



**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**BAZI TAHİL HASILLARINDA BUĞDAY KEPEĞİ İLAVESİNİN SİLAJ  
KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**MEHMET İZZET TÜRKOĞLU**

**TARLA BİTKİLERİ**

**Şanlıurfa  
2025**



**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**BAZI TAHİL HASILLARINDA BUĞDAY KEPEĞİ İLAVESİNİN SİLAJ  
KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**MEHMET İZZET TÜRKOĞLU**

**TARLA BİTKİLERİ  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa OKANT**

**Şanlıurfa  
2025**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca, ihtiyaç duyduğum her aşamada ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa OKANT'a ve ikinci danışmanım Sayın Dr. Ahmet ORUÇ'a özellikle teşekkür ederim. Ayrıca tez süresince desteklerini esirgemeyen Tez İzleme Komitesi (TİK) üyelerim Sayın Prof. Dr. Tahir POLAT ve Doç. Dr. Erol ORAL'a; tez savunma sınavı jürisinde yer alan hocalarım Sayın Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN ve Prof. Dr. Hayrettin KENDİR'e; istatistiksel analizlerde yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sabri ÜNSAL ve Arş. Gör. Murat TUNÇ'a değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Tarla denemeleri ve laboratuvar aşamalarında desteklerini esirgemeyen GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GAPTAEM) ile Harran Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜBTAM)'a, ayrıca tez çalışmama sağladıkları mali destekler için Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (HÜBAK) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'a teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, eğitim hayatım boyunca verdikleri her türlü destekten dolayı sevgili anneme, babama ve kardeşlerime teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET.....                                                                              | i   |
| ABSTRACT .....                                                                         | ii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                   | iii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                 | iv  |
| SİMGELER.....                                                                          | v   |
| KISALTMALAR.....                                                                       | vi  |
| 1. GİRİŞ .....                                                                         | 1   |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....                                                             | 6   |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM.....                                                                | 15  |
| 3.1. Gereç .....                                                                       | 15  |
| 3.1.1. Araştırmada kullanılan bitki materyalleri ve özellikleri .....                  | 15  |
| 3.1.2. Araştırma yeri ve toprak özellikleri .....                                      | 15  |
| 3.1.3. Araştırma alanına ait iklim özellikleri .....                                   | 17  |
| 3.2. Yöntem .....                                                                      | 18  |
| 3.2.1. Deneme alanı deseni ve konuları .....                                           | 18  |
| 3.2.2. Denemede uygulanan kültürel işlemler .....                                      | 19  |
| 3.2.3. Silaj kavanozlarının hazırlanması .....                                         | 20  |
| 3.2.4. Silaj kavanozlarının açılması ve laboratuvar analizleri.....                    | 21  |
| 3.2.5. Araştırma kapsamında incelenen özellikler .....                                 | 22  |
| 3.2.5.1. Bitki boyu (cm).....                                                          | 22  |
| 3.2.5.2. Yeşil ot verimi (kg/da).....                                                  | 22  |
| 3.2.5.3. Kuru ot verimi (kg/da).....                                                   | 22  |
| 3.2.5.4. Silaj pH.....                                                                 | 22  |
| 3.2.5.5. Silaj kuru madde oranı (%).....                                               | 23  |
| 3.2.5.6. Silaj ham protein oranı (%).....                                              | 23  |
| 3.2.5.7. Silaj ham kül oranı (%).....                                                  | 23  |
| 3.2.5.8. Silaj ADF oranı (%).....                                                      | 23  |
| 3.2.5.9. Silaj NDF oranı (%).....                                                      | 23  |
| 3.2.5.10. Sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi ve nispi yem değeri.....      | 24  |
| 3.2.5.11. Fleig puanı .....                                                            | 24  |
| 3.2.5.12. Laktik asit ve uçucu yağ (asetik, propiyonik ve bütirik asit) asitleri ..... | 25  |
| 3.3. İstatistiksel Analizler .....                                                     | 25  |
| 4. BULGULAR .....                                                                      | 26  |
| 4.1. Bitki Boyu (cm).....                                                              | 26  |
| 4.2. Yeşil Ot Verimi (kg/da).....                                                      | 27  |
| 4.3. Kuru Ot Verimi (kg/da).....                                                       | 28  |
| 4.4. Silaj pH.....                                                                     | 29  |
| 4.5. Silaj Kuru Madde Oranı (%).....                                                   | 31  |
| 4.6. Silaj Ham Protein Oranı (%).....                                                  | 33  |
| 4.7. Silaj Ham Kül Oranı (%).....                                                      | 35  |
| 4.8. Silaj ADF Oranı (%).....                                                          | 36  |
| 4.9. Silaj NDF Oranı (%).....                                                          | 38  |
| 4.10. Sindirilebilir Kuru Madde Oranı (% SKM) .....                                    | 40  |
| 4.11. Kuru Madde Tüketimi (% KMT).....                                                 | 42  |
| 4.12. Nispi Yem Değeri (NYD).....                                                      | 44  |
| 4.13. Fleig Puanı.....                                                                 | 46  |
| 4.14. Laktik Asit Oranı (%).....                                                       | 48  |
| 4.15. Asetik Asit Oranı (%).....                                                       | 50  |
| 4.16. Propiyonik Asit Oranı (%).....                                                   | 52  |
| 4.17. Bütirik Asit Oranı (%).....                                                      | 53  |
| 5. TARTIŞMA.....                                                                       | 56  |
| 5.1. Bitki Boyu (cm).....                                                              | 56  |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 5.2. Yeşil Ot Verimi (kg/da).....                  | 57 |
| 5.3. Kuru Ot Verimi (kg/da).....                   | 58 |
| 5.4. Silaj pH.....                                 | 58 |
| 5.5. Silaj Kuru Madde Oranı (%).....               | 60 |
| 5.6. Silaj Ham Protein Oranı (%).....              | 61 |
| 5.7. Silaj Ham Kül Oranı (%).....                  | 62 |
| 5.8. Silaj ADF Oranı (%).....                      | 63 |
| 5.9. Silaj NDF Oranı (%).....                      | 65 |
| 5.10. Sindirilebilir Kuru Madde Oranı (% SKM)..... | 66 |
| 5.11. Kuru Madde Tüketimi (% KMT).....             | 67 |
| 5.12. Nispi Yem Değeri (NYD).....                  | 68 |
| 5.13. Fleig Puanı.....                             | 69 |
| 5.14. Laktik Asit Oranı (%).....                   | 70 |
| 5.15. Asetik Asit Oranı (%).....                   | 72 |
| 5.16. Propiyonik Asit Oranı (%).....               | 73 |
| 5.17. Bütirik Asit Oranı (%).....                  | 74 |
| 6. SONUÇLAR.....                                   | 76 |
| 7. ÖNERİLER .....                                  | 78 |
| KAYNAKLAR.....                                     | 79 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                      | 93 |

**ÖZET**  
**DOKTORA TEZİ**  
**BAZI TAHİL HASILLARINDA BUĞDAY KEPEĞİ İLAVESİNİN SİLAJ KALİTE**  
**ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**MEHMET İZZET TÜRKOĞLU**

**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**TARLA BİTKİLERİ**

**Tez Danışman: Doç. Dr. Mustafa OKANT**

**Yıl: 2025, Sayfa : 93**

Bu çalışma, serin iklim tahıllarından buğday, arpa, kılçıksız arpa ve tritikale bitkilerine farklı oranlarda buğday kepeği ilavesinin silaj kalitesi ve fermentasyon özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, 2023–2025 yılları arasında Şanlıurfa-Koruklu’nun yarı kurak iklim koşullarında yürütülmüştür. Tahıl türlerinin ot verimlerini incelemek amacıyla bitki boyu, yeşil ot verimi ve kuru ot verimi belirlenmiş; deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Silaj kalite özelliklerinde ise pH, kuru madde oranı, ham protein, ham kül, ADF ve NDF oranları, sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi, nispi yem değeri, Fleig puanı, laktik asit ile asetik, propiyonik ve bütirik asit düzeyleri incelenmiş; bu aşamada tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme deseni uygulanmış ve ana parselleri tahıl türleri, alt parselleri ise buğday kepeği düzeyleri (%0, %2.5 ve %5) oluşturmuştur.

Araştırma sonucunda, tahıl türleri arasında ot verimi ve büyüme özellikleri bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Tritikale, bitki boyu, yeşil ot verimi ve kuru ot verimi bakımından en yüksek değerlere ulaşırken, buğday en düşük değerleri göstermiştir. Silaj kalite özelliklerinde ise buğday kepeği katkısının belirgin olumlu etkileri ortaya çıkmıştır. Kepek ilavesi, silajın pH değerini düşürmüş; buna karşılık kuru madde, ham protein ve sindirilebilir kuru madde oranlarını artırmıştır. ADF ve NDF değerleri kepek düzeyinin artışıyla birlikte azalmış, buna bağlı olarak yem tüketilebilirliği ve Fleig puanı yükselmiştir. Ayrıca kepek katkısı, laktik asit oranını artırırken istenmeyen asetik, propiyonik ve bütirik asit düzeylerini düşürerek fermentasyonun daha dengeli ve hijyenik ilerlemesini sağlamıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, %5 buğday kepeği uygulaması özellikle arpa ve kılçıksız arpa silajlarında en yüksek kalite kriterlerini sağlamış; tritikale ise hem yüksek verim potansiyeli hem de kepek katkısına olumlu yanıtı ile öne çıkmıştır. Bu sonuçlar, buğday kepeğinin serin iklim tahıllarında etkili bir katkı maddesi olduğunu ve yarı kurak bölgelerde kaliteli ve sürdürülebilir kaba yem üretimini destekleyen önemli bir uygulama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Buğday kepeği, Tahıl silajı, Silaj kalite özellikleri, Yem bitkileri, Fermentasyon özellikleri

## **ABSTRACT**

### **DOCTORATE THESIS**

#### **DETERMINATION OF THE EFFECTS OF WHEAT BRAN ADDITION ON SILAGE QUALITY CHARACTERISTICS IN SOME CEREAL FORAGES**

**MEHMET İZZET TÜRKOĞLU**

**HARRAN UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION  
FIELD CROPS**

**Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa OKANT**

**Year: 2025, Page : 93**

This study was conducted to determine the effects of wheat bran supplementation at different levels on the silage quality and fermentation characteristics of cool-season cereals, namely wheat, barley, hooded barley and triticale, under the semi-arid conditions of Şanlıurfa-Koruklu during the 2023–2025 growing seasons. In order to investigate the forage yields of the cereal species, plant height, green forage yield, and dry forage yield were measured; and the experiment was established in a randomized complete block design with three replications. For the evaluation of silage quality characteristics, pH, dry matter content, crude protein, crude ash, ADF and NDF contents, digestible dry matter, dry matter intake, relative feed value, Fleig point, lactic acid and the contents of acetic, propionic and butyric acids were analyzed. At this stage, a split-plot design was used in which cereal species were assigned to main plots and wheat bran levels (0%, 2.5% and 5%) to subplots.

The results revealed significant differences among cereal species in terms of forage yield components. Triticale exhibited the highest plant height, green herbage yield and dry matter yield, while wheat recorded the lowest values. Wheat bran supplementation had a markedly positive influence on silage quality parameters. The addition of bran reduced silage pH and increased dry matter, crude protein and digestible dry matter contents. ADF and NDF values decreased with increasing bran levels, resulting in improved feed intake potential and higher Fleig scores. Furthermore, bran supplementation enhanced lactic acid production while reducing undesirable acetic, propionic and butyric acid concentrations, indicating a more efficient and hygienic fermentation process.

Overall, the 5% wheat bran level yielded the most favorable silage quality, particularly in barley and hooded barley silages. Triticale also showed strong performance due to its high yield potential and positive response to bran supplementation. These findings demonstrate that wheat bran is an effective silage additive for cool-season cereals and holds considerable promise for supporting high-quality and sustainable roughage production in semi-arid regions.

**KEYWORDS:** Wheat bran, Cereal silage, Silage quality traits, Forage crops, Fermentation traits

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|             |                                                                                                   |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1.  | Deneme alanına ait uydu görüntüsü.....                                                            | 16 |
| Şekil 3.2.  | Şanlıurfa-Koruklu istasyonunda kurulan denemeden görüntü.....                                     | 18 |
| Şekil 3.3.  | Denemede mibzerle ekiminin işleminin yapılması.....                                               | 19 |
| Şekil 3.4.  | Gözlemlerin alınması ve hasat işlemleri.....                                                      | 19 |
| Şekil 3.5.  | Silaj kavanozlarının hazırlanması.....                                                            | 20 |
| Şekil 3.6.  | Silaj kavanozlarının açılması ve analizlere hazırlık .....                                        | 21 |
| Şekil 3.7.  | Kalite analiz işlemleri .....                                                                     | 22 |
| Şekil 4.1.  | Farklı yıllarda tahıl türlerinin bitki boyu değişimi.....                                         | 26 |
| Şekil 4.2.  | Farklı yıllarda tahıl türlerinin yeşil ot verim değişimi.....                                     | 27 |
| Şekil 4.3.  | Farklı yıllarda tahıl türlerinin kuru ot verimi değişimi .....                                    | 28 |
| Şekil 4.4.  | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının pH değerlerindeki değişimi .....                       | 30 |
| Şekil 4.5.  | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının kuru madde oranlarındaki değişimi.....                 | 32 |
| Şekil 4.6.  | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının ham protein oranlarındaki değişimi .....               | 34 |
| Şekil 4.7.  | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının ham kül oranlarındaki değişimi.....                    | 36 |
| Şekil 4.8.  | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının ADF oranlarındaki değişimi.....                        | 38 |
| Şekil 4.9.  | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının NDF oranlarındaki değişimi.....                        | 40 |
| Şekil 4.10. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının sindirilebilir kuru madde oranlarındaki değişimi ..... | 42 |
| Şekil 4.11. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının kuru madde tüketimindeki değişimi.....                 | 44 |
| Şekil 4.12. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının nispi yem değerlerindeki değişimi .....                | 46 |
| Şekil 4.13. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının fleig puanlarındaki değişimi .....                     | 48 |
| Şekil 4.14. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının laktik asit oranlarındaki değişimi.....                | 49 |
| Şekil 4.15. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının asetik asit oranlarındaki değişimi.....                | 51 |
| Şekil 4.16. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının propiyonik asit oranlarındaki değişimi .....           | 53 |
| Şekil 4.17. | Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının bütirik asit oranlarındaki değişimi .....              | 54 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|               |                                                                                          |    |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1.  | Çalışmada kullanılan materyallerin bazı özellikleri.....                                 | 15 |
| Çizelge 3.2.  | Şanlıurfa Serince/Koruklu deneme alanına ait bazı toprak özellikleri.....                | 16 |
| Çizelge 3.3.  | Deneme alanına ait ortalama yağış, nispi nem ve sıcaklık değerleri .....                 | 17 |
| Çizelge 3.4.  | Silaj kuru madde oranı ve pH'ya göre silaj kalitesinin belirlenmesi .....                | 24 |
| Çizelge 4.1.  | Farklı tahıllarda bitki boyu, yeşil ve kuru ot verim ortalamaları ve oluşan gruplar..... | 26 |
| Çizelge 4.2.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj pH değerine etkisi .....                 | 30 |
| Çizelge 4.3.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj kuru madde oranına etkisi .....          | 31 |
| Çizelge 4.4.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj ham protein oranına etkisi.....          | 33 |
| Çizelge 4.5.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj ham kül oranına etkisi.....              | 35 |
| Çizelge 4.6.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj ADF oranına etkisi.....                  | 37 |
| Çizelge 4.7.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj NDF oranına etkisi.....                  | 39 |
| Çizelge 4.8.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının sindirilebilir kuru madde oranına etkisi.....  | 41 |
| Çizelge 4.9.  | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının kuru madde tüketimine etkisi.....              | 43 |
| Çizelge 4.10. | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının nispi yem değerine etkisi .....                | 45 |
| Çizelge 4.11. | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının fleig puanına etkisi.....                      | 47 |
| Çizelge 4.12. | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının laktik asit oranına etkisi.....                | 49 |
| Çizelge 4.13. | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının asetik asit oranına etkisi.....                | 50 |
| Çizelge 4.14. | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının propiyonik asit oranına etkisi.....            | 52 |
| Çizelge 4.15. | Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının bütirik asit oranına etkisi .....              | 54 |

## SİMGELER

|                                   |                                              |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>kg/da</b>                      | Kilogram/Dekar                               |
| <b>%</b>                          | Yüzde                                        |
| <b>cfu/g</b>                      | Gram başına koloni oluşturan birim           |
| <b>dS/m</b>                       | desiSiemens/metre                            |
| <b>g</b>                          | Gram                                         |
| <b>g/kg</b>                       | gram/kilogram                                |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>             | Potasyum oksit                               |
| <b>kg</b>                         | Kilogram                                     |
| <b>L</b>                          | Litre                                        |
| <b>Mcal/kg</b>                    | Megakalori/kilogram                          |
| <b>ME</b>                         | Metabolik Enerji, MJ/Kg (KM)                 |
| <b>mg</b>                         | Miligram                                     |
| <b>mg/L</b>                       | miligram/Litre                               |
| <b>MJ/kg</b>                      | Megajoule başına Kilogram                    |
| <b>mm</b>                         | Milimetre                                    |
| <b>Mn</b>                         | Mangan                                       |
| <b>m<sup>2</sup></b>              | Metrekare                                    |
| <b>NH<sub>3</sub>-N/TN</b>        | Toplam azot içeriğindeki amonyak azotu oranı |
| <b>p</b>                          | Anlamlılık düzeyi                            |
| <b>P</b>                          | Fosfor                                       |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | Fosfor penta oksit                           |
| <b>V</b>                          | Hacim                                        |
| <b>w/w</b>                        | ağırlık/ağırlık                              |
| <b>Zn</b>                         | Çinko                                        |
| <b>°C</b>                         | Sıcaklık(Santigrad derece)                   |

## KISALTMALAR

|                |                                               |
|----------------|-----------------------------------------------|
| <b>AA</b>      | Asetik Asit                                   |
| <b>ADL</b>     | Asit Deterjan Lignin                          |
| <b>AOAC</b>    | Association of Official Analytical Chemistry. |
| <b>BA</b>      | Bütirik Asit                                  |
| <b>BBHB</b>    | Büyükbaş Hayvan Birimi                        |
| <b>da</b>      | Dekar                                         |
| <b>ETAE</b>    | Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü              |
| <b>FAO</b>     | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü      |
| <b>FP</b>      | Fleig Puanı                                   |
| <b>GAPTAEM</b> | GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü    |
| <b>ha</b>      | Hektar                                        |
| <b>HB</b>      | Hayvan Birimi                                 |
| <b>HP</b>      | Ham Protein                                   |
| <b>HSEL</b>    | Hemiselüloz                                   |
| <b>KDK</b>     | Kasyon Değişim Kapasitesi                     |
| <b>KM</b>      | Kuru Madde                                    |
| <b>L.A</b>     | Laktik Asit                                   |
| <b>ME</b>      | Metabolik Enerji                              |
| <b>MGM</b>     | Meteoroloji Genel Müdürlüğü                   |
| <b>NEL</b>     | Net Enerji Laktasyon                          |
| <b>NH3-N</b>   | Amonyak Azotu                                 |
| <b>NYD</b>     | Nispi Yem Değeri                              |
| <b>OM</b>      | Organik madde                                 |
| <b>OMS</b>     | Organik Madde Sindirilebilirliği              |
| <b>PA</b>      | Propiyonik Asit                               |
| <b>pH</b>      | Power of Hydrogen                             |
| <b>SÇK</b>     | Suda Çözünen Karbonhidrat                     |
| <b>TÜİK</b>    | Türkiye İstatistik Kurumu                     |

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artış, gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım konularını her geçen gün daha önemli hâle getirmektedir. Birleşmiş Milletler'in (2019) tahminlerine göre, dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 9.9 milyara, 2100 yılında ise 11 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Bu yükseliş, Ranganathan vd. (2018) tarafından belirtildiği gibi, 2050'ye kadar gıda talebinde %56 oranında bir yükseliş anlamına gelmektedir. Ancak mevcut tarım alanlarının bu ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalacağı vurgulanmaktadır. Nitekim kişi başına düşen ekilebilir arazi miktarının 2050'de 0.19 hektara, gelişmiş ülkelerde ise 0.14 hektara kadar gerileyeceği bildirilmektedir (Silva, 2018).

