



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI



**YULAF HASILI SİLAJINA FARKLI
DOZLARDA *Pediococcus acidilactici*
İNOKÜLASYONUNUN SİLAJ KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

ŞÜKRÜ YELTEKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KIRŞEHİR
2025**



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOOTEKNİ ANABİLİM DALI



**YULAF HASILI SİLAJINA FARKLI
DOZLARDA *Pediococcus acidilactici*
İNOKÜLASYONUNUN SİLAJ KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

ŞÜKRÜ YELTEKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin ÇAYIROĞLU

KIRŞEHİR

2025

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

10/07/2025

Öğrenci
Şükrü YELTEKİN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

İÇİNDEKİLER DİZİNİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT	IV
TABLolar DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE METOT	9
3.1. Materyal.....	9
3.1.1. Silaj materyali.....	9
3.1.2. İnokülant materyali	9
3.2. Metot.....	9
3.2.1. Silajların hazırlanması ve grupların oluşturulması	9
3.2.2. Kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizler	10
3.2.3. <i>İn vitro</i> sindirilebilirlik ve enerji değerinin belirlenmesi	16
3.2.4. Hesaplama yoluyla belirlenen veriler	19
3.2.5. İstatistiksel analizler.....	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	29
KAYNAKLAR.....	31
EKLER.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	39

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca gösterdiği sakin ve sabırlı davranışları ile her daim bana örnek olmasının yanında bir bilim insanının nasıl çalışması gerektiğini kendisinden öğrendiğim değerli danışmanın Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin ÇAYIROĞLU'na büyük bir içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında bilgi ve birimlerini benimle paylaşan, laboratuvar çalışmalarım sırasında her daim yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Gökhan FİLİK, Doç. Dr. Esin KIRAY, Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül FİLİK ve Doç. Dr. Hakan KIR hocalarıma ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmalarım sırasında gerek saha ve gerekse de laboratuvar çalışmalarında her daim yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Mikail YENİÇERİ, Burçin DURMUŞ, Rohat Furkan ACAR ve Esra ŞİŞMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Her daim yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, hayatımda var oldukları için kendimi hep şanslı hissetmeme sebep olan sevgili aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2025

Şükrü YELTEKİN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YULAF HASILI SİLAJINA FARKLI DOZLARDA *Pediococcus acidilactici* İNOKÜLASYONUNUN SİLAJ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Şükrü YELTEKİN

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ ZOOOTEKNİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin ÇAYIROĞLU
Yıl: 2025, Sayfa: 39
Jüri: Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin ÇAYIROĞLU
Doç. Dr. Gökhan FİLİK
Doç. Dr. Bahar ARGUN KARSLI

Bu çalışmada yulaf hasılı silajına farklı konsantrasyonlarda *Pediococcus acidilactici* ilavesinin fermentasyon, fiziksel ve kimyasal özellikler, yem değeri, aerobik stabilite ve *in vitro* sindirilebilirlik üzerine etkilerini belirlemek amacıyla planlanmıştır. Çalışmada muamele gruplarını, yulaf hasılı kontrol (YHK), 10^6 kob/kg KM *P. acidilactici* inoküle edilmiş yulaf hasılı (YHPA6), 10^8 kob/kg KM *P. acidilactici* inoküle edilmiş yulaf hasılı (YHPA8), 10^9 kob/kg KM *P. acidilactici* inoküle edilmiş yulaf hasılı (YHPA9) silajı oluşturmuştur. Silajlar 60 gün boyunca fermentasyona tabi tutulmuştur. Yulaf silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların açım zamanındaki kuru madde, ham protein ve ham yağ içeriğini arttırmış, ham selüloz ve asit deterjanda çözünmeyen lif içeriğini düşürmüştür. Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların açım zamanındaki pH değerini düşürmüştür. *P. acidilactici* dozu arttıkça pH değeri rakamsal olarak düşmesine rağmen inoküle edilen gruplar arasında farklılık belirlenmemiştir. *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların nispi yem değeri ile renk parametre değerlerini etkilememiştir. Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi kontrol silajına göre YHPA8 silajının laktik asit bakteri sayısını arttırmış fakat diğer silajları etkilememiştir. *P. acidilactici* inoküle edilmesi yulaf hasılı silajının açılış zamanına ait maya ve küf içeriğini etkilememiştir. *P. acidilactici* inokülasyonu yulaf hasılı silajının açım sonrası 5 günlük aerobik stabilite testi sonrasındaki pH değerini kontrol silajına göre düşürmüştür. *P. acidilactici* inokülasyonu silajların organik madde sindirilebilirliği ve metabolize edilebilir enerji değerini etkilememiş ancak net enerji laktasyon içeriğini kontrole göre arttırmıştır. Tüm bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, yulaf hasılı silajına $1 \cdot 10^8$ kob/kg KM düzeyinde *P. acidilactici* inoküle edilmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Yulaf hasılı silajı, Silaj kalitesi, Yem değeri, *Pediococcus acidilactici*

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

EFFECTS OF DIFFERENT DOSES OF *Pediococcus acidilactici* INOCULATED INTO OAT SILAGE ON SILAGE QUALITY

Şükrü YELTEKİN

KIRŞEHİR AHİ EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ANIMAL SCIENCE

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hayrettin ÇAYIROĞLU
Year: 2025, Pages: 39
Juries: Asst. Prof. Dr. Hayrettin ÇAYIROĞLU
Assoc. Prof. Dr. Gökhan FİLİK
Assoc. Prof. Dr. Bahar ARGUN KARSLI

This study was planned to determine the effects of different concentrations of *Pediococcus acidilactici* added to oat silage on fermentation, physical and chemical properties, feed value, aerobic stability and in vitro digestibility. The treatment groups in the study were oat silage control (OSC), 10^6 cfu/kg DM *P. acidilactici* inoculated oat silage (OSPA6), 10^8 cfu/kg DM *P. acidilactici* inoculated oat silage (OSPA8), 10^9 cfu/kg DM *P. acidilactici* inoculated oat silage (OSPA9). Silages were subjected to fermentation for 90 days. The *P. acidilactici* inoculation into oat silage increased the dry matter, crude protein and crude fat contents of the silages at the time of opening, and decreased the crude fiber and acid detergent insoluble fiber contents. Inoculation of *P. acidilactici* into oat silage decreased the pH value of the silages at the time of opening. Although the pH value decreased numerically as the *P. acidilactici* dose increased, no difference was determined between the inoculated groups. Inoculation of *P. acidilactici* did not affect the relative feed value and color parameter values of the silages. Inoculation of *P. acidilactici* into oat silage increased the lactic acid bacteria count of OSPA8 silage compared to the control silage but did not affect the other silages. Inoculation of *P. acidilactici* did not affect the yeast and mold content of oat silage at the time of opening. Inoculation of *P. acidilactici* decreased the pH value of oat silage after 5-day aerobic stability test after opening compared to the control silage. *P. acidilactici* inoculation did not affect the organic matter digestibility and metabolizable energy value of silages, but increased the net energy lactation content compared to the control. When all these data are evaluated together, it may be recommended to inoculate *P. acidilactici* into oat silage at a level of 1×10^8 cfu/kg DM.

Keywords: Oat silage, Silage quality, Feed value, *Pediococcus acidilactici*

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 3.1. Yapay tükürük çözeltisi vasatın hazırlanmasında kullanılan çözeltiler.....	17
Tablo 4.1 Taze yulaf bitkisi besin maddeleri içeriği.....	21
Tablo 4.2 Silajların açım sonrası besin maddeleri içerikleri, g/kg KM.....	22
Tablo 4.3. Silajların açım sonrası pH, toplam çözünebilir maddeler, Flieg skoru ve Flieg skoruna göre kalite sınıfı değerleri.....	24
Tablo 4.4. Silajların sindirilebilir kuru madde içeriği, kuru madde tüketimi ve yem değeri özellikleri.....	25
Tablo 4.5. Silajların renk parametre değerleri.....	25
Tablo 4.6. Silajların açım sonrası laktik asit bakterisi, maya ve küf miktarları...	25
Tablo 4.7. Silajların aerobik stabilite testi sonrasındaki pH ₅ , CO ₂ , maya ve küf miktarları.....	26
Tablo 4.8. Silajların in vitro organik madde sindirilebilirliği ve enerji değerleri.....	27

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. ANKOM ^{RF} gaz üretim sisteminde şişelerin modül başlıkları.....	18
Şekil 3.2. ANKOM ^{RF} gaz üretim sisteminde verilerin kaydedildiği sisteme bağlı bilgisayar.....	19

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
<i>cfu</i>	: Colony forming unit
<i>g</i>	: Gram
<i>kob</i>	: Koloni oluşturan birim
<i>L</i>	: Litre
<i>mL</i>	: Mililitre
°C	: Santigrat derece

Kısaltmalar	Açıklama
ADF	: Asit deterjan lifi
EE	: Eter ekstraktı (ham yağ)
GÜ	: Gaz hacmi
HP	: Ham protein
HS	: Ham selüloz
Hsel	: Hemiselüloz
IVOMS	: in vitro organik madde sindirilebilirliği
KM	: Kuru madde
KMT	: Kuru madde tüketimi
LAB	: Laktik asit bakterisi
ME	: Metabolize edilebilir enerji
NE _L	: Net enerji-laktasyon
NYD	: Nispi yem değeri
NYK	: Nispi yem kalitesi
NDF	: Nötr deterjan lifi
OM	: Organik madde
SE	: Sindirilebilir enerji
SKM	: Sindirilebilir kuru madde
TÇM	: Toplam çözünür katı madde
YHK	: Yulaf hasılı kontrol
10 ⁶ YH	: 10 ⁶ kob/kg KM <i>Pediococcus acidilactici</i> inoküle edilmiş yulaf hasılı
10 ⁸ YH	: 10 ⁸ kob/kg KM <i>Pediococcus acidilactici</i> inoküle edilmiş yulaf hasılı
10 ⁹ YH	: 10 ⁹ kob/kg KM <i>Pediococcus acidilactici</i> inoküle edilmiş yulaf hasılı

1. GİRİŞ

Silolama, yeşil yemlerin anaerobik koşullar altında uzun süreli korunmasına yönelik bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, yeşil yemi taze tutmanın en basit ve en ucuz yoludur (Soundharrajan ve ark., 2021). Bu da iyi bir fermantasyonla mümkündür. İyi bir fermantasyon gerçekleşmediğinde silajlarda klostridia, enterobakteri (bütirik asit üreten), maya (etanol üreticisi) ve küf üreten istenmeyen mikroorganizmalar gelişebilir (Ávila ve Carvalho, 2020). Bu mikroorganizmalar silajın yem değerini düşürdüğü gibi hayvan sağlığı ve dolaylı olarak da insan sağlığını tehdit etmektedir. Silaj üretiminde riskleri en aza indirmek ve kaliteli silaj elde etmek için silaj materyalinin özelliklerini iyi bilmek gerekmektedir (Wilkinson ve Rinne, 2018).

Yulaf (*Avena sativa L.*), dünyanın birçok yerinde önemli bir tarımsal üründür. Oldukça lezzetli olması ve iyi bir yem hammaddesi olması nedeniyle ruminant hayvanların beslenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Jia ve ark., 2021). Kurağa ve soğuğa karşı oldukça hassas bir bitkidir. Ülkemizde daha çok dane üretimi için yetiştirilmekte olup silajlık üretim çok yaygın değildir. Ancak silaj yapım tekniklerini uygulayarak yulaf bitkisinden de kaliteli silajlar elde edilebilmektedir (Tanrikulu ve ark., 2020).

