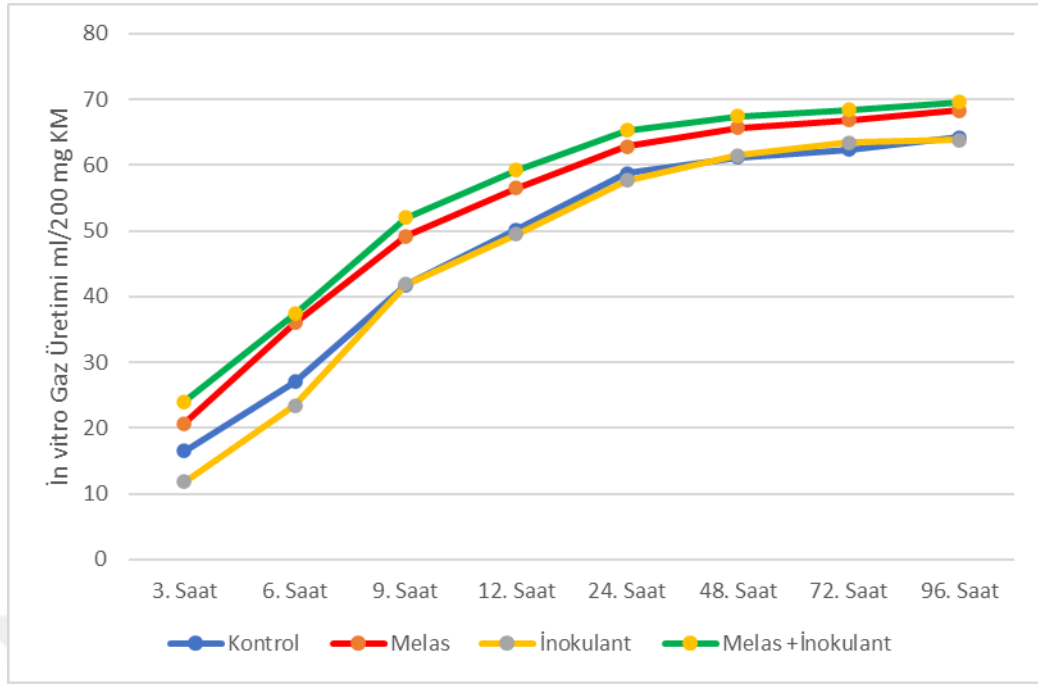
In vitro sindirilebilirlik ve gaz üretim tekniğinde kullanılan rumen sıvısına ait pH değeri 6.41, uçucu yağ asitleri içerilerinden TUYA: 98.33 mmol/l, AA: 68.96 mmol/l, PA: 16.66 mmol/l, BA: 9.84 mmol/l, İBA: 1.88 mmol/l, VA: 1.74 mmol/l ile İVA: 0.92 mmol/l ve amonyak azotu (NH₃-N) miktarı ise 495.3 mg/l olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, çalışmada kullanılan rumen sıvısının standart rumen sıvısı özelliği taşıdığını göstermekte olup, söz konusu değerler literatür bildirişlerine benzer bulunmuştur (Kılıç, 2005; Foley ve vd., 2009; Kılıç, 2009; Lascano ve Heinrichs, 2009; Kaya ve ark., 2011; Cantalapiedra-Hijar ve vd., 2011; Canbolat, 2012; Khiaosa-ard ve Zebeli, 2013; Şahin ve ark., 2013).

Çalışmalarda kullanılan silajlara ait *in vitro* gaz üretimleri ve 96 saatlik inkübasyon sonrasında ölçülen pH değerleri Tablo 4.11, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te; silajlara ait *in vitro* gaz üretim parametreleri (c, a+b), metan üretimleri, OMS, ME ile NE_L içerikleri ile *in vitro* gerçek besin madde sindirilebilirlikleri (*IVGS*) Tablo 4.12'de verilmiştir. Yemlerin *In vitro* gaz üretimlerinin belirlenmesinde, en çok üzerinde durulan inkübasyon süresi 24 saatlik inkübasyondur. Nitekim, yemlerin OMS, ME ve NE_L içerikleri ile metan üretiminin hesaplanmasında kullanılan 24 saatlik inkübasyon sonrasında oluşan gaz üretim miktarıdır ve söz konusu pek çok parametrenin hesaplanmasında kullanılan eşitliklerde bu değerlerden faydalanılmaktadır. Buna göre 24 saatlik inkübasyon sonrasında sorgum silajlarında sadece inokülan ilavesi yapılan silaj gruplarında, kontrol ve melas+inokülan ilaveli gruplara kıyasla daha düşük gaz üretimi belirlenmiştir ($P<0.05$). Diğer silajlarda (sorgum+ guar fasulyesi silajı ve guar fasulyesi silajlarının tüm muamelelerinde) ise 24 saatlik gaz üretimi bakımından muameleler arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Ciftci vd. (2023) yaptığı çalışmada sorgum, guar fasulyesi ve sorgum + guar fasulyesi silajlarında OMS değerlerini sırasıyla, %64.53, %52.17 ve %61.87; metabolize edilebilir enerji (ME) değerlerini ise 8.56, 5.92 ve 7.77 MJ/kg KM olarak bildirmiştir. Mevcut çalışmada sorgum+guar fasulyesi karışımı tohumların ağırlık esasına göre %50 oranlarında (1:1) kullanılmış olup elde edilen OMS ve ME değerleri, literatür bildirişlerinden daha yüksek (OMS %71.59, %81.73 ve %79.62; ME 10.28, 11.58 ve 11.39 MJ/kg KM) bulunmuştur.

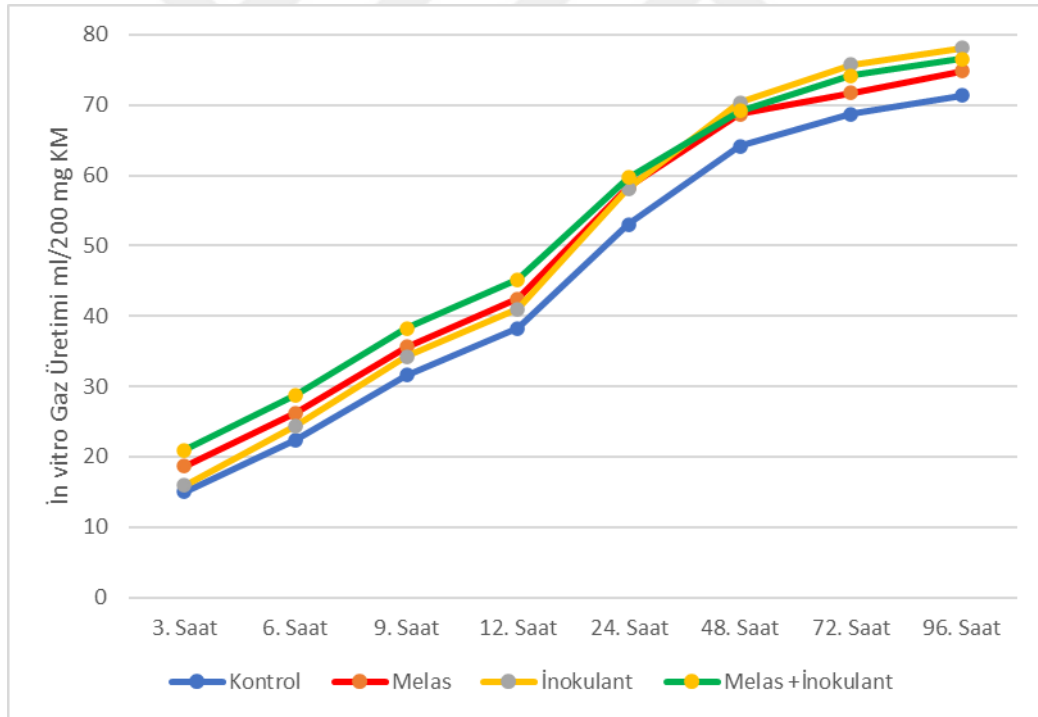


Şekil 4.2. Sorgum silajlarının zamana bağlı *in vitro* gaz üretimleri (ml/200 mg KM)

Silajların 96 saatlik inkübasyonu sonucunda sorgum silajları için belirlenen *in vitro* gaz üretimlerinin kontrol grubunda (82.94 ml/200 mg KM), sadece inokülan ile hazırlanan silajlarda elde edilen gaz üretiminden (70.39 ml/200 mg KM) daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Çalışmada incelenen diğer silajlar içerisinde yer alan gruplar arasında da gaz üretim miktarları bakımından istatistiksel farklılık görülmemiştir ($P > 0.05$).