Kaliteli kaba yem üretimi ve bu yemin hayvanlara yeterli ve düzenli biçimde ulaştırılması, sağlıklı ve yüksek performanslı bir hayvancılık sisteminin sürdürülebilmesi açısından temel bir gerekliliktir (Özkan, 2020). Hayvansal üretim ve tüketimdeki artış, genel olarak ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeyi ile paralellik göstermekte; bu artışın devamı ise hayvan sağlığı ile verimliliğin korunmasına bağlıdır. Bu bağlamda, çayır–mera alanları ile yem bitkileri tarımı, hayvancılığın en kritik girdisi olan kaba yemin karşılanmasında belirleyici konumdadır. 2024 yılı verilerine göre yem bitkileri ekim alanları; toplam tarım alanlarının %7.00'sini, işlenen tarım alanlarının %13.32'sini ve tarla tarımı içerisindeki ekili alanların %16.01'ini oluşturmakta olup, bu oranın en az %25'e çıkarılması sektör açısından olumlu bir hedef olarak değerlendirilmektedir (TUİK, 2025; Özkan vd., 2025). Türkiye'de toplam 14.62 milyon hektarlık çayır–mera varlığının önemli kısmı Doğu Anadolu (%37.52), İç Anadolu (%31.27) ve Karadeniz (%10.38) bölgelerinde bulunmasına rağmen, meraların yalnızca %1'inin çok iyi ve %11.70'inin iyi durumda olduğu, büyük bölümünün ise orta (%52.56) veya zayıf (%34.80) nitelikte olduğu bildirilmektedir (Hatipoğlu vd., 2021). Aşırı ve kontrolsüz otlatma, mera yönetimindeki eksiklikler ve bakım–ıslah çalışmalarının yetersizliği, verimliliği ve bitki örtüsünün niteliğini ciddi biçimde düşürmekte; dekara kuru ot verimini 60–100 kg gibi oldukça düşük seviyelere indirmektedir (BÜGEM, 2018). Benzer sorunlar Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde de gözlenmekte; 3.1 milyon hektarlık tarım alanı ile 2.3 milyon hektarlık çayır–mera potansiyeline rağmen, uygunsuz otlatma baskısı sonucu meraların önemli bir kısmı verimsizleşmiş ve doğal bitki örtüsü bozulmuştur (Artan vd., 2025). Oysa hayvancılık, özellikle kırsal ve dağlık bölgelerde çiftçi gelirlerinin büyük bölümünü oluşturan temel geçim kaynağıdır. Bu nedenle, ulusal ve bölgesel ölçekte hayvancılığın ekonomik sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için hem mera alanlarının korunması ve ıslah edilmesi hem de yem bitkileri üretiminin

artırılması zorunludur (Sürmen vd., 2008; Bucak vd., 2024). Nitekim hayvansal üretimde toplam maliyetin yaklaşık %70'inin yem giderlerinden oluştuğu dikkate alındığında (Bıçakçı ve Açıkbaş, 2018), sektörün kârlılığının korunması daha düşük maliyetli, kaliteli ve sürdürülebilir kaba yem üretim stratejilerinin geliştirilmesine bağlıdır.

Türkiye’de 2024 yılı itibarıyla yaklaşık 2.69 milyon hektar alanda yem bitkileri tarımı yapılmakta olup, çayır otu (%25.16), yonca (%20.80) ve silajlık mısır (%18.59) ekim alanlarının yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadır. Bu türlerin ekim alanları sırasıyla 678 bin, 561 bin ve 501 bin hektar olup, bunları yulaf (yeşil ot) (362 bin ha), adi fiğ (158 bin ha), korunga (124 bin ha) ve tritikale (66 bin ha) takip etmektedir. Aynı yıl yem bitkileri üretimi 66.45 milyon ton olarak gerçekleşmiş; silajlık mısır 27.17 milyon ton (%40.89), yonca ise 17.34 milyon ton (%26.10) ile toplam üretimin önemli bir kısmını karşılamıştır. Üretimde çayır otu (6.94 milyon ton), yulaf (4.52 milyon ton), İtalyan çimi (2.07 milyon ton), adi fiğ (2.07 milyon ton) ve korunga (1.46 milyon ton) öne çıkan diğer türlerdir (TUİK, 2025). Ancak mevcut ekim alanı oranı, hayvancılık sektörünün güçlü olduğu ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşüktür. Almanya’da tarım arazilerinin %36’sı, Hollanda’da %31’i, İtalya’da yaklaşık %30’u, Fransa ve İngiltere’de ise yaklaşık %25’i yem bitkilerine ayrılmışken, Türkiye’de bu oran yalnızca %11 düzeyinde kalmaktadır (Açıkgöz vd., 2005). Bu durum, yem bitkileri üretiminin artırılmasının hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliği açısından zorunlu olduğunu göstermektedir.

Büyükbaş Hayvan Birimi (BBHB) 500 kg canlı ağırlık üzerinden tanımlanmakta olup, “verim payı” yaklaşımına göre bir hayvanın günlük kaba yem tüketimi canlı ağırlığının yaklaşık %2.5’i kadar kuru ot (12.5 kg) veya %10’u kadar yeşil ot olarak kabul edilmektedir (Gökkuş vd., 1995). Bu hesaplama göre, 1 BBHB’nin günlük yem gereksinimi 50 kg yeşil ot ya da 12.5 kg kuru ota; yıllık ihtiyacı ise 18.3 ton yeşil ot veya 4.56 ton kuru ota karşılık gelmektedir. Türkiye’de 2024 yılı itibarıyla BBHB değeri yaklaşık 18.7 milyon olarak belirlenmiş olup, bu hayvan varlığının yıllık kuru ot gereksinimi yaklaşık 85.3 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Yem bitkileri ile çayır–mera alanlarından sağlanan toplam kuru ot üretimi ise 29.7 milyon ton düzeyindedir. Dolayısıyla, 2024 yılı için Türkiye’nin kuru ot açığı yaklaşık 55.6 milyon ton olarak ortaya çıkmaktadır (TUİK, 2025; Özkan vd., 2025). Bu durum, Türkiye’de hayvansal üretimin ekonomik sürdürülebilirliği açısından kaba yem arzının güçlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Yüksek verim hedefleyen modern hayvancılık sistemlerinde, yem bitkilerinin yıl boyunca yeterli miktarda ve yüksek kalitede üretilmesi ile uygun koşullarda korunması büyük önem taşımaktadır (Araújo vd., 2012). Türkiye’de hayvansal üretimin karşılaştığı temel sorunlardan biri, özellikle kış aylarında belirginleşen kaliteli kaba yem arzındaki yetersizliktir. Mevsimsel olarak yeşil ve sulu yem kaynaklarının azalması, üreticileri besin değeri düşük saman gibi alternatif materyalleri kullanmaya zorlamakta; bu durum hem üretim maliyetlerini artırmakta hem de hayvansal verimliliği olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda yemlerin uygun şekilde korunması kritik önem taşımakta olup, başlıca iki yöntem olan kuru ot ve silaj yapımı yaygın olarak kullanılmaktadır (Moran, 2005). Özellikle silaj, sürdürülebilir ve stratejik bir kaba yem kaynağı olarak ön plana çıkmaktadır. Silaj, yüksek nem içeren yem materyallerinin doğranıp hava almayacak şekilde sıkıştırılarak anaerobik koşullarda fermentasyona bırakılmasıyla elde edilmektedir (Oruç, 2021; Oruç ve Avcı, 2024a). Genellikle üretimde kullanılan bitkinin adıyla anılan bu yem formu, örneğin buğdaydan elde edildiğinde buğday silajı, mısırdan elde edildiğinde ise mısır silajı olarak ifade edilmektedir.

Günümüzde hayvancılık işletmelerinde silaj yapımı yaygın bir uygulama haline gelmiş ve özellikle ahır hayvancılığının geliştiği ülkemizin batı bölgelerinde hızlı bir artış göstermiştir. Silajın başlıca avantajları arasında; yemlerin uzun süre tazeliğini koruması, yağışlı bölgelerde kurutma gücünü ortadan kaldırması, depolama ve nakliye sırasında kayıpları en aza indirmesi ve hayvanlar için lezzetli, kolay tüketilebilir bir yem sunması yer almaktadır. Ayrıca silaj üretimi, yemlerin saklanması sırasında yabancı otların ve bazı zararlı bileşiklerin etkisiz hale gelmesine de katkıda bulunmaktadır (Kılıç, 1986; Oruç ve Avcı, 2024b).

Türkiye’nin farklı bölgelerinde silaj yapımına uygun çok sayıda yem bitkisi yetiştirilmekte olup, hayvan beslenmesinde kullanılan kaba yem kaynakları arasında silajlık mısır ve yonca uzun yıllardır ilk sırada yer almaktadır. Mısır; yüksek verimi, besin değeri ve farklı ekolojik koşullara kolay uyum sağlayan çeşit zenginliği sayesinde silaj üretiminde en yaygın kullanılan türdür (Geren vd., 2003). Yonca ise yüksek ot verimi, kaliteli protein içeriği, çok yıllık yapısı ve münavebe avantajlarıyla öne çıkmaktadır (Tan ve Serin, 1998). Ancak her iki türün üretimi yüksek su ihtiyacı ve belirli iklim koşullarına bağımlıdır (McDonald vd., 1991). İklim değişikliğinin yarattığı kuraklık baskısının özellikle suya duyarlı silajlık mısır için verim kayıplarına yol açacağı öngörülmektedir. Nitekim Orta Avrupa koşullarında yapılan bir meta-analizde, 2080 yılı için ortalama mısır veriminde yaklaşık %15’lik bir azalma tahmin edilmiştir (Knox vd., 2016). Buna karşılık, Thivierge vd. (2016) ve

Medina-Garcia vd. (2020) tarafından RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre yonca veriminde %5–35 ile %17.8–60 arasında değişen oranlarda artış olabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte, yem üretiminin önemli bölümünü oluşturan bu iki bitkide meydana gelebilecek herhangi bir verim dalgalanması, hayvancılık sektöründe yem açığının büyümesine ve üretim maliyetlerinin yükselmesine neden olabilecektir. Bu nedenle, daha az suya ihtiyaç duyan, yüksek kuru madde verimine sahip ve silaj kalitesi yüksek alternatif yem bitkilerinin üretim desenine dâhil edilmesi giderek daha kritik hale gelmektedir. Bu bağlamda, buğdaygil yem bitkileri; görece düşük su gereksinimleri, yüksek uyum kabiliyetleri ve suda çözünebilir karbonhidrat içeriklerinin laktik asit bakterileri için uygun bir fermentasyon ortamı oluşturması nedeniyle son yıllarda silaj üretiminde öne çıkmaktadır. Özellikle arpa, yulaf, buğday, çavdar ve tritikale gibi türlerin silaj yapımında kullanımı önem kazanmış ve birçok bölgede mısır ve yoncaya alternatif olarak değerlendirilmeye başlanmıştır (Karabulut ve Filya, 2007; Özdüven vd., 2010).

Silaj kalitesinin belirlenmesinde hem fiziksel (renk, koku, tat, doku) hem de kimyasal özellikler (pH, laktik, asetik ve bütirik asit seviyeleri) dikkate alınmaktadır. Kaliteli bir silaj, doğal rengini ve yapısını koruyan, hoş kokulu ve hafif asidik tada sahip olmalıdır. Kimyasal olarak, pH değerinin 3.5-4.2 aralığında, laktik asitin %2'nin üzerinde olması ve asetik asit düzeyinin ise %0.8'in altında kalması beklenir. Bütirik asit ise silajda istenmeyen bir bileşen olup, genellikle %0.1-0.6 aralığında değişkenlik göstermektedir. Bu parametrelerin uygun aralıkta olması, fermentasyonun istenen şekilde gerçekleştiğini ve yüksek kaliteli bir silaj elde edildiğini göstermektedir (Alçıçek ve Özkan, 1996; Woolford ve Pahlow, 1998).

Başarılı bir silaj üretimi için yeterli kuru madde oranı ve yüksek düzeyde suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) bulunması temel koşullardır. Zi vd. (2022), kaliteli bir silaj elde edilebilmesi için SÇK oranının en az %5 olması gerektiğini bildirmiştir. Yeterli SÇK varlığında laktik asit bakterileri bu karbonhidratları kullanarak laktik asit üretir ve ortamın pH'sını hızla düşürür. Böylece düşük asitli ortamlarda gelişebilen Clostridium türü bakterilerin proteaz aktiviteleri baskılanır; aksi durumda bütirik fermentasyon sonucu kötü koku, besin kaybı ve kalite düşüşü ortaya çıkar (Henderson, 1993; McDonald vd., 1991). İdeal bir fermentasyonun gerçekleşebilmesi için kuru madde (KM) oranının %30–40 arasında olması gerekir. Bu düzey sağlanamadığında biçim zamanı değiştirilebilir, materyal soldurulabilir veya katkı maddesi eklenebilir. Buğdaygil türleri, yüksek SÇK içerikleri nedeniyle silaj yapımında doğal bir avantaj sunmaktadır.

Silajın besin kalitesi ile hasat dönemi arasında doğrudan bir ilişki vardır. Erken dönemde yapılan hasatlarda bitkilerin yüksek su içeriği nedeniyle SÇK düzeyi yetersiz kalmakta, bu durum laktik asit bakterilerinin aktivitesini sınırlayarak fermentasyonu olumsuz etkilemektedir. Buna karşılık, süt–hamur olum aşamalarında gerçekleştirilen hasatlar kuru madde miktarını artırmakta; böylece hem besin madde düzeylerini yükseltmekte hem de silo suyu kayıplarını azaltmaktadır (Pasin, 2019). Dolayısıyla uygun hasat zamanı, hem fermentasyon sürecinin sağlıklı ilerlemesi hem de nihai silaj kalitesinin korunması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Fermentasyonun başarıya ulaşması yalnızca uygun KM ve SÇK düzeylerine değil, aynı zamanda bu parametreleri destekleyen katkı maddelerinin kullanımına da bağlıdır.

Silajın besin değerini ve fermentasyon kalitesini artırmak amacıyla çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Karbonhidrat içeriği yüksek materyallerin silaja ilave edilmesiyle fermentasyon kalitesinin belirgin şekilde arttığı bildirilmiştir (Fang vd., 2022). Bu amaçla melas, tahıl unları, meyve posaları gibi karbonhidratça zengin kaynaklar ile enzim ve bakteri inokulantları yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu katkılar hem besin kayıplarını azaltarak fermentasyon sürecini iyileştirmekte hem de hayvan performansını desteklemektedir (Aydın ve Denek, 2019; Broderick vd., 2002; Canbolat vd., 2010; Seydoşoğlu vd., 2020; Oruç ve Avcı, 2023). Bu bağlamda, değirmen sanayisinin önemli bir yan ürünü olan buğday kepeği, düşük maliyeti, yüksek selüloz içeriği ile lif, protein, mineral ve vitamin açısından zengin bileşimi sayesinde silaj yapımında kullanılabilecek uygun bir katkı maddesi olarak öne çıkmaktadır. Kepeğin ruminant beslemede uygun bir ham protein düzeyine sahip olması ve ayrıca sindirim sistemini destekleyici etkisi, bu materyalin yem olarak değerini daha da artırmaktadır (Levendoğlu ve Karşlı, 2010; Du vd., 2023).

Bu çalışmanın amacı, buğday, arpa, kılçıksız arpa ve tritikale hasıllarına farklı düzeylerde buğday kepeği ilave edilerek hazırlanan silajların fermentasyon özellikleri ve silaj kalite özelliklerini belirlemektir. Araştırmadan elde edilen bulguların, kaba yem açığının azaltılmasına yönelik uygulamaların geliştirilmesine ve kurak–yarı kurak bölgelerde sürdürülebilir hayvansal üretime uygun alternatif yem kaynaklarının daha etkin biçimde değerlendirilmesine bilimsel bir katkı sağlaması hedeflenmektedir.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

McCartney ve Vaage (1997), Kanada’da yürüttükleri bir çalışmada yulaf, arpa ve tritikale bitkilerinden silaj hazırlayarak verim ve yem değeri üzerine kapsamlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada, süt olum ile hamur olum döneminin başlangıcında hasat edilen tritikalenin kuru madde verimi dekar başına 792.2 kg, ham protein verimi ise dekara 97.8 kg olarak belirlenmiştir. Silaj yapılmadan önceki analizlerde tritikale materyali şu şekilde belirtilmiştir: kuru madde oranı 416 g/kg, ham kül 86 g/kg KM, ham protein 124 g/kg KM, nötr deterjan lif (NDF) 540 g/kg KM, asit deterjan lif (ADF) 326 g/kg KM, asit deterjan lignin (ADL) 41 g/kg KM, hemiselüloz 214 g/kg KM ve selüloz 259 g/kg KM. Fermantasyon sonrasında elde edilen bulgular ise şu şekilde sıralanmıştır: pH değeri 4,42, kuru madde 437 g/kg, ham kül 146 g/kg KM, ham protein 116 g/kg KM, laktik asit 21 g/kg KM, NDF 579 g/kg KM, ADF 391 g/kg KM, ADL 46 g/kg KM, hemiselüloz 195 g/kg KM ve selüloz 302 g/kg KM. İn vivo sindirim denemeleri sonucunda ise sindirilebilirlik değerleri; kuru madde sindirilebilirliği 588 g/kg KM, ham protein sindirilebilirliği 653 g/kg KM, organik madde sindirilebilirliği 654 g/kg KM, NDF sindirilebilirliği 540 g/kg KM ve ADF sindirilebilirliği 422 g/kg KM olarak kaydedilmiştir.

Edmisten vd. (1998), çavdar bitkisinin farklı gelişim dönemlerinde (sapa kalkma, çiçeklenme, başaklanma, süt olum, erken ve geç hamur olum) biçilen materyallerin silaj kalitesini incelemişlerdir. Bulgulara göre ham protein içerikleri %20.0–31.3 arasında iken olgunlaşmanın ilerleyen dönemlerinde %7.0–8.2 düzeyine kadar düşmüştür. NDF oranları %24.5–77.6, ADF %19.2–39.8, ADL ise %2.2–9.4 değerleri arasında değişmiştir. İn vitro kuru madde sindirilebilirliği oranı ise erken dönemlerde %79.4 iken, geç dönemlerde %45.7’ye kadar azalmıştır. Araştırmacılar, bitkinin olgunlaşma süreci ilerledikçe NDF, ADF ve ADL düzeylerinin arttığını; buna karşın ham protein miktarı ile sindirilebilirliğin düştüğünü ortaya koymuşlardır.

Demirel ve Yıldız (2001), arpa hasıllarında farklı düzeylerde üre ve melas kullanımının silaj kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, arpa hasıllarına katkı maddesi olarak %5 melas ve %1 üre ilave edilmesinin fermantasyonu iyileştirdiği, aerobik stabiliteyi artırarak kaliteyi yükselttiği ve besin öğelerinin sindirilebilirliğini geliştirdiği görülmüştür.

Cheng vd. (2001), Brezilya’da yürüttükleri bir çalışmada, Pennisetum purpureum silajına mısır unu ve buğday kepeği ilavesinin kalite özelliklerine etkisini incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre, mısır unu katkısı kontrol grubuna oranla kuru madde, ham protein ve laktik asit oranlarını artırmış; buna karşın NDF, ADF,

asetik asit ve pH değerlerinde azalma meydana getirmiştir. Buğday kepeği ilavesinin ise kuru madde, ham protein, laktik asit ve pH değerlerini yükselttiği; NDF, ADF ve asetik asit miktarlarını düşürdüğü belirlenmiştir.

Kung ve Ranjit (2001), Hollanda koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, kuru madde oranı %39.4 olan arpa materyalini biyolojik ve kimyasal katkılarla işleyerek silajın fermantasyon süreci ve aerobik dayanıklılığını incelemişlerdir. Kontrol grubunda ham protein %11.5, ADF %43.1, NDF %68.5, ayrıca laktik asit %6.03, asetik asit %1.27, propiyonik asit %0.06 ve bütirik asit %0.64 bulunmuştur. Katkı uygulamalarında özellikle *L. buchneri* ve enzim kombinasyonları, kontrol grubuna kıyasla daha düşük pH ve amonyak-N düzeyleri ile lif içerikleri sağlamıştır. Ayrıca aerobik dayanıklılığı artırarak antifungal katkılara alternatif olabilecekleri ortaya konmuştur.

Filya (2003a), Bursa koşullarında yürüttüğü bir çalışmada, erken hamur olum döneminde biçilen buğday hasıllarında inokulant etkilerini araştırmıştır. Silaj yapılmadan önceki değerler: kuru madde 384 g/kg, ham kül 70 g/kg, ham protein 66 g/kg, NDF 505 g/kg olarak kaydedilmiştir. Fermantasyon sonunda kontrol grubu, *L. buchneri*, *L. plantarum* ve kombine gruplarda pH 3.8–4.2, laktik asit 20-47 g/kg, asetik asit 6–21 g/kg, amonyak-N 0.109-0.140 g/kg TN arasında ölçülmüştür. Sonuçlar, inokulantların fermantasyonu iyileştirdiğini fakat rumen parçalanabilirliği üzerinde belirgin değişim yaratmadığını göstermiştir.

Filya (2003b), Bursa'da yürüttüğü bir çalışmada, Pehlivan ve Gönen çeşitlerine ait buğday hasıllarında farklı gelişim dönemlerinde yapılan silajların özelliklerini incelemiştir. Bulgulara göre kuru madde %35.7-39.5, ham protein %5.8-7.8, NDF %41.2-54.0, ADF %27.7-39.7, ADL %6.9-9.0 arasında değişmiştir. Ayrıca laktik asit 21.6-35.7 g/kg, asetik asit 5.2-6.8 g/kg, pH 3.9-4.1 olarak bulunmuştur.

Can vd. (2004), Şanlıurfa koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, Triticale bitkisi Tatlıcak-97 çeşidi hasıllarını hamur (sarı) olum döneminde biçmiş ve 60 gün fermente etmişlerdir. Sonuçta elde edilen silajlarda pH 4.21, ham protein %11.02 düzeyinde saptanmıştır.