Yulaf, ülkemizde özellikle münavebeli ekim yapılan bölgelerde kaba yem açığının kapatılması amacıyla, sonbaharda ikinci ürün olarak ekildikten sonra, iklim koşulları nedeniyle kısa sürede biçilmesi gereken bir üründür. Yulaf hasılının protein içeriği, proteinin sindirilme derecesi ve yeşil ot verimi buğdaygil yem bitkilerine göre daha yüksektir. Benzer şekilde süt üretimi açısından da diğer buğdaygil yem bitkilerine nazaran daha üstün özelliklere sahiptir (Kuter ve ark., 2023). Bununla birlikte yulaf kaba yeminin kuru ot halinde muhafaza edilmesi yem değerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yulafın yem değerini koruyacak alternatif muhafaza yöntemleri geliştirmek gerekmektedir. Yulaf yeşil yeminin silaj haline getirilmesi, kuru olarak muhafaza edilmesine nazaran daha kaliteli yem üretimine katkıda bulunabileceği bildirilmektedir (Kuter ve ark., 2023). Yulaf hasılının silolanması, suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin düşük olması ve nem seviyesinin yüksek olması nedeniyle mısırla karşılaştırıldığında zorlu bir iştir. Ayrıca havanın içeri sızmasına neden olan düşük paketleme yoğunluğu da silaj kalitesini düşüren etkenler arasında yer almaktadır (Jia ve ark., 2021; Kuter ve ark., 2023). Bu dezavantajlarına rağmen yulaf hasılı silajı özellikle süt sığırcılığı işletmelerinde kullanılan oldukça önemli bir kaba yem kaynağıdır.

Baklagillerle birlikte özellikle de fiğ ile karışık olarak ekimi oldukça yaygın bir uygulamadır (Tanrikulu ve ark., 2020). Manninen ve ark. (2005), tam tahıllı yulaf silajının olgun etçi ineklerin enerji ve protein ihtiyaçlarını karşılayabildiğini belirlemişlerdir.

Yulaf, suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin düşük olması nedeniyle kolay silolanabilen bir ürün değildir ve aerobik bozulmaya karşı da hassas bir materyaldir (Jia ve ark., 2021). Bu nedenle böylesi ürünlerin silaj kalitesinin iyileştirilmesi, yem değerinin artırılması ve uzun süreli muhafaza edilebilmesi için etkili silaj yapım stratejileri uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu stratejilerin başında ise silajlarda laktik asit üretimini arttırarak fermentasyon, kalite, yem değeri ve aerobik stabiliteyi iyileştiren inokülant katkılarından faydalanma ön plana çıkmaktadır (Çayıroğlu ve ark., 2020; Soundharrajan ve ark., 2021; Zeinebou, 2022).

Silaj katkı maddeleri, onlarca yıldır ruminant yemlerinin korunmasında en kapsamlı olarak incelenen teknolojilerdir. Günümüze kadar, silaj yapımında daha güvenilir ve daha verimli uygulamalar elde etmek için en etkili inokülant maddesini arama konusunda sürekli çaba sarf edilmiştir. Laktik asit bakterileri (LAB), yem biyokütlesinin besin değerini koruma, patojenik büyümeyi ve bozulmayı engellemedeki etkinlikleri nedeniyle uzun süredir silaj inokülant maddesi olarak kullanılmaktadır (Filik ve Filik, 2021; Irawan ve ark., 2021).

Fermentasyon ürünleri ve sağladığı faydalarına göre yaygın olarak kullanılan üç tür LAB inokülantı vardır (Bernardi ve ark., 2019):

(i) Zorunlu homofermentatif (Örneğin; *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus farciminis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus bovis*, *Lactobacillus lactis*),

(ii) Fakültatif heterofermentatif (Örneğin; *Lactobacillus alimentarius*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus paralimentarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*),

(iii) Zorunlu heterofermentatif LAB (Örneğin; *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus reuteri*).

Birinci ve ikinci gruplar, kolay çözünebilir karbonhidratların dönüşümünden laktik asit üreterek pH'yı ve zararlı mikropları hızla azaltabildikleri için besin madde kaybını korumada faydalıdır. Öte yandan, zorunlu heterofermentatif LAB yalnızca laktik asit üretmekle kalmaz, aynı zamanda antifungal olarak etkili olan ve aerobik stabiliteyi uzatan organik asit (yani asetik asit, formik asit), karbondioksit ve etanol de üretirler

(Bernardi ve ark., 2019; Irawan ve ark., 2021). Homofermentatif LAB ile inokülasyon, homolaktik fermentasyonu artırma ve silaj pH'sını düşürme, istenmeyen bakterilerin büyümesini engelleme amacına sahiptir ve sonuçta kuru madde (KM) kayıplarının azalmasına neden olabilir. Heterofermentatif LAB ile aşılama, maya büyümesini engelleyen bir antifungal bileşik olan asetik asit üretimini artırarak silajın aerobik stabilitesini iyileştirmek için kullanılır (Acar, 2023; Bernardi ve ark., 2019).

Son yıllarda silajlarda fermentasyonun seyrini ve kaliteyi iyileştirmek, elde edilen ürünün yem değerini arttırmak amacıyla *L. plantarum*, *L. buchneri*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *P. acidilactici* gibi laktik asit bakteri suşları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bakteri suşları kullanım amacına göre tek başlarına kullanılabilirdiği gibi homofermentatif ve heterofermentatif karakterdeki suşların bir kombinasyonu halinde de kullanılabilir (Acar, 2023; Bernardi ve ark., 2019; Irawan ve ark., 2021; Zeinebou, 2022). *P. acidilactici* de homofermentatif karakterde bir bakteri olup, silaj yapımında yaygın olarak kullanılan bir bakteri türüdür. Bu bakteri suşu ilave edildikleri silajlarda hızlı bir şekilde laktik asit üreterek pH'nın düşmesini sağlamaktadır. Bu sayede ortamda istenmeyen *colostrodia*, *enterobakteri*, maya ve küf gelişimi önlenmekte, silajda meydana gelebilecek olası besin madde kayıpları da önlenmektedir.

Yulaf hasılı silajında silaj fermentasyonu, mikroorganizma gelişimi, yem değeri, aerobik stabilite ve besin maddelerinin sindirilebilirliği konularında yapılmış araştırma sayısı oldukça sınırlıdır. Dahası söz konusu silaja *P. acidilactici* ilavesi ile yapılmış herhangi bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışma yulaf silajına farklı konsantrasyonlarda *P. acidilactici* ilavesinin fermentasyon, fiziksel ve kimyasal özellikler, yem değeri, aerobik stabilite ve *in vitro* sindirilebilirlik üzerine etkilerini belirlemek amacıyla planlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gürdoğan ve Erişir (2015), farklı yöntemler kullanılarak kuru madde düzeyleri artırılan körpe yulaf hasılının, besi performansı ve karkas özellikleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, körpe halde biçilen silajlık materyalin kuru madde düzeyinin artırılmasının, koyunlarda besi performansı ve karkas özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Plastik kova veya vakumlu torbalarda *Lactobacillus buchneri* ve *Pediococcus pentosaceus* inoküle edilmiş veya edilmemiş yulaf silajlarında besin meddeleri ve mikroorganizma içeriğini değerlendiren Romero ve ark. (2017), bakteriyel inokulant uygulamasının her iki silaj kabında da silajların aerobik stabilitesini arttırdığını, NDF ve maya sayısını azalttığını, KM ve OM içeriğini etkilemediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar silajın bakteriyel topluluğunda meydana gelen değişimle birlikte aşılamanın yulaf silajı kalitesini kısmen iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2018), farklı LAB (*L. plantarum*, *L. coryniformis*, *P. pentosaceus*, *P. acidilactici*, *L. paraplantarum* ve *L. casei*) suşlarının yulaf silajı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada tüm suşların silaj kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Beyaz yulaf silajının aerobik stabilitesi, besin değeri, fermantasyon ve mikrobiyolojik profilleri üzerine inokulant ilavesinin etkilerini değerlendiren Garcez Neto ve ark. (2018), *L. plantarum*, *P. acidilactici* ve amilaz enzim ilavesinin, yulaf silajlarının aerobik stabilitesini, besin değerini, fermantasyon ve mikrobiyolojik profillerini iyileştirmedeğini bildirmişlerdir.

Zhao ve ark. (2018) yulaf silajına iki farklı ticari mikrobiyal laktik asit bakteri karışımı inoküle ettikleri çalışmalarında, silajların laktik asit bakteri konsantrasyonunun kontrole göre on kat arttığını, pH'nın düştüğünü, maya sayısının azaldığını, aerobik stabilitenin belirgin bir şekilde iyileştiğini, kuru madde ve NDF sindirilebilirliğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Gomes ve ark. (2019), yulaf hasılına soldurma ve *L. buchneri* bakterisi inokülasyonunun silaj fermentasyon kayıpları ve aerobik stabilite üzerindeki etkileri araştırdıkları çalışmalarında, silajların aerobik stabilitesinin arttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, fermentasyon kayıplarını arttırdığı gerekçesi ile 300 g/kg'ın altında kuru madde içeren silajlık yulaf materyaline *L. buchneri* inoküle edilmesini önermemişlerdir.

Wang ve ark. (2019), *L. plantarum* inokülasyonunun yulaf silajında, LAB sayısını ve in vitro kuru madde sindirilebilirliğini kontrole göre artırdığını, pH ve istenmeyen mikroorganizma sayısını ise düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Meeske ve ark. (2002), büyük balya yulaf silajına enzim (selülaz, hemiselülaz ve amilaz) içeren laktik asit bakteri karışımı (*L. plantarum*, *Streptococcus faecium* ve *P. acidilactici*) inokülant eklenmesinin silajın besin maddeleri bileşimi ve Jersey ineklerinin silaj tüketimi, süt üretimi ve bileşimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Dokuz aylık depolama sonrasında silajların KM içeriği kontrol ve aşılansız yulaf silajlarında 317 ve 328 g/kg KM ($P > 0.05$), pH içerikleri ise sırasıyla 4.56 ve 4.52 ($P > 0.05$) olarak belirlenmiştir. Silajların in vitro organik madde sindirilebilirliği, ham protein, nötr deterjan lifi ve asit deterjan lifi içerikleri aşılansızdan etkilenmemiştir ($P > 0.05$). Araştırmacılar inoküle edilmiş silajla beslenen ineklerin süt veriminin, kontrol silajıyla beslenen ineklerin verimlerine göre arttığını da bildirmişlerdir (16.7 ye karşı 17.7 kg).

Irawan ve ark. (2021) yaptıkları bir araştırmada, inokülant uygulamasının yulafın fermantasyon sürecini iyileştirdiğini belirlemişlerdir.

Jia ve ark. (2021), üç izole laktik asit bakterisi (*L. plantarum* (LP), *L. rhamnosus* (LR) ve *L. buchneri* (LB)) inokülasyonunun düşük kuru madde içeren tam mahsul yulaf silajlarının silaj yapım özellikleri, aerobik stabilitesi ve in vitro sindirilebilirliği üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. LP ve LR ile muamele edilen silajlar, kontrol ve LB ile muamele edilen silajlardan daha düşük pH değerleri ve daha yüksek Flieg puanı sergilemişlerdir. Yedi günlük aerobik stabilite testi sonrasında, kontrol ve LB muameleleri, LP ve LR muamelelerinden daha yüksek aerobik stabilite göstermişlerdir. LB ve LR inokülantları silajların in vitro kuru madde sindirilebilirliğini iyileştirmiştir.