Şekil 4.3. Guar silajlarının zamana bağlı *in vitro* gaz üretimleri (ml/200 mg KM)



Şekil 4.4. Sorgum+guar silajlarının zamana bağlı *in vitro* gaz üretimleri (ml/200 mg KM)

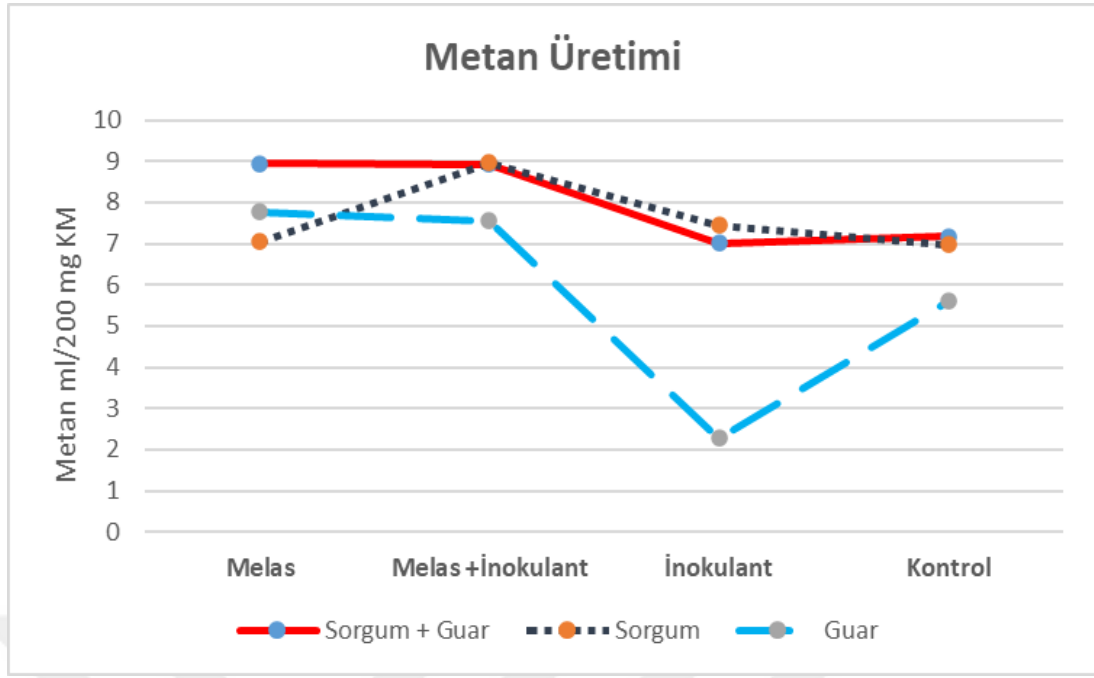
In vitro gaz üretim tekniğinde 96 saatlik inkübasyon sonrasında enjektörlerde kalan inokulumda belirlenen pH değerinin asidik yapıda olması, *in vitro* gaz üretim tekniğinde kullanılan tamponun tükendiğini göstermekte olup, çalışmanın güvenilirliğini test etmektedir (Kılıç ve Sarıçiçek, 2006). Bu çalışmada elde edilen 96 saatlik inkübasyon sonrası pH değerleri 6.74-6.95 arasında olup, rumen ortamı standart

şartlarına yakındır, kalan inokulumdaki tampon çözelti asit olarak değerlendirilmemektedir. Çalışmada tamponun tükenmediği ve sonuçları olumsuz yönde etkileyebilecek bir sorun olmadığı söylenebilir.

Çalışmada elde edilen verilere göre gaz üretim parametrelerinden c değerinin bir baklagil olan guar fasulyesi silajında diğer silajlara göre daha düşük olduğu (daha hızlı) belirlenmiştir ($P<0.05$). Guar fasulyesi silajında yapılan değerlendirmelerde ise kontrol grubu ve sadece inokülan ilavesi yapılan gruplarda, melas ilaveli ve melas+inokülan ilaveli gruplara kıyasla daha düşük gaz üretim hızı elde edilmiştir ($P<0.05$). Sorgum silajları ve sorgum+guar fasulyesi silajlarında muamelelerin gaz üretim hızı üzerine etkisi önemsiz olmuştur ($P>0.05$).

Toplam gaz üretimi bakımından (a+b) guar fasulyesi silajı ile sorgum+guar fasulyesi silajlarında muamelelerin etkisi önemsiz bulunurken, karışık ekimin yapıldığı sorgum silajlarında en yüksek toplam gaz üretim değerini kontrol grubu göstermiş (81.48 ml) olup, sadece inokülan ilavesi yapılan muamelelerden daha yüksek değer göstermiştir ($P<0.05$). Diğer silaj grupları arasında istatistiki farklılıklar görülmemiştir. Ciftci vd. (2023) sorgum silajları için belirledikleri 24 saatlik *in vitro* toplan gaz üretiminin (46.34 ml/200 mg KM) sunulan bu çalışmada elde edilen sorgum silajları için elde edilen gaz üretiminden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, bu çalışmada guar fasulyesi silajları için belirlenen 24 saatlik gaz üretimlerinin Ciftci vd., (2023) tarafından bildirilen değerlerden (25.62 ml/200 mg KM) daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, sorgum+guar fasulyesi silajlarının 24 saatlik gaz üretim miktarı 40.49 ml/200 mg KM olarak bildirilmekte (Ciftci vd. 2023) olup, bu değerler mevcut çalışmaya kıyasla oldukça düşük olmuştur. Görülen bu farklılıkların çalışmada kullanılan örneklerdeki bitkilerin türü, çeşidi, toprak yapısı, gübreleme ve yetiştirme farklılıkları, iklim koşulları ve gaz üretim tekniği uygulamalarındaki farklılıklardan (rumen sıvısı, tekniğin uygulanması vb.) kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Kılıç ve Sarıçiçek, 2006; Kutlu ve Çelik, 2014; Kılıç ve Abdi, 2016).

Metan üretimi bakımından (Tablo 4.12 ve Şekil 4.5) silajların incelenmesi sonucunda sorgum silajlarına ait muameleler ile sorgum+guar fasulyesi silajlarının muameleleri arasında farklılık görülmemiş ($P>0.05$), bir baklagil olan guar fasulyesi silajları içerisinde sadece inokülan ilavesi yapılan muamelelerde diğer muamelelerden daha düşük metan üretimi saptanmıştır ($P<0.05$).



Şekil 4.5. Silajların 24 saatlik inkübasyon sonrası *In vitro* metan üretimleri

Yemlerin enterik metan üretimlerinin düşük olması yem enerjisinin çok israf edilmeksizin metabolizmada değerlendirileceği için hayvan beslemecilere daha etkin ve ekonomik besleme imkanı sunmaktadır. Özellikle guar fasulyesine inokülan ilavesinin ortama dahil olan mikroorganizmalarca metan üretimini baskılaması dolayısıyla azalttığı ve yemlerin enerjisinin daha etkin kullanılmasına imkan sağlayacağı dikkate alınmalıdır. Bu nedenle guar fasulyesi silajlarına inokülan ilavesi önerilebilmektedir. Şekil 4.5'te görüldüğü gibi guar fasulyesinde yapılan silajlarda metan üretimi daha düşük olmuştur. Buna göre guar fasulyesi katkı maddesi ilavesiyle ya da ilavesiz olarak silolandıklarında ruminantlarda metan üretimini düşürmede oldukça önemli rol oynayabilecektir. Ciftci vd. (2023) sorgum, guar ve sorgum+guar silajlarında metan üretimlerini sırasıyla 8.78, 3.62 ve 7.84 ml olarak bildirmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen metan miktarları literatür bildirişlerinden sorgum ve sorgum+guar fasulyesi silajları için düşük bulunurken, guar fasulyesi silajları için daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.11. Denemede kullanılan yemlerin *in vitro* gaz üretimleri (ml/200 mg KM) ve 96 saatlik inkübasyon sonrası pH

Çeşit	Uygulama	3. Saat	6. Saat	9. Saat	12. Saat	24. Saat	48. Saat	72. Saat	96. Saat	pH	
SORGUM	Kontrol	18.38 ± 0.66 ^{bcd}	28.28 ± 0.91 ^b	38.88 ± 1.29 ^{bc}	46.19 ± 1.70 ^{bc}	62.68 ± 3.38 ^a	75.17 ± 3.06 ^a	80.26 ± 3.27 ^a	82.94 ± 3.99 ^a	6.84 ± 0.08 ^{ab}	
		18.34 ± 0.85 ^{bcd}	27.50 ± 0.97 ^{bc}	37.14 ± 1.35 ^{bcd}	43.02 ± 1.91 ^{cd}	57.84 ± 2.67 ^{abc}	69.36 ± 4.78 ^{ab}	75.94 ± 4.96 ^{ab}	77.36 ± 5.59 ^{ab}	6.93 ± 0.02 ^a	
	İnokulant	13.75 ± 0.80 ^{ef}	22.37 ± 1.29 ^d	31.70 ± 1.45 ^d	37.53 ± 2.38 ^d	51.98 ± 3.45 ^c	62.00 ± 4.53 ^b	67.60 ± 5.53 ^{bc}	70.39 ± 5.61 ^{bc}	6.85 ± 0.03 ^{ab}	
		Melas +İnokulant	17.77 ± 1.57 ^{bcd}	26.53 ± 1.81 ^{bcd}	36.96 ± 2.60 ^{bcd}	44.77 ± 2.15 ^{bc}	59.93 ± 2.32 ^{ab}	69.65 ± 2.20 ^{ab}	72.25 ± 3.65 ^{abc}	74.15 ± 4.03 ^{abc}	6.95 ± 0.04 ^a
	GUAR	Kontrol	16.49 ± 1.09 ^{cde}	27.00 ± 1.12 ^{bc}	41.81 ± 1.45 ^b	50.17 ± 1.33 ^b	58.77 ± 1.60 ^{abc}	61.16 ± 2.41 ^b	62.35 ± 2.42 ^c	64.26 ± 1.50 ^c	6.81 ± 0.04 ^{ab}
		Melas	20.73 ± 2.41 ^{ab}	36.03 ± 2.82 ^a	49.22 ± 4.99 ^a	56.52 ± 2.97 ^a	62.87 ± 2.63 ^a	65.70 ± 2.24 ^b	66.88 ± 2.56 ^{bc}	68.29 ± 1.63 ^{bc}	6.90 ± 0.003 ^a
		İnokulant	11.83 ± 0.41 ^f	23.42 ± 0.23 ^{cd}	41.87 ± 1.10 ^b	49.44 ± 1.57 ^b	57.72 ± 2.28 ^{abc}	61.50 ± 2.81 ^b	63.40 ± 2.93 ^c	63.87 ± 3.10 ^c	6.82 ± 0.05 ^{ab}
		Melas +İnokulant	23.99 ± 0.67 ^a	37.43 ± 0.94 ^a	52.06 ± 1.55 ^a	59.26 ± 1.61 ^a	65.26 ± 1.71 ^a	67.42 ± 1.18 ^{ab}	68.38 ± 1.61 ^{bc}	69.57 ± 1.41 ^{bc}	6.85 ± 0.04 ^{ab}
SORGUM+GUAR	Kontrol	14.98 ± 0.61 ^{def}	22.35 ± 0.80 ^d	31.62 ± 0.60 ^d	38.28 ± 0.60 ^d	53.02 ± 1.23 ^{bc}	64.19 ± 1.09 ^b	68.71 ± 1.32 ^{bc}	71.33 ± 0.64 ^{bc}	6.82 ± 0.03 ^{ab}	
	Melas	18.65 ± 0.98 ^{bc}	26.20 ± 1.35 ^{bcd}	35.64 ± 1.61 ^{bcd}	42.48 ± 1.05 ^{cd}	58.30 ± 0.64 ^{abc}	68.69 ± 1.71 ^{ab}	71.77 ± 3.01 ^{abc}	74.84 ± 2.76 ^{abc}	6.85 ± 0.05 ^{ab}	
	İnokulant	15.95 ± 0.74 ^{cde}	24.39 ± 1.13 ^{bcd}	34.24 ± 1.67 ^{cd}	41.04 ± 1.98 ^{cd}	58.17 ± 2.20 ^{abc}	70.37 ± 1.69 ^{ab}	75.77 ± 1.68 ^{ba}	78.11 ± 2.29 ^{ab}	6.74 ± 0.01 ^b	
	Melas +İnokulant	20.93 ± 0.23 ^{ab}	28.78 ± 1.08 ^b	38.29 ± 1.45 ^{bcd}	45.19 ± 1.48 ^{bc}	59.69 ± 1.04 ^{ab}	69.20 ± 2.91 ^{ab}	74.20 ± 2.68 ^b	76.58 ± 2.91 ^{ab}	6.85 ± 0.05 ^{ab}	
	P	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	