Konca vd. (2005), İzmir koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, iki farklı tritikale silajının içeriklerini incelemişlerdir. Bulgulara göre kuru madde %19.94-31.27, pH 5.86, ham protein %6.07-7.16, ham yağ %1.90-2.45, ham selüloz %20.37-24.51, ham kül %6.77-10.38 düzeyindedir. Enerji değerleri 10.70-11.90

MJ/kg ME, NEL 6.45-7.26 bulunmuştur. Flieg puanları ise 11–33 aralığında değişmiş ve kalite bakımından bu silajların kötü ile orta kalite arasında sınıflandırıldığı belirtilmiştir.

Contreras-Govea vd. (2006), Teksas eyaletine bağlı Arlington şehrindeki Wisconsin Üniversitesi Tarım Araştırma İstasyonlarında yürüttükleri bir çalışmada, çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde biçilen buğday silajlarını değerlendirmişlerdir. Bulgular; kuru madde %27.1-36.2, pH 3.63-3.90, NDF %48.8-59.7, ADF %27.8-34.9, laktik asit 77.0-98.0 g/kg, asetik asit 3.6-7.8 g/kg şeklindedir.

Sucu ve Filya (2006), Bursa koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, hamur (sarı) olum döneminde biçilen buğday silajlarında laktik asit bakteri inokulantlarının etkilerini incelemişlerdir. Silaj yapılmadan önce pH 6.4, kuru madde 353 g/kg, ham protein 88 g/kg iken, 50 günlük fermentasyon sonunda inokulant uygulanan örneklerde pH 3.7, laktik asit 39-43 g/kg, asetik asit 3 g/kg, amonyak-N 12-15 g/kg TN tespit edilmiştir. Ayrıca maya ve küf düzeyleri azalmış, kuru madde ile organik maddenin sindirilebilirlik oranları %54.0-57.8 aralığında bulunmuştur.

Emile vd. (2007), Fransa koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, farklı tritikale silajlarının koyunlarda sindirilebilirliğini incelemişler ve 6 farklı örnekte kuru madde %29.6-39.0, organik madde 933-951 g/kg, ham protein 68-73 g/kg, ham selüloz 283-327 g/kg, NDF 558-629 g/kg, lignin 83-98 g/kg arasında değerler kaydetmişlerdir. Fermentasyon özellikleri açısından pH 4.13-4.33, laktik asit 30.3-50.7 g/kg, asetik asit 9.6-14.8 g/kg, bütirik asit 0.5-1.4 g/kg, amonyak-N 87-102 g/kg, çözünebilir azot 666-732 g/kg aralığında bulunmuştur.

Başkavak (2008), Tekirdağ'da yürüttüğü bir çalışmada, inokulant ve enzim ilavelerinin buğday silajına etkilerini araştırmış ve farklı dönemlerde biçilen materyallerde kuru madde %34.01-37.49, ham protein %10.34-12.28, NDF %53.9-58.3, ADF %28.1-29.6 arasında değerler bulmuştur. Kontrol gruplarında pH 4.27-4.64, amonyak-N 78.85-102.41 g/kg TN, asetik asit 0.70-1.04, bütirik asit 0.00-0.09, laktik asit 3.08-3.78 g/kg arasında ölçülmüştür. Silajların genel içerikleri; kuru madde %32.17-35.74, ham protein %9.99-13.39, ham selüloz %26.22-29.38, NDF %53.1-57.1, ADF %32.1-35.0, ADL %6.25-6.63 olarak bulunmuştur.

Kılıç (2010), buğday hasılı ve silajına mikrobiyal katkıların (Maize-All) etkilerini değerlendirmiştir. İn vitro rumen fermentasyonu ve gaz üretimi testlerinde, buğday hasılı ile silaj arasında gaz üretimi açısından fark görülmemiştir. Ancak katkı uygulaması, hasıl örneklerinde ME, NEL ve OMS değerlerini yükseltmiş, silajda ise

belirgin bir farklılık yaratmamıştır.

Kaplan vd. (2011), Bingöl şartlarında süt olum ve hamur olum dönemleri arasında hasat ettikleri 10 tritikale genotipinde HP oranını %6.93-10.67, ADF %31.73-36.53, NDF oranını %40.07-49.27, HK oranı %3.87-5.83, yeşil ot verim değerini 2273-3300 kg/da ve kuru ot verim değerini 836-1365 kg/da olarak saptamışlardır. Ham protein verimi yüksek olan Melez 2001 ve Mikham çeşitleri önerilmiştir.

Canbolat (2012), Bursa koşullarında yürüttüğü bir çalışmada, süt olum dönemi sonunda hasat edilen mısır bitkisi, sorgum, buğday, arpa, yulaf, çavdar ve tritikale gibi farklı buğdaygil türlerini incelemiş; bu materyallerin kimyasal bileşimlerini, in vitro gaz üretimlerini, organik madde sindirilebilirliğini (OMS), metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NEL) ve nispi yem değerlerini (NYD) değerlendirmiştir. Bulgulara göre çavdar kuru otunda ham kül %6.9, organik madde %93.1, ham protein %7.1, ham yağ %2.6, NDF %55.9, ADF %32.6 ve ADL %8.1 bulunmuştur. Ayrıca OMS %64.1, ME 9.1 MJ/kg kuru madde, NEL 5.4 MJ/kg kuru madde, kuru madde sindirimi %63.6, kuru madde tüketimi %2.1 ve NYD 105.8 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada, çavdar kuru otunun organik madde, protein, yağ ve kül oranlarının diğer buğdaygillere kıyasla daha düşük; NDF, ADF ve ADL değerlerinin ise daha yüksek olduğu, bunun da gaz üretimi, enerji değerleri, sindirilebilirlik ve yem değerlerini olumsuz etkilediği ifade edilmiştir.

Kavut vd. (2012), Menemen-İzmir ekolojik şartlarında tritikale çeşitlerinden Tacettinbey, Ege Yıldızı, BDMT 06-5K, Karma, Tatlıcak-97, Mikham-2002, Focus, Melez-2001 ve Presto gibi çeşitlerin silaj verimi ve fermantasyon özelliklerini değerlendirmişlerdir. Bulgulara göre yeşil ot verimleri 2593-10424 kg/da, kuru madde oranı %25.5-38.2, kuru madde verimleri 975-2985 kg/da arasında değişmiştir. Silajlar 45. günde açıldığında kuru madde kayıpları %0.35-2.31, laktik asit %1.25-1.93, asetik asit %0.40-0.60, ham protein %8.8-10.8 ve pH 4.43-5.35 aralığında bulunmuştur. Sonuç olarak, fermantasyon özellikleri bakımından çeşitler arasında farklar görülmüş; özellikle Ege Yıldızı, Tacettinbey ve Tatlıcak-97 çeşitlerinin hem yüksek verim hem de uygun kalite açısından öne çıktığı bildirilmiştir.

Kordi ve Naserian (2012), buğday kepeğinin silaj katkı maddesi olarak kimyasal bileşim, in situ parçalanabilirlik ve narenciye posası silajının in vitro gaz üretimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma kapsamında, narenciye

küspesine farklı oranlarda buğday kepeği ilavesinin silaj kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, buğday kepeği katkısı, kontrol grubuna kıyasla silaj pH değerini kuru madde oranı, silaj ham protein oranı, silaj ADF oranı, silaj NDF oranı, amonyak azotu oranı ve flieg puanı değerlerini düşürmüştür.

Qin ve Shen (2013), Çin'in Anhui Eyaleti'nde, Huai Nehri boyunca yer alan Funan ilçesinde yürüttükleri çalışmalarında, yerfıstığı bitkisinden hazırlanan silajlarda buğday kepeği katkısının kalite parametrelerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, buğday kepeği ilavesi, katkı uygulanmayan kontrol grubuna kıyasla kuru madde, ham protein, laktik asit ve Flieg puanı değerlerini artırmış; buna karşılık NDF, ADF, pH, asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit ve amonyak azotu miktarlarını azaltmıştır.

Dumlu Gül (2014), Erzurum koşullarında yürüttüğü bir çalışmada, ayçiçeği silajına %10 arpa, %10 saman ve %5 melas ilavesinin kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre, melas katkısı kuru madde oranını, ham protein oranını, nispi yem değerini (NYD) ve Flieg puanını artırırken; NDF, ADF ve pH değerlerini düşürmüştür. Arpa katkısı da benzer şekilde kuru madde, ham protein, NYD ve Flieg puanı değerlerini yükseltmiş; NDF, ADF ve pH değerlerinde azalma sağlamıştır. Saman ilavesi ise kuru madde, NYD ve Flieg puanını artırırken, ham protein, NDF, ADF ve pH oranlarında düşüşe neden olmuştur.

Kaplan vd. (2014), Kayseri koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, siyez ve emmer buğdaylarının yem potansiyelini incelemiş; einkorn popülasyonlarının OMS, ME, HP ve HY değerlerinin daha yüksek, emmer popülasyonlarının ise ADF ve NDF oranlarının daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Araştırmacılar, bu türlerin yüksek verim ve sindirilebilirlikleri nedeniyle alternatif yem kaynağı olarak değerlendirilebileceğini, ayrıca genetik materyal açısından önemli potansiyel sunduğunu vurgulamışlardır.

Silva vd. (2014), Brezilya koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, Pennisetum purpureum silajına %10 ve %20 oranlarında buğday kepeği eklenmesinin kalite üzerine etkilerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, buğday kepeği katkısının kontrol grubuna göre silajın pH, amonyak, laktik asit, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit miktarlarını azalttığını ortaya koymuştur.

Kaplan vd. (2015), Kahramanmaraş koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, yeni melez edilmiş tritikale bitkisi hatlarının yaş ot verimi ve yem değerlerini araştırmıştır. İki yıllık ortalama bulgulara göre yaş ot verimi 3644-4847 kg/da, kuru ot

verim değeri 1277-1868 kg/da, ham protein verim değeri 102-180 kg/da, ADF 329.2-446.3 g/kg KM, NDF 637.0-784.7 g/kg KM, ham kül 50.6-78.7 g/kg KM, ham protein 62.1-113.6 g/kg KM, sindirilebilir kuru madde değeri %54.14-63.25, kuru madde tüketimi 1.528-1.881 kg, NYD 64.18-89.31 bulunmuştur. Yeni hatların standart çeşitlere göre daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür.

Gill ve Omokanye (2016), Kanada'nın kuzeybatısında yer alan Alberta eyaletinde yürüttükleri çalışmalarında, beş tritikale çeşidini (AC Ultima, Bunker, Pronghorn, Taza ve Tyndal) karşılaştırmışlardır. Süt olum döneminde hasat edilen materyallerin silajlık yeşil ot verimi 2330–2440 kg/da, kuru madde verimi 814–853 kg/da ve ham protein verimi 63.5–70.4 kg/da olarak belirlenmiştir. Silaj sonrası analizlerde ham protein 79.4–83.2 g/kg, NDF 495–529 g/kg KM, ADF 319–343 g/kg KM, NFC 279–311 g/kg KM ve net yem değeri (NYD) 111–121 olarak saptanmıştır. Ayrıca kuru madde sindirilebilirliği 622–641 g/kg KM, ham protein sindirilebilirliği 383–439 g/kg KM, enerji sindirilebilirliği 2.73–2.81 Mcal/kg KM, kuru madde tüketimi 540 g/kg KM ve 2.27–2.43 g/kg KM aralığında bulunmuştur.

Kiraz ve Kutlu (2016), Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyoteknoloji Laboratuvarlarında yürüttükleri çalışmalarında, arpa silajlarında inokulant katkısının 7, 14, 28 ve 56 günlük depolama sürelerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, pH, kuru madde, ham protein, ham yağ, ham kül, selüloz, NDF ve ADF düzeylerinin gruplar arasında önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle rekombinant inokulantların yem kalitesini ve aerobik stabiliteyi artırdığı tespit edilmiştir.

Şenyüz (2017), Kırıkkale'de yürüttüğü çalışmada, mısır silajına farklı yem katkı maddelerinin (saman, buğday kepeği ve patates posası) ilavesinin silaj kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kontrol grubuna kıyasla bu katkı maddeleri silajın ham kül, ham protein, NDF, ADF, pH, asetik asit ve propiyonik asit düzeylerini azaltırken; kuru madde ve laktik asit oranlarını artırmıştır.

Garcez Neto vd. (2018), Brezilya'nın Paraná Eyaleti Palotina kentinde bulunan Paraná Federal Üniversitesi'nde (Universidade Federal do Paraná – UFPR) yürüttükleri çalışmalarında, beyaz yulaf silajında *L. plantarum* ve *P. acidilactici* katkılarının etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada, 110 gün boyunca depolanan materyalin farklı katkı gruplarında fermantasyon özellikleri değerlendirilmiştir.

Aerobik dayanıklılık, katkı uygulanmayan silajda 9 gün, laktik asit bakterisi (LAB) uygulanan silajda ise 14 gün olarak belirlenmiştir. Ayrıca, karbonhidrat düzeylerinde azalma, protein içeriğinde sabit kalma, pH ve amonyak azot düzeylerinde düşüş gözlenmiş; LAB sayısı katkı yapılan gruplarda daha yüksek bulunmuştur.

Tian vd. (2018), Çin Tarım Üniversitesi Hayvan Bilimi ve Teknolojisi Koleji Biyoteknoloji Laboratuvarlarında yürüttükleri çalışmalarında, yonca silajına buğday kepeği ilavesinin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre, buğday kepeği katkısı silajın kuru madde ve laktik asit oranlarını artırmış; buna karşılık NDF, ADF, ham kül, pH, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit değerlerini azaltmıştır. Bununla birlikte, ham protein oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir.

Zhao vd. (2018), Çin'in Gansu Eyaleti'nde, Gannan Tibet Özerk Bölgesi'ne bağlı Xiahe İlçesi'nde yer alan Gansu Tarım Üniversitesi Deneysel Arazi İstasyonu'nda yürüttükleri çalışmada, 2.517 m rakımda ve yıllık 489 mm yağış alan koşullarda yulaf silajlarında inokulant uygulamaları ve farklı çeşitlerin etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmada, erken olgunlaşma döneminde hasat edilen materyallerde inokulant uygulamalarının fermantasyon kalitesini iyileştirdiği, NDF sindirilebilirliğini ve kuru madde geri kazanımını artırdığı belirlenmiştir.

Daş (2019), Şanlıurfa ekolojik koşullarında yürüttüğü bir çalışmada, Lenox bitkisini farklı oranlarda saman (%7, %10, %15) ve melas (%1, %2, %3) ile fermente etmiş; sonuçta uygun katkılarla yapılan Lenox silajlarının mısır silajına yakın kalite özellikleri taşıdığı görülmüştür.

Gül vd. (2019), Türkiye'nin batısında yer alan Tekirdağ ilinde 2016 yılında yürüttükleri çalışmalarında, farklı oranlarda buğday kepeği ilavesinin kanola kalite özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, buğday kepeği katkısı, kontrol grubuna kıyasla kanola silajının kuru madde, ham protein ve net yem değeri (NYD) oranlarını artırmış; buna karşın pH, ham kül, amonyak azotu, laktik asit, NDF ve ADF oranlarını azaltmıştır.

Podkowska ve ark. (2018), Polonya koşullarında kinoa bitkisinden elde edilen silajlarda katkı maddesi kullanımının kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmada katkısız olarak hazırlanan kinoa silajlarında kuru madde oranının yaklaşık %21, ham kül içeriğinin %15'e yakın, ham proteinin %10 civarında, ADF ve NDF değerlerinin sırasıyla %34 ve %45 düzeylerinde olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu silajların pH değerinin 4.13, laktik asit içeriğinin %1.92, asetik asit miktarının

%0.37, bütirik asidin ise %0.04 gibi düşük bir seviyede bulunduğu ifade edilmiştir. Çalışmada hesaplanan Fleig puanının 78 olması, kinoa silajlarının katkı maddesi eklenmemiş durumda dahi iyi kalite sınıfında değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Chen vd. (2020), Çin'in farklı ekolojik bölgelerinde (Sichuan Çayır Bilimleri Akademisi'ne bağlı Chengdu Ovası Deney Üssü ve Qinghai-Tibet Platosu Hongyuan Deney Üssü) yürüttükleri çalışmalarında, yulaf balya silajlarına düşük sıcaklığa dayanıklı laktik asit bakterileri ilavesinin etkilerini incelemişlerdir. Araştırma bulgularına göre, laktik asit bakterisi inokulasyonu silajın fermantasyon kalitesini ve mikrobiyal yapısını iyileştirmiş, ham protein oranını artırmış, lif fraksiyonlarını (ADF ve NDF) azaltmış ve pH değerini düşürmüştür.

Sucu (2020), Bursa koşullarında yürüttüğü çalışmada, iki tip mikroalg [*Chlorella vulgaris* (AI), *C. variabilis* (AII)] ve bunların kombinasyonunun (AI+AII) iki farklı substrat (buğday ve mısır silajları) üzerinde rumen fermantasyonu, gaz ve metan üretimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada kullanılan buğday silajının kimyasal bileşimi kuru madde %33.1, organik madde %26.6, ham protein %11.15, NDF %40.68, ADF %34.27, ham yağ %3.24, metabolik enerji (ME) 10.74 MJ/kg ve net enerji laktasyon (NEL) 6.57 MJ/kg olarak belirlenmiştir. Denemede, gaz üretim değerleri 12–64 mL, metan üretimi ise 33.78 mmol/L düzeyinde saptanmıştır.

Gürsoy vd. (2021), Erzincan ili Altınbaşak Beldesi'nde bulunan bir çiftçi tarlasında, 2019–2020 yıllarında yürüttükleri bir çalışmada, tritikale ve bir yıllık yem bitkileri karışımından elde edilen silajlara arpa kırması ilavesinin silaj kalite özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma bulgularına göre, kontrol grubuna kıyasla arpa kırması ilavesi, silajın ADF, ham protein oranı ve pH değerlerinde azalmaya, buna karşılık Flieg puanı, kuru madde, ham kül, kuru madde tüketimi (KMT), kuru madde sindirilebilirliği (KMS) ve nispi yem değeri (NYD) parametrelerinde artışa neden olmuştur.

Ak (2022), Mardin koşullarında yürüttüğü çalışmada, tritikale, arpa ve buğdayın İskenderiye üçgülü ile karışımlarını incelemiş; bitki boyu 96.2–108.2 cm, yaş ot verimi 1478.9–1666.8 kg/da, kuru ot verimi 558.0–898.4 kg/da, kuru ot oranı %36.46–61.13, ham protein %6.87–13.20, NDF %63.21–80.12, ADF %29.60–46.05, sindirilebilir KM %53.03–65.84, NYD 61.62–98.48 ve ham protein verimi 56.24–73.91 kg/da aralıklarında değerler belirlemiştir. Çalışmada, tritikalenin ot verimi, buğdayın ise yem kalitesi bakımından öne çıktığı bildirilmiştir.



Denen ve Basmacıoğlu Malayoğlu (2022), İzmir koşullarında yürüttükleri çalışmada soldurma ve katkı maddelerinin ‘Lenox’ yem şalgamı silajının kalite özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Soldurma uygulaması KM ve SÇK içeriğini artırmış;  $\text{NH}_3\text{-N}$  ve maya sayısını azaltmış; *Lactobacillus* sayısı ile aerobik stabiliteyi yükseltmiştir. Buğday samanı HP, SÇK ve enerji değerlerini düşürüp ADF, NDF, hemiselüloz ve selülozu artırırken; buğday kepeği HK,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , ADF ve maya sayısını azaltmış, buna karşılık HP, *Lactobacillus* sayısı, aerobik stabilite ve enerji değerlerini artırmıştır. Pancar talaşı ise en yüksek SÇK, KMT ve enerji değerlerini oluşturmuş, en düşük  $\text{NH}_3\text{-N}$ , NDF, ADF, ADL ve maya sayısını sağlamış ancak aerobik stabiliteyi düşürmüştür.

Gül (2023), Türkiye’nin Marmara Denizi kıyısında yer alan Tekirdağ ilindeki bir çiftlikte yürüttüğü çalışmada, *Lolium multiflorum* bitkisinin ‘Caramba’ çeşidinde farklı düzeylerde uygulanan buğday kepeği ve melas katkılarının silajın fermentasyon özelliklerine ve kalite parametrelerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma bulgularına göre, buğday kepeği ilavesi kontrol grubuna kıyasla kuru madde oranı, ham protein içeriği, laktik asit üretimi ve NYD değerini artırırken; pH, ham kül, amonyak azotu, NDF ve ADF oranlarını azaltmıştır. Benzer şekilde, melas uygulaması da kontrol silajlarına göre kuru madde, ham protein ve laktik asit düzeylerini yükseltmiş ve buna karşılık pH, amonyak azotu, ham kül, NDF ve ADF değerlerinin azalmasına neden olmuştur.