Farklı sıcaklık değerleri (25, 35 ve 45 °C) altında SLI (*L. plantarum* ve *P. acidilactici*) ve bir HT1 suşu (*L. rhamnosus*) inokülasyonunun yulaf silajındaki etkilerini inceleyen Chai ve ark. (2022), 25 °C'de depolamanın, 35 °C veya 45 °C'de silolanandan daha iyi fermantasyon kalitesine sahip olduğunu gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, normal atmosfer sıcaklığında (25 °C) yulaf silajının 60 günlük fermentasyonundan sonra kontrol, SLI ve HT1 uygulamasının silajlarını KM içeriğinde farklılık oluşturmadığını, pH ve maya içeriğinin kontrole göre düştüğünü bildirmişlerdir.

Dakheel (2022), yulaf (*Avena sativa* L.) bitkisinden hazırlanan silajlara *Lactobacillus plantarum* inokülasyonunun silaj fermantasyonu, mikroorganizma gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkilerini araştırmışlardır. *Lactobacillus plantarum*

inokülasyonu silajların pH, ADF ve NDF düzeylerini kontrol grubuna göre düşürmüş, toplam çözünebilir madde miktarını etkilememiştir. Araştırmacı, inokülasyon uygulaması ile maya ve küf oluşumunun kontrol grubuna göre önemli ölçüde engellendiğini de bildirmişlerdir.

Xiong ve ark. (2022), farklı bakteri (*Lactiplantibacillus plantarum*, LP; *Lacticaseibacillus rhamnosus*, LR; *Lacticaseibacillus paracasei*, LC; ve *Propionibacterium acidipropionici*, PP) katkı maddelerinin yulaf silajının fermantasyon kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, LP ve LR'nin güçlü laktik asit sentez kapasitesi gösterdiğini ve bunun da kontrol grubu ile karşılaştırıldığında daha düşük pH meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, LP'nin yüksek kaliteli yulaf silajı üretmek için LR, LC veya PP'den daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Zeinebou (2022), macar fiğ, yulaf karışımı silajlara *L. brevis* inokülasyonunun fermantasyon, aerobik stabilite ve mikroorganizma gelişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmacı, *L. brevis* ilavesinin silajlarda istenmeyen mikroorganizma gelişimini önemli ölçüde engellediğini, silajların fermantasyon özellikleri ve aerobik stabilitelelerini iyileştirdiğini bildirmiştir.

Tahir ve ark. (2023), yulaf silajında homofermentatif *L. plantarum* ve *L. rhamnosus* bakterilerinin fermantasyonun 1, 3, 7, 14 ve 60 günlerindeki profili üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, LAB inokülasyonunun yulaf silajının 60 günlük fermantasyonundan sonra pH değerini 3.95'e kadar düşürdüğünü belirlemişlerdir. Araştırmacılar yulaf silajının KM içeriğinin LAB inokülasyonundan etkilenmediğini ve 60. günde KM içeriğinin %24.75 ile %26.86 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. *L. rhamnosus* inoküle edilen yulaf silajlarının diğer gruplardan daha düşük NDF (%54.60 KM) ve ADF (%39.73 KM) içeriği gösterdiği, fermantasyon süresince LAB türlerinin baskın bakteri türü haline geldiğini, koliform bakterisi ve maya varlığına rastlanmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca yulaf silajında *L. rhamnosus* inokülasyonunun daha iyi sonuçlar verdiğini de vurgulanmıştır.

Sun ve ark. (2023), yulaf silajında LI1 (*L. plantarum*, *Lentilactobacillus buchneri*, *L. paracasei* ve *P. acidilactici*) ve LI2 (*L. plantarum* ve *L. buchneri*) olmak üzere iki farklı ticari bakteri karışımının etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, LAB inokülasyonunun kontrole göre fermantasyon kalitesini iyileştirdiğini, pH'yı hızlı bir şekilde düşürdüğünü, fermantasyonun erken aşamalarında silaj içerisinde *P. acidilactici*'nin daha baskın bir bakteri türü haline geldiğini ve bunun bir sonucu olarak LAB'nin tamamının baskın hale geldiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak,

yulaf silajına LAB inoküle edilmesinin daha kaliteli ve daha güvenilir fermente silaj üretimi sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Kuter ve ark. (2023), farklı sürelerde soldurdıkları yulaf hasılı silajına laktik asit bakteri kombinasyonu (*L. plantarum*, *P. acidilactici*, *P. pentosaceus*, *P. acidipropionici*) ve enzim kombinasyonu (alpha-amylase, cellulase, beta-glucanase, xylanase) karışımından oluşan bir inokülant ilavesinin, silajın fiziko-kimyasal özellikleri, besin madde içeriği ve yem değeri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, inokülant ilavesinin yulaf silajının kalitesi, besin madde içeriği ve yem değerleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar kontrol dahil tüm muamele gruplarına ait flieg skoru değerlerini 73.80 ile 84.04 arasında değerler olarak bildirmişlerdir.

Çayıroğlu (2025a), yulaf silajına farklı dozlarda *L. brevis* ilavesinin silajın fiziksel ve kimyasal özellikleri, aerobik stabilitesi, *in vitro* organik madde sindirilebilirliği ve enerji değeri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı, yulaf silajına *L. brevis* inoküle edilmesinin, silajların laktik asit bakterileri sayısını artırdığını ve silajın nihai pH'sını düşürdüğünü bildirmiştir. Araştırmacı, *L. brevis* inoküle edilmesinin silajların organik madde, asit deterjan lifi ve nötr deterjan lifi içeriklerini kontrole göre azalttığını, kuru madde ve ham protein içeriğini artırdığını belirlemiştir. Araştırmacı ayrıca, *L. brevis* inoküle edilmesinin, yulaf silajının aerobik stabilitesini, *in vitro* organik madde sindirilebilirliğini ve metabolize edilebilir enerji değerini etkilemediğini de bildirmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Silaj materyali

Bu çalışmanın bitki materyali silajlık yulaf hasılı Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanlarında (1090 m rakım, 39°08'K ve 34°06'D) yetiştirilmiştir. Bitki haziran ayında daneler hamur olum döneminde (yaklaşık %35-40 KM içeriğinde) elle hasat edilmiştir. Silaj materyalinin kullanıma hazırlanması, silajın yapılması ve tüm analizler Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Hayvansal Biyoteknoloji ve Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Laboratuvarı imkânları kullanılmıştır.

3.1.2. İnokülan materyali

Silajlarda katkı maddesi olarak başka bir çalışmada (Erdem ve ark., 2021) ev yapımı turşulardan izole edilmiş homofermantatif bir laktik asit bakterisi olan *P. acidilactici* MF098795 suşu kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Silajların hazırlanması ve grupların oluşturulması

Silaj yapılacak yulaf hasılı silaj yapılmak üzere laboratuvara getirilmiş ve laboratuvar tipi doğrayıcı ile yaklaşık 4.0-6.0 cm boyutlarında doğranmıştır. Hazırlanan silaj materyalleri, her biri 500 g materyal içeren, günlük oksijen geçirgenliği 1.13 cc/m² olan, 1 litre kapasiteli, 250 × 200 mm ebatlarında PVC torbalara çift kat olarak doldurulmuştur. Doldurulan torbalar muamele gruplarına göre inokülan ilave edilerek vakumlu kapatıcı ile kapatılmış ve 22-26 °C ortam sıcaklığında 60 gün fermentasyona bırakılmıştır.

Katkı maddesinin silajlara uygulanma şekli ve gruplar şu şekilde oluşturulmuştur. Yulaf hasılı kontrol (YHK), 500 g doğranmış yulaf tartılarak plastik torbalara alınmıştır. Plastik torbalara alınan materyal üzerine, steril enjektör yardımıyla, her 1 kg taze materyale 1 mL olacak şekilde 10⁶, 10⁸ ve 10⁹ oranında *P. acidilactici* bakterisi püskürtülmüştür. Araştırmada her muamele grubunda 5 tekrerrül olacak şekilde, yulaf hasılı kontrol (YHK), 10⁶ kob/kg KM *P. acidilactici* inoküle edilmiş yulaf hasılı (YHPA6), 10⁸ kob/kg KM *P. acidilactici* inoküle edilmiş yulaf hasılı (YHPA8), 10⁹ kob/kg KM *P. acidilactici* inoküle edilmiş yulaf hasılı (YHPA9) muamele grupları

oluşturulmuştur. Her bir muamele grubu beş tekerrür olarak hazırlanmış ve bunlardan üçü şansa bağlı olarak analizde kullanılmıştır.

Hazırlanan silajlar 60 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda açılan silajlardan örnekler alınarak fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik analizler ile birlikte aerobik stabilite testine tabi tutulmuş, *in vitro* organik madde sindirilebilirliği ve enerji değerleri belirlenmiştir.

3.2.2. Kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizler

3.2.2.1. Kuru madde ve ham kül analizi

Silajların kuru madde ve ham kül içerikleri AOAC (2000)'de belirtildiği gibi yapılmıştır. Beş g örnek darası alınmış alüminyum kap içerisinde etüve yerleştirilmiş ve 105 °C derecede sabit tartım ağırlığına gelene kadar bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulan örnekler etüvden alınan desikatöre içerisine yerleştirilmiş ve oda sıcaklığına gelene kadar soğuması sağlanmıştır. Daha sonra tartım işlemi yapılmıştır. Hesaplama aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$\% \text{ Kuru Madde} = ((C-A) \times 100) / (B-A)$$

A= Kap darası, g.

B= Kurutma işlemi öncesindeki kap + örnek ağırlığı, g.

C= Kurutma işlemi sonunda kap + örneği ağırlığı, g.

Ham kül (%): Beş g örnek alınarak daha önce kül fırınında kurutulup desikatörde soğutulmuş ve darası alınmış porselen kroze içerisine yerleştirilmiştir. Örnek rengi açık gri renkten beyaz tona gelinceye kadar kül fırınında, derecesi kademe kademe arttırılarak 550 °C dereceye gelinceye kadar 3-3.5 saat yakılmıştır. Yakılan örneklerde kömürleşme olmamasına dikkat edilmiştir. Kül fırınının sıcaklığı tekrar 100 °C'ye kadar yine kademe kademe düşürülerek krozeler desikatöre alınmış ve soğuduktan sonra ağırlıkları alınmıştır. Hesaplama aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$\% \text{ Ham Kül} = (C-A/B-A) \times 100$$

A: Boş kroze ağırlığı, g.

B: Boş kroze ağırlığı + örnek ağırlığı, g.

C: Yakma işleminden sonraki kroze ağırlığı + içindeki kül ağırlığı, g.

3.2.2.2. Ham yağ analizi

Silaj örneklerinin eter ekstrakt (EE) da denilen ham yağ içeriği AOCS (2005)'e göre ANKOM XT15 Ekstraksiyon Sistemi kullanılarak belirlenmiştir.

Öğütülmüş 0.5 g örnek alınarak özel TX4 Ankom yağ analiz torbalarına yerleştirilmiş ve ağızları sealer cihazı ile mühürlenerek kapatılmıştır. Daha sonra ANKOM TX15 Ekstraksiyon Cihazı içerisine yerleştirilen torbaların üzerine hekzan ilave edilerek örnek bünyesindeki yağ ve yağ benzeri maddeler ayrıştırılmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra içerisinde örnek bulunan torbalar tekrar tartılmıştır. İlk ve son tartım arasındaki farktan yararlanarak % ham yağ miktarı belirlenmiştir. Hesaplama aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

$$\% \text{ Ham Yağ} = 100 \times (W2 - W3) / W1$$

W1 : Örnek ağırlığı, g.

W2 : Ekstraksiyondan işleminden önceki örnek ve torba ağırlığı, g.

W3 : Ekstraksiyondan işleminden sonraki örnek ve torba ağırlığı, g.