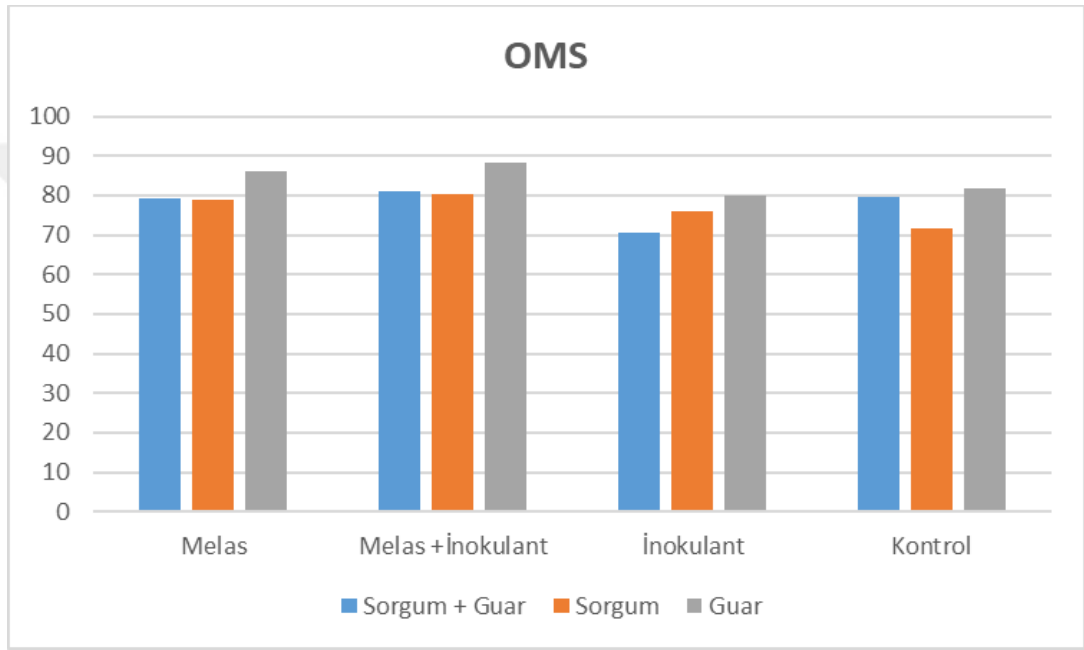
^{ab}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları (P<0,05) göstermektedir.

Tablo 4.12. Denemede kullanılan yemlere ait *in vitro* gaz üretim parametreleri, metan üretimleri, OMS, ME içerikleri ve İVGS değerleri

Çeşit	Uygulama	c	a+b	Metan, ml	OMS	ME	NE _L	İVGS
SORGUM	Kontrol	0.06 ± 0.001 ^c	81.48 ± 3.61 ^a	7.17 ± 1.24 ^{ab}	79.62 ± 3.00 ^{bc}	11.39 ± 0.46 ^{bc}	7.07 ± 0.34 ^{bc}	64.60 ± 1.00 ^{fg}
	Melas	0.06 ± 0.003 ^c	76.54 ± 5.65 ^{ab}	8.94 ± 1.21 ^a	79.10 ± 2.37 ^c	11.23 ± 0.36 ^{cd}	6.78 ± 0.27 ^{bcd}	69.62 ± 1.18 ^{de}
	İnokulant	0.06 ± 0.002 ^c	68.71 ± 5.56 ^{bc}	7.01 ± 0.45 ^{ab}	70.43 ± 3.07 ^d	9.89 ± 0.47 ^e	5.96 ± 0.35 ^e	62.89 ± 0.44 ^g
	Melas +İnokulant	0.07 ± 0.004 ^c	73.07 ± 3.49 ^{abc}	8.92 ± 0.28 ^a	80.96 ± 2.06 ^{bc}	11.55 ± 0.32 ^{bc}	7.00 ± 0.23 ^{bc}	68.96 ± 1.39 ^{de}
GUAR	Kontrol	0.13 ± 0.004 ^b	62.67 ± 2.03 ^c	5.60 ± 0.32 ^b	81.73 ± 1.42 ^{bc}	11.58 ± 0.22 ^{bc}	7.07 ± 0.16 ^{bc}	74.47 ± 1.50 ^{bc}
	Melas	0.16 ± 0.015 ^a	66.64 ± 2.09 ^{bc}	7.77 ± 0.89 ^{ab}	85.92 ± 2.34 ^{ab}	12.32 ± 0.36 ^{ab}	7.49 ± 0.27 ^{ab}	76.55 ± 1.11 ^b
	İnokulant	0.14 ± 0.007 ^b	62.76 ± 2.93 ^c	2.28 ± 2.29 ^c	79.89 ± 2.03 ^{bc}	11.24 ± 0.31 ^{cd}	6.78 ± 0.23 ^{bcd}	72.20 ± 0.11 ^{cd}
	Melas +İnokulant	0.16 ± 0.008 ^a	68.34 ± 1.40 ^{bc}	7.55 ± 0.15 ^{ab}	88.32 ± 1.52 ^a	12.72 ± 0.23 ^a	7.85 ± 0.17 ^a	81.59 ± 0.38 ^a
SORGUM+GUAR	Kontrol	0.06 ± 0.001 ^c	70.19 ± 0.98 ^{bc}	6.97 ± 0.15 ^{ab}	71.59 ± 1.09 ^d	10.28 ± 0.17 ^{de}	6.23 ± 0.12 ^{de}	63.53 ± 0.68 ^{fg}
	Melas	0.06 ± 0.004 ^c	73.53 ± 2.86 ^{abc}	7.05 ± 0.48 ^{ab}	78.99 ± 0.57 ^c	11.41 ± 0.09 ^{bc}	6.86 ± 0.07 ^{bcd}	70.33 ± 1.49 ^d
	İnokulant	0.06 ± 0.002 ^c	77.18 ± 1.83 ^{ab}	7.44 ± 0.47 ^{ab}	76.09 ± 1.96 ^{cd}	10.93 ± 0.30 ^{cd}	6.67 ± 0.22 ^{cd}	59.66 ± 1.52 ^h
	Melas +İnokulant	0.06 ± 0.004 ^c	75.09 ± 3.04 ^{ab}	8.97 ± 0.87 ^a	80.31 ± 0.92 ^{bc}	11.64 ± 0.14 ^{bc}	7.03 ± 0.10 ^{bc}	66.57 ± 0.91 ^{ef}
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

c: Gaz üretimi hızı, a+b: Toplam gaz üretimi, OMS: organik maddeler sindirilebilirliği, ME: Metabolizeedilebilir enerji, NE_L: Net enerji laktasyon, İVGS: *in vitro* gerçek sindirilebilirlik.

Organik maddeler sindirilebilirliği (OMS) bakımından sorgum silajlarına sadece inokülan ilavesinde en düşük değerler görülürken (Şekil 4.6); melas ilavesinin inokülan ilavesine kıyasla daha yüksek değerine sahip olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Sorgum+ guar fasulyesi silajlarında kontrol grubunda belirlen OMS değerleri melas ilavesi (melas, melas+inokülan) yapılan silajlardan daha düşük olmuştur ($P<0.05$). Guar fasulyesi silajlarında ise melas+inokülan ilavesiyle silolanan gruplarda sadece inokülan içeren gruplardan ve kontrol gruplarından daha yüksek OMS değerleri belirlenmiştir ($P<0.05$).