Keskin ve Aksoy (2024), Iğdır koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, buğday kepeği katkısının kinoa silajının kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, buğday kepeği ilavesi, kontrol grubuna kıyasla kinoa silajının kuru madde oranı, Flieg puanı, ham protein oranı, duyu analizi puanı, kuru madde sindirilebilirliği (KMS), NDF oranı ile laktik, bütirik, formik, fumarik, tartarik ve sitrik asit oranlarını artırmıştır. Buna karşılık, pH, amonyak azotu, ADF, kuru madde tüketimi (KMT), nispi yem değeri (NYD), ham kül ile asetik, propiyonik, oksalik, malik, süksinik ve izobütirik asit oranlarını azaltmıştır.

Keskin ve Aktanbaş (2025), Iğdır koşullarında yürüttükleri çalışmada melas ve buğday kepeğinin farklı düzeylerde kinoa silajı kalitesine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma bulgularına göre her iki katkı da kuru madde, ham protein, laktik asit ve propiyonik asit düzeylerini artırırken; pH, amonyak azotu, ham kül ve asetik asit içeriklerini azaltmıştır. Melas NDF oranını düşürüp NYD’yi artırırken, buğday kepeği ADF ve NDF oranlarını yükseltmiş ve NYD’yi azaltmıştır. Bütirik asit artışı yalnızca %5 buğday kepeği uygulamasında görülmüştür.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Gereç

##### 3.1.1. Araştırmada kullanılan bitki materyalleri ve özellikleri

Bu çalışmada materyal olarak GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden sağlanan “Polathan” ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.), “Ayhan” arpa (*Hordeum vulgare* L.), “Çetiner” kılçıksız arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden sağlanan “Ege Yıldızı” tritikale (x *Triticosecale* Wittmack) çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bu çeşitlere ilişkin bazı temel özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan materyallerin bazı özellikleri

| Özellikler                  | Polathan*<br>(Buğday) | Ayhan*<br>(Arpa) | Çetiner*<br>(K. Arpa) | Ege Yıldızı**<br>(Tritikale) |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|
| Tescil Yılı                 | 2019                  | 2019             | 2025                  | 2006                         |
| Bitki Boyu (cm)             | 100-125               | 100-130          | 124                   | 120-140                      |
| Verim (kg/da)               | 800-980               | 585-897          | 400                   | 690                          |
| Bin Tane Ağırlığı (g)       | 48-53                 | 38.7-42.3        | -                     | 42.5-43.7                    |
| Hektolitre Ağırlığı (kg/hl) | 78-81                 | 68.8-71.3        | 54.52                 | 73-79                        |
| Protein Oranı (%)           | 14.4-15.3             | 8.4-12.2         | 15.66                 | 12-13                        |

(\*GAPTAEM: GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü; \*\*ETAE: Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü)

##### 3.1.2. Araştırma yeri ve toprak özellikleri

Çalışma, 2023 ve 2025 yılları arasında, Şanlıurfa ilinde yer alan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne (GAPTAEM) bağlı Koruklu-Serince Araştırma İstasyonu deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Araştırma sahası 36°54'10" K enlemi ve 38°55'23" D boylamı boylamında konumlanmakta olup, deniz seviyesinden 378 m yüksekliktedir. Çalışmanın yürütüldüğü alan, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin tipik iklim ve toprak koşullarını temsil etmekte ve ikinci ürün yetiştiriciliği açısından elverişli bir ekolojik yapıya sahiptir.

Deneme alanı, yörede yaygın olarak bulunan ve istasyon sahasının tamamında görülen Harran Toprak Serisi üzerinde yer almaktadır. Bu toprak serisi; alüvyal ana materyalden türemiş, düz ya da düze yakın eğimli, derin profilli yapısıyla tanımlanmaktadır. Profiller çoğunlukla kırmızı renkte olup killi bünyeye sahiptir ve bütün horizonlarda yüksek oranda kireç içermektedir. A, B ve C horizonlarının

belirgin olduğu bu topraklarda pH değerleri 7.3 ile 7.8 arasında değişmektedir. Organik madde içeriği düşük olmasına rağmen katyon değişim kapasitesi (KDK) yüksektir. Ayrıca kil miktarının artmasıyla, alt horizonlarda KDK değerlerinde yükselme gözlenmektedir (Dinç vd., 1988).



Şekil 3.1. Deneme alanına ait uydu görüntüsü

Çizelge 3.2. Şanlıurfa Serince/Koruklu deneme alanına ait bazı toprak özellikleri

| Özellik                               | Değer | Özellik           | Değer |
|---------------------------------------|-------|-------------------|-------|
| Su ile doyurulmuş toprak (%)          | 65    | N (%)             | 0.156 |
| pH                                    | 7.95  | Organik madde (%) | 1.02  |
| EC (ds/m)                             | 1.10  | Cu (mg/L)         | 1.116 |
| Kireç (%)                             | 24.7  | Fe (mg/L)         | 0.945 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da) | 1.73  | Mn (mg/L)         | 0.820 |
| K <sub>2</sub> O (kg/da)              | 105.6 | Zn (mg/L)         | 0.268 |

Kaynak: GAPTAEM, 2022.

Denemenin yürütüldüğü alanın bazı toprak özellikleri Çizelge 3.2’de sunulmuştur. Çizelge 3.2 incelendiğinde, toprakların pH değeri 7.95, elektriksel iletkenliği 1.10 dS/m, toplam azot içeriği %0.156, organik madde oranı %1.02, kireç içeriği %24.7 ve K<sub>2</sub>O miktarı 105.6 kg/da olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, toprakta bulunan Fe, Mn ve Zn gibi iz element değerleri de aynı çizelgede yer almaktadır. Genel olarak, deneme alanı topraklarının organik madde içeriğinin düşük, kireç ve K<sub>2</sub>O miktarlarının ise yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

### 3.1.3. Araştırma alanına ait iklim özellikleri

Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin karasal iklim kuşağında yer almakla birlikte, Akdeniz ikliminin etkilerini de dönemsel olarak hissetmektedir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise nispeten ılık ve daha nemli geçmektedir. Yaz döneminde Basra alçak basınç sisteminin etkisiyle tropikal hava kütlelerinin bölge üzerinde hâkim olduğu bilinmekte olup, bu durum sıcaklıkların artmasına ve yağışların azalmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada kullanılan meteorolojik veriler, 2023–2024 ve 2024–2025 üretim sezonlarına ait olup, çalışma dönemine ilişkin ortalama sıcaklık, nispi nem ve yağış değerleri Çizelge 3.3’te sunulmuştur.

**Çizelge 3.3.** Deneme alanına ait ortalama yağış, nispi nem ve sıcaklık değerleri

| YILLAR                 | AYLAR |        |      |       |      |       |       | Ort./<br>Top. |
|------------------------|-------|--------|------|-------|------|-------|-------|---------------|
|                        | Kasım | Aralık | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs |               |
| Ortalama Sıcaklık (°C) |       |        |      |       |      |       |       |               |
| 2023-2024              | 14.9  | 10.6   | 9.1  | 9.9   | 11.7 | 20.3  | 22.7  | 14.2          |
| 2024-2025              | 12.4  | 8.5    | 8.0  | 6.3   | 14.9 | 17.5  | 24.3  | 13.1          |
| U.Y.O.**               | 13.1  | 7.6    | 5.6  | 7.1   | 10.9 | 16.2  | 22.3  | 11.8          |
| Ortalama Nispi Nem (%) |       |        |      |       |      |       |       |               |
| 2023-2024              | 62.2  | 70.8   | 75.0 | 70.7  | 66.2 | 56.5  | 48.5  | 64.3          |
| 2024-2025              | 59.2  | 62.5   | 58.4 | 58.1  | 48.2 | 54.5  | 45.1  | 55.1          |
| U.Y.O.**               | 63.5  | 69.1   | 71.5 | 67.7  | 64.4 | 62.8  | 54.1  | 64.7          |
| Toplam Yağış (mm)      |       |        |      |       |      |       |       |               |
| 2023-2024              | 10.7  | 13.7   | 25.6 | 16.5  | 42.5 | 21.8  | 5.1   | 135.9         |
| 2024-2025              | 0.7   | 7.2    | 6.6  | 32.6  | 6.8  | 11.3  | 3.8   | 69.0          |
| U.Y.O.**               | 44.7  | 80.2   | 87.4 | 68.3  | 62.8 | 49.5  | 26.5  | 419.5         |

Kaynak: MGM, 2025; UYO (uzun yıllar ortalaması): MGM, 1929–2024.

Denemenin birinci yılı olan 2023–2024 üretim sezonuna (Kasım–Mayıs) ait iklim verilerine göre, ortalama sıcaklık değerleri 9.1–22.7°C arasında değişmiş ve dönem ortalaması 14.2°C olarak belirlenmiştir. Bu dönemde en yüksek sıcaklık 22.7°C ile Mayıs ayında, en düşük sıcaklık ise 9.1°C ile Ocak ayında kaydedilmiştir.

Nispi nem oranı %48.5 ile %75.0 arasında değişmiş olup, dönem ortalaması %64.3 olarak hesaplanmıştır. Ortalama yağış miktarı 5.1–42.5 mm aralığında gerçekleşmiş ve toplam yağış miktarı 135.9 mm olarak ölçülmüştür.

Denemenin ikinci yılı olan 2024–2025 üretim sezonunda ise, ortalama sıcaklık değerleri 6.3–24.3 °C arasında değişmiş ve dönem ortalaması 13.1 °C olarak belirlenmiştir. En yüksek sıcaklık 24.3 °C ile Mayıs ayında, en düşük sıcaklık ise 6.3°C ile Şubat ayında kaydedilmiştir. Nispi nem oranı %45.1–62.5 arasında değişmiş olup dönem ortalaması %55.1'dir. Aynı dönemde ortalama yağış miktarı 0.7–32.6 mm arasında değişmiş ve toplam yağış miktarı 69.0 mm olarak gerçekleşmiştir.

Uzun yıllar ortalamalarında (1929–2024) sıcaklık değerleri 5.6–22.3°C arasında değişirken, ortalama sıcaklık 11.8°C olarak belirlenmiştir. Nispi nem %54.1–71.5 arasında değişmiş ve ortalaması %64.7'dir. Ortalama yağış miktarı 26.5–87.4 mm arasında değişmiş olup, toplam yağış miktarı 419.5 mm olarak ölçülmüştür.

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Deneme alanı deseni ve konuları

Deneme alanı düzeni, tahılların ot verimlerini incelemek amacıyla tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak oluşturulmuştur. Silaj materyallerinin kalite özelliklerinin belirlenmesinde ise tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmış; burada ana parselleri farklı tahıl türleri, alt parselleri ise farklı oranlarda buğday kepeği uygulamaları oluşturmuştur. Çalışma, her bir işlem için üç tekrar ile yürütülmüştür.



**Şekil 3.2.** Şanlıurfa-Koruklu istasyonunda kurulan denemeden görüntü



### 3.2.2. Denemede uygulanan kültürel işlemler

Birinci yıl uygulamaları; deneme alanında her bir parsel 5 x 1,2 m (6 m<sup>2</sup>) büyüklüğünde düzenlenmiş ve 20 cm sıra arası mesafeyle 6 sıra ekim yapılmıştır. Ekim işlemi 30 Kasım 2023 tarihinde gerçekleştirilmiş, ilk çıkışlar ise 11 Aralık 2023 tarihinde gözlenmiştir. 12 Şubat 2024'te yabancı ot mücadelesi amacıyla ilaçlama yapılmış, ardından 14 Mart 2024 tarihinde dekara 30 kg 20-20 kompoze gübre üst gübre olarak uygulanmıştır. Vejetasyon süresince sulama, yılın yağışlı olması nedeniyle sapa kalkma döneminde bir kez yapılmıştır. Hasat işlemi, tahılların süt-hamur olum evresine ulaştığı, 26 Nisan 2024 tarihinde yapılmıştır.



Şekil 3.3. Denemede mibzerle ekiminin işleminin yapılması



Şekil 3.4. Gözlemlerin alınması ve hasat işlemleri

İkinci yıl uygulamaları; çalışmanın ikinci yılında tarla hazırlığı için toprak 1 Aralık 2024'te pullukla derin sürülmüş, 2 Aralık 2024'te goble ile yüzey tesviyesi yapılmıştır. Toprak analiz sonuçlarına dayanarak 3 Aralık 2024 tarihinde dekara 30 kg 20-20 kompoze gübre uygulanmış ve goble ile toprağa karıştırılmıştır. Ekim işlemi ise 6 Aralık 2024 tarihinde yapılmıştır. Vejetasyon döneminde sulama, ekimle birlikte başlatılmış ve yılın kurak geçmesi nedeniyle ihtiyaç duyuldukça, özellikle sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere toplam dört kez uygulanmıştır. Hasat, tahılların süt–hamur olum evresine ulaştığı, 12 Mayıs 2025 tarihinde yapılmıştır.

### 3.2.3. Silaj kavanozlarının hazırlanması

Hasatlar gerçekleştirildikten sonra silajlık materyaller 5–7 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Kontrol grubu (katkısız) ve farklı oranlarda buğday kepeği (%2,5 ve %5) ilave edilerek her biri 3 tekerrürlü silaj grupları olacak şekilde hazırlanmıştır (w/w). Çalışmada silajlık materyal olarak kullanılan buğdaygil hasıllarının yaş ağırlığı esas alınmış ve ilave edilecek buğday kepeği miktarı buna göre belirlenmiştir. Silaj kavanozları sıkıca kapatılarak hava almayacak şekilde muhafaza edilmiş ve 60 gün boyunca karanlık bir ortamda oda sıcaklığında saklanmıştır (Geren ve Avcıoğlu, 2003).



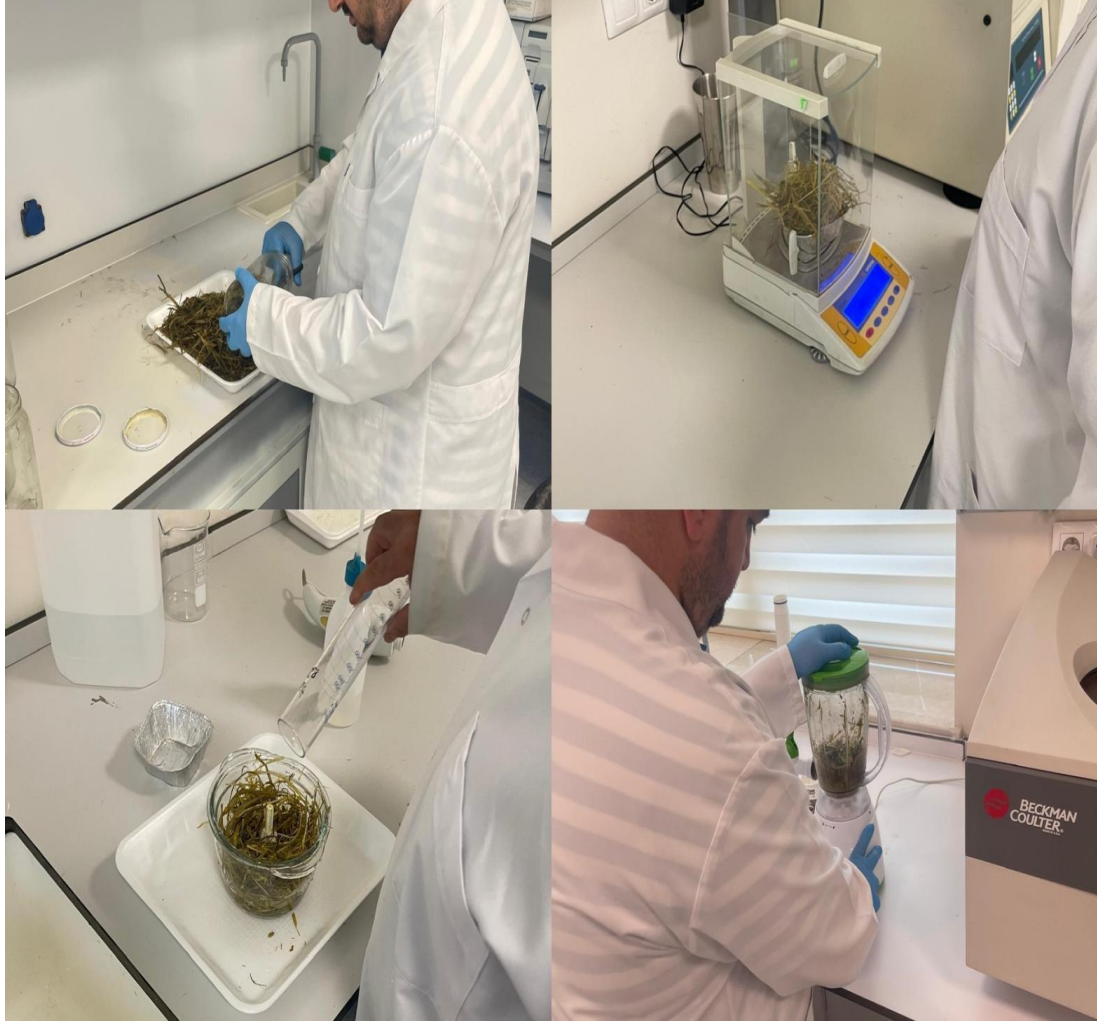
Şekil 3.5. Silaj kavanozlarının hazırlanması



Çalışmada katkı maddesi olarak kullanılan buğday kepeğinin besin madde içerikleri %89,35 KM, %15,63 ham protein, %4,80 ham kül, %12,59 ADF ve %43,77 NDF olarak belirlenmiştir (KM).

#### 3.2.4. Silaj kavanozlarının açılması ve laboratuvar analizleri

Silajlar olgunluk dönemine ulaştığında, kavanozların üst kısmından yaklaşık 3–5 cm’lik tabaka alınarak atılmış ve geriye kalan materyal analizler için kullanılmıştır. Bu materyalden 25 gram örnek alınarak pH, laktik asit (LA) ve uçucu yağ asitleri (propiyonik, bütirik ve asetik asitler) analizleri yapılmıştır. Kuru madde (KM) belirlemesi için ayrı bir 25 gramlık örnek ayrılmıştır. Kalan silaj örnekleri oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 1 mm gözenekli elekten geçirilip öğütülmüş ve ham protein (HP), ham kül (HK), ADF (Asit Deterjan Lifi) ile NDF (Nötral Deterjan Lifi) analizler için hazırlanmıştır.



Şekil 3.6. Silaj kavanozlarının açılması ve analizlere hazırlık





**Şekil 3.7.** Kalite analiz işlemleri

### **3.2.5. Araştırma kapsamında incelenen özellikler**

#### **3.2.5.1. Bitki boyu (cm)**

Her parselden tesadüfen seçilen 10 bitki, toprak yüzeyinden bitkinin en uç noktasına kadar olan mesafe ölçülerek cm cinsinden saptanmıştır (Türkoğlu vd., 2021).

#### **3.2.5.2. Yeşil ot verimi (kg/da)**

Her parselin kenar tesirlerinden birer sıra çıkarıldıktan sonra kalan kısım elle biçilerek yapraklar biçme işlemiyle hasat edilmiş, elde edilen değerler kg/da olarak kaydedilmiştir (Çaçan ve Kökten, 2019).

#### **3.2.5.3. Kuru ot verimi (kg/da)**

Yeşil ot amacıyla hasat edilen bitkilerden 500 g numuneler, 70°C sıcaklıktaki bir etüvde kurutma kabında 48 saat kurutulmuş, ardından kurutulmuş örnekler tartılarak her parsel için dekara kuru ot verimleri belirlenmiştir (Çaçan ve Kökten, 2019).

#### **3.2.5.4. Silaj pH**

Silaj kavanozlarının üst kısmından 3–5 cm derinlikte alınan 25 g'lık örnekler 100 ml su ile karıştırılmış ve blender ile 2 dakika boyunca homojenize edildikten sonra pH ölçümü yapılmıştır (Polan vd., 1998).

**3.2.5.5. Silaj kuru madde oranı (%)**

Kavanozlardan alınan 25 g'lık örnekler, 105°C'de 24 saat kurutulmuş ve hassas terazi ile tartılarak kuru madde oranları hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

**3.2.5.6. Silaj ham protein oranı (%)**

Kuru madde analizi sonrası elde edilen örnekler öğütülmüş ve yaklaşık 0.3–0.5 g örnek kullanılarak Mikro Kjeldahl yöntemi kullanılarak toplam azot miktarı belirlenmiş olup, elde edilen toplam azot değeri ise 6.25 ile çarpılarak ham protein oranları hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

**3.2.5.7. Silaj ham kül oranı (%)**

Porselen krozelerin darası alındıktan sonra 1 g silaj örneği yerleştirilmiş ve 550 °C'ye kadar ısıtılan kül fırınında 6 saat tutulmuştur. Fırından çıkan krozeler desikatörde soğutulmuş ve hassas terazide tartılarak ham kül oranı hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

**3.2.5.8. Silaj ADF oranı (%)**

Silajlarda Asit Deterjan Lifi (ADF) oranı, etüvde 105 °C'de 24 saat boyunca kurutulmuş ve 1 mm'lik elekten geçirilmiş örnekler kullanılarak belirlenmiştir. Analizler, yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve ölçümlerde C-0904FE Hay and Fresh Forage kalibrasyonu kullanılmıştır. Bu yöntem, yemlerin lif fraksiyonlarını hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilir biçimde değerlendirme olanağı sunduğundan yem kalite analizlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Hoy vd., 2002; Türkoğlu vd., 2025).