3.2.2.3. Ham protein analizi

Silajların ham protein analizi Kjeldahl Prosedürü kullanılarak toplam nitrojen içeriği AOAC (2000) göre belirlenmiştir. Silaj örnekleri 1 mm elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden 1 g örnek alınarak Kjeldahl tüpüne yerleştirilmiş ve içerisine katalizör ilave edilmiştir. Üzerine derişik 12.5 ml derişik H₂SO₄ ilave edilmiştir. Tüp içerisine materyal yapışmaması için azami özen gösterilmiştir. Aynı işlemler yem materyali konmadan da tekrar edilerek kör çalışma yapılmıştır. Örnekler 45-60 dakika süre ile 380-420 °C'de yağ yakma işlemine tabi tutulmuştur. Yakma işlemi bittiğinde tüpler soğumaya bırakılmıştır. 300 ml'lik erlen içerisine 50 ml %2'lik borik asit ve üzerine 3 damla indikatör damlatılmış ve damıtma aygıtının soğutucu kısmına yerleştirilmiştir. Soğumuş olan Kjeldahl tüpleri içerisine 50 ml saf su ve 75 ml %40'lık NaOH çözeltisi eklenmiş ve distilasyon işlemi başlatılmıştır. Bu aşamada ortaya çıkan amonyak, borik asit ile birleşerek amonyum borat meydana gelmiştir. Bu işlem sonucuna bordo renk yeşil renge dönüşmüştür. İşlem erlen içerisinde 150-200 ml sıvı birikinceye kadar devam etmiştir. İşlem tamamlandığında erlen içerisindeki sıvı üzerine 0.1 N HCl ile yeşil renk pembe renge dönüşünceye kadar titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Titrasyonda harcanan HCl miktarı kullanılarak aşağıdaki formül ile %HP içeriği belirlenmiştir.

$$\% \text{ HP} = [(K) * (V) * (N) * (f\text{HCl}) * (100)/(M) * (1000)] * (fp)$$

K: 14.007 (Azotun atom ağırlığı).

V: Kullanılan HCl, ml.

N: HCl'in normalitesi, 0.1 N.

fHCl: 0.1 N HCl'in faktörü.

fp: Protein dönüşüm faktörü (Yemlerde 6.25).

M: Tartılan örnek miktarı, g.

3.2.2.4. Ham selüloz, nötr deterjan lifi (NDF) ve asit deterjan lifi (ADF) analizi
Silajların ham selüloz (HS), nötr deterjan lifi (NDF) ve asit deterjan lifi (ADF) değerleri, Van Soest ve ark. (1991) yöntemine göre ANKOM 200 Selüloz Analiz Cihazı (ANKOM Technology Corp. Fairport, NY, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

Kuru maddesi belirlenmiş örneklerden 0.5 g örnek alınarak özel F57 Ankom lif torbalarına yerleştirilmiş ve ağızları sealer mühürleme cihazı ile mühürlenmiş ve analiz cihazı içerisine yerleştirilmiştir. Cihaz içerisindeki çözeltilere maruziyetten sonra işlem tamamlandığında ilk ve son tartım arasındaki farktan yararlanılarak ham selüloz %ADF ve %NDF değerleri belirlenmiştir. ADF analizinde kullanılan torbaların karışmasını önlemek için asitlere karşı dayanıklı boya içeren kalem ile numaralandırılmıştır. Kullanılan malzeme kaynaklı hataları elemine etmek amacıyla analizlerde numune içermeyen kör torbalar da kullanılmıştır. Torbaların hazırlığı tamamlandığında, sülfirik asitte FAD20C kimyasalının çözdürülmesiyle hazırlanan çözelti, cihaz içerisine dökülmüş ve cihaz 60 dakika boyunca çalıştırılmıştır. Süre sonunda çözelti tahliye edilmiştir. Tahliye işleminden sonra raf torbalarının üst seviyesini geçecek şekilde 80-90 °C sıcaklığında su eklenmiş ve cihaz 5 dakika çalıştırılmıştır. Bu işlem iki kez tekrar edilmiş ve torbaların rahat alınabilmesi için üzerlerine çeşme suyu ilave edilmiştir. Hazneden alınan torbalar hafifçe sıkılmış, 250 ml'lik beher içerisine yerleştirilmiş ve torbaların üzerini kapatacak şekilde aseton ilave edilmiştir. Bu şekilde 3 dakika beklenmiştir. Torbalar daha sonra 105 °C'de etüvde 2-4 saat süre ile kurutulmuştur. Bu süre sonunda desikatöre alınan örnekler oda sıcaklığına geldiğinde tartılmıştır. Tartım sonrası hesaplamalar şu şekilde yapılmıştır:

$$\text{ADF, \% KM} = [W3 - (W1 \times C1) \times 100] / W2 \times \text{KM}$$

W1: F57 torbasının darası, g.

W2: Örnek ağırlığı, g.

W3: Kurutma işleminden sonra örnek + torbanın ağırlığı, g.

C1: Kurutma işleminden sonra kör torba ağırlığı, g.

NDF ve ADF analizlerinde yapıldığı gibi örnekler cihaza yerleştirilmiştir. Daha sonra üzerine gerekli miktarlarda trietilen glikol, sodyum sülfid ve alfa amilaz çözeltisi eklenmiştir. Cihazda 75 dakika işlem yapıldıktan sonra çözelti tahliye edilmiştir. Tahliye işleminin ardından cihaz içerisine katlı raf, torbaları geçecek şekilde 80-90 °C sıcak su eklenmiş ve cihaz 5 dakika süre ile çalıştırılmıştır. Bu işlem iki kez tekrar edildikten sonra torbaların kolaylıkla alınabilmesi için üzerine aynı seviyede çeşme suyu ilave edilmiştir. Torbalar alınarak hafifçe sıkılmış ve 250 ml'lik beher içerisine yerleştirilmiştir. Üzerine torba seviyesini geçecek kadar aseton ilave edilmiş ve 3 dakika beklenmiştir. Torbalar daha sonra 105 °C'de etüvde 2-4 saat süresince kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra desikatöre alınan torbalar soğuduktan sonra tartılarak veriler kaydedilmiştir. NDF içeriği aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{NDF, \% KM} = [W3 - (W1 \times C1) \times 100] / W2 \times \text{KM}$$

W1: Ankom F57 lif torbasının darası, g.

W2: Örnek ağırlığı, g.

W3: Kurutulmuş örnek + torbanın ağırlığı, g.

C1: Kurutulmuş kör torba ağırlığı, g.

Ham selüloz (HS) için F57 Ankom torbalara 0.5 g örnek tartılmış ve ağızları sealer ile mühürlenmiştir. Örnekler katlı raflara yerleştirilmiş ve cihaz içerisine 0.255±0.005 N H₂SO₄ çözeltisi ilave edilmiş ve cihazın kapağı kapatılmıştır. Cihaz yaklaşık 40 dakika çalıştırılmıştır. Bu süre sonunda cihaz içindeki çözelti tahliye edilmiş ve cihaz içerisine torbaların seviyesini geçecek kadar yaklaşık 80-90 °C sıcaklığında su eklenerek 5 dakika daha çalıştırılmıştır. Sülfürik asit çözeltisinde yapılan işlemler 0.313±0.005 N NaOH çözeltisi için de tekrarlanmıştır. Daha sonra torbalar hafifçe sıkılmış ve 250 ml'lik beher içerisine konularak üzerine aseton ilave edilmiştir. Asetonda 3 dakika bekletildikten sonra önceden hazırlanmış krozelere dara ve örnek ağırlıkları tartılarak yerleştirilmiştir. Krozeler 105 °C'deki etüvde 2-4 saat süre ile bekletilerek kurutulmuştur. Bu süre sonunda krozeler desikatöre alınmış ve soğutulduktan sonra tartılarak veriler kaydedilmiştir. Daha sonra krozeler içerisindeki torbalarla birlikte 600 °C'de kül fırınında

2 saat süre ile yakılmıştır. Yakmadan sonra desikatöre alınan örnekler soğuduktan sonra tartılmış ve sonuçlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Ham selüloz, \%} = 100 \times [W3 - (W1 \times C1)] / W2$$

W1: Ankom F57 torbasının ağırlığı, g.

W2: Örnek miktarı, g.

W3: Organik madde miktarı, g.

C1: Boş torba faktörü.

3.2.2.5. pH analizi

Silajların pH değerleri elektronik pH metre (Eutech Instruments pH 700, Nijkerk, Netherlands) kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için 10 gr silaj örneği alınarak üzerine 100 ml distile su ilave edilmiştir. Üç dakika süre ile karıştırıldıktan sonra süzülerek 0.01 hassasiyetli dijital göstergeli elektronik pH metre ile örneklerin pH'sı belirlenmiştir (Canbolat, 2019).

3.2.2.6. Flieg scoru hesaplanması

Örneklerin KM ve pH değerlerine dayanan Flieg skoru (FS) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Kılıç, 2006).

$$FS=220+(2*\%KM-15)-40*pH$$

3.2.2.7. Toplam çözünebilir madde analizi

Silajların toplam çözünebilir maddeleri (TÇM) içeriği ayrıntıları Çayıroğlu (2025b) tarafından açıklandığı şekilde yapılmıştır. Buna göre analiz için %0.2 Brix hassasiyetinde bir dijital refraktometre (HI 96801, Hanna Instruments) kullanılmış olup silaj örneklerinden birkaç damla dijital refraktometrenin yüzeyine damlatılmış ve dijital ekranda görünen değer yüzde brix (% Bx) olarak kaydedilmiştir.

3.2.2.8. Nispi yem değeri

Silajların nispi yem değerinin hesaplanmasında kullanılan sindirilebilir kuru madde (SKM) içeriği ve kuru madde tüketimi (KMT) değerleri (NRC, 2001)'de verilen aşağıdaki denklemlerle belirlenmiştir. Nispi yem değeri (NYD) Kılıç ve Abdİwali (2016) tarafından önerilen aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{SKM (Sindirilebilir Kuru Madde, \%)} = 88.9 - [0.799 \cdot \text{ADF}\%]$$

$$\text{KMT (Kuru Madde Tüketimi, \%)} = 120 / [\text{NDF}\%]$$

$$\text{NYD (Nispi yem değeri)} = [\text{SKM} \cdot \text{KMT}] / 1.29$$

3.2.2.9. Aerobik stabilite testi

Silaj örneklerinde aerobik stabilite testi Ashbell ve ark. (1991)'na göre yapılmıştır. Bu amaçla 1.5 litrelik polietilen su şişesi (polietilen tereftalat) ve 600 mL'lik cam beher kullanılmıştır. Polietilen şişelere 200 g örnek tartılmış, şişenin kapak ve dip kısmına O₂ girişi çıkışına izin veren 1 cm çapında delikler açılmıştır. Silaj bu kısma gevşek bir şekilde yerleştirilmiştir. Aparatın alt kısmını oluşturan cam behere 100 mL %20 potasyum hidroksit (KOH) konulmuştur. Sistemde gaz değişimi sadece üst kısımdaki delikten sağlanmıştır. Aparat bu şekilde laboratuvar koşullarında 5 gün tutulmuştur. Aerobik maruziyet sırasında üretilen CO₂, KOH içine emilmiş olup, burada biriken CO₂, 1 N HCl ile titre edilerek belirlenmiştir. Çok yavaş bir şekilde yapılan tirasyon esnasında pH metre ile sürekli pH kontrolü yapılmıştır. pH'nın 8.1'den 3.6'ya düşüncüye kadarki harcanan HCl miktarı belirlenmiştir. Silajların CO₂ üretim miktarları aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

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

T: Titrasyonda harcanan HCl miktarı (ml).