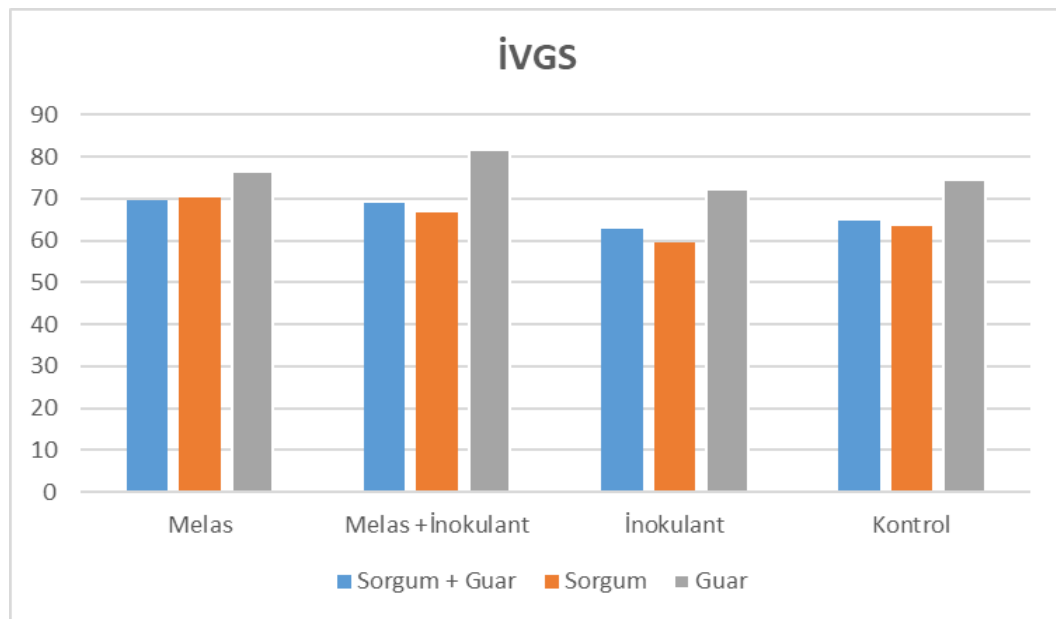
Şekil 4.6. Silajlara ait organik madde sindirilebilirliği (OMS) değerleri

Metabolize edilebilir enerji (ME) içerikleri bakımından en düşük değerleri sorgum silajlarına tek başına inokülan ilave edilen muameleler göstermiş ($P<0.05$), diğerleri arasında farklılık görülmemiştir. Sorgum+guar fasulyesi silajı kontrol grubunda belirlenen ME değerleri, melas ilave edilen muameleler ve melas+inokülan ilave edilen muamelelere kıyasla daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Guar fasulyesi silajlarında ise kontrol grubu silajlarda görülen ME değeri, melas+inokülan ilaveli silajlara kıyasla daha düşük olmuştur ($P<0.05$).

Silajların net enerji laktasyon (NE_L) içerikleri bakımından en düşük değerleri sorgum silajları için sadece inokülan ilavesi yapılan muameleler göstermiş ($P<0.05$), sorgum+guar fasulyesi silajı kontrol grubunda belirlenen NE_L değerleri, melas ilave edilen muamelelere (melas ve melas+inokülan) kıyasla daha düşük bulunmuştur

($P<0.05$). Çalışmada guar fasulyesi silajlarında ise kontrol grubu silajlarda görülen NE_L değeri, melas+inokülan ilaveli silajlara kıyasla daha düşük bulunurken ($P<0.05$); sorgum silajları için belirlenen NE_L değerleri (kontrol 7.07, melas 6.78, inokülan 5.96 ve melas+inokülan 7.00 MJ/Kg KM) Rodrigues vd. (2019), Kaplan (2021) ve Ciftci vd. (2023) tarafından bildirilen değerlerden (4.73, 6.11 ve 5.0 MJ/Kg KM) daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ciftci vd. (2023) guar fasulyesi ve sorgum+guar fasulyesi silajlarına ait NE_L değerlerini 2.77 ve 4.33 MJ/Kg KM olarak bildirirken, mevcut çalışmada bu değerler daha yüksek (6.23-7.07 MJ/Kg KM) bulunmuştur.

In vitro gerçek sindirilebilirlikler (*IVGS*) bakımından sorgum silajlarında kontrol grubu ve inokülan ilavesi yapılan gruplarda, melas ilaveli ve melas+inokülan ilaveli gruplara kıyasla daha düşük değerler belirlenmiştir (Tablo 4.12 ve Şekil 4.7). Yani melas ilavesi sorgum+guar fasulyesi silajlarında *IVGS* değerlerini artırmıştır ($P<0.05$). Sorgum+guar fasulyesi silajlarında en düşük *IVGS* değeri sadece inokülan ilavesi yapılan muamelelerde (%59.66); en yüksek değer ise sadece melas ilavesi yapılanlarda (%70.33) saptanmıştır ($P<0.05$). Guar fasulyesi silajlarında en yüksek *IVGS* değerlerini melas+inokülan (%81.59) ve melas ilavesi (%76.55) göstermiştir ($P<0.05$). Guar fasulyesi silajlarına sadece inokülan ilavesinde ve kontrol gruplarında ise diğer muamelelerden daha düşük *IVGS* değerleri belirlenmiştir ($P<0.05$). Çalışmada sorgum silajları için belirlenen *IVGS* değerleri (kontrol: %64.60, melas: %69.62, inokülan: %62.89 ve melas+inokülan: %68.96) Rodrigues vd. (2019)'nin kontrol grubu için bildirdiği değerinden (%53.40) daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.7. Silajlara ait *in vitro* gerçek sindirilebilirlik (*IVGS*) değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada elde edilen bulgulara göre özellikle kurak bölgelerde ve dünyayı tehdit eden kuraklık tehdidine karşı su gereksinimi az olan sorgum ve guar fasulyesinin hayvan beslemede gerek doğrudan gerekse silajlarının yapılarak kullanılmasının önemli çevresel katkılar sağlayacağı görülmektedir. Ayrıca sorgum ve guar fasulyesinin karışık ekimlerinin de olumlu sonuçları olduğu, karışık ekim sonucunda sorgumun düşük olan ham protein içeriğinin ve yem değerinin olumlu yönde geliştiği görülmüştür.

Ham protein (HP) içeriği ve nispi yem değeri (NYD) bakımından guar fasulyesi silajları (GFS) diğer silajlardan daha yüksek değerlere sahip olmuştur ($P<0.05$). Karışık ekimde beklenildiği gibi HP içeriği tek başına sorgum içeren gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Silaj katkı maddeleri bakımından da melas ve melas+inokülan ilaveli gruplar daha yüksek HP içeriğine ($P<0.05$) sahip olmuştur. Melas ve melas +inokülan ilavesinin sadece inokülan ilavesine göre silaj kalitesini artırdığı belirlenmiştir. Denemede kullanılan silajlar NYD kalite sınıflandırmasına göre guar fasulyesi silajlarının tamamı "Mükemmel" (prime) kalitede iken, sorgum ve sorgum+guar fasulyesi silajlarına melas ve melas+inokülan ilavesi yapılan silajların "Pekiyi" kalitede oldukları, sorgum ve sorgum+guar silajlarının sadece inokülan ilavesi yapılan ve kontrol gruplarının ise "İyi" kalitede oldukları saptanmıştır. Çalışmada en yüksek besleme değerinin guar fasulyesi silajlarında elde edildiği ve ham protein içeriğinin yanı sıra, nispi yem değeri, kuru madde tüketim miktarı ve *in vitro* sindirilebilirlikler bakımından yüksek besleme değerine sahip oldukları belirlenmiştir. Bütün silajlarda melas ilavesinin kuru madde tüketimini artırdığı görülmüştür.

Bu çalışma sonuçlarına göre; silaj yapımında kullanılan katkı maddelerinin (özellikle melas+inokülan) GFS'nin incelenen silaj parametreleri üzerinde olumlu etkiye sahip oldukları ve guar fasulyesi silajlarının başarıyla yapılmasını sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca sorgum ve guar fasulyesi karışık ekiminin hem yem değerini hem de yapılan silajların kalitesini artırdığı ve baklagil olması (yüksek tamponlama kapasitesine sahip olması) sebebiyle tek başına zor silolanan guar fasulyesinin karışık ekim sayesinde katkı maddesi katılmaksızın silolanabileceği gerek duyuşsal analizlere gerekse Flieg puanına göre kalite sınıfının yükseldiği görülmüştür.

Metan üretimi bakımından da silajlar içerisinde en düşük değerleri guar fasulyesi silajlarının (GFS) gösterdiği, özellikle sadece inokülan ilavesi yapılan guar fasulyesi silajlarının en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu bakımdan gerek hayvan besleme gerekse çevresel açıdan guar fasulyesi silajlarının diğer silajlara göre daha düşük metan üretimi nedeniyle önemli avantajlara sahip olduğu görülmekte olup, bu sonucun *in vivo* denemelerde de test edilmesi tavsiye edilmektedir.

Melas+inokülan ilavesi GFS'nin *in vitro* gerçek sindirilebilirlik değerini diğer silaj katkı maddelerine kıyasla daha fazla arttırırken; guar+sorgum karışık ekiminde sadece inokülan ilaveli silajlar ise diğer silajlara kıyasla düşürmüştür ($P<0.05$).