**3.2.5.9. Silaj NDF oranı (%)**

Silajların Nötr Deterjan Lifi (NDF) içerikleri de benzer şekilde, 105 °C'de 24 saat kurutulmuş ve 1 mm elek açıklığına sahip öğütülmüş örnekler kullanılarak yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) yöntemiyle belirlenmiştir. Analizlerde, kaba yemlerin lif bileşenlerinin tahmini için uygun C-0904FE-Hay and Fresh Forage kalibrasyon seti uygulanmıştır. Bu yöntem, yemlerin selüloz, hemiselüloz ve lignin fraksiyonlarının toplamını temsil eden NDF oranını hızlı ve doğru biçimde saptamak için güvenilir bir analiz tekniği olarak kabul edilmektedir (Hoy vd., 2002; Türkoğlu vd., 2025).

**3.2.5.10. Sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi ve nispi yem değeri**

Nispi Yem Değeri (NYD), hesaplamasında, tam çiçeklenme dönemindeki yonca kuru otu, %41 ADF ve %53 NDF değerleriyle 100 indeks puanı olarak temel alınmıştır. Her ne kadar bu yöntem protein miktarını doğrudan hesaba katmasa daha, yüksek NYD değerlerinin genellikle yüksek ham protein içerikleriyle ilişkilendirildiği bildirilmektedir. ADF değeri sindirilebilir kuru maddeyi (SKM), NDF değeri ise kuru madde tüketimini (KMT) tahmin etmekte kullanılmaktadır. NYD, SKM'nin KMT'ye oranının 1.29 sabit değeri ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Kullanılan formüller aşağıdaki gibidir:

$$SKM (\%) = 88.9 - (0.779 \times \%ADF) \text{_____} (1)$$

$$KMT (\% \text{ canlı ağırlık}) = 120 / \%NDF \text{_____} (2)$$

$$NYD = (SKM \times KMT) / 1.29 \text{_____} (3)$$

**3.2.5.11. Fleig puanı**

Fleig puanının hesaplanmasında Kılıç (1986), tarafından önerilen formül uygulanmıştır.

$$FP = 220 + (2 \times \%Kuru Madde - 15) - (40 \times pH) \text{_____} (4)$$

**Çizelge 3.4.** Silaj kuru madde oranı ve pH'ya göre silaj kalitesinin belirlenmesi

| Not | Puan   | Silaj kalitesi    |
|-----|--------|-------------------|
| I   | 81-100 | Çok İyi           |
| II  | 61-80  | İyi               |
| III | 41-60  | Memnuniyet Verici |
| IV  | 21-40  | Orta              |
| V   | 0-20   | Kötü              |

Kaynak: Alçiçek vd., 1999.

**3.2.5.12. Laktik asit ve uçucu yağ (asetik, propiyonik ve bütirik asit) asitleri**

Silajlardaki laktik asit (LA) ve uçucu yağ asitleri (asetik, propiyonik ve bütirik asit) içerikleri, Suzuki ve Lund (1980) tarafından önerilen yöntemle uygun olarak belirlenmiştir. Analizler, Shimadzu markasına ait yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiş olup; sistem bileşenleri arasında L.C-20 AD pompa, SIL-20 ADHT otomatik örnekleyici, SPD M20A dedektör (DAD), CTO-20AC kolon fırını ve ICSEP Coregel 87H3 kolon yer almıştır.

**3.3. İstatistiksel Analizler**

Deneme, tahılların ot verimlerinin belirlenmesi amacıyla tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Verim özelliklerine ilişkin veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş, gruplar arasındaki farklılıklar LSD (%5) testiyle belirlenmiştir. Silaj kalite özelliklerinin incelenmesinde ise tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre uygulanmış, ana parseller farklı tahıl türlerini, alt parseller ise farklı kepek oranlarını temsil etmiştir. Bu veriler çift yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş ve gruplar arası karşılaştırmalarda Tukey (%5) testi kullanılmıştır. Tüm istatistiksel analizler JMP 13 paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

#### 4. BULGULAR

##### 4.1. Bitki Boyu (cm)

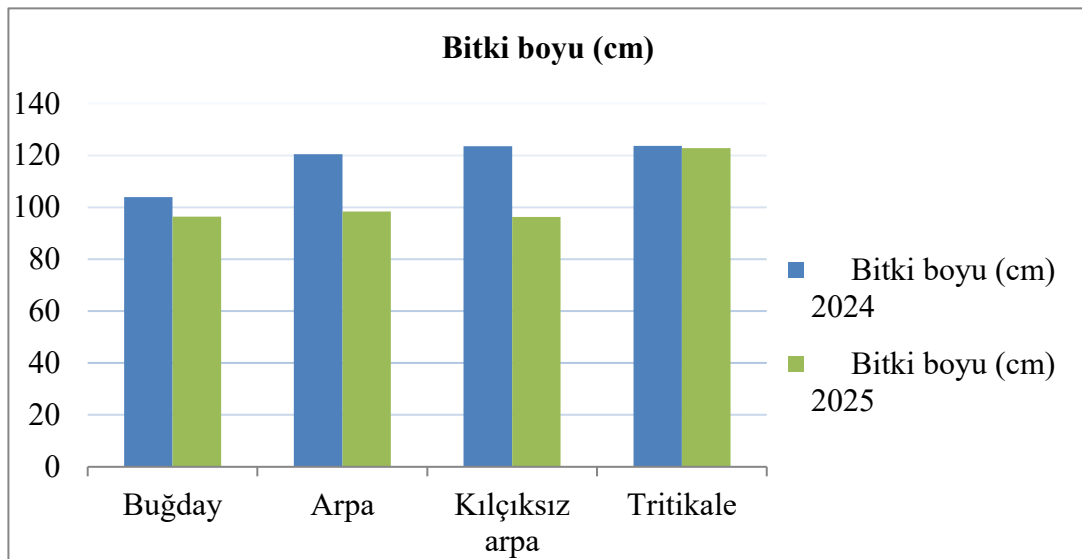
Tahıllara ait bitki boyu değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Varyans analizine göre bitki boyu, her iki yılda da  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir.

**Çizelge 4.1.** Farklı tahıllarda bitki boyu, yeşil ve kuru ot verim ortalamaları ve oluşan gruplar

| Tahıllar              | Bitki boyu (cm) |               | Yeşil ot verimi (kg/da) |                | Kuru ot verimi (kg/da) |                |
|-----------------------|-----------------|---------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
|                       | 2024            | 2025          | 2024                    | 2025           | 2024                   | 2025           |
| <b>Buğday</b>         | 103.90 b        | 96.40 b       | 3666.67                 | 3628.57 b      | 1292.63 ab             | 1133.18        |
| <b>Arpa</b>           | 120.51 a        | 98.40 b       | 3722.20                 | 3631.73 b      | 1236.67 bc             | 1237.14        |
| <b>Kılçıksız arpa</b> | 123.56 a        | 96.30 b       | 3603.94                 | 3537.72 b      | 1096.37 c              | 1143.60        |
| <b>Tritikale</b>      | 123.69 a        | 122.81 a      | 3837.23                 | 3966.90 a      | 1414.67 a              | 1306.99        |
| <b>Ortalama</b>       | <b>117.91</b>   | <b>103.48</b> | <b>3707.51</b>          | <b>3691.28</b> | <b>1260.08</b>         | <b>1205.23</b> |
| <b>D.K. (%)</b>       | 3.83            | 6.52          | 4.76                    | 2.41           | 5.69                   | 7.85           |
| <b>F Tahıl (LSD%)</b> | 9.04**          | 3.15**        | ö.d.                    | 178.21**       | 143.40**               | ö.d.           |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (ö.d.): önemli değil, (D.K.): değişim katsayısı



**Şekil 4.1.** Farklı yıllarda tahıl türlerinin bitki boyu değişimi

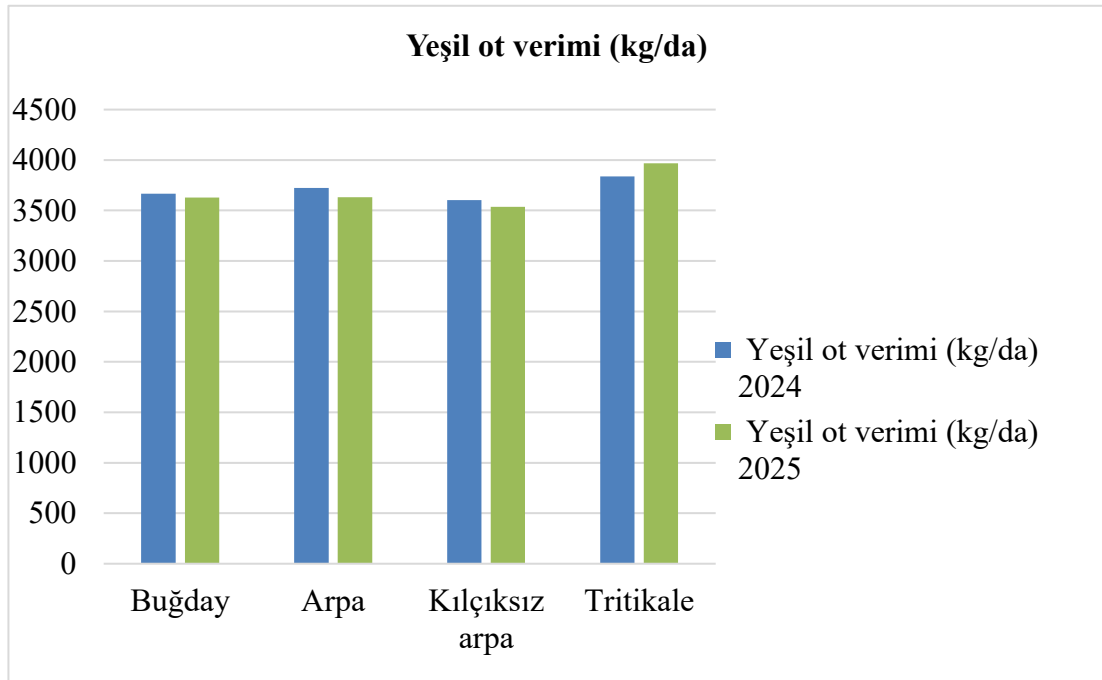
Birinci yılda bitki boyu ortalamaları 103.90–123.69 cm arasında değişmiştir. En uzun bitki boyu 123.69 cm ile tritikalede saptanırken, bu değeri sırasıyla kılçıksız arpa (123.56 cm) ve arpa (120.51 cm) izlemiştir. En kısa bitki boyu ise 103.90 cm ile buğdayda belirlenmiştir. Triticale, buğdaya göre yaklaşık %19 daha uzun olup, bu fark istatistiksel olarak oldukça anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).

Bitki boyu karakterinin ikinci yıldaki değerleri 96.30–122.81 cm arasında değişmiş olup, tritikale (122.81 cm) yine en uzun, kılçıksız arpa (96.30 cm) ise en kısa boylu tahıl olmuştur. Bu sonuçlar, tritikalelerin bitki boyu bakımından yıl koşullarına karşı daha istikrarlı bir performans gösterdiğini ortaya koymuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, tritikale bitkilerinin genetik yapısının uzun boy oluşturma eğiliminde olduğu, bu özelliğin çevresel koşullardan daha az etkilendiği ve GAP ekolojik koşullarına iyi uyum sağladığı söylenebilir.

#### 4.2. Yeşil Ot Verimi (kg/da)

Çalışmada kullanılan tahıllara ait yeşil ot verimleri, yıllar itibarıyla farklılık göstermiştir. İlk yılda tahıllar arasındaki farklar önemsiz, ikinci yılda ise  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.1).



Şekil 4.2. Farklı yıllarda tahıl türlerinin yeşil ot verim değişimi

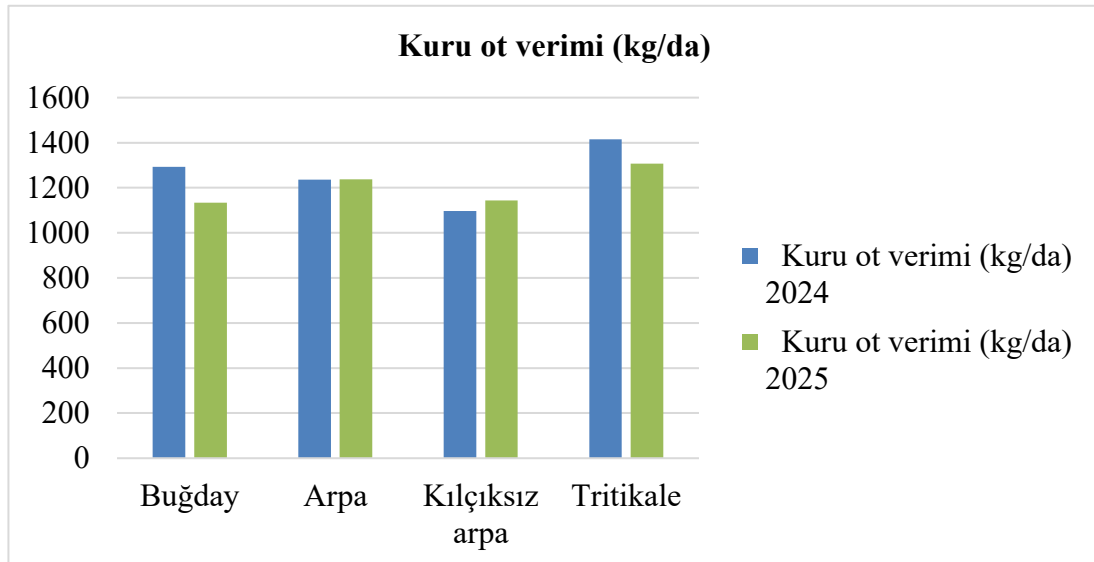
Birinci yetiştirme yılında yeşil ot verimi 3603.94–3837.23 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek yeşil ot verimi 3837.23 kg/da ile tritikalede belirlenmiş, arpa (3722.20 kg/da) ve buğday (3666.67 kg/da) onu takip etmiştir. Kılçıksız arpa (3603.94 kg/da) ise en düşük verimi göstermiştir. Yıl genelinde tritikalelerin yeşil ot verimi buğdaya göre yaklaşık %5, kılçıksız arpaya göre %6 oranında daha yüksek bulunmuştur.

İkinci yılda yeşil ot verim aralığı 3537.72–3966.90 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek değer 3966.90 kg/da ile yine tritikalede tespit edilmiştir. Arpa (3631.73 kg/da) ve buğday (3628.57 kg/da) istatistiksel olarak benzer bir grupta yer almış, kılçıksız arpa (3537.72 kg/da) ise bu gruptan istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2).

Genel olarak değerlendirildiğinde, iki yıllık analiz sonuçları tritikalelerin yeşil ot üretiminde açık bir üstünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, tritikalelerin özellikle bölge koşullarında yüksek biyokütle potansiyeline sahip yemlik tahıllar arasında yer aldığını ortaya koymaktadır.

#### 4.3. Kuru Ot Verimi (kg/da)

Kuru ot verimine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, tahıllar arasındaki farklar ilk yılda  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı, ikinci yılda ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1).



Şekil 4.3. Farklı yıllarda tahıl türlerinin kuru ot verimi değişimi

İlk yılda kuru ot verimi 1096.37–1414.67 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek kuru ot verimi 1414.67 kg/da ile tritikalede saptanmış, bunu sırayla buğday (1292.63 kg/da) ve arpa (1236.67 kg/da) takip etmiştir. Kılçıksız arpa (1096.37 kg/da) ise en düşük verimi göstermiştir. Tritikale bitkisinden, buğdaya göre %9, kılçıksız arpaya göre %29 daha yüksek kuru ot verimi elde edilmiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.3).

İkinci yılda değerler 1133.18–1306.99 kg/da aralığında değişmiştir. En yüksek kuru ot verimi 1306.99 kg/da ile tritikalede belirlenirken, buğday (1133.18 kg/da) en düşük değere sahip olmuştur. Arpa (1237.14 kg/da) ve kılçıksız arpa (1143.60 kg/da) aynı istatistiksel grupta yer almamış; bu durum tritikalelerin çevresel değişkenlikten daha az etkilendiğini göstermektedir.

Bu sonuçlar, tritikalelerin özellikle kuru madde üretiminde diğer tahıllara kıyasla daha verimli olduğunu, dolayısıyla GAP ekolojik koşullarında kaba yem üretiminin artırılmasında önemli bir alternatif tür olabileceğini ortaya koymuştur.

#### 4.4. Silaj pH

Çalışmada, silaj örnekleri için pH değerleri hem tahıl türü hem de uygulanan kepek oranına bağlı olarak istatistiki açıdan önemli farklılıklar göstermiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü, kepek oranı ve tahıl × kepek etkileşimi  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Çalışmanın ikinci yılı olan 2025'te ise kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl türü ve tahıl × kepek etkileşimi faktörleri ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.2).

Çalışmanın birinci yılında, en yüksek pH değeri, kılçıksız arpa silajlarının katkısız (%0 kepek) grubunda 5.44 olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük pH değeri aynı türün %5 buğday kepeği ilavesi yapılan silajlarında 4.19 olarak saptanmıştır. Bu durum, buğday kepeği katkısının özellikle kılçıksız arpa silajlarında fermentasyon aktivitesini artırarak pH'ı düşürdüğünü göstermektedir. Benzer eğilim diğer tahıllarda da gözlenmiş; kepek oranı arttıkça tüm türlerde pH değerleri azalmıştır. Ortalama değerlere göre, kepek oranı %0'dan %5'e yükseldiğinde pH 5.18'den 4.52'ye gerilemiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.4).

Çalışmanın ikinci yılında, pH değerleri genel olarak daha düşük düzeylerde gerçekleşmiştir. En yüksek pH değeri buğday silajlarının katkısız (%0 kepek) grubunda 4.18 olarak, en düşük pH değeri 2025 yılında arpa silajlarında %5 kepek ilavesi yapılan grupta 3.89 olarak, ölçülmüştür. Ortalama pH 3.94–4.32 arasında değişmiş ve yıl ortalaması bir önceki yıla göre belirgin biçimde azalmıştır.



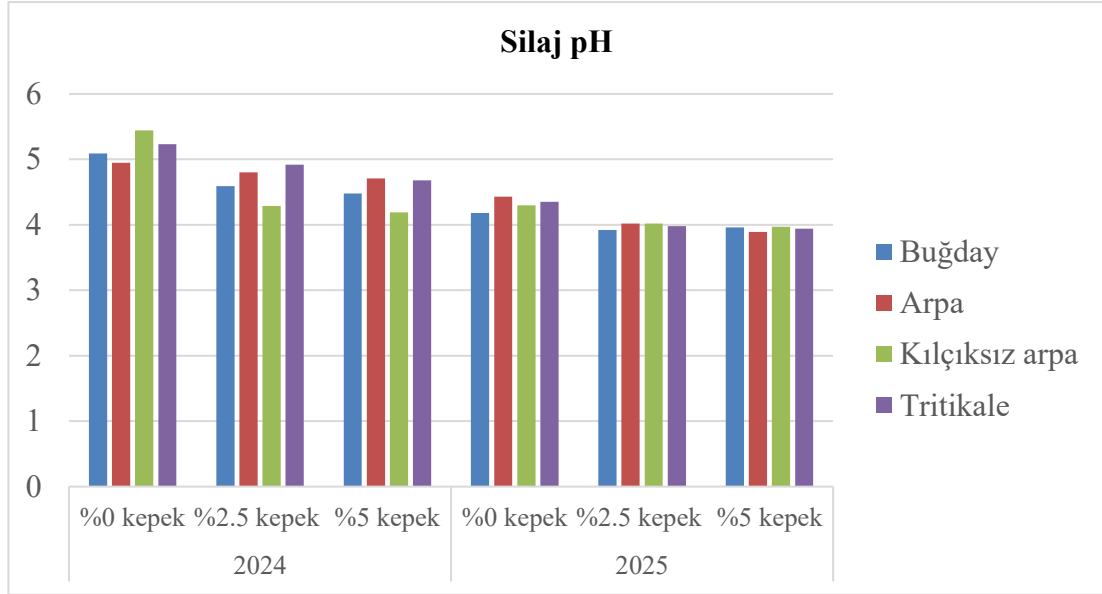
Her iki yılda da, kepek oranı arttıkça silaj pH değerlerinin düştüğü belirlenmiştir.