V: Beher içerisine yerleştirilen %25KOH çözeltisinin hacmi (ml).

A: Behere içerisine ilave edilen KOH miktarı (ml).

TM: Örnek miktarı (kg).

KM: Silajın kuru maddesi (g/kg).

3.2.2.10. Renk özellikleri

Silajların rengine ait CIELab renk değerleri Konica-Minolta CR-410 kolorimetre (Minolta Camera Co., Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için silajların 4 farklı yerinden L^* , a^* ve b^* renk değerleri ölçülmüştür. Bu değerler şu ölçeklerde kaydedilmiştir: (L^*) parlaklık (0: siyah, 100: beyaz), (a^*) kırmızıdan yeşile ($+a^*$: kırmızı, $-a^*$: yeşil) ve (b^*) sarıdan maviye ($+b^*$: sarı, $-b^*$: mavi). Belirlenen a^* ve b^* değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki formül ile Kroma değeri (C^* , doygunluk indeksi) hesaplanmıştır (King ve ark., 2023).

$$\text{Kroma değeri [(C*, doygunluk indeksi) = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}}]$$

3.2.2.11. Mikrobiyolojik analizler

Silajlardaki laktik asit bakteri, maya ve küf sayıları Seale ve ark. (1990) tarafından açıklanan plak sayım yöntemi ile belirlenmiş ve koloni sayıları logaritmik olarak (\log_{10} kob/g) ifade edilmiştir. On g silaj numunesi steril 90 mL %0.85 NaOH çözeltisi içinde karıştırılarak bir stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden logaritmik serilerde dilüsyonlar hazırlandıktan sonra steril petri kaplarına ekim yapılmıştır. LAB'nin inkübasyon ortamı olarak MRS agar (mikrobiyoloji için de Man, Rogosa ve Sharpe'ye göre Merck Lactobacillus Agar), küf ve maya için malt özü agar (MEA, Merck, Darmstadt, Almanya) kullanılmıştır. Hazırlanan petri kapları 30 °C'de 3 gün süre ile inkübasyona bırakıldıktan sonra petri kaplarında gelişen *Lactobacillus* spp., maya ve küf kolonilerinin sayısı belirlenmiştir. Belirlenen *Lactobacillus* spp, maya ve küf sayıları logaritmik koliform birimine (\log_{10} kob/g) dönüştürülmüştür.

3.2.3. *In vitro* sindirilebilirlik ve enerji değerinin belirlenmesi

Silajların *in vitro* sindirilebilirlik özelliklerinin belirlenmesinde ayrıntıları Menke ve Steingass (1988)'de açıklanan ve Filik (2020) tarafından modifiye edilmiş yöntemle göre ANKOM^{RF} gaz üretim sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Sistemde oluşan gaz üretim miktarı (GÜ), silajların metabolize edilebilir enerji içeriği (ME_{gp}) ve net enerji laktasyon (NE_L) içeriğinin belirlenmesinde temel veri olarak kullanılmıştır.

Analizlerde kullanılan rumen içeriği Kırşehir Et Mezbahasında kesilen ve %65 konsantre + %35 yonca otu ile hazırlanmış rasyonla beslenen, 24-30 aylık, canlı ağırlığı 450-500 kg olan 3 adet erkek Montofon boğadan elde edilmiştir. İçerik, ilk olarak 2 mm²'lik plastik süzgeçten geçirilmiş ve 39 °C'ye ayarlı ve karbondioksitle doldurulmuş bir termosaya yerleştirilerek 15 dakika içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Sıcaklık ve pH kontrolleri (6.23-6.28) yapıldıktan sonra dört katlı tülbenkten süzülerek taze olarak analizler için hazır hale getirilmiştir.

Sistemde kullanılmak üzere, Menke ve Steingass (1988) göre tampon çözelti hazırlanmıştır. Tampon çözeltisi tamponlu rumen sıvısı oluşturulmasında kullanılmıştır. Tamponlu rumen sıvısı oluşturmak için 4:1 oranında yapay tükürük çözeltisi vasat ve rumen sıvısı kullanılmıştır. Bunun için 80 mL yapay tükürük çözeltisi ve 20 mL rumen sıvısı karıştırılmıştır. Tampon çözelti 499.3 mL distile su, 250 mL makro mineral

çözeltisi, 0.12 mL mikro mineral çözeltisi, 250 mL tampon çözelti, 1.25 mL rezazurin çözeltisi ve 24 mL redüksiyon çözeltisinden oluşturulmuştur (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Yapay tükürük çözeltisi vasatın hazırlanmasında kullanılan çözeltiler

Solüsyon	Kimyasal Madde	Miktar (g)
Makro Mineral Çözelti	Na ₂ HPO ₄	1.55
	MgSO ₄ .7H ₂ O	0.15
	Na ₂ HPO ₄	1.425
	Distile su	200 mL
Mikro Mineral Çözelti	CaCl ₂ .2H ₂ O	0.66
	MnCl ₂ .4H ₂ O	0.5
	CoCl ₂ .6H ₂ O	0.05
	FeCl ₂ .6H ₂ O	0.49
	Distile su	5 mL
Tampon Çözelti	NaHCO ₃	8.75
	(NH ₄).HCO ₃	1
	Distile su	250 mL
Resazurin Çözeltisi	Resazurin	1.25g
	Distile su	125mL
Redüksiyon Çözeltisi	1.0 N NaOH	1 m
	Na ₂ Sx7H ₂ O	156.25
	Sistein-HCl	156.25
	Distile su	24mL

Yemlerin gaz üretimini belirleyebilmek için 250 mL hacimli cam şişe modüllerden yararlanılmıştır (Şekil 1). Üç tekerrürlü olacak şekilde cam şişelerin içerisine her bir örnekten 1 g yem örneği tartılmıştır. Gaz oluşumu için şişelerin içerisine 20 mL rumen sıvısı ve 80 mL çözelti karışımından oluşan tamponlu rumen sıvısı eklenmiştir. Rumen sıvısıyla birlikte kullanılan çözelti 474 mL saf su + 237 mL makro mineral + 0.12 mL mikro mineral çözeltisi + 237 mL tampon çözelti + 1.22 mL rezazurin ve 47.5 mL redüksiyon çözeltilerinden oluşturulmuştur. Bu işlemden sonra tüpler 39 °C'deki çalkalamalı su banyosunda üçüncü kademede inkübasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonucu tüpler içinde açığa çıkan gaz miktarları 24 saat esasına göre belirlenmiş ve bağlı bilgisayara kaydedilmiştir (Şekil 2). Ölçülen gaz basıncı, ideal gaz yasası denklemi (Denklem 1) ile mol birimine ve ardından Avogadro yasası denklemi (Denklem 2) kullanılarak mililitreye (mL) dönüştürülmüştür. Sistemde her bir yem örneği için üretilen gaz miktarları, (Ørskov ve McDonald, 1979), ME değerleri (Blummel ve Ørskov, 1993), ve *in vitro* organik madde sindirilebilirliği (IVOMS) (Menke ve ark., 1979) miktarları aşağıda belirtilen formüller vasıtası ile belirlenmiştir.

$$n = (pV)/(RT) \quad (\text{Denklem 1})$$

$$GP, \text{ mL} = n * 22.4 * 1000 \quad (\text{Denklem 2})$$

n: Üretilen gaz (mol),

p: Basınç, kilopaskal (kPa),
V: Şişedeki boşluk hacmi (L),
T: Sıcaklık (Kelvin, K),
R: Gaz sabiti (8,314472 L·kPa/K/mol).

Üretilen gaz miktarları kullanılarak, silajların *in vitro* organik madde sindirilebilirliği (IVOMS), $ME_{gü}$ ve NE_L değerleri Menke ve Steingass (1988) tarafından tanımlanan aşağıdaki işitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$IVOMS, \% = 14,88 + 0,8893 * GÜ + 0,448 * HP + 0,651 * ash$$

$$ME_{gü}, MJ/kg KM = (2,20 + 0,136 * GÜ + 0,057 * HP + 0,0029 * HP^2)$$

$$NE_L, MJ/kg KM = (0,54 + 0,0959 * GÜ + 0,038 * HP + 0,001733 * HP^2)$$

GÜ: 24 saatlik net GÜ (mL/200mg KM),

HP: Ham protein (%).



Şekil 3.1. ANKOM^{RF} gaz üretim sisteminde şişelerin modül başlıkları



Şekil 3.2. ANKOM^{RF} gaz üretim sisteminde verilerin kaydedildiği sisteme bağlı bilgisayar

3.2.4. Hesaplama yoluyla belirlenen veriler

Hemiselüloz (Hsel) içeriği aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\text{Hsel, \%} = (\% \text{NDF} - \% \text{ADF})$$

Örneklerin organik madde (OM) içeriği aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\text{OM, \% KM} = 100 - \% \text{Ham kül}$$

3.2.5 İstatistiksel analizler

Araştırmada elde edilen sonuçlar SAS 8.2 istatistiksel yazılım programı (SAS, 2001) içerisinde yer alan genel linear model (GLM) prosedürü kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Gruplar arasındaki farklılıklar çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Genç ve Soysal, 2018). Sonuçlar ortalama ve SEM değerleri olarak sunulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan yulaf bitkisinin taze haldeki ham besin maddeleri içeriği Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Taze yulaf bitkisi besin maddeleri içeriği

Özellikler	Doğal halde	KM’de
Kuru madde (g/kg taze bitki)	332.8	1000.0
Organik madde (g/kg KM)	310.1	931.8
Ham Protein (g/kg KM)	37.1	111.5
Ham yağ (g/kg KM)	18.5	55.6
Ham selüloz (g/kg KM)	86.9	261.1
Ham kül (g/kg KM)	22.7	68.2
Nitrojensiz öz maddeler	167.6	503.6
Asit deterjan lif (g/kg KM)	109.3	328.4
Nötr deterjan lif (g/kg KM)	193.9	582.6
Hemiselüloz (g/kg KM)	84.6	254.2
TÇM, %Brix, %Bx	20.7	62.2

KM: Kuru madde; TÇM: Toplam çözünebilir maddeler.