Çalışmada elde edilen bulgulara göre guar fasulyesinin yapısındaki bazı fenolik bileşenlerin de dikkate alınarak, silajlarının yapılması tercih edilmelidir. Böylece bazı acımsı tadların bertaraf edilmesi ve sevilerek tüketilmeleri mümkün olabilmektedir. Silaj yapımında arzu edilen fermentasyon şartlarının sağlanabilmesi için laktik asit bakterilerinin çoğalmasına imkân verecek ortam sağlanmalıdır. Bu nedenle baklagil olması dolayısıyla tek başına zor silolanan guar fasulyesinin sorgum ile birlikte ekimi ve birlikte silolanması üzerinde durulmalıdır. Eğer sorgum ve guar fasulyesinin ayrı ayrı ekimleri yapılmışsa sorgum silajının tek başına da silolanabileceği ancak guar fasulyesinin melas ve inokülan ilavesinin birlikte silolanmasının en uygun seçim olacağı düşünülmektedir. Ancak çalışmada 1:1 tohumların ağırlık esasına göre yapılan karışık ekimde elde edilen materyallerden yapılan silajlarda sorgum ve guar fasulyesi ayrıştırıldığında ağırlık bazında sorgum lehine (%67.53) bir durum görülmüştür. Bu durum karışık ekimde elde edilen silajların gerek besleme değeri gerekse diğer parametreler açısından değerlendirilmesinde önemli rol oynamıştır. Nitekim yapılan gözlemlerde karışık ekimde sorgumun daha iyi geliştiği (uzun boylu) için, guar fasulyesinden daha fazla silajlık materyal elde edildiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kurak şartlarda kaba yem üretiminde su gereksinimi az olan ve ruminant hayvan beslemede sorunsuzca kullanılabileceği düşünülen sorgum ve guar fasulyesi silajlarının ayrıca, enterik metan üretimini azaltmada önemli etkisinin olacağı ve özellikle kaliteli kaba yem sıkıntısının yaşandığı dönemlerde ekonomik hayvan beslemede kullanılabilecek potansiyel olarak önemli bir kaba yem kaynağı olabilecekleri düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abd-Elkerem, M. M., Bassiony, S. M., Shehata, S. A., and Al-Sagheer, A. A. (2021). Dose-response effect of exogenous enzymes treatment of tomato and watermelon crop byproducts on *in vitro* nutrient degradability and rumen fermentation kinetics *Adv. Anim. Vet. Sci*, 9(2), 194-202.
- Acamovic, T. (2001). Commercial application of enzyme technology for poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 57(3), 225-242.
- Adesogan, A. T., Arriola, K. G., Jiang, Y., Oyebade, A., Paula, E. M., Pech-Cervantes, A. A., Romero, J. J., Ferraretto, L. F. and Vyas, D. (2019). Symposium review: Technologies for improving fiber utilization. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5726-5755. doi:10.3168/jds.2018-15334.
- Agarussi, M. C. N., Silva, V. P., Paula, E. M., Vyas, D., Adesogan, A. T., Pereira, O. G. and Ferraretto, L. F. (2020). Effects of ensiling of whole-plant corn on silage processing score and fermentation and long-chain fatty acid profiles. *Applied Animal Science*, 36(2), 167-171. doi:10.15232/aas.2019-01941.
- Akhtar, M. F., Ahmad, A. U. H., Ibni Zamir, M. S., Khalid, F., Mohsin, A. U., and Afzal, M. (2013). Agro-qualitative studies on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) sown alone and in mixture with forage legumes. *Pakistan Journal of Science*, 65(2).
- Alaca, B., ve Parlak, A.Ö. (2017). Mısır, sorgum sudanotu melezi ile soya, börülce ve guarın karışık ekimlerinin silaj verimi ve kalitesine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 99-104.
- Al-Galbi, H. A. J., and Usur, J. O. (2021). *In Vitro* Digestion Products Of Ration Contain Different Levels Of Faba Beans Treated With Formaldehyde Using Arabi Sheep Rumen Liquid. *Plant Archives*, 21(1), 1256-1261.
- Alhaag, H., Yuan, X., Mala, A., Bai, J., and Shao, T. (2019). Fermentation characteristics of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus* species isolated from sweet sorghum silage and their application as silage inoculants. *Applied Sciences*, 9(6), 1247.
- Andueza, D., Delgado, I. and Muñoz, F. (2012). Variation of digestibility and intake by sheep of lucerne (*Medicago sativa* L.) hays cut at sunrise or sunset. *The Journal of Agricultural Science*, 150(2), 263-270. doi:10.1017/S0021859611000542.
- Ankom Technology (2002). Method for Determining Ture Digestibility. Ankom Technology, Macedon, NY.
- AOAC. *Official Methods of Analysis* (1998). 16th Edition, AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Arriola, K. G. (2010). Using biological additives to improve dietary nutrient conservation and utilization by lactating dairy cows (Doctoral thesis), University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Arriola, K. G., Vyas, D., Kim, D., Agarussi, M. C., Silva, V. P., Flores, M., and Adesogan, A. T. (2021). Effect of *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus*

- buchneri, or their combination on the fermentation and nutritive value of sorghum silage and corn silage. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 9664-9675.
- Arslan, M. (2008). Mısır (*Zea mays* L.) ve sorgumun (*Sorghum bicolor* L.) farklı bitkilerle birlikte yapılan silajlarının karşılaştırılmaları.(Doktora Tezi)
- Baath, G. S., Baath, H. K., Gowda, P. H., Thomas, J. P., Northup, B. K., Rao, S. C., and Singh, H. (2020). Predicting forage quality of warm-season legumes by near infrared spectroscopy coupled with machine learning techniques. *Sensors*, 20(3), 867.
- Bernardes, T. F., Daniel, J. L. P., Adesogan, A. T., McAllister, T. A., Drouin, P., Nussio, L. G., Huhtanen, P., Tremblay, G. F., Bélanger, G. and Cai, Y. (2018). Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4001-4019. doi:10.3168/jds.2017-13703.
- Bernardi, A., Härter, C. J., Rabelo, C. H. S., Silva, A. W. L. and Reis, R. A. (2019). A metaanalysis examining lactic acid bacteria inoculants for maize silage: Effects on fermentation, aerobic stability, nutritive value and livestock production. *Grass and Forage Science*, 74(4), 596-612. doi:10.1111/gfs.12452.
- Blümmel, M., Steingäß, H., and Becker, K. (1997). The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *British Journal of Nutrition*, 77(6), 911-921.
- Bolsen, K. K., Ashbell, G. and Weinberg, Z. G. (1996). Silage fermentation and silage additives-Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 9(5), 483-494. doi:10.5713/ajas.1996.483.
- Calabrò, S., Tudisco, R., Balestrieri, A., Piccolo, G., Infascelli, F., and Cutrignelli, M. I. (2009). Fermentation characteristics of different grain legumes cultivars with the *in vitro* gas production technique. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup2), 280-280.
- Canale, A., Valente, M. E., and Ciotti, A. (1984). Determination of volatile carboxylic acids (C1–C5i) and lactic acid in aqueous acid extracts of silage by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(11), 1178-1182.
- Canbolat, Ö. (2012). Bazı esansiyel yağların *in vitro* Sindirim, rumen fermentasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 2, 91-98.
- Cantalapiedra-Hijar, G., Yáñez-Ruiz, D. R., Newbold, C. J., and Molina-Alcaide, E. (2011). The effect of the feed-to-buffer ratio on bacterial diversity and ruminal fermentation in single-flow continuous-culture fermenters, *J. Dairy Sci.*, 94, 1374–1384.
- Cattani, M., Guzzo, N., Mantovani, R., and Bailoni, L. (2017). Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8, 1-8.
- Cebeci, G., Alatürk, F., Gökkuş, A., and Birer, S. (2017). Yem Üretimi Amacıyla Yetiştirilen Sakız Fasulyesinde (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) Farklı Sıra Aralıklarının Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 126-129.

- Ciftci, B., Kaplan, M., Akcura, M., and 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.
- Collins, M. and Moore, K. J. (2018). Preservation of forage as hay and silage. In *Forages*, volume 1: an introduction to grassland agriculture (7th ed.) (321-340). United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- da Silva, É. B. (2018). The effects of a combination of sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite on the composition of the microbial community, fermentation, and aerobic stability of whole-plant corn silage and high moisture corn (Doctoral thesis), University of Delaware, Newark, Delaware, USA.
- Denek N, Can A, ve Avcı M. (2009). Bazı kaba yemlerin İn vitro Sindirilebilirlik Değerlerinin Belirlenmesinde Farklı Şekillerde Dondurulmuş Rumen Sıvısının Kullanılma Olanakları. V. Ulusal hayvan besleme Kongresi (Uluslararası katılımlı), 30 Eylül-3 Ekim 2009 Çorlu-Tekirdağ. Sayfa:109-113.
- Dos Anjos, G. V. S., Gonçalves, L. C., Rodrigues, J. A. S., Keller, K. M., Coelho, M. M., Michel, P. H. F., and Jayme, D. G. (2018). Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. *Journal of dairy science*, 101(7), 6047-6054.
- Driehuis, F., and Elferink, S. O. (2000). The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. *Veterinary Quarterly*, 22(4), 212-216. doi:10.1080/01652176.2000.9695061.
- Elferink, S. J. W. H. O., Driehuis, F., Gottschal, J. C., and Spoelstra, S. F. (2000). Silage fermentation processes and their manipulation. *FAO Plant Production and Protection Papers*, 17-30.
- Elgersma, A., and Sørengaard, K. (2018). Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth intervals in grass–legume mixtures: effects of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and components of feed quality. *Grass and Forage Science*, 73(1), 78-93.
- El-Waziry, A., Al-Haidary, A., Okab, A., Samara, E., and Abdoun, K. (2015). Effect of dietary seaweed (*Ulva lactuca*) supplementation on growth performance of sheep and on *in vitro* gas production kinetics. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 39(1), 81-86.
- Ergün A, Tuncer Ş.D., Çolpan İ, Yalçın S, Yıldız G, Küçükersan MK, Küçükersan S. Şehu, ve Saçaklı P. (2011). Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi. 4. Baskı, Pozitif Baskı, ISBN: 975-97808-3-8, Ankara, s:98-99-151-152.
- Esen, S. (2022). The effects of kefir addition on fermentation characteristics, aerobic stability, and *in vitro* digestion properties of white clover silages.
- Fabiszewska, A. U., Zielińska, K. J., and Wróbel, B. (2019). Trends in designing microbial silage quality by biotechnological methods using lactic acid bacteria inoculants: a minireview. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, 1-8.
- Filya, I. (2003). The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *Journal of dairy science*, 86(11), 3575-3581.
- Filya, I., Ashbell, G., Hen, Y. and Weinberg, Z. G. (2000). The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage.