**Çizelge 4.2.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj pH değerine etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |             |             | 2025            |             |             |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |             |             | Kepek Oranı (%) |             |             |
|                                 | 0               | 2.5         | 5           | 0               | 2.5         | 5           |
| Buğday                          | 5.09 a-c        | 4.59 c-f    | 4.48 d-f    | 4.18 bc         | 3.92 d      | 3.96 cd     |
| Arpa                            | 4.95 a-d        | 4.80 b-e    | 4.71 b-f    | 4.43 a          | 4.02 cd     | 3.89 d      |
| Kılçıksız arpa                  | 5.44 a          | 4.29 ef     | 4.19 f      | 4.30 ab         | 4.02 cd     | 3.97 cd     |
| Tritikale                       | 5.23 ab         | 4.92 a-d    | 4.68 b-f    | 4.35 ab         | 3.98 cd     | 3.94 d      |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>5.18</b>     | <b>4.65</b> | <b>4.52</b> | <b>4.32</b>     | <b>3.98</b> | <b>3.94</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 3.86            |             |             | 1.84            |             |             |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 0.20**          |             |             | 0.11*           |             |             |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.19**          |             |             | 0.08**          |             |             |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 0.57**          |             |             | 0.23*           |             |             |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı



**Şekil 4.4.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının pH değerlerindeki değişimi

Elde edilen bulgulara göre, buğday kepeği ilavesi silajların pH değerlerini düşürmüş ve bu etkinin her iki yılda da benzer eğilim göstermiştir. Kepek oranındaki artış, fermentasyon sürecini hızlandırarak asitlik düzeyini artırmış ve pH'nın düşmesine neden olmuştur. Özellikle %5 düzeyinde uygulanan kepek katkısı, tahıl silajlarında daha kararlı bir fermentasyon ortamı sağlayarak pH değerlerini optimum aralığa getirmede en etkili uygulama olmuştur. Bu bulgular, kepek ilavesinin silajın asitlik ve fermentasyon dengesinde iyileşme sağlamada önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

#### 4.5. Silaj Kuru Madde Oranı (%)

Çalışmada, silaj kuru madde oranları hem tahıl türü hem de uygulanan kepek oranlarına bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü ve kepek oranı faktörleri  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı, tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise istatistiksel olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur. 2025 yılında ise tahıl türü, kepek oranı ve tahıl  $\times$  kepek etkileşimi faktörlerinin tamamı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj kuru madde oranına etkisi

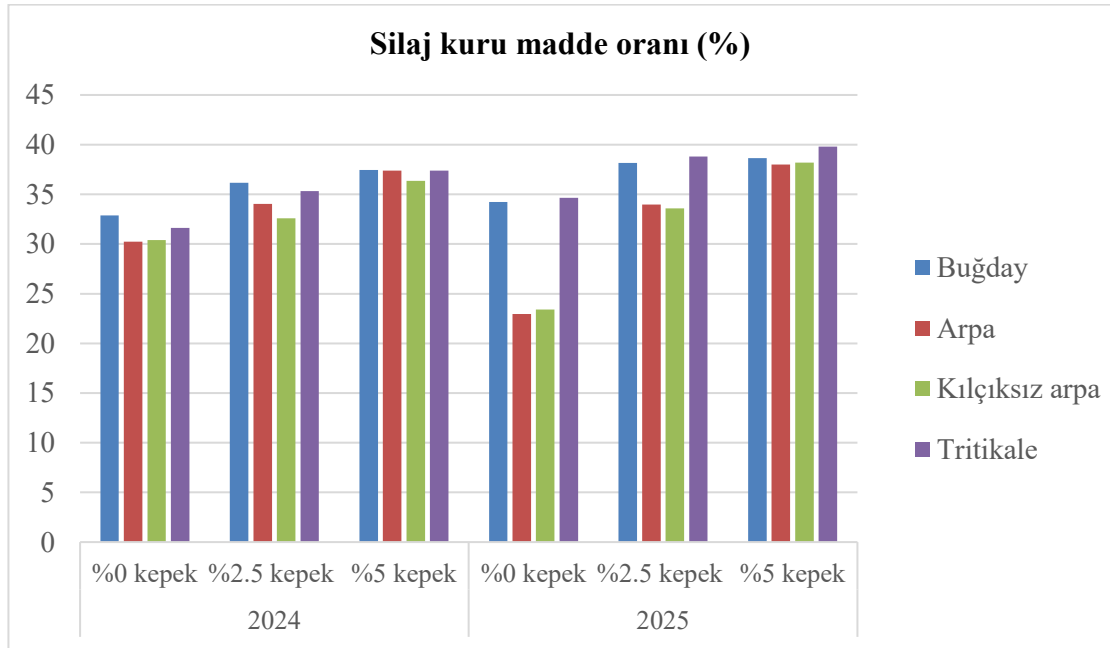
| Tahıllar                        | 2024            |              |              | 2025            |              |              |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |              |              | Kepek Oranı (%) |              |              |
|                                 | 0               | 2.5          | 5            | 0               | 2.5          | 5            |
| Buğday                          | 32.88 c-f       | 36.17 a-c    | 37.46 a      | 34.23 b         | 38.16 a      | 38.66 a      |
| Arpa                            | 30.24 f         | 34.03 b-e    | 37.40 ab     | 22.96 c         | 33.96 b      | 38.00 a      |
| Kılçıksız arpa                  | 30.40 f         | 32.60 d-f    | 36.37 ab     | 23.40 c         | 33.60 b      | 38.20 a      |
| Tritikale                       | 31.63 e-f       | 35.32 a-d    | 37.38 ab     | 34.66 b         | 38.80 a      | 39.80 a      |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>31.78</b>    | <b>34.53</b> | <b>37.15</b> | <b>28.31</b>    | <b>36.13</b> | <b>38.17</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 3.20            |              |              | 2.73            |              |              |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 1.48**          |              |              | 1.86**          |              |              |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 1.16**          |              |              | 0.99**          |              |              |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 3.39*           |              |              | 2.91**          |              |              |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı

Çalışmanın 2024 yılında, en yüksek %37.46 ile %5 kepek ilavesi yapılan buğday silajında elde edilmiştir. Bu değeri istatistiksel olarak aynı grupta yer alan %5 kepekli arpa (%37.40), %5 kepekli tritikale (%37.38) ve %5 kepekli kılçıksız arpa (%36.37) silajları izlemiştir. En düşük değer ise %30.24 ile kepeksiz arpa silajında kaydedilmiştir. Ortalama değerlere göre kepek oranı arttıkça tüm tahıllarda kuru madde oranının belirgin şekilde arttığı görülmüştür. Kepek düzeylerine göre kuru madde oranı ortalamaları (%0, %2.5 ve %5) sırasıyla %31.78, %34.53 ve %37.15 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3; Şekil 4.5).

Çalışmanın 2025 yılında ise, silaj kuru madde oranı artış göstermiş olup, en yüksek değer %39.80 ile %5 kepekli tritikale silajında belirlenirken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta değerlendirilen %5 kepekli buğday (%38.66), %5 kepekli kılçıksız arpa (%38.20) ve %5 kepekli arpa (%38.00) silajları takip etmiştir. En düşük silaj kuru madde oranı %22.96 ile kepeksiz arpa silajında saptanmış, kepeksiz, %2.5 ve %5 kepekli uygulamaların silaj kuru madde oranı ortalamaları sırasıyla %28.31, %36.13 ve %38.17 olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.5.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının kuru madde oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgulara bakıldığında, kepek oranının artışıyla birlikte tüm tahıllarda kuru madde oranı yükselmiş, bu yükseliş özellikle düşük kuru madde içeriğine sahip tahıllarda özellikle arpada daha belirgin olmuştur. Buğday ve tritikale silajlarında en yüksek değerlerin elde edilmesi, bu tahılların yapısal özelliklerinin fermentasyon sırasında su kaybını azaltarak daha yoğun ve konsantre bir silaj materyali oluşmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir.

#### 4.6. Silaj Ham Protein Oranı (%)

Araştırmada, silajın ham protein (HP) oranı hem tahıl türü hem de uygulanan kepek oranına bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında kepek oranı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı, tahıl türleri arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. 2025 yılında, tahıl türü, kepek oranı ve tahıl  $\times$  kepek etkileşimi faktörlerinin tamamı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlılık göstermiştir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj ham protein oranına etkisi

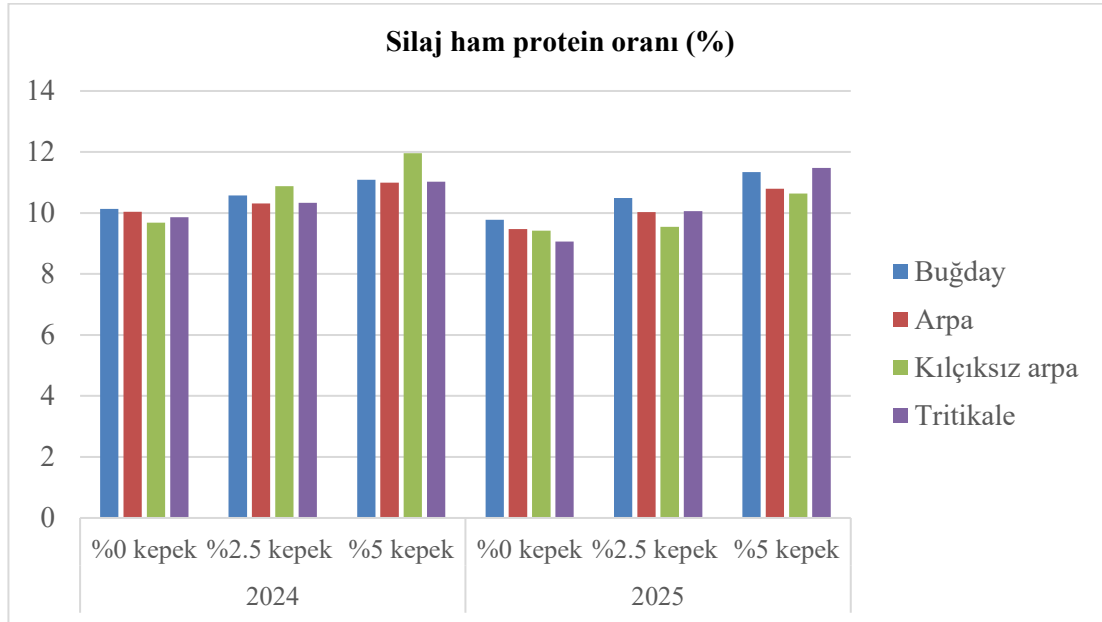
| Tahıllar                        | 2024            |              |              | 2025            |              |              |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |              |              | Kepek Oranı (%) |              |              |
|                                 | 0               | 2.5          | 5            | 0               | 2.5          | 5            |
| Buğday                          | 10.13 b-d       | 10.57 b-d    | 11.09 ab     | 9.78 b-e        | 10.49 a-d    | 11.34 a      |
| Arpa                            | 10.04 b-d       | 10.31 b-d    | 10.99 ab     | 9.47 c-e        | 10.03 b-e    | 10.79 ab     |
| Kılçıksız arpa                  | 9.68 d          | 10.88 bc     | 11.96 a      | 9.42 de         | 9.55 c-e     | 10.64 a-c    |
| Tritikale                       | 9.86 cd         | 10.33 b-d    | 11.03 ab     | 9.06 e          | 10.06 b-e    | 11.48 a      |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>9.93</b>     | <b>10.52</b> | <b>11.27</b> | <b>9.43</b>     | <b>10.03</b> | <b>11.06</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 3.26            |              |              | 3.80            |              |              |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | ö.d.            |              |              | 0.41**          |              |              |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.36**          |              |              | 0.41**          |              |              |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 1.06*           |              |              | 1.19*           |              |              |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (ö.d.): önemli değil, (D.K.): değişim katsayısı

Araştırmada 2024 yılında en düşük ham protein oranı %9.68 ile kılçıksız arpa silajının kontrol grubunda (%0 kepek) belirlenirken, en yüksek değer %11.96 ile yine kılçıksız arpa silajının %5 kepek ilavesinde elde edilmiştir. Bu durum, kılçıksız arpanın kepek katkısına en duyarlı türlerden biri olduğunu göstermektedir. Ortalama değerlere bakıldığında, ham protein oranı %9.93 ile %11.27 arasında değişmiştir.

Araştırmada 2025 yılında ise en düşük ham protein oranı %9.06 ile tritikale kontrol grubunda, en yüksek oran ise %11.48 ile tritikale %5 kepek ilavesinde kaydedilmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında ise, ham protein oranı %9.43'ten %11.06'ya yükselmiştir. Ham protein oranındaki artış, kepeğin protein ve azotlu bileşik katkısıyla birlikte fermentasyon sürecinde protein kayıplarını azaltmasından kaynaklanmış olup, bu etki özellikle %5 kepek düzeyinde belirginleşmiştir (Çizelge 4.4; Şekil 4.6).



**Şekil 4.6.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının ham protein oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgulara göre, kepek ilavesi silajların ham protein oranını artırmış ve bu etkinin iki yıl boyunca tutarlı biçimde tekrarlandığı görülmüştür. Kepek oranındaki artış, silaj materyalinin protein içeriğini zenginleştirirken, özellikle %5 düzeyinde uygulanan katkı en yüksek ham protein değerlerini sağlamıştır. Bu durum, kepek ilavesinin tahıl silajlarında protein oranını dengeleyerek besin değerini artırmada etkili olduğunu göstermektedir.

#### 4.7. Silaj Ham Kül Oranı (%)

Çalışmada, silajın ham kül (HK) oranı hem tahıl türü hem de uygulanan kepek oranına bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü, kepek oranı ve tahıl × kepek etkileşiminin tamamı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Çalışmanın ikinci yılında ise tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl × kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu bulgular, hem kullanılan tahıl türünün hem de uygulanan kepek düzeyinin silajın mineral (kül) içeriğini etkilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj ham kül oranına etkisi

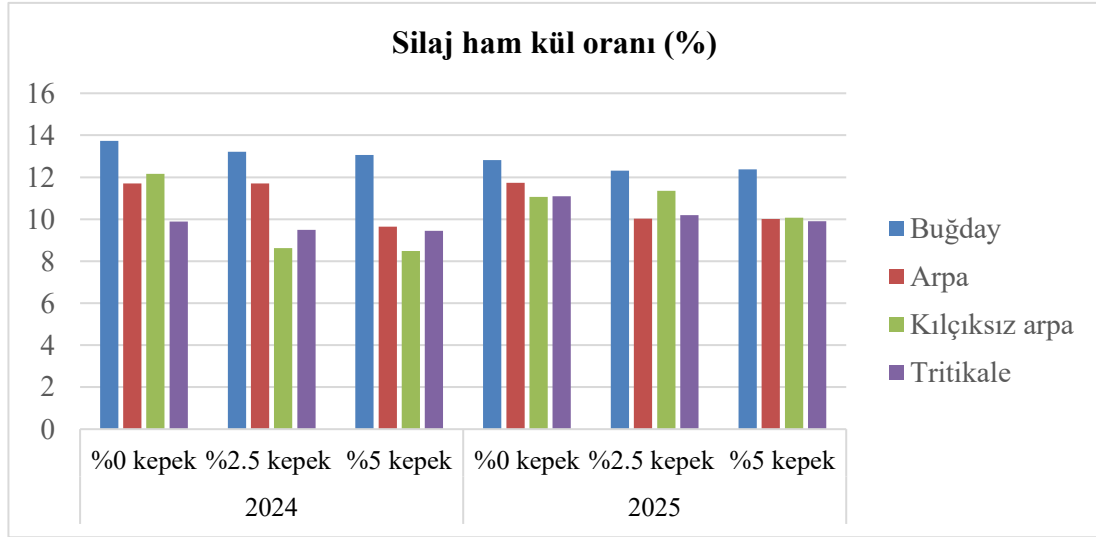
| Tahıllar                        | 2024            |              |              | 2025            |              |              |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |              |              | Kepek Oranı (%) |              |              |
|                                 | 0               | 2.5          | 5            | 0               | 2.5          | 5            |
| Buğday                          | 13.73 a         | 13.22 a      | 13.06 a      | 12.82 a         | 12.32 ab     | 12.38 ab     |
| Arpa                            | 11.71 a-c       | 11.71 a-c    | 9.64 de      | 11.74 a-c       | 10.03 d      | 10.01 d      |
| Kılçıksız arpa                  | 12.16 ab        | 8.63 e       | 8.49 e       | 11.07 b-d       | 11.36 a-d    | 10.07 d      |
| Tritikale                       | 9.89 c-e        | 9.50 de      | 9.44 de      | 11.09 b-d       | 10.19 cd     | 9.91 d       |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>11.65</b>    | <b>10.76</b> | <b>10.16</b> | <b>11.68</b>    | <b>10.98</b> | <b>10.59</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 6.08            |              |              | 4.80            |              |              |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 0.63**          |              |              | 0.68**          |              |              |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.70**          |              |              | 0.56**          |              |              |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 2.04**          |              |              | 1.64*           |              |              |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı

Çalışmanın birinci yılında en yüksek HK oranı %13.73 ile buğday silajının kontrol grubunda (%0 kepek) belirlenirken, en düşük değer %8.49 ile kılçıksız arpa silajının %5 kepek ilavesinde kaydedilmiştir. Bu durum, kılçıksız arpanın kepek katkısına en duyarlı tahıl türlerinden biri olduğunu göstermektedir. Aynı yıl kepek uygulamalarının ortalama HK değerleri incelendiğinde, kepek oranı arttıkça ortalama HK oranlarının azaldığı görülmektedir. Nitekim %0, %2.5 ve %5 kepek uygulamalarında ortalama HK değerleri sırasıyla %11.65, %10.76 ve %10.16 olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmanın ikinci yılında, en yüksek HK oranı %12.82 ile buğday silajının kontrol (%0 kepek) grubunda, en düşük HK oranı ise %9.91 ile tritikale silajının %5 kepek uygulamasında tespit edilmiştir. 2025 yılı ortalaması açısından kepek düzeyleriyle HK değerleri sırasıyla %11.68 (%0), %10.98 (%2.5) ve %10.59 (%5) şeklinde gerçekleşmiştir. Her iki yılda da kepek oranı arttıkça silajların ham kül (HK) oranında belirgin bir azalma görülmüştür (Çizelge 4.5; Şekil 4.7).



**Şekil 4.7.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının ham kül oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgulara bakıldığında, kepek ilavesi, silajlarda kül oranını düşürerek mineral madde birikimini azaltmış ve organik madde oranını artırmıştır. Bu bulgular, kepek ilavesinin silajların kül oranını düşürerek mineral madde birikimini azalttığını ve bu etkinin iki yıl boyunca tutarlı şekilde tekrarlandığını göstermektedir. Özellikle %5 düzeyinde uygulanan kepek katkısının, tahıl silajlarının kül oranını dengelemede etkili olduğu belirlenmiştir.

#### 4.8. Silaj ADF Oranı (%)

Çalışmada, farklı tahıl türleri ve kepek katkı oranlarının silajın asit deterjan lif (ADF) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Benzer şekilde, 2025 yılında da tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu sonuçlar, hem tahıl türü hem de kepek oranının ADF değerleri üzerinde belirleyici ve etkileşimli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.6).

Çalışmanın 2024 yılında, en yüksek ADF değeri %37.77 ile buğdayın kontrol grubunda (%0 kepek) saptanmıştır. Bu değeri tritikale (%37.43) ve kılçıksız arpa (%36.19) takip etmiştir. En düşük ADF oranı %30.13 ile kılçıksız arpanın %5 kepek katkılı silajında elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre 2024 yılında ADF oranı %36.57 (%0 kepek)'ten %33.92 (%2.5 kepek)'e ve %32.81 (%5 kepek)'e gerilemiştir. Bu azalış, kepeğin yüksek çözünür karbonhidrat içeriği ve düşük yapısal lif oranı nedeniyle selülozik fraksiyonu (lifli, yapısal kısmı) seyrelterek lif oranını düşürdüğü görülmüştür.

Çalışmanın 2025 yılında, en yüksek ADF değeri %36.73 ile buğdayın kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %27.03 ile kılçıksız arpanın %5 kepek katkısında belirlenmiştir. Arpa ve kılçıksız arpa silajlarında kepek oranındaki artışın ADF oranını anlamlı biçimde azalttığı belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre 2025 yılında ADF oranı %0 kepekte %35.88, %2.5 kepekte %31.86, %5 kepek uygulamasında ise %29.66 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6; Şekil 4.8).