Yulaf hasılı silajının açım sonrası besin maddeleri içeriği Tablo 4.2’de verilmiştir. Yulaf silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların açım zamanındaki KM, HP ve HY içeriğini arttırmış, HS ve ADF içeriğini düşürmüştür ($P < 0.01$). En yüksek KM içeriği YHPA8 silajında (%43.29) elde edilirken en düşük KM içeriği *P. acidilactici* inoküle edilmeyen kontrol grubunda (%39.86) bulunmuştur. Yulaf silajına *L. brevis* inoküle eden Çayiroğlu (2025a) da inokülasyonun silajların KM içeriğini arttırdığı bildirmiştir. Aksine Tahir ve ark. (2023) ise homofermentatif *L. plantarum* ve *Lactobacillus rhamnosus* bakterilerini inoküle etmenin silajların KM içeriğini etkilemediği bildirmişlerdir. Benzer şekilde Meeske ve ark. (2002), Chai ve ark. (2022), Romero ve ark. (2017) da enzim + bakteri kombinasyonu ve/veya sadece laktik asit bakterilerinden oluşan karışımın, silajın KM içeriğini etkilemediğini bildirmişlerdir. Yulaf hasılı silajında farklı laktik asit bakterisi (*L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. paracasei* ve *P. acidipropionici*)’nin etkilerini araştıran Xiong ve ark. (2022), *L. rhamnosus* bakterisinin diğer bakterilere göre daha yüksek KM içerdiğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu durumun KM geri kazanımı açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır. Silajların KM içeriği bakımından gerek literatürler arasında, gerekse de bu çalışma ile literatürler arasındaki farklılıklar, tahmin edilebileceği gibi silaj materyalinin olgunluk derecesi ile inokülant olarak kullanılan bakteri veya bakteri kombinasyonu farklılığından kaynaklanmaktadır. *L. acidilactici* inoküle edilmesi kontrol grubu ile kıyaslandığında, silajların OM içeriğini YHPA6 ve YHPA8 silajlarında düşürmüş, YHPA9 silajında etkilememiştir ($P < 0.05$). *P.*

acidilactici uygulaması silajların HS ve ADF içeriğini kontrol grubuna göre düşürmüştür ($P < 0.01$). NDF içeriği bakımından YHPA8 ve YHPA9 silajlarında kontrol grubuna göre azalma görülürken, YHPA6 silajında etkilememiştir. Bu sonuçlar yulaf silajına homofermentatif *L. plantarum* ve *Lactobacillus rhamnosus* bakterilerini inoküle etmenin silajların NDF (%54.60 KM) ve ADF (%39.73 KM) içeriğini kontrol grubuna göre (sırasıyla, %56.33 ve %40.62) düşürdüğünü bildiren Tahir ve ark. (2023) ile uyum içerisindedir. Benzer sonuçları ve Dakheel (2022) ve Çayıroğlu (2025a) da bildirmiştir. Nitekim Dakheel (2022) yulaf (*Avena sativa* L.) silajına *L. plantarum* inokülasyonunun silajların ADF ve NDF düzeylerini kontrol grubuna göre düşürdüğünü bildirmiştir. Çayıroğlu (2025a) da yine yulaf silajına farklı dozlarda *L. brevis* inokülasyonunun asit deterjan lif ve nötr deterjan lif içeriğini kontrol grubuna göre azalttığını bildirmişlerdir. Silajlar nişasta içeriği bakımından incelendiğinde *P. acidilactici* ilavesi YHPA8 ve YHPA9 silajlarının nişasta içeriğini arttırmış ancak YHPA6 silajında etkilememiştir. Yulaf hasılı silajına ait bu çalışmada elde edilen besin madde içeriği bulguları Romero ve ark. (2017) ile uyum içerisindedir. Nitekim Romero ve ark. (2017), plastik kova veya vakumlu torbalarda *L. buchneri* ve *P. pentosaceus* inoküle edilmiş veya edilmemiş yulaf silajlarında, inokülasyonun silajların aerobik stabilitesini arttırdığını, NDF içeriği ile maya sayısını azalttığını bildirmişlerdir.

Tablo 4.2. Silajların açım sonrası besin maddeleri içerikleri, g/kg KM

Besin maddeleri	YHK	YHPA6	YHPA8	YHPA9	SEM	P-değeri
Kuru madde	39.86c	40.96b	43.29a	42.59a	0.378	0.001
Organik madde	924.96a	922.20b	922.46b	925.45a	0.571	0.011
Ham kül	75.05b	77.81a	77.54a	74.56b	0.571	0.011
Ham protein	102.19c	108.75b	112.79a	110.23b	1.499	0.001
Ham yağ	52.19d	52.69c	57.60a	56.90b	0.916	0.001
Nişasta	60.81c	58.57c	77.87a	66.98b	2.849	0.001
Ham selüloz	275.35a	267.61b	258.89c	261.20c	2.443	0.001
NÖM	429.34b	428.86bc	428.13c	434.72a	0.991	0.001
ADF	335.03a	325.48b	310.66d	313.62c	3.682	0.001
NDF	551.93a	553.70a	492.54c	511.95b	9.975	0.001
Hemiselüloz	216.89b	228.22a	181.88d	198.33c	6.775	0.001

NÖM, Nitrojensiz öz maddeler; ADF, asit deterjanda çözünmeyen lif; NDF, nötr deterjanda çözünmeyen lif.

^{a-d}Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silajların açım sonrası pH₀, TÇM, FS ve FS'ye göre kalite sınıfı değerleri Tablo 4.3'de verilmiştir. Silajın pH değeri, silaj kalitesinin önemli bir göstergesidir ve yüksek kaliteli silaj fermantasyonu için kriter, 4.2'nin altındaki bir pH'dır (Muck ve ark., 2018; Sun ve ark., 2023). Daha yüksek pH değeri, silaj içerisinde *Clostridium* gibi istenmeyen

mikroorganizmaların gelişmesine yardım eder bu da zayıf silaj fermantasyonuna neden olur. Aksine düşük pH ise silaj içerisinde laktik asit miktarının arttığı bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Kung Jr ve ark., 2018; Meeske ve ark., 2002; Xu ve ark., 2017). Tez çalışmasında, yulaf silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi beklendiği gibi silajların açım zamanındaki pH değerini düşürmüştür. *P. acidilactici* dozu arttıkça pH değeri rakamsal olarak düşmesine rağmen inoküle edilen gruplar arasında farklılık belirlenmemiştir. Silajlara laktik asit bakterisi inoküle edilmesinin silajın pH değerini düşürdüğüne dair çok sayıda çalışma vardır. Örneğin, Jia ve ark. (2021), *L. plantarum* ve *L. rhamnosus* ile inoküle edilen yulaf silajlarında pH değerlerinin düştüğü ifade edilmiştir. Benzer şekilde Dakheel (2022), *L. plantarum* inokülasyonunun yulaf silajının pH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. pH değeri ile ilgili olarak araştırmada elde edilen verilere bakıldığında *P. acidilactici* inokülasyonu silajların pH değerini düşürmüş ancak doz uygulamasının bu düşüşte etkisi olmamıştır. Yulaf silajında *L. plantarum* ve *L. rhamnosus* bakterilerinin etkilerini araştıran Tahir ve ark. (2023), inokülasyonun silajların pH değerini 4.2'nin altına kadar düşürdüğünü bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2018), farklı LAB (*L. plantarum*, *L. coryniformis*, *P. pentosaceus*, *P. acidilactici*, *L. paraplantarum* ve *L. casei*) suşunun yulaf silajının pH değerini kontrolde 4.78'den 3.87'ye kadar düşürdüğünü bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2019), başka bir çalışmada da *L. plantarum* inokülasyonunun yulaf silajında silajın pH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir.

TÇM veya Brix, saf sulu sakaroz çözeltisinin toplam çözünebilir katılarının kütlece yüzdesini temsil etmektedir. Daha yüksek brix değerleri, silajlama işlemi sırasında hızlı fermantasyon için ihtiyaç duyulan toplam çözünebilir şekerlerin (sakkaroz, glikoz ve fruktoz) mevcudiyetini göstermektedir (Singh ve Choudhary, 2021). Dolayısıyla TÇM, silajın fermantasyon kalitesini korumak için en önemli enerji kaynağı konumundadır. Nitekim, silajdaki laktik asit bakterileri, toplam çözünen katı maddelerin suda çözünen fraksiyonlarını organik asitlere dönüştürebilirler. Bu da pH'nın hızlı bir şekilde düşmesini sağlayarak silajın fermentasyonunda etkin rol oynayabilir. Bu çalışmada yulaf hasılı silajının TÇM %Bx 18.93-19.80 arasında bulunmuş olup, gruplar arasında farklılık belirlenmemiştir ($P > 0.05$). Bu da yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların nihai TÇK içeriğini etkilemediğini göstermektedir. Bu sonuç, tritikale silajına *L. plantarum* inoküle edilmesinin silajların açım zamanına ait TÇM içeriğini etkelemediğini bildiren Çayıroğlu (2024) ile uyumludur. Benzer şekilde Zeinebou (2022) yulaf silajına *L. brevis* inokülasyonunun silajların TÇM içeriğini

etkilemediğini bildirmiştir. Yulaf silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların FS değerini arttırmıştır. En yüksek FS YHPA9 (86.78) elde edilmiş olup, istatistiki açıdan YHPA8 silajının FS değeri (85.58) ile aralarında farklılık bulunmamıştır. En düşük FS değeri ise *P. acidilactici* uygulanmayan yulaf silajında (66.62) belirlenmiştir. Farklı silo tiplerinin silaj kalitesi üzerindeki etkilerini araştıran Rafiuddin ve ark. (2017), yalnız yulaf silajının FS değerini bu çalışmada elde edilen değerlerden daha yüksek (102.66 - 108.66) olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada elde edilen FS değeri ile literatür bildirişleri arasındaki farklılıklar bitkilerin yetiştirildiği çevre şartları ile bitkinin hasat olgunluğuna atfedilebilir.

Tablo 4.3. Silajların açım sonrası pH, toplam çözünebilir maddeler, Flieg skoru ve Flieg skoruna göre kalite sınıfı değerleri

Özellikler	YHK	YHPA6	YHPA8	YHPA9	SEM	P-değeri
pH ₀	5.45a	5.23b	5.15b	5.09b	0.042	0.001
TÇM, %Bx	19.58	18.48	19.80	19.28	0.208	0.106
Flieg skoru	66.62c	77.82b	85.58a	86.78a	0.545	0.001
FS kalite sınıfı ¹	İyi	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	-	-

TÇM, toplam çözünebilir maddeler; TÇM, toplam çözünebilir maddeler; FS, Flieg skoru.

¹>80, Çok iyi; 61–80, iyi; 41–61, orta; 21–40, düşük kaliteli; 0–20, zayıf.

^{a-c}Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silajların sindirilebilir kuru madde içeriği, kuru madde tüketimi ve yem değeri özellikleri Tablo 4.4’de verilmiştir. Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların SKM, KMT ve NYD değerlerini etkilemiştir. En yüksek sindirilebilirlik %60.7 ile YHPA8 silajında elde edilirken en düşük değer inokülasyon uygulanmayan kontrol grubunda (%62.80) elde edilmiştir. Yulaf silajında *L. plantarumun* etkilerini araştıran Dakheel (2022), *L. palantarum* inokülasyonunun yulaf hasılı silajının kuru madde sindirilebilirliğini arttırdığını bildirmiştir. Deneysel silajlarda vücut ağırlığının %’si olarak en yüksek KMT, YHPA8 silajında (2.44) elde edilmiştir. Bunu YHPA9 silajı (2.35) izlemiş olup YHPA6 silajı ile kontrol silajı arasında KMT bakımından farklılık belirlenmemiştir. Yulaf silajına *P. acidilactici* uygulaması silajların NYD’ni arttırmıştır. Benzer sonucu yulaf silajına *L. plantarum* inoküle eden Dakheel (2022) de bildirmiştir. Çalışmamızda en yüksek NYD değeri 122.20 ile YHPA8 silajında, en düşük değer ise 105.86 ile kontrol grubunda elde edilmiştir. Diğer veriler bu ikisi arasında yer almıştır. Elde edilen değerler NYD kalite sınıflandırmasına göre 103-124 arasında yer almış olup araştırmada kullanılan yulaf hasılı silajları bu değerlendirmeye göre II. kalite sınıfı içerisinde yer almıştır. NYD kalite sınıfı bakımından yulaf silajları arasında farklılık belirlenmemiştir.

Tablo 4.4. Silajların sindirilebilir kuru madde içeriği, kuru madde tüketimi ve yem değeri özellikleri

Besin maddeleri	YHK	YHPA6	YHPA8	YHPA9	SEM	P-değeri
SKM, %	62.80d	63.55c	64.70a	64.47b	0.029	0.001
KMT	2.18c	2.17c	2.44a	2.35b	0.044	0.001
NYD ¹	105.86c	106.76c	122.20a	117.15b	2.629	0.001
NYD Kalite sınıfı ²	II. kalite	II. kalite	II. kalite	II. kalite		

SKM, sindirilebilir kuru madde; KMT, kuru madde tüketimi, vücut ağırlığının %'si.