Animal Feed Science and Technology, 88(1-2), 39-46. doi:10.1016/S0377-8401(00)00214-5.

Filya, İ. (2001). Silaj teknolojisi. *Hakan Ofset, İzmir*, 55.

Foley, P. A., Kenny, D. A., Callan, J. J., Boland, T. M., and O'Mar, F. P. (2009). Effect of dl-malic acid supplementation on feed intake, methane emission, and rumen fermentation in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 87, 1048-1057.

Ghaffarian, M. R., Yadavi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Salehi, M., and Movahhedi Dehnavi, M. (2021). Forage Yield and Quality Evaluation in Intercropping of Kochia, Sesbania and Guar under Saline Irrigation. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(1), 149-165.

Gislon, G., Ferrero, F., Bava, L., Borreani, G., Dal Prà, A., Pacchioli, M. T., Sandrucci, A., Zucali, M. and Tabacco, E. (2020). Forage systems and sustainability of milk production: Feed efficiency, environmental impacts and soil carbon stocks. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121012. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121012.

Glasson, C. R., Kinley, R. D., de Nys, R., King, N., Adams, S. L., Packer, M. A., and Magnusson, M. (2022). Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed *Asparagopsis* in feed for the reduction of methane production from ruminants. *Algal Research*, 64, 102673.

Hancock, D. W. and Collins, M. (2006). Forage preservation method influences alfalfa nutritive value and feeding characteristics. *Crop Science*, 46(2), 688-694. doi:10.2135/cropsci2005.0183.

Handriati, L. N., Suhartanto, B., Widodo, S., Dewi, M. P., and Umami, N. (2019, November). Effect of sorghum varieties and molasses addition on prussic acid content and of silage quality. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 387, No. 1, p. 012062). IOP Publishing.

Harris, P. A., Ellis, A. D., Fradinho, M. J., Jansson, A., Julliand, V., Luthersson, N., Santos, A. S. and Vervuert, I. (2017). Feeding conserved forage to horses: recent advances and recommendations. *Animal*, 11(6), 958-967. doi:10.1017/S1751731116002469.

Hassan, S. M. (2008). *Antimicrobial activities of saponin-rich guar meal extract*. Texas A&M University.

Holmes, B. J. and Muck, R. E. (2007). Packing bunkers and piles to maximize forage preservation. Paper presented at the Sixth International Dairy Housing Conference, Minneapolis, Minnesota. Access link: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=22815>

Hotun, G. C. (2019). *Silaj inokulantları kullanarak yapılan araştırmaların meta analitik değerlendirilmesi* (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).

Hu, W., Schmidt, R. J., McDonell, E. E., Klingerman, C. M., and Kung Jr, L. (2009). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of dairy science*, 92(8), 3907-3914.

IPCC. (2019). Intergovernmental Panel on climate change (IPCC) guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4. Agriculture, forestry, and other land uses. Intergovernmental Panel on Climate Change.

- IPCC. (2021). Summary for policymakers. In *Climate change 2021: The physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Iqbal, M. A. (2018). Comparative performance of forage cluster bean accessions as companion crops with sorghum under varied harvesting times. *Bragantia*, 77, 476-484.
- Jackson, R. B., Sauniois, M., Bousquet, P., Canadell, J. G., Poulter, B., Stavert, A. R., and Tsuruta, A. (2020). Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources. *Environmental Research Letters*, 15(7), 071002.
- Jung, J. S., Ravindran, B., Soundharrajan, I., Awasthi, M. K. and Choi, K. C. (2022). Improved performance and microbial community dynamics in anaerobic fermentation of triticale silages at different stages. *Bioresource Technology*, 345, 126485. doi:10.1016/j.biortech.2021.126485.
- Junior, M. O., Vendramini, J. M. B., Erickson, J., Moriel, P., Silveira, M. L. A., Aguiar, A. D., and daSilva, H. M. (2020). Nutritive value and fermentation characteristics of silages produced from different sweet sorghum plant components with or without microbial inoculation. *Applied Animal Science*, 36(6), 777-783.
- Junior, M.A.P.O., Retore, M., Manarelli, D.M., de Souza, F.B., Ledesma, L.L.M. and Orrico, A.C.A. (2015). Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(12):1201-2007.
- Kagan, I. A., Anderson, M. L., Kramer, K. J., Seman, D. H., Lawrence, L. M. and Smith, S. R. (2020). Seasonal and diurnal variation in water-soluble carbohydrate concentrations of repeatedly defoliated red and white clovers in Central Kentucky. *Journal of Equine Veterinary Science*, 84, 102858. doi:10.1016/j.jevs.2019.102858.
- Kaiser, A. G. (2004). Silage additives. Chapter 7 in *Successful Silage*. Kaiser AG, Piltz JW, Burns HM, Griffiths NW.(eds). Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries. *New South Wales, Australia*.
- Kaplan, S. (2021). Diyarbakır koşullarında farklı tatlı sorgum çeşitlerinin biyokütle verimi ve silaj kalite özelliklerinin saptanması (Master's thesis).
- Karagözlü, Z., ve Okant, M. (2019). Şanlıurfa Ekolojik Koşullarında Farklı Ekim Sıklıklarının Guar Fasulyesi (*Cyamopsis Tetragonobla* (L.) Taub.)'Nin Tarımsal Karakterlere Etkilerinin Araştırılması. *Ejona International Journal*, 3(11), 135-140.
- Kaya, İ., Şahin, T., Elmali, D. A., ve Ünal, Y. (2011). Merada otlatma ve meraya ilave konsantre yem verilmesinin kuzularda performans ve rumen parametrelerine etkisi, Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg. 17, 693-697.
- Khiaosa-Ard, R., and Q. Zebeli. "Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants." *Journal of Animal Science* 91.4 (2013): 1819-1830.
- Khota, W., Pholsen, S., Higgs, D., and Cai, Y. (2017). Fermentation quality and *in vitro* methane production of sorghum silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(11), 1568.

- Kılıç, A. (2010). Silo yemi (öğretim-öğrenim ve uygulama örnekleri) el kitabı. *Hasad Yayıncılık, İstanbul, sf, 263.*
- Kılıç, Ü. (2005). Ruminant beslemede kullanılan bazı yem hammaddelerinin *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak bazı fermantasyon ürünlerinin ve enerji içeriklerinin belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Doktora tezi, Samsun.
- Kılıç, Ü. (2009). Rumen sıvısına mikrobiyal inokülan ilavesinin buğday kuru ot ve silajlarında *in vitro* gaz üretimi üzerine etkisi, V. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi (uluslararası katılımlı) Çorlu/Tekirdağ, 30 Eylül-3 Ekim.
- Kılıç, Ü., ve Abdi, M. A. (2016). Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm atıklarının *in vitro* gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(6).
- Kuehn, C. S., Jung, H. G., Linn, J. G., and Martin, N. P. (1999). Characteristics of alfalfa hay quality grades based on the relative feed value index. *Journal of production agriculture*, 12(4), 681-684.
- Kung Jr, L. (2010). Understanding the biology of silage preservation to maximize quality and protect the environment. In Proceedings, 2010 California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference (pp. 1-2). Visalia, CA: University of California, Davis, CA.
- Kung Jr, L., Robinson, J. R., Ranjit, N. K., Chen, J. H., Golt, C. M., and Pesek, J. D. (2000). Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. *Journal of dairy science*, 83(7), 1479-1486.
- Kung Jr, L., Taylor, C. C., Lynch, M. P., and Neylon, J. M. (2003). The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 86(1), 336-343.
- Kung Jr., L., Ranjit, N. K., and Kreck, E. M. (2003). Effects of natural and artificial sugars on ensiling characteristics and nutritive value of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2987-2995.
- Kutlu HR, and Celik L. (2014). Feeds Knowledge and Feed Technology. Cukurova University, Agricultural Faculty, General Publish No: 266.
- Kutlu, H. R. (2002). Tüm yönleriyle silaj yapımı ve silajla besleme. *Çukurova Üniversitesi, Balcalı-Adana.*
- Larsen, M., and Kristensen, N. B. (2017). The effects of forage additives on silage fermentation and their impact on nutrient utilization and milk production. *Agriculture*, 7(8), 65.
- Lascano, G.J., and Heinric, A.J. (2009). Rumen fermentation pattern of dairy heifers fed restricted amounts of low, medium, and high concentrate diets without and with yeast culture, Published in *Livestock Science*, 124, 48-57.
- Lima, R., Lourenço, M., Diaz, R. F., Castro, A., and Fievez, V. (2010). Effect of combined ensiling of sorghum and soybean with or without molasses and lactobacilli on silage quality and *in vitro* rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 155(2-4), 122-131.