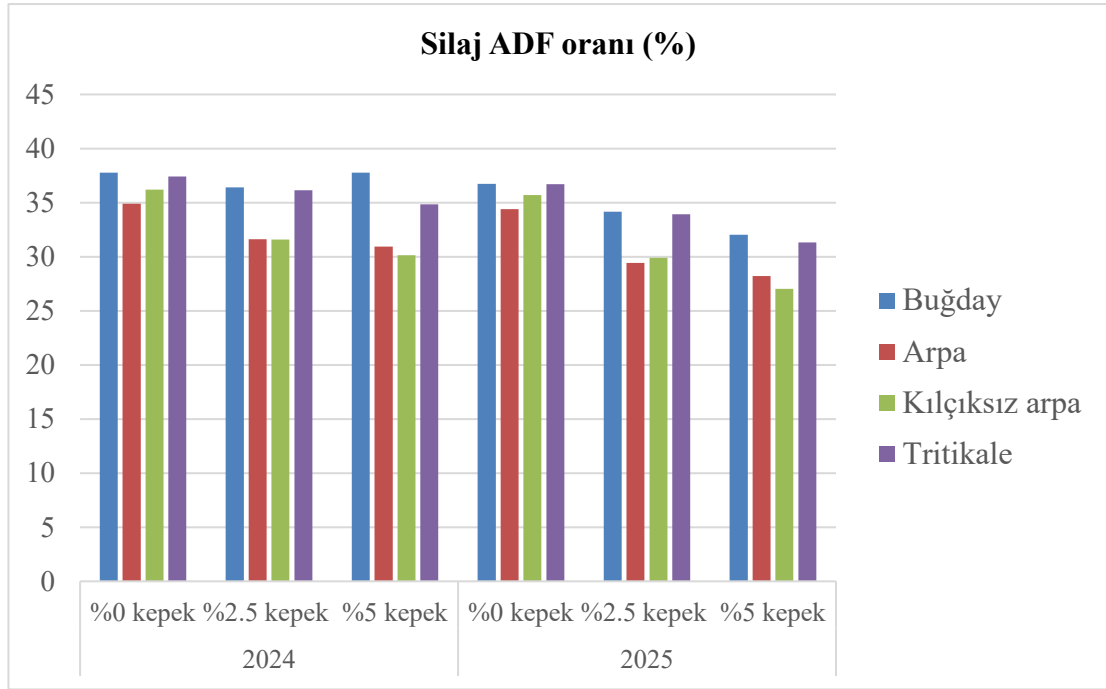
**Çizelge 4.6.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj ADF oranına etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |              |              | 2025            |              |              |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |              |              | Kepek Oranı (%) |              |              |
|                                 | 0               | 2.5          | 5            | 0               | 2.5          | 5            |
| Buğday                          | 37.77 a         | 36.40 a      | 37.77 a      | 36.73 a         | 34.17 ab     | 32.03 bc     |
| Arpa                            | 34.90 ab        | 31.61 bc     | 30.93 c      | 34.40 ab        | 29.43 cd     | 28.23 d      |
| Kılçıksız arpa                  | 36.19 a         | 31.58 bc     | 30.13 c      | 35.70 a         | 29.90 cd     | 27.03 d      |
| Tritikale                       | 37.43 a         | 36.13 a      | 34.85 ab     | 36.70 a         | 33.93 ab     | 31.33 bc     |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>36.57</b>    | <b>33.92</b> | <b>32.81</b> | <b>35.88</b>    | <b>31.86</b> | <b>29.66</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 3.46            |              |              | 3.08            |              |              |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 2.09**          |              |              | 1.80**          |              |              |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 1.26**          |              |              | 1.05**          |              |              |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 3.69*           |              |              | 3.09*           |              |              |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı





**Şekil 4.8.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının ADF oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgular incelendiğinde, kepek oranındaki artışla birlikte tüm tahıl türlerinde ADF oranında belirgin bir azalma eğilimi görüldüğü ve bu azalmanın özellikle %5 kepek seviyesinde belirginleşmektedir. Ayrıca, tahıllar arasında en düşük ortalama ADF değerleri arpa ve kılçıksız arpa silajlarında, en yüksek değerler ise buğday ve tritikale silajlarında belirlenmiştir.

#### 4.9. Silaj NDF Oranı (%)

Çalışmada, farklı tahıl türleri ve kepek katkı oranlarının silajın nötral deterjan lif (NDF) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Çalışmanın ikinci yılı olan 2025'te ise tahıl türü, kepek oranı ve tahıl  $\times$  kepek etkileşimi faktörlerinin tamamı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu bulgular, hem tahıl türü hem de kepek katkısının NDF oranı üzerinde belirleyici etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.7).

Araştırmanın 2024 yılında, en yüksek NDF değeri %59.01 ile buğdayın kontrol grubunda (%0 kepek) belirlenirken, en düşük değer %50.47 ile kılçıksız arpanın %5 kepek katkılı silajında tespit edilmiştir. Ortalama değerlere göre, kepek oranı arttıkça NDF oranında azalma meydana gelmiştir. 2024 yılı genel ortalaması %0 kepek oranında %57.20, % 2.5 kepekte %54.68 ve %5 kepek oranında %52.98 olarak hesaplanmıştır. Bu düşüş, kepeğin selüloz ve hemiselüloz oranı düşük, çözünabilir karbonhidrat içeriği yüksek bir materyal olması nedeniyle lif yapısını seyrelttiğini göstermiştir.

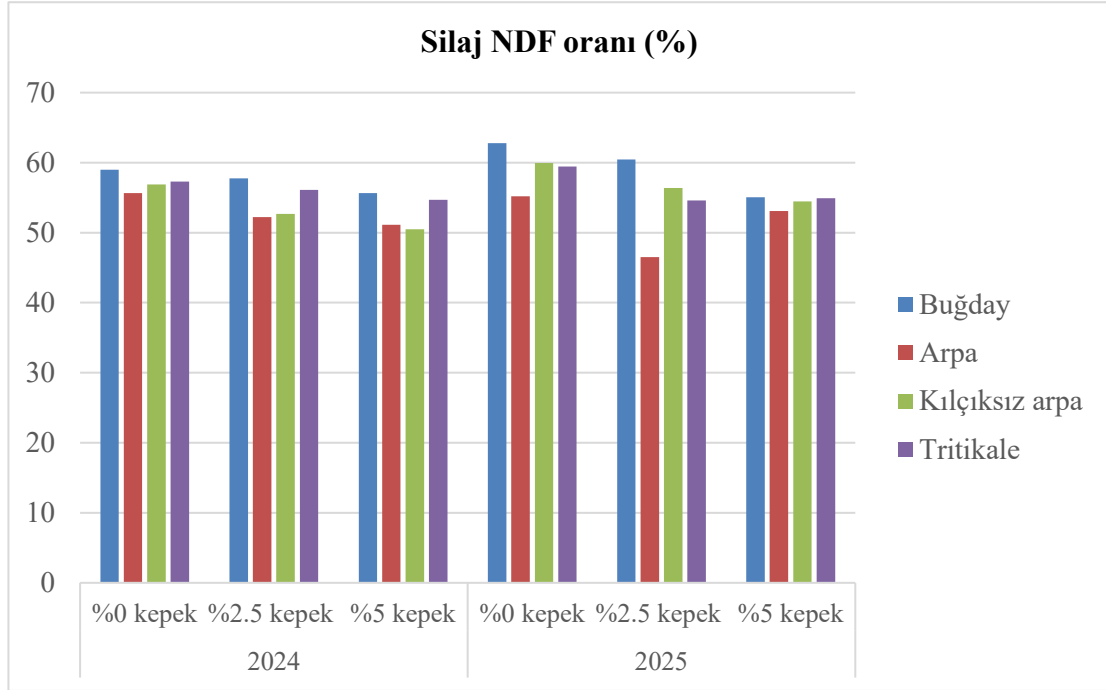
**Çizelge 4.7.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının silaj NDF oranına etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |              |              | 2025            |              |              |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |              |              | Kepek Oranı (%) |              |              |
|                                 | 0               | 2.5          | 5            | 0               | 2.5          | 5            |
| Buğday                          | 59.01 a         | 57.77 ab     | 55.64 a-c    | 62.80 a         | 60.44 ab     | 55.07 bc     |
| Arpa                            | 55.65 a-c       | 52.21 c-e    | 51.11 de     | 55.21 bc        | 46.51 d      | 53.11 d      |
| Kılçıksız arpa                  | 56.88 ab        | 52.66 c-e    | 50.47 e      | 59.93 ab        | 56.39 bc     | 54.46 bc     |
| Tritikale                       | 57.28 ab        | 56.10 a-c    | 54.71 b-d    | 59.44 ab        | 54.61 bc     | 54.90 bc     |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>57.2</b>     | <b>54.68</b> | <b>52.98</b> | <b>59.35</b>    | <b>54.49</b> | <b>54.38</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 2.44            |              |              | 3.47            |              |              |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 2.09**          |              |              | 2.55**          |              |              |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 1.26**          |              |              | 2.05**          |              |              |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 3.68*           |              |              | 6.01**          |              |              |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı

Araştırmanın 2025 yılında ise, en yüksek NDF değeri %62.80 ile buğdayın kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %46.51 ile arpanın %2.5 kepek katkılı silajında saptanmıştır. Ayrıca kepek katkısının etkisi daha belirgin olmuş ve NDF oranında düşüş eğilimi 2024 yılına kıyasla daha baskın şekilde ortaya çıkmıştır. silaj NDF oranı ortalama değerlere bakıldığında, %0 kepekte %59.35, %2.5 kepekte %54.49, %5 kepekte ise %54.38 oranları belirlenmiştir. Özellikle arpa ve kılçıksız arpa silajlarında kepek katkısının NDF değerlerini düşürmede daha etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7; Şekil 4.9).



**Şekil 4.9.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının NDF oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgulara göre, her iki yılda da kepek seviyesindeki artış NDF oranını düşürmüştür; özellikle %5 kepek katkısı, lif oranını azaltmada en etkili düzey olmuştur. En düşük NDF değerleri arpa ve kılçıksız arpa silajlarında, en yüksek değerler ise buğday ve tritikale silajlarında belirlenmiştir. Bu farklılık, tahıl türlerinin lif yapısı ve hücre duvarı bileşimi gibi yapısal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Elde edilen bulgular, kepek ilavesinin tahıl silajlarının lif içeriğini azaltarak yem kalitesini ve sindirilebilirliğini iyileştirebileceğini göstermektedir.

#### 4.10. Sindirilebilir Kuru Madde Oranı (% SKM)

Çalışmada, tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin silajın sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, her iki yılda da tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, hem kullanılan tahıl türlerinin hem de uygulanan kepek düzeylerinin silajın sindirilebilirlik kapasitesi üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.8).

Çalışmanın 2024 yılında, en düşük sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı %59.48 ile buğday silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise %65.42 ile kılçıksız arpa silajının %5 kepek katkısında belirlenmiştir. Arpa ve kılçıksız arpa silajları, kepek katkısına en olumlu tepki veren tahıllar olmuş; bu gruplarda kepek düzeyi arttıkça sindirilebilirlik oranında belirgin bir yükselme eğilimi görülmüştür. Ortalama değerler incelendiğinde, SKM oranı %60.41'den %63.83'e yükselmiş olup, kepek katkısının artışıyla SKM oranında genel bir artış eğilimi ortaya çıkmıştır.

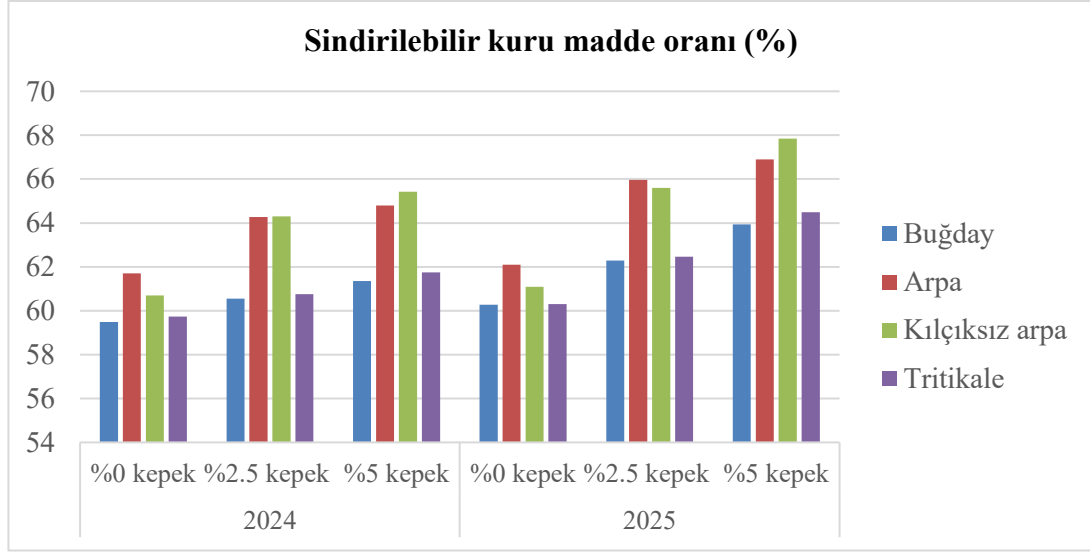
Çalışmanın 2025 yılında, en düşük sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı %60.28 ile buğdayın kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise %67.84 ile kılçıksız arpa silajının %5 kepek katkısında saptanmıştır. Ortalama değerler incelendiğinde, SKM oranı %60.94'ten %65.29'a yükselmiş olup, kepek düzeyinin artışıyla sindirilebilirlik oranlarında düzenli bir artış meydana gelmiş ve bu eğilim her iki yılda da benzer şekilde devam etmiştir (Çizelge 4.8; Şekil 4.10).

**Çizelge 4.8.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının sindirilebilir kuru madde oranına etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |              |              | 2025            |              |              |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |              |              | Kepek Oranı (%) |              |              |
|                                 | 0               | 2.5          | 5            | 0               | 2.5          | 5            |
| Buğday                          | 59.48 c         | 60.55 c      | 61.36 c      | 60.28 d         | 62.28 cd     | 63.94 bc     |
| Arpa                            | 61.71 bc        | 64.27 ab     | 64.80 a      | 62.10 cd        | 65.97 ab     | 66.90 a      |
| Kılçıksız arpa                  | 60.70 c         | 64.30 ab     | 65.42 a      | 61.09 d         | 65.60 ab     | 67.84 a      |
| Tritikale                       | 59.74 c         | 60.75 c      | 61.75 bc     | 60.31 d         | 62.46 cd     | 64.49 bc     |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>60.41</b>    | <b>62.97</b> | <b>63.83</b> | <b>60.94</b>    | <b>64.08</b> | <b>65.29</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 1.50**          |              |              | 1.23**          |              |              |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 1.63**          |              |              | 1.40**          |              |              |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.98**          |              |              | 0.82**          |              |              |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 2.87*           |              |              | 2.41*           |              |              |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı



**Şekil 4.10.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının sindirilebilir kuru madde oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgulara bakıldığında, kepek katkısının artışı silaj materyalinde sindirilebilirliği artırıcı yönde etkiler oluşturmuş; özellikle %5 kepek düzeyi, hem lif oranının azalması hem de fermentasyon sürecinin daha dengeli gerçekleşmesi sonucu en yüksek SKM değerlerinin elde edildiği katkı düzeyi olmuştur. Bu sonuçlar, kepek katkısının tahıl silajlarının sindirilebilirlik özellikleri üzerinde önemli ve düzenli bir iyileştirici etki oluşturduğunu göstermektedir.

#### 4.11. Kuru Madde Tüketimi (% KMT)

Çalışmada, farklı tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin kuru madde tüketimi (KMT) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü, kepek oranı ve tahıl × kepek etkileşiminin tamamı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Çalışmanın ikinci yılı olan 2025'te ise tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl × kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu bulgular, hem kullanılan tahıl türünün hem de uygulanan kepek düzeyinin silajların hayvanlar tarafından tüketilebilirliği üzerinde belirleyici etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.9).

Araştırmanın 2024 yılında, en düşük kuru madde tüketimi (KMT) oranı %2.03 ile buğday silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise %2.38 ile kılçıksız arpa silajının %5 kepek katkısında belirlenmiştir. Arpa ve kılçıksız arpa silajları, kepek ilavesine en yüksek olumlu tepkiyi gösteren tahıllar olmuş; bu gruplarda kepek oranının artışıyla birlikte KMT değerlerinde anlamlı bir yükseliş saptanmıştır. Buna karşılık, buğday ve tritikale silajlarında KMT artışı daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Kepek katkısının ortalama etkisine bakıldığında, katkı oranının artışıyla KMT değerlerinde düzenli bir artış eğilimi gözlenmiş; ortalama değer %0 kepekte %2.10, %2.5 kepekte %2.20 ve %5 kepekte %2.27 olmuştur.

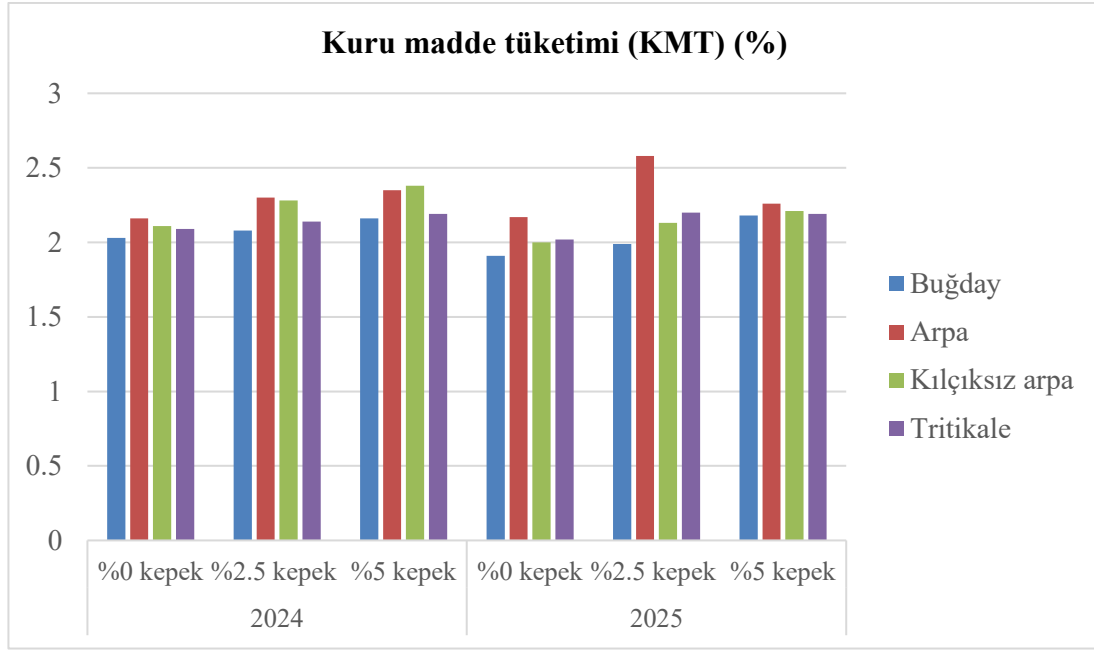
**Çizelge 4.9.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının kuru madde tüketimine etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |            |             | 2025            |             |             |
|---------------------------------|-----------------|------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |            |             | Kepek Oranı (%) |             |             |
|                                 | 0               | 2.5        | 5           | 0               | 2.5         | 5           |
| Buğday                          | 2.03 e          | 2.08 e     | 2.16 c-e    | 1.91 d          | 1.99 cd     | 2.18 bc     |
| Arpa                            | 2.16 c-e        | 2.30 a-c   | 2.35 ab     | 2.17 bc         | 2.58 a      | 2.26 b      |
| Kılçıksız arpa                  | 2.11 de         | 2.28 a-d   | 2.38 a      | 2.00 cd         | 2.13 b-d    | 2.21 bc     |
| Tritikale                       | 2.09 e          | 2.14 c-e   | 2.19 b-e    | 2.02 cd         | 2.20 bc     | 2.19 bc     |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>2.1</b>      | <b>2.2</b> | <b>2.27</b> | <b>2.03</b>     | <b>2.23</b> | <b>2.21</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 2.52            |            |             | 3.39            |             |             |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 0.09**          |            |             | 0.10**          |             |             |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.06**          |            |             | 0.08**          |             |             |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 0.17**          |            |             | 0.23*           |             |             |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı

Araştırmanın 2025 yılında ise, en düşük kuru madde tüketimi (KMT) oranı %1.91 ile buğday silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise %2.58 ile arpa silajının %2.5 kepek katkısında tespit edilmiştir. Bu yılda da kepek düzeyinin artışı genel olarak tüketim oranını artırmış, farklar tahıl türleri ve kepek oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Arpa, 2025 yılında kepek katkısına en olumlu yanıt veren tahıl türü olmuş ve %2.5 kepek seviyesinde en yüksek ortalama KMT oranına ulaşmıştır. Kepek katkısının ortalama etkisine bakıldığında, ortalama değer %0 kepekte %2.03, %2.5 kepekte %2.23 ve %5 kepekte %2.21 olmuştur (Çizelge 4.9; Şekil 4.11).



**Şekil 4.11.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının kuru madde tüketimindeki değişimi

Elde edilen bulgular incelendiğinde, kepek katkısının artışıyla birlikte silajların kuru madde tüketimi oranı yükselmiştir. Kepek, içerdiği enerji ve aroma bileşenleri sayesinde silajın lezzetliliğini artırmış ve hayvanların tüketim oranlarını etkilemiştir. Her iki yılda da en yüksek KMT oranları arpa ve kılçıksız arpa silajlarında, en düşük oranlar ise buğday ve tritikale silajlarında belirlenmiştir. Bu farklılığın, tahılların lif yapısı ve dokusal özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.12. Nispi Yem Değeri (NYD)

Çalışmada, farklı tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin nispi yem değeri (NYD) üzerine etkileri incelenmiş ve sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, hem 2024 hem de 2025 yıllarında tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl×kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, hem tahıl türünün hem de uygulanan kepek oranının silajın yem kalitesi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.10).

Çalışmanın 2024 yılında en düşük nispi yem değeri (NYD) %93.74 ile buğday silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise %120.60 ile kılçıksız arpa silajının %5 kepek katkısında belirlenmiştir. ortalama NYD değerleri ise %98.91 ile %111.58 arasında değişmiştir. Kepek oranı arttıkça NYD değerlerinde düzenli bir artış gözlenmiş ve bu artış, özellikle %5 seviyesinde belirginleşmiştir. Tahıllar arasında yapılan karşılaştırmada arpa ve kılçıksız arpa silajları en yüksek NYD değerlerini göstermiş, buğday ve tritikale ise daha düşük değerlere sahip olmuştur.