¹ NYD, nispi yem değeri,

² (<75) Reddedilecek düzeyde kötü kaliteyi; (75-86) arası VI. kaliteyi; (87-102) arası III. kaliteyi; (103-124) arası II. kaliteyi; (125-151) iyi kaliteyi; (>151) en iyi kaliteyi temsil etmektedir (Kılıç ve Abdİwali, 2016).

^{a-c} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silajların renk parametreleri ile ilgili veriler Tablo 4.5’de verilmiştir. Yulaf silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların renk değerlerini etkilememiştir.

Tablo 4.5. Silajların renk parametre değerleri

Özellikler	YHK	YHPA6	YHPA8	YHPA9	SEM	P-değeri
<i>L</i> *	39.56	38.73	38.59	44.28	0.922	0.081
<i>a</i> *	4.47	3.86	4.23	4.73	0.228	0.678
<i>b</i> *	14.54	13.69	14.04	15.17	0.262	0.280
<i>C</i> *	15.23	14.23	14.71	15.88	0.304	0.445

*L**: Parlaklık, *a**: Kırmızı ve yeşilliği, *b**: Sarı ve maviliği, *C**: Chroma.

Silajların açım sonrası LAB, maya ve küf sayıları ile ilgili veriler Tablo 4.6’da verilmiştir. Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi kontrol silajına göre YHPA8 silajının LAB sayısını arttırmış fakat diğer silajları etkilememiştir. *P. acidilactici* inoküle edilmesi yulaf hasılı silajının açılış zamanına ait maya ve küf içeriğini etkilememiştir. Dakheel (2022) yulaf silajına *L. plantarum* ilavesinin silajların LAB sayısını etkilemediğini bildirmiştir. Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların açım zamanındaki maya ve küf içeriğini etkilemiştir. Yulaf hasılı silajına *L. plantarum* ve *Lactobacillus rhamnosus* inoküle eden Tahir ve ark. (2023), silajlarda LAB türlerinin baskın bakteri türü haline geldiğini ve silajlarda açım zamanında maya ve küfe rastlanmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar silajlarda maya ve küf varlığına rastlanmaması artan asidik ortama bağlamışlardır.

Tablo 4.6. Silajların açım sonrası laktik asit bakterisi, maya ve küf miktarları

Özellikler	YHK	YHPA6	YHPA8	YHPA9	SEM	P-değeri
LAB	6.55b	6.59b	6.99a	6.62b	0.056	0.000
Maya	5.62	5.62	5.79	5.20	0.098	0.171
Küf	3.53	0.00	1.77	3.53	0.788	0.363

LAB, laktik asit bakterisi

Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesinin açım sonrası 5 günlük aerobik stabilite testi sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir. Aerobik stabilite, silajların açımdan sonra ısınmadan ve bozulmadan kaldığı sürenin uzunluğu olarak ifade edilmektedir. Bu süre ne kadar uzun olursa silajın stabilitesinin de o kadar iyi olacağı varsayılmaktadır (Ashbell ve ark., 1991). Silajların aerobik stabilitesinin göstergesi olarak genellikle silaj kütlesinde açım sonrası sıcaklık değişimi de kullanılmaktadır (Çayıroğlu, 2024). Bu çalışmada ise aerobik stabilitenin değerlendirilmesinde açım sonrası silajlarda meydana gelen pH değişimi, mikroorganizma gelişimi ve CO₂ üretim miktarları baz alınmıştır (Ashbell ve ark., 1991; Franco ve ark., 2019). Bu çalışmada *P. acidilactici* inokülasyonu yulaf hasılı silajının açım sonrası 5 günlük aerobik stabilite testi sonrasındaki pH₅ değeri kontrol silajına göre düşürmüştür. Yulaf hasılı silajlarına *P. acidilactici* inoküle edilmesi, YHPA6 ve YHPA8 silajlarının maya içeriğini düşürürken YHPA9 silajında tersi bir etki belirlenmiştir. Küf gelişimi bakımından kontrol, YHPA6 ve YHPA9 silajları benzer sonuçlar verirken YHPA8 silajında küf tespit edilmemiştir. *P. acidilactici* inokülasyonu yulaf silajlarının CO₂ üretim değerlerini kontrole göre rakamsal olarak düşürmüş olmakla birlikte bu düşüş istatistiki olarak etkili bulunmamıştır. Zhao ve ark. (2018), farklı yulaf çeşitleri ile yaptığı çalışmada farklı kombinasyondaki laktik asit bakteri karışımlarının silajların aerobik stabilitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Beyaz yulaf silajının aerobik stabilitesi, besin değeri, fermentasyon ve mikrobiyolojik profilleri üzerine inokulant uygulamasının etkilerini değerlendiren Garcez Neto ve ark. (2018), *L. plantarum*, *P. acidilactici* ve amilaz enzim ilavesinin, yulaf silajlarının aerobik stabilitesini iyileştirmediğini bildirmişlerdir.

Tablo 4.7. Silajların aerobik stabilite testi sonrasındaki pH₅, CO₂, maya ve küf miktarları

Özellikler	YHK	YHPA6	YHPA8	YHPA9	SEM	<i>P</i> -değeri
pH ₅	5.52a	5.12b	4.93c	4.84c	0.069	0.001
CO ₂	4.15	3.33	3.59	3.21	0.183	0.300
Maya, log ₁₀ kob/g	6.44b	4.71d	5.33c	7.81a	0.358	0.000
Küf, log ₁₀ kob/g	5.30a	5.30a	0b (YDKA)	5.53a	0.753	0.009

YDKA: Yok denecek kadar az.

Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inokülasyonunun silajın IVOMS ve enerji değerleri üzerindeki etkileri Tablo 4.8’de verilmiştir. *P. acidilactici* inokülasyonu silajların IVOMS ve ME değerini etkilememiş ($P > 0.05$) ancak NE_L içeriğini kontrole göre arttırmıştır ($P < 0.05$). Çayıroğlu (2025a) da yulaf silajına *L. brevis* inoküle edilmesinin silajın IVOMS ve ME değerini etkilemediğini bildirmiştir. Fakat Wang ve

ark. (2019), *L. plantarum* inokülasyonunun yulaf silajında silajın *in vitro* kuru madde sindirilebilirliğini (IVDMD) kontrole göre artırdığını belirlemişlerdir. Chen ve ark. (2017), hiç bir işlem görmemiş yulaf silajının *in vitro* kuru madde sindirilebilirliğini %68.3 olarak bildirmişlerdir. Yulaf hasılı silajında besin maddelerinin sindirilebilirliği bakımından karşılaşılan farklılıklar bitki çeşidi, bitkinin yetiştirildiği coğrafi bölgenin iklim koşulları ve bitkinin hasat olgunluğu arasındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir.

Tablo 4.8. Silajların *in vitro* organik madde sindirilebilirliği ve enerji değerleri

Özellik	YHK	YHPA6	YHPA8	YHPA9	SEM	P-değeri
IVOMS, %	55.93	55.92	56.51	56.15	0.299	0.918
ME, MJ/kg KM	10.65	10.61	10.70	10.68	0.046	0.940
NE _L , MJ/kg KM	5.80b	5.99ab	6.19a	6.08a	0.054	0.029

IVOMS, İn vitro organik madde sindirilebilirliği, ME, metabolize edilebilir enerji; NE_L, net enerji laktasyon.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesiyle silajın besin madde içeriği, mikroorganizma gelişimi, yem değeri, eorobik stabilite ve organik madde sindirilebilirliği üzerine etkilerinin belirlendiği bu çalışmada, incelenen özellikler bakımından *P. acidilactici*'nin en iyi dozu belirlenmeye çalışılmıştır. Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların KM, HP ve nişasta içeriğini arttırmış, buna karşın HS, ADF ve NDF gibi lifli yapıların içeriğini düşürmüştür. *P. acidilactici* inokülasyonu fermentasyonun en önemli göstergelerinden pH'yı düşürmüş, LAB sayısını YHPA8 silajında arttırmıştır. Silajların yem değeri göstergeleri olan FS ve NYD kontrole göre atış göstermiştir. *P. acidilactici* uygulaması silajların renk parametrelerinde değişime neden olmamıştır. Yulaf silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların aerobik stabilitesinin göstergesi olan CO₂ üretimini rakamsal olarak düşürmekle birlikte bu düşüş istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Uygulama ayrıca silajların IVOMS ile ME değerini etkilememiş, ancak NE_L içeriğini arttırmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular ve referans değerlendirmeleri sonucunda şu öneriler yapılabilir.

- Araştırmada inokülant olarak kullanılan *P. acidilactici* yulaf hasılı yapısında bulunan HS, ADF ve NDF gibi lifli yapıları parçalayarak daha yararlı hale gelmesini sağlayabilir. Bu haliyle yulaf hasılı silajının yem değerinin artması sağlanabilir.
- Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi özellikle YHPA8 silajında LAB sayısında arttırmıştır. Diğer silajlarda istatistiki olarak önemli olmamakla birlikte rakamsal artışlar belirlenmiştir. Bu da silaj fermentasyonunun arzu edilen yönde gelişimini teşvik ederek daha kaliteli silaj elde edilmesine katkıda bulunabilir.
- Yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların açım zamanına ait maya küf gelişimini etkilemiştir. Ancak silajların 5 günlük aerobik stabilite testi sonrasında pH değerini düşürmüş, CO₂ üretimini istatistiksel açıdan etkilemese bile rakamsal olarak düşürmüştür. Aerobik stabilite test sonuçlarına göre yulaf hasılı silajına *P. acidilactici* inoküle edilmesi silajların aerobik stabilitesini iyileştirdiği söylenebilir.

Sonuç olarak; tüm bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, yulaf silajına 1×10^8 kob/kg KM düzeyinde *P. acidilactici* inoküle edilmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, R. F. (2023). *Tritikale silajında Lactobacillus brevis kullanımının silaj kalitesi üzerine etkileri* (Publication Number 831100) Master's Thesis, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi].
- AOAC. (2000). Official methods of analysis, 17th edition. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- AOCS. (2005). Official procedure. Approved procedure am 5–04, rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana, IL: American Oil Chemists' Society.
- Ashbell, G., Weinberg, Z., Azrieli, A., Hen, Y., & Horev, B. (1991). A simple system to study the aerobic deterioration of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, 33, 391–394. https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/33/33_2_391_ocr.pdf
- Ávila, C. L. S., & Carvalho, B. F. (2020). Silage fermentation—Updates focusing on the performance of micro-organisms. *Journal of Applied Microbiology*, 128(4), 966–984. <https://doi.org/10.1111/jam.14450>
- Bernardi, A., Härter, C. J., Silva, A. W., Reis, R. A., & Rabelo, C. H. (2019). A meta-analysis 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. <https://doi.org/10.1111/gfs.12452>
- Blummel, M., & Ørskov, E. R. (1993). Comparison of in-vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting of food intake in cattle. *Animal Feed Science Technology*, 40, 109–119.
- Canbolat, Ö. (2019). *Yem analiz yöntemleri ve yem değerlendirme*. Medyay Kitabevi, Bursa., 1-594,408.
- Chai, J., Gong, W., Bai, J., Ju, Z., & Zhao, G. (2022). Dry matter recovery, ensiling characteristics and aerobic stability of oat silage treated with microbial inoculants at different temperatures. *Archives of Animal Nutrition*, 76(3-6), 175-190. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2022.2155392>
- Chen, L., Guo, G., Yuan, X. J., Zhang, J., Wen, A. Y., Sun, X. H., & Shao, T. (2017). Effect of ensiling whole crop oat with lucerne in different ratios on fermentation quality, aerobic stability and in vitro digestibility on the Tibetan plateau. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5), e144-e153. <https://doi.org/10.1111/jpn.12577>
- Çayıroğlu, H. (2024). Effects of Inoculation of *Lactobacillus plantarum* at Different Doses on Triticale (*Triticosecale wittmack*) Silage on Quality, Fermentation and Aerobic Stability Properties and Feed Value. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(2), 201-207. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i2.201-207.6323>
- Çayıroğlu, H. (2025a). Effects of different doses of *Lactobacillus brevis* addition to oat (*Avena sativa L.*) silage on physical and chemical properties, aerobic stability, in vitro organic matter digestibility and energy value of silage. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 13(4), 1008-1014. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i4.1008-1014.7428>
- Çayıroğlu, H. (2025b). Effects of *Lactiplantibacillus plantarum* from homemade pickles on mixed maize–soybean silage quality. *Fermentation*, 11(5), 269. <https://doi.org/10.3390/fermentation11050269>
- Çayıroğlu, H., Filik, G., Coşkun, İ., Filik, A. G., Çayan, H., & Şahin, A. (2020). Spraying opened sugar beet pulp silage with oregano essential oil helps to sustain quality