- Lukkaranukool, A., Srikijkasemwat, K., Promnaret, A., Aung, M., and Kyawt, Y. Y. (2019). Fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria and molasses addition on the fermentation characteristics and nutrient compositions of sorghum silage. *Adv. Anim. Vet. Sci*, 7(8), 668-673.
- Mahesh, M., Mohini, M., Kumar, D., Sheel, R., Sawant, S., and Jha, P. (2013). Influence of biologically treated wheat straw diet on *in vitro* rumen fermentation, methanogenesis and digestibility. *Scientific Journal of Animal Science*, 2(6), 173-179.
- Mannetje, L. (2016). Silage for animal feed. *Encyclopedia of Life Support Systems*, 123-135.
- McAllister, T. A., Dunière, L., Drouin, P., Xu, S., Wang, Y., Munns, K. and Zaheer, R. (2018). Silage review: Using molecular approaches to define the microbial ecology of silage. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4060-4074. doi:10.3168/jds.2017-13704.
- McCary, C. L., Vyas, D., Faciola, A. P., and Ferraretto, L. F. (2020). Graduate Student Literature Review: Current perspectives on whole-plant sorghum silage production and utilization by lactating dairy cows. *Journal of dairy Science*, 103(6), 5783-5790.
- McDonald, P., Henderson, A. R., and Heron, S. J. E. (2000). *The Biochemistry of Silage* (1st ed.). Chalcombe Publications.
- McDonald, P., Henderson, A. R., and Heron, S. J. E. (2020). *The biochemistry of silage* (Vol. 2). Chalcombe Publications.
- McDonald, P., Henderson, N. and Heron, S. (1991). *The Biochemistry of Silage* (2nd ed.). Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications.
- Meeske, R. (2005). Silage additives: Do they make a difference. *South African Journal of Animal Science*, 6, 49-55.
- Meeske, R., Basson, H. M., and Cruywagen, C. W. (1999). The effect of a lactic acid bacterial inoculant with enzymes on the fermentation dynamics, intake and digestibility of *Digitaria eriantha* silage. *Animal Feed Science and Technology*, 81(3-4), 237-248.
- Mehmood, T., Ul-Haq, Z., Mahmood, S., Nawaz, M. K., Asam, H. M. and Shafi, H. K. (2020). Forage preservation technology for sustainable livestock industry in rainfed areas of Pakistan: A review. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 9(3), 1849-1855. doi:10.19045/bspab.2020.90197.
- Menke, K. H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal research and development*, 28, 7-55.
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222.
- Michel, P. H. F., Gonçalves, L. C., Rodrigues, J. A. S., Keller, K. M., Raposo, V. S., Lima, E. M., and Jayme, D. G. (2017). Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. *Grass and Forage Science*, 72(3), 432-440.

- Mihaila, A. A., Glasson, C. R., Lawton, R., Muetzel, S., Molano, G., and Magnusson, M. (2022). New temperate seaweed targets for mitigation of ruminant methane emissions: an *in vitro* assessment. *Applied Phycology*, 3(1), 274-284.
- Moran, J. P., Weinberg, Z. G., Ashbell, G., Hen, Y., and Owen, T. R. (1996, September). A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In *International Silage Conference* (Vol. 11, pp. 162-163).
- Muck, R. E. (1987). Dry matter level effects on alfalfa silage quality I. Nitrogen transformations. *Transactions of the ASAE*, 30(1), 7-0014.
- Muck, R. E. (1988). Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, 71(11), 2992-3002. doi:10.3168/jds.S0022-0302(88)79897-5.
- Muck, R. E., Kung Jr, L. and Collins, M. (2020). Silage production. In *Forages*, volume 2: The science of grassland agriculture (7th ed.) (767-787). United Kingdom: Wiley Blackwell.
- Muck, R., Weinberg, Z. G., and Contreras-Govea, F. E. (2013). Silage extracts used to study the mode of action of silage inoculants in ruminants. *Agricultural and Food Science*, 22(1), 108-114.
- Ndiweni, P. N. B. (1993). *Microbial inoculant and acid treatment of silage* (Doctoral thesis), Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- Ni, K., Minh, T. T., Tu, T. T. M., Tsuruta, T., Pang, H., and Nishino, N. (2017). Comparative microbiota assessment of wilted Italian ryegrass, whole crop corn, and wilted alfalfa silage using denaturing gradient gel electrophoresis and next-generation sequencing. *Applied microbiology and biotechnology*, 101(4), 1385-1394.
- Nielsen, P. H., and Weisbjerg, M. R. (2017). Effects of adding sugar to forage crops before ensiling on silage quality: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science*, 67(1-2), 12-19.
- Niyigena, V., Ashworth, A. J., Nieman, C., Acharya, M., Coffey, K. P., Philipp, D., Meadors, L. and Sauer, T. J. (2021). Factors affecting sugar accumulation and fluxes in warm-and cool-season forages grown in a silvopastoral system. *Agronomy*, 11(2), 354. doi:10.3390/agronomy11020354.
- Nserekho, V. L., Smiley, B. K., Rutherford, W. M., Spielbauer, A., Forrester, K. J., Hettinger, G. H., and Harman, B. R. (2008). Influence of inoculating forage with lactic acid bacterial strains that produce ferulate esterase on ensilage and ruminal degradation of fiber. *Animal feed science and technology*, 145(1-4), 122-135.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Abdullah, N., Magaji, U., Hussin, G., Ramli, A. and Miah, G. (2016). Fermentation quality and additives: A case of rice straw silage. *BioMed Research International*, 2016, 7985167. doi:10.1155/2016/7985167.
- Olfaz, M., Kilic, U., and Yavrucu, O. (2019). Determining potential feed value and silage quality of guar bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) silages. *Open Life Sciences*, 14(1), 342-348.
- Ørskov, E. R., and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503.

- Oude Elferink, S. J. W. H., Driehuis, F., Gottschal, J. C. and Spoelstra, S. F. (2000). Silage fermentation processes and their manipulation. *In Silage making in the tropics with particular emphasis on smallholders* (1-28). Rome, Italy: FAO Plant Production and Protection.
- Ozcan, U., and Kilic, U. (2018). Effect of additives on the forage quality of pelleted Hazelnut husks. *Asian J. Anim. Ve. t Adv*, 13(2), 189-196.
- Ozduven, M. L., Onal, Z. K., and Koc, F. (2010). The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the fermentation, aerobic stability and *in vitro* dry and organic matter digestibility characteristics of triticale silages. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 16(5), 751-756.
- Özcan, U., ve Kılıç, Ü. (2018). Farklı katkı maddeleri ilavesiyle peletlenen hasat atığı boş fındıkların kaba yem değerinin belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(2), 123-132.
- Pelagalli, A., Musco, N., Trotta, N., Cutrignelli, M. I., Di Francia, A., Infascelli, F., and Calabrò, S. (2020). Chemical characterisation and *in vitro* gas production kinetics of eight faba bean varieties. *Animals*, 10(3), 398.
- Pelletier, S., Tremblay, G. F., Bélanger, G., Bertrand, A., Castonguay, Y., Pageau, D. and Drapeau, R. (2010). Forage nonstructural carbohydrates and nutritive value as affected by time of cutting and species. *Agronomy Journal*, 102(5), 1388-1398. doi:10.2134/agronj2010.0158
- Polan, C. E., Stieve, D. E. and Garrett, J. L. (1998). Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. *Journal of Dairy Science*, 81(3), 765-776. doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75633-4.
- Polat, M., Şayan, Y., Özkul, H., ve Önenç, S. S. (2007). Kaba Yemlerin çeşitli inkübasyon periyotlarındaki *in vitro* gaz oluşumları ve farklı regresyon eşitlikleri ile tahminlenen *in vitro* metabolik enerji değerleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(1), 113-122.
- Randby, Å. T. and Bakken, A. K. (2021). Effect of acid based additive treatment of low dry matter grass crops on losses and silage quality in bunker silos. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114869. doi:10.1016/j.anifeedsci.2021.114869.
- Reisinger, A., Clark, H., Cowie, A. L., Emmet-Booth, J., Gonzalez Fischer, C., Herrero, M., and Leahy, S. (2021). How necessary and feasible are reductions of methane emissions from livestock to support stringent temperature goals? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2210), 20200452.
- Rohweder, D., Barnes, R. F., and Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of animal science*, 47(3), 747-759.
- Rooke, J. A. and Hatfield, R. D. (2003). Biochemistry of Ensiling. In *Silage science and technology*, volume 42 (95-139). Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America.

- Ruckle, M. E., Bernasconi, L., Kölliker, R., Zeeman, S. C. and Studer, B. (2018). Genetic diversity of diurnal carbohydrate accumulation in white clover (*Trifolium repens* L.). *Agronomy*, 8(4), 47. doi:10.3390/agronomy8040047.
- Rupp, C., Westreicher-Kristen, E., and Susenbeth, A. (2021). Effect of wilting and lactic acid bacteria inoculant on in situ and *in vitro* determined protein value of grass silages. *Animal Feed Science and Technology*, 282, 115115. doi:10.1016/j.anifeedsci.2021.115115.
- Sabry, M., Nasser, M. E., Kamel, H. E., Abaza, M. A., and Soltan, Y. A. (2022). Effect of replacing corn grains with date palm kernels on ruminal fermentation, feed degradability, and methane production under different initial *in vitro* pH conditions. *Animal Biotechnology*, 33(6), 1268-1279.
- Sarwar, M., Shahzad, M. A., Nisa, M. U., Afzal, D., Sharif, M., and Saddiqi, H. A. (2011). Feeding value of urea molasses-treated wheat straw ensiled with fresh cattle manure for growing crossbred cattle calves. *Tropical animal health and production*, 43(3), 543-548.
- Saunois, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., and Zhuang, Q. (2020). The global methane budget 2000–2017. *Earth system science data*, 12(3), 1561-1623.
- Schmidt, R. J., Emara, M. G., and Kung Jr, L. (2008). The use of a quantitative real-time polymerase chain reaction assay for identification and enumeration of *Lactobacillus buchneri* in silage. *Journal of Applied Microbiology*, 105(3), 920-929. doi:10.1111/j.1365-2672.2008.03834.x.
- Schnürer, J. and Jonsson, A. (2011). *Pichia anomala* J121: a 30-year overnight near success biopreservation story. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 99, 5-12. doi:10.1007/s10482-010-9509-2.
- Smith, D., Bula, R. J. and Walgenbach, R. P. (1986). Legume and grass silage. In *Forage management* (5th ed.). Dubuque, Iowa, USA: Kendall Hunt Publishing Company.
- Spanghero, M., Mason, F., Zanfi, C., and Nikulina, A. (2017). Effect of diets differing in protein concentration (low vs medium) and nitrogen source (urea vs soybean meal) on *in vitro* rumen fermentation and on performance of finishing Italian Simmental bulls. *Livestock Science*, 196, 14-21.
- Spanghero, M., Salem, A. Z. M., and Robinson, P. H. (2009). Chemical composition, including secondary metabolites, and rumen fermentability of seeds and pulp of Californian (USA) and Italian grape pomaces. *Animal Feed Science and Technology*, 152(3-4), 243-255.
- Stanačev, V., and Vik, D. (2002). The feed sugar minimum as a precondition of good quality silage. *Acta Agriculturae Serbica*, 7(13), 41-48.
- Suliman, A. I. A., Daghash, H. A., Abd-Elati, M. N. M., and 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.
- Şahin, T., Kaya, Ö., Elmali, D. A., and Kaya, İ. (2013). Effects of dietary supplementation with distiller dried grain with solubles in growing lambs on growth, nutrient digestibility and rumen parameters, *Revue Méd. Vét.*, 164(4), 173-178.

- Tjardes, K. E., Buskirk, D. D., Allen, M. S., Ames, N. K., Bourquin, L. D., and Rust, S. R. (2000). Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. *Journal of animal science*, 78(11), 2957-2965.
- Tunç, A. E., and Cufadar, Y. (2019). Use of guar meal in the feeding of ruminant animals. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 59(2), 79-86.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423). New York: United Nations. Access link: https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf
- van den Oever, S. P., Haselmann, A., Schreiner, M., Fuerst-waltl, B., Zebeli, Q., Mayer, H. K. and Knaus, W. (2021). Hay versus silage: Does hay feeding positively affect milk composition? *International Dairy Journal*, 118, 105024. doi:10.1016/j.idairyj.2021.105024.
- van Gastelen, S., Hettinga, K. A., Klop, G., Alferink, S. J. J. and Hendriks, W. H. (2015). Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage- or corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 1915-1927. doi:10.3168/jds.2014-8552.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Von Wright, A. and Axelsson, L. (2012). Lactic acid bacteria: an introduction. In *Lactic acid bacteria - microbiological and functional aspects* (1-16). Boca Raton, FL: CRC Press -Taylor & Francis Group.
- Wang, T., Teng, K., Cao, Y., Shi, W., Xuan, Z., Zhou, J., Zhang, J. and Zhong, J. (2020). Effects of *Lactobacillus hilgardii* 60TS-2, with or without homofermentative *Lactobacillus plantarum* B90, on the aerobic stability, fermentation quality and microbial community dynamics in sugarcane top silage. *Bioresource Technology*, 312, 123600. doi:10.1016/j.biortech.2020.123600.
- Weinberg, Z. G. (2008). Preservation of forage crops by solid-state lactic acid fermentationensiling. In *Current developments in solid-state fermentation* (1st ed.) (443-467). New York: Springer. doi:10.1007/978-0-387-75213-6_19.
- Weinberg, Z. G., Ashbell, G., Hen, Y., and Azrieli, A. (1993). The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. *Journal of Applied Microbiology*, 75(6), 512-518.
- Wiedmeier, R. D., Arambel, M. J., and Walters, J. L. (1987). Effect of orally administered pilocarpine on ruminal characteristics and nutrient digestibility in cattle. *Journal of Dairy Science*, 70(2), 284-289.
- Yavuz, M. (2005). Bazı ruminant yemlerinin nispi yem değeri ve *in vitro* sindirim değerlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005(1).
- Yitbarek, M. and Tamir, B. (2014) Silage Additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences*, 4, 258-274. doi:10.4236/ojapps.2014.45026.

- Yucel, C. (2020). Evaluation of sweet sorghum biomass as an alternative livestock feed. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4(1):10-20. doi: 10.29329/ijiaar.2020.238.2.
- Zhang, T., Li, L., Wang, X. F., Zeng, Z. H., Hu, Y. G. and Cui, Z. J. (2009). Effects of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on fermentation, aerobic stability, bacteria diversity and ruminal degradability of alfalfa silage. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(6), 965-971. doi:10.1007/s11274-009-9973-x.
- Zhao, J., Dong, Z., Li, J., Chen, L., Bai, Y., Jia, Y. and Shao, T. (2019a) Effects of lactic acid bacteria and molasses on fermentation dynamics, structural and nonstructural carbohydrate composition and *in vitro* ruminal fermentation of rice straw silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32, 783-791. doi:10.5713/ajas.18.0543.
- Zhao, J., Tao, X., Wang, S., Li, J. and Shao, T. (2021). Effect of sorbic acid and dual-purpose inoculants on the fermentation quality and aerobic stability of high dry matter rice straw silage. *Journal of Applied Microbiology*, 130(5), 1456-1465. doi:10.1111/jam.14882.
- Zielińska, K., Fabiszewska, A., and Stefańska, I. (2015). Different aspects of *Lactobacillus* inoculants on the improvement of quality and safety of alfalfa silage. *Chilean journal of agricultural research*, 75(3), 298-306.
- Zubairova, L., Tagirov, H., Mironova, I., Iskhakov, R. and Vagapov, I. (2022). Biotechnology techniques in animal nutrition for improving quality indicators of beef and dairy products. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 40, 102294. doi:10.1016/j.bcab.2022.102294

ÖZ GEÇMİŞ

Abdiwali MOHAMOUD ABDİ' nin İlkokul, Ortaokul ve Lise hayatı Somali'nin Burao şehrinde geçmiştir. Burao Üniversitesi Veteriner Fakültesinden 2010 yılında mezun olup 2016 yılında OMÜ Zootekni Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programını bitirdi, 2017 yılında OMÜ Zootekni Ana Bilim Dalı Doktora programına başladı. Meslek hayatına 2010 yılında Burao Üniversitesi Veteriner Fakültesinde başlamıştır. Abdiwali MOHAMOUD ABDİ orta derecede İngilizce ve Türkçe bilmektedir. Evli ve Beş çocuk babasıdır.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-8322-4031

Yayınlar:

1. Abdi, A. M., Kılıç, Ü. (2018). Farklı samanlarda lignin peroksidaz enzimi kullanımının yem değeri üzerine etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(3): 374-384.
2. Kılıç, Ü., Abdıwalı, M. A. (2016). Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm atıklarının *in vitro* gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 22(6).
3. Olfaz, M., Kilic, U., Boga, M., Abdi, A. M. (2018). Determination of the *in vitro* gas production and potential feed value of olive, mulberry and sour orange tree leaves. Open life sciences, 13(1): 269-278.
4. Kilic, U., Abdi, A. M., Ekinci, D. (2019). Effects of Different Additives and Lignin Peroxidase Enzyme on *in vitro* Gas Production Kinetics and Methane Production of some Straws. Pakistan Journal of Zoology, 51(6), 2057-2067.
5. Kılıç, Ü., Ekinci, D., Abdı Mohamoud, A., ve Bilir, G. (2016). Farklı Lignoselülozik Yapıya Sahip Samanlarda Lignin Peroksidaz Enzimi Kullanımının Yem Değeri Üzerine Etkisi.

Ulusal ve Uluslararası Kongreler Sözlü ve Poster Bildiriler:

1. Kılıç, Ü., Mohamoud Abdi, A. (2015). Şarapçılık Endüstrisi Üzüm Atıklarının Yem Değerlerinin Belirlenmesi. 9. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 3 - 5 Eylül 2015 Konya/Türkiye
2. Mohamoud Abdi, A., ve Kılıç, Ü. (2016). Farklı Samanlarda Lignin Peroksidaz Enzimi Kullanımının Yem Değeri Üzerine Etkisi. 1. Uluslararası Hayvan Besleme Kongresi, 28 Eylül – 1 Ekim 2016 Antalya/Türkiye

3. Okuyucu, İ.C., Uçar, C. ve Mohamoud Abdi, A. (2015). Süt Sığırlarında Süt Üre Nitrojeni ve Kan Üre Nitrojeni Düzeylerinin Fertilité Üzerindeki Etkisi. 11. Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresi, 29-30 Nisan 2015, Diyarbakır/Türkiye
4. Merhap, R., Mohamoud Abdi, A., ve Kiliç, Ü. (2015). Azot (Ham Protein) Analizinde Farklı Uygulamaların Sonuçlar Üzerine Etkisi. 11. Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresi, 29-30 Nisan 2015, Diyarbakır/Türkiye
5. Mohamoud Abdi, A. ve Ismail, A. S. (2023). Piyasa Değer Zincirindeki Çiğ Deve Sütünün Bakteriyolojik Yükünün Belirlenmesi: Burao Somali. 10. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, 9-10 Haziran 2023 Kocaeli/Türkiye
6. Mohamoud Abdi, A. (2023). Ruminantlarda Metan Üretiminin Azaltılmasında Kullanılan Yem Katkı Maddeleri. . 10. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, 9-10 Haziran 2023 Kocaeli/Türkiye

Kazanılan Burslar

1. 2012-2015 yılları arasında Türkiye Burslari (YTB) tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalında yüksek lisans bursu kazanmıştır.
2. 2017-2023 yılları arasında Türkiye Burslari (YTB) tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalında Doktora bursu kazanmıştır.