**Çizelge 4.10.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının nispi yem değerine etkisi

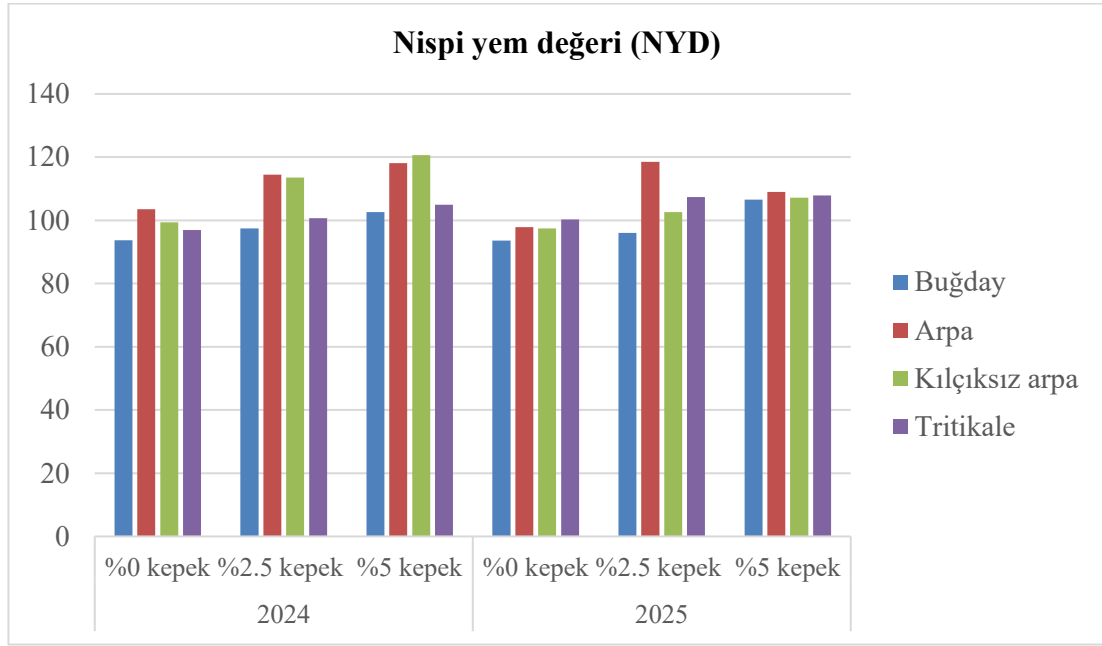
| Tahıllar                        | 2024            |               |               | 2025            |               |               |
|---------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |               |               | Kepek Oranı (%) |               |               |
|                                 | 0               | 2.5           | 5             | 0               | 2.5           | 5             |
| Buğday                          | 93.74 d         | 97.47 d       | 102.60 b-d    | 93.64 c         | 96.06 bc      | 106.55 a-c    |
| Arpa                            | 103.49 b-d      | 114.50 ab     | 118.15 a      | 97.82 bc        | 118.48 a      | 108.99 ab     |
| Kılçıksız arpa                  | 99.42 d         | 113.61 a-c    | 120.60 a      | 97.50 bc        | 102.67 bc     | 107.17 a-c    |
| Tritikale                       | 96.99 d         | 100.72 cd     | 104.98 b-d    | 100.30 bc       | 107.43 a-c    | 107.90 ab     |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>98.91</b>    | <b>106.58</b> | <b>111.58</b> | <b>97.32</b>    | <b>106.16</b> | <b>107.65</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 4.00            |               |               | 4.35            |               |               |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 7.03**          |               |               | 6.27**          |               |               |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 4.45**          |               |               | 4.75**          |               |               |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 13.06*          |               |               | 13.94*          |               |               |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı

Çalışmanın 2025 yılında ise, en düşük nispi yem değeri (NYD) %93.64 ile buğdayın kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise %118.48 ile arpa silajının %2.5 kepek katkısında tespit edilmiştir. Ortalama NYD değerleri ise %97.32–%107.65 aralığında değişmiştir. Bu yılda da kepek düzeyinin artışıyla NYD oranında genel bir yükselme eğilimi gözlenmiştir (Çizelge 4.10; Şekil 4.12).





**Şekil 4.12.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının nispi yem değerlerindeki değişimi

Elde edilen bulgulara göre, her iki yılda da kepek katkısının artışıyla birlikte nispi yem değeri (NYD) oranlarında belirgin bir artış meydana gelmiştir. Kepek oranının yükselmesiyle lif oranının azalması sonucunda silaj materyalinin enerji değeri artmış ve bu durum NYD değerlerine de yansımıştır. Ortalama değerlere göre, arpa ve kılçıksız arpa silajları en yüksek NYD değerlerini göstermiş, buğday ve tritikale silajları ise daha düşük oranlarda kalmıştır.

#### 4.13. Fleig Puanı

Çalışmada, farklı tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin Fleig puanı üzerine etkileri incelenmiş ve sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü  $P \leq 0.05$ , kepek oranı ve tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Çalışmanın ikinci yılı olan 2025'te ise tahıl türü önemsiz olurken, kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu bulgular, kepek katkısının silajın fermentasyon kalitesini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.11).

Araştırmanın 2024 yılında, en düşük Fleig puanı 48.21 ile kılçıksız arpa silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise 110.01 ile aynı türün (%5) kepek katkısında belirlenmiştir. Ortalama Fleig puanları ise 60.48 ile 98.61 arasında değişmiştir. Kepek oranı arttıkça Fleig puanlarında düzenli bir artış gözlenmiş ve bu artış, özellikle %5 kepek seviyesinde belirginleşmiştir. Tahıllar arasında yapılan karşılaştırmada arpa ve kılçıksız arpa silajları en yüksek Fleig puanlarını gösterirken, buğday ve tritikale silajları görece daha düşük değerler sergilemiştir.

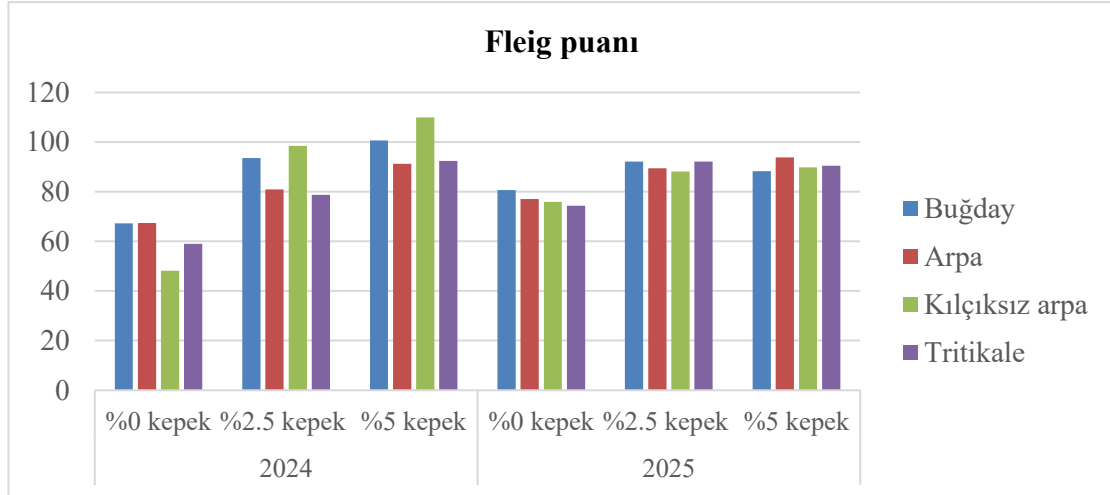
Araştırmanın 2025 yılında ise, en düşük Fleig puanı 74.31 ile tritikale silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise 93.90 ile arpa silajının %5 kepek katkısında tespit edilmiştir. Ortalama Fleig puanları 77.00–90.64 aralığında değişmiştir. Bu yılda da kepek düzeyinin artışıyla Fleig puanlarında genel bir yükselme eğilimi gözlenmiştir (Çizelge 4.11; Şekil 4.13).

**Çizelge 4.11.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının fleig puanına etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |              |              | 2025            |              |              |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |              |              | Kepek Oranı (%) |              |              |
|                                 | 0               | 2.5          | 5            | 0               | 2.5          | 5            |
| Buğday                          | 67.30 c-e       | 93.61 ab     | 100.71 ab    | 80.70 a-d       | 92.16 a      | 88.36 a-d    |
| Arpa                            | 67.34 c-e       | 80.92 b-d    | 91.28 a-c    | 77.11 b-d       | 89.47 a-c    | 93.90 a      |
| Kılçıksız arpa                  | 48.21 e         | 98.48 ab     | 110.01 a     | 75.91 cd        | 88.21 a-d    | 89.87 a-c    |
| Tritikale                       | 59.05 de        | 78.70 b-d    | 92.43 ab     | 74.31 d         | 92.13 a      | 90.43 ab     |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>60.48</b>    | <b>87.93</b> | <b>98.61</b> | <b>77.00</b>    | <b>90.49</b> | <b>90.64</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 9.66            |              |              | 5.33            |              |              |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 9.15*           |              |              | ö.d.            |              |              |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 8.38**          |              |              | 4.83**          |              |              |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 24.58**         |              |              | 14.18*          |              |              |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (ö.d.): önemli değil, (D.K.): değişim katsayısı



**Şekil 4.13.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının fleig puanlarındaki değişimi

Elde edilen bulgular incelendiğinde, her iki yılda da kepek katkısının artışıyla birlikte Fleig puanlarında artış görülmüştür. Ortalama değerlere göre, en yüksek Fleig puanları arpa ve kılçıksız arpa silajlarında, en düşük puanlar ise buğday ve tritikale silajlarında belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kepek düzeyinin artışıyla birlikte silaj kalitesinin genel olarak yükseldiğini göstermektedir.

#### 4.14. Laktik Asit Oranı (%)

Araştırmada, farklı tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin laktik asit (LA) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında tahıl türü, kepek oranı ve tahıl × kepek etkileşimi faktörlerinin tamamı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. 2025 yılında ise tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl × kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu sonuçlar, hem tahıl türünün hem de kepek düzeyinin fermentasyon sürecinde laktik asit oluşumunu doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.12).

Araştırmanın 2024 yılında, en düşük laktik asit (LA) oranı %5.05 ile tritikale silajının kontrol grubunda (0% kepek) belirlenirken, en yüksek değer %8.75 ile arpa silajının %5 kepek katkısında saptanmıştır. Ortalama laktik asit (LA) oranı ise %5.87–%7.70 aralığında değişmiştir. Kepek oranı arttıkça LA değerlerinde düzenli bir artış gözlenmiş; özellikle %5 kepek düzeyi, silajın fermentasyon kalitesini yükseltmiştir. Tahıllar arasında yapılan karşılaştırmada, arpa ve kılçıksız arpa silajlarının en yüksek laktik asit oranlarına ulaştığı, buğday ve tritikalenin ise görece daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür.

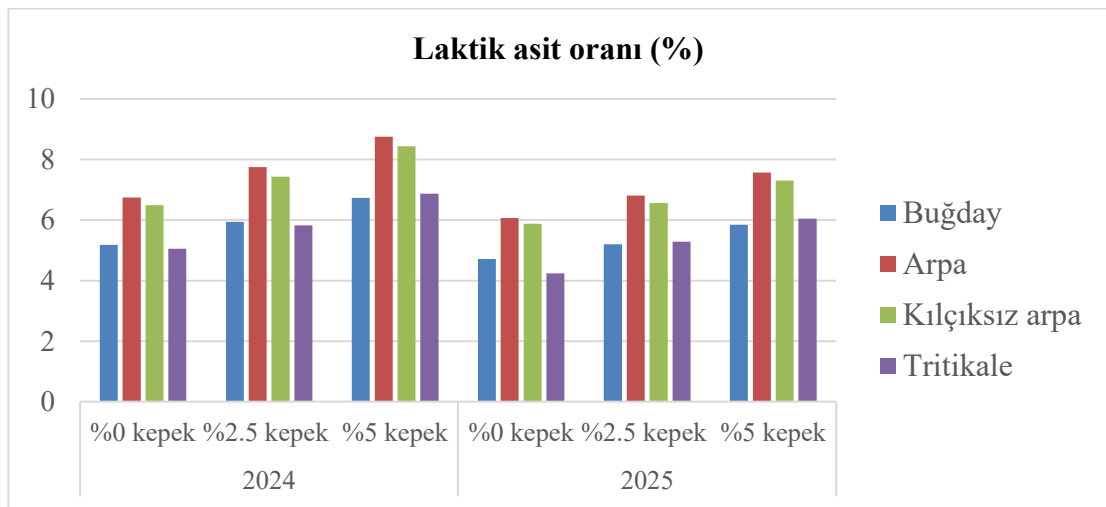
Araştırmanın 2025 yılında ise, en düşük laktik asit (LA) oranı %4.24 ile tritikale silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en yüksek değer ise %7.57 ile arpa silajının %5 kepek katkısında belirlenmiştir. Ortalama laktik asit (LA) oranı ise %5.23–%6.69 arasında değişmiştir. Bu yılda da kepek düzeyinin artışıyla LA oranında genel bir yükselme eğilimi görülmüş; arpa ve kılçıksız arpa silajları en yüksek LA değerlerini verirken, buğday ve tritikale silajlarında değerler daha düşük düzeyde kalmıştır (Çizelge 4.12; Şekil 4.14).

**Çizelge 4.12.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının laktik asit oranına etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |             |            | 2025            |             |             |
|---------------------------------|-----------------|-------------|------------|-----------------|-------------|-------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |             |            | Kepek Oranı (%) |             |             |
|                                 | 0               | 2.5         | 5          | 0               | 2.5         | 5           |
| Buğday                          | 5.18 h          | 5.94 g      | 6.73 e     | 4.71 e          | 5.20 d      | 5.85 c      |
| Arpa                            | 6.74 e          | 7.75 c      | 8.75 a     | 6.07 c          | 6.81 b      | 7.57 a      |
| Kılçıksız arpa                  | 6.49 f          | 7.43 d      | 8.44 b     | 5.88 c          | 6.56 b      | 7.30 a      |
| Tritikale                       | 5.05 h          | 5.82 g      | 6.87 e     | 4.24 f          | 5.29 d      | 6.05 c      |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>5.87</b>     | <b>6.74</b> | <b>7.7</b> | <b>5.23</b>     | <b>5.97</b> | <b>6.69</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 1.19            |             |            | 2.15            |             |             |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 0.12**          |             |            | 0.15**          |             |             |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.08**          |             |            | 0.14**          |             |             |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 0.23**          |             |            | 0.40*           |             |             |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı



**Şekil 4.14.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının laktik asit oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgulara göre, buğday kepeği ilavesi silajların laktik asit (LA) oranını artırmış ve bu etkinin her iki yılda da benzer şekilde tekrarlandığı görülmüştür. Kepek oranındaki artış, fermentasyon sürecinde laktik asit bakterilerinin aktivitesini destekleyerek LA üretimini yükseltmiştir. Özellikle %5 düzeyinde uygulanan kepek katkısı, tahıl silajlarında optimum fermentasyon koşullarının oluşmasına katkı sağlamış ve en yüksek laktik asit değerlerinin elde edilmesini mümkün kılmıştır. Bu bulgular, kepek ilavesinin fermentasyon kalitesini artırarak silaj stabilitesini ve besinsel değerini iyileştirmede etkili bir katkı maddesi olduğunu göstermektedir.

#### 4.15. Asetik Asit Oranı (%)

Çalışmada, farklı tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin asetik asit (AA) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, her iki yılda da tahıl türü, kepek oranı ve tahıl × kepek etkileşimi faktörlerinin tamamı  $P \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, hem tahıl türünün hem de uygulanan kepek düzeyinin silajlardaki asetik asit oluşumunu önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.13).

**Çizelge 4.13.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının asetik asit oranına etkisi

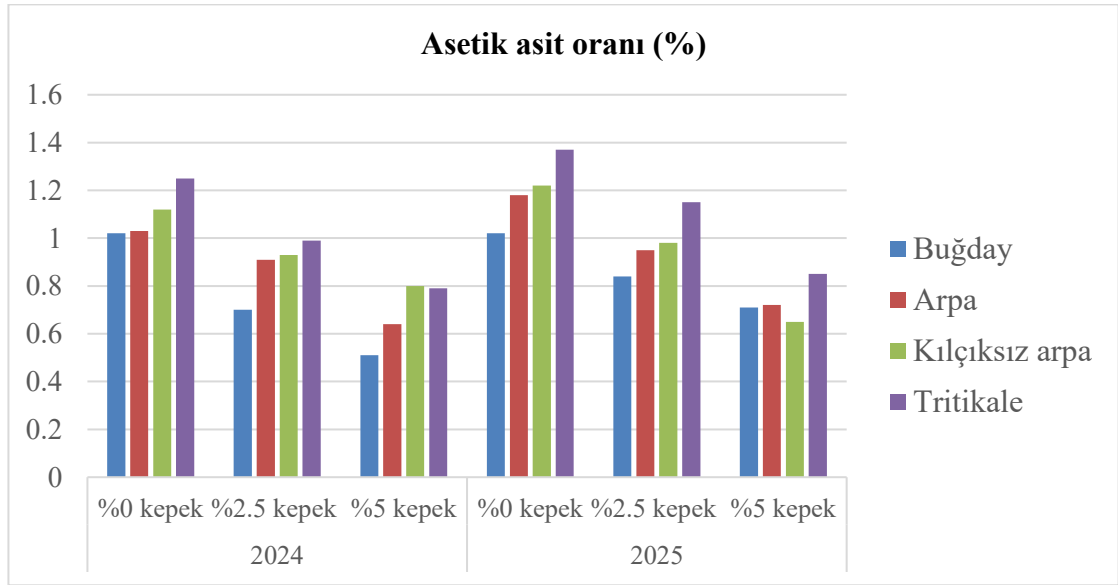
| Tahıllar                        | 2024            |             |             | 2025            |             |             |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |             |             | Kepek Oranı (%) |             |             |
|                                 | 0               | 2.5         | 5           | 0               | 2.5         | 5           |
| Buğday                          | 1.02 b-d        | 0.70 gh     | 0.51 i      | 1.02 cd         | 0.84 fg     | 0.71 gh     |
| Arpa                            | 1.03 bc         | 0.91 e      | 0.64 h      | 1.18 b          | 0.95 d-f    | 0.72 gh     |
| Kılçıksız arpa                  | 1.12 b          | 0.93 de     | 0.80 f      | 1.22 b          | 0.98 de     | 0.65 h      |
| Tritikale                       | 1.25 a          | 0.99 c-e    | 0.79 fg     | 1.37 a          | 1.15 bc     | 0.85 ef     |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>1.1</b>      | <b>0.88</b> | <b>0.69</b> | <b>1.2</b>      | <b>0.98</b> | <b>0.73</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 3.68            |             |             | 4.39            |             |             |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 0.07**          |             |             | 0.07**          |             |             |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.03**          |             |             | 0.04**          |             |             |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 0.10**          |             |             | 0.13**          |             |             |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı

Araştırmanın 2024 yılında, en yüksek asetik asit (AA) oranı %1.25 ile tritikale silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %0.51 ile buğday silajının %5 kepek katkısında belirlenmiştir. Ortalama asetik asit (AA) oranı ise %0.88–%1.10 arasında değişmiştir. Bu yılda kepek oranı arttıkça asetik asit oranlarında düzenli bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Tahıllar arasında yapılan karşılaştırmada tritikale en yüksek, buğday ise en düşük asetik asit değerine sahip olmuştur.

Araştırmanın 2025 yılında ise, en yüksek asetik asit (AA) oranı %1.37 ile tritikale silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %0.65 ile kılçıksız arpa silajının %5 kepek katkısında tespit edilmiştir. Ortalama asetik asit (AA) oranı ise %0.73–%1.20 arasında değişmiştir. Bu yılda da kepek oranı arttıkça asetik asit oranlarında belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Tahıllar arasında en yüksek asetik asit oranı tritikalede, en düşük oran ise kılçıksız arpada saptanmıştır (Çizelge 4.13; Şekil 4.15).



**Şekil 4.15.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının asetik asit oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgular incelendiğinde, her iki yılda da kepek düzeyinin artışıyla birlikte asetik asit oranlarında belirgin bir azalma görülmüştür. Bu durum, kepek katkısının fermentasyon sürecinde laktik asit bakterilerinin etkinliğini artırarak fermentasyon yönünü laktik asit oluşumu lehine çevirmesiyle açıklanabilir. Böylece, kepek oranındaki artışın asetik asit üretimini sınırladığı ve silajlarda daha dengeli bir fermentasyon ortamı oluşturduğu söylenebilir.

#### 4.16. Propiyonik Asit Oranı (%)

Araştırmada, farklı tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin propiyonik asit (PA) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçların her iki yılda da istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, 2024 ve 2025 yıllarında tahıl türü ve kepek oranı  $P \leq 0.01$ , tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu sonuçlar, hem tahıl türü hem de kepek düzeyinin silajlardaki