- and stability. *South African Journal of Animal Science*, 50(1), 9-16.
<https://doi.org/10.4314/sajas.v50i1.2>
- Dakheel, J. M. D. (2022). *Yulaf silajında Lactobacillus plantarum kullanımının silaj kalitesi üzerine etkileri* Kirsehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lis. Tezi, Tez No: 759594.].
- Erdem, B., Kiray, E., Kariptaş, E., Tulumoğlu, Ş., & Akıllı, A. (2021). Characterization of probiotic abilities of lactic acid bacteria from traditional pickle juice and shalgam. *Research and Reviews in Science and Mathematics*, 1(33).
https://www.researchgate.net/profile/Enihal-Ercan/publication/352178517_Imtiyaz_Sahibi_Publisher_Yasar_Hiz/links/60bda14992851cb13d83f470/Imtiyaz-Sahibi-Publisher-Yasar-Hiz.pdf
- Filik, A. G., & Filik, G. (2021). Nutritive value of ensiled *Amaranthus powellii* Wild. treated with salt and barley. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 52.
- Filik, G. (2020). Biodegradability of quinoa stalks: The potential of quinoa stalks as a forage source or as biomass for energy production. *Fuel*, 266, 117064.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117064>
- Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Kuoppala, K., Huuskonen, A., & Rinne, M. (2019). Fermentation quality and aerobic stability of low moisture-crimped wheat grains manipulated by organic acid-based additives. *The Journal of Agricultural Science*, 157(3), 245-253. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000546>
- Garcez Neto, A. F., Silva, J. d., Santos, T. M. d., Fernandes, S. R., & Nascimento, E. M. (2018). Chemical, physical and biological changes of white oat ensiled with different additives. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1590/S1519-99402018000100001>
- Genç, S., & Soysal, M. İ. (2018). Parametrik ve parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testleri. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 1(1), 18-27.
- Gomes, A., Jacovaci, F., Bolson, D., Nussio, L., Jobim, C., & Daniel, J. (2019). Effects of light wilting and heterolactic inoculant on the formation of volatile organic compounds, fermentative losses and aerobic stability of oat silage. *Animal Feed Science and Technology*, 247, 194–198.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.016>
- Gürdoğan, F., & Erişir, Z. (2015). Kuru madde düzeyleri farklı yöntemlerle yükseltilerek silolanan körpe yulaf hasılı silajlarının koyunlarda besi performansı ile karkas özellikleri üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 29(2), 87–90. <http://veteriner.fusabil.org/text.php3?id=1041>
- Irawan, A., Sofyan, A., Ridwan, R., Hassim, H. A., Respati, A. N., Wardani, W. W., Astuti, W. D., & Jayanegara, A. (2021). Effects of different lactic acid bacteria groups and fibrolytic enzymes as additives on silage quality: A meta-analysis. *Bioresource Technology Reports*, 14, 100654.
<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100654>
- Jia, T., Wang, B., Yu, Z., & Wu, Z. (2021). The effects of stage of maturity and lactic acid bacteria inoculants on the ensiling characteristics, aerobic stability and in vitro digestibility of whole-crop oat silages. *Grassland Science*, 67(1), 55–62.
<https://doi.org/10.1111/grs.12285>
- Kılıç, A. (2006). Determined of quality in roughage. Hasat Publication, İstanbul. 68-69. (In Turkish: Kaba yemlerde niteliğin saptanması, Hasat Yayıncılık, İstanbul. 68–69.
- Kılıç, Ü., & Abdİwali, M. A. (2016). Determination of In Vitro True Digestibilities and Relative Feed Values of Wine Industry Grape Residues as Alternative Feed Source (In Turkish: Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm

- atıklarının in vitro gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(10.9775). <https://doi.org/10.9775/kvfd.2016.15617>
- King, D. A., Hunt, M. C., Barbut, S., Claus, J. R., Cornforth, D. P., Joseph, P., Kim, Y. H. B., Lindahl, G., Mancini, R. A., & Nair, M. N. (2023). American meat science association guidelines for meat color measurement. *Meat and Muscle Biology*, 6(4), 1–81. <https://doi.org/10.22175/mmb.12473>
- Kung Jr, L., Shaver, R., Grant, R., & Schmidt, R. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Kuter, E., Ahsan, U., Tosun, B., Karagöz, D. M., Gümüş, H., Raza, I., Güvenç, M., & Akkaş, Ö. (2023). Biomass yield, quality, nutrient composition, and feeding value of oat (*Avena sativa*) silage subjected to different wilting durations and/or inoculant application. *Tropical Animal Health and Production*, 55(5), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03751-9>
- Manninen, M., Virkajärvi, P., & Jauhiainen, L. (2005). Effect of whole-crop barley and oat silages on the performance of mature suckler cows and their progeny in outdoor winter feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 121(3–4), 227–242. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.03.006>
- Meeske, R., Van der Merwe, G., Greyling, J., & Cruywagen, C. (2002). The effect of adding an enzyme containing lactic acid bacterial inoculant to big round bale oat silage on intake, milk production and milk composition of Jersey cows. *Animal Feed Science and Technology*, 97(3-4), 159–167. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00352-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00352-2)
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal Agricultural Science*, 93, 217–222.
- Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
- NRC. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh revised edition, 2001. 405. doi:10.17226/9825
- Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighed according to rate of passage. *Journal Agricultural Science*, 92, 499–503.
- Rafiuddin, R., Abdullah, M., Javed, K., Jabbar, M. A., Shahid, M. Q., Jan, P., Ramzan, M., Khan, M. A., & Ahmad, M. (2017). Comparison of silo types on chemical composition and physical quality of silage made from maize, sorghum and oats fodders. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(3), 771-775 <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-27-03/11.pdf>
- Romero, J., Zhao, Y., Balseca-Paredes, M., Tiezzi, F., Gutierrez-Rodriguez, E., & Castillo, M. (2017). Laboratory silo type and inoculation effects on nutritional composition, fermentation, and bacterial and fungal communities of oat silage. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 1812-1828. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11642>

- SAS. (2001). Statistical analysis system. User's guide: Statistics, version 8.2. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Seale, D. R., Pahlow, G., Spoelstra, S. F., Lindgren, S., Dellaglio, F., & Lowe, J. F. (1990). Methods for the microbiological analysis of silage. *Proceeding of the Eurobac Conference*, 147, Uppsala, 147-164. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122495/records/6477570cf2e6fe92b36576d4>
- Singh, D., & Choudhary, A. (2021). Potential of maize cultivars for nutrients, yield and silage quality. *Forage Research*, 47, 159–166.
- Soundharajan, I., Park, H. S., Rengasamy, S., Sivanesan, R., & Choi, K. C. (2021). Application and future prospective of lactic acid bacteria as natural additives for silage production—A review. *Applied Sciences*, 11(17), 8127. 10.3390/app11178127
- Sun, L., Xue, Y., Xiao, Y., Te, R., Wu, X., Na, N., Wu, N., Qili, M., Zhao, Y., & Cai, Y. (2023). Community synergy of lactic acid bacteria and cleaner fermentation of oat silage prepared with a multispecies microbial inoculant. *Microbiology spectrum*, 11(3), e00705-00723. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00705-23>
- Tahir, M., Li, J., Xin, Y., Wang, T., Chen, C., Zhong, Y., Zhang, L., Liu, H., He, Y., Wen, X., & Yan, Y. (2023). Response of fermentation quality and microbial community of oat silage to homofermentative lactic acid bacteria inoculation. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1091394. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1091394>
- Tanrikulu, A., Dokuyucu, T., & Avcı, İ. (2020). Yazlık ve kışlık ekilen yulaf (*Avena sativa* L.) genotiplerinin yeşil ot verimi ve silaj kalite özellikleri bakımından değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 53–64. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1721993>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. D., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. doi 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Wang, S., Dong, Z., Li, J., Chen, L., & Shao, T. (2019). *Pediococcus acidilactici* strains as silage inoculants for improving the fermentation quality, nutritive value and in vitro ruminal digestibility in different forages. *Journal of Applied Microbiology*, 126(2), 424-434. <https://doi.org/10.1111/jam.14146>
- Wang, S., Yuan, X., Dong, Z., Li, J., & Shao, T. (2018). Characteristics of lactic acid bacteria isolated from different sources and their effects on the silage quality of oat (*Avena sativa* L.) straw on the Tibetan Plateau. *Grassland Science*, 64(2), 128-136. <https://doi.org/10.1111/grs.12191>
- Wilkinson, J. M., & Rinne, M. (2018). Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science*, 73(1), 40–52. 10.1111/gfs.12327
- Xiong, Y., Xu, J., Guo, L., Chen, F., Jiang, D., Lin, Y., Guo, C., Li, X., Chen, Y., & Ni, K. (2022). Exploring the effects of different bacteria additives on fermentation quality, microbial community and in vitro gas production of forage oat silage. *Animals*, 12(9), 1122. <https://doi.org/10.3390/ani12091122>
- Xu, Z., He, H., Zhang, S., & Kong, J. (2017). Effects of Inoculants *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus parafarraginis* on the fermentation characteristics and microbial communities of corn stover silage. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14052-1>
- Zeinebou, A. (2022). *Yulaf ve macar fiğ silajında Lactobacillus brevis kullanımının silaj kalitesi üzerine etkileri* (Publication Number 741705) Master's Thesis, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi].

Zhao, G. Q., Ju, Z. L., Chai, J. K., Jiao, T., Jia, Z. F., Casper, D. P., Zeng, F., & Wu, J. P. (2018). Effects of silage additives and varieties on fermentation quality, aerobic stability, and nutritive value of oat silage. *Journal of Animal Science*, *96*(8), 3151–3160. <https://doi.org/10.1093/jas/sky207>

EKLER

EK-1. Kongre Katılım Belgesi



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı	Şükrü YELTEKİN
Uyruğu	T.C.
Orcid Numarası	0009-0003-1013-4088

EĞİTİM BİLGİLERİ	
Lisans	
Üniversite	Ankara Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Zootekni Bölümü
Mezuniyet Yılı	2021
Yüksek Lisans	
Üniversite	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Zootekni Anabilim Dalı
Mezuniyet Yılı	2025

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler
Uluslararası Konferans ve Sempozyumlarda Sunulan Bildiriler Yeltekin, Ş., & Çayıroğlu, H. (2023). Süt sığırlarında beslemenin süt yağ ve protein içeriği üzerindeki etkileri. Ahi Evran III - International Conference on Scientific Research, Sözlü Bildiri. Mayıs 3-4, 2023 / Full Texts Book, 193-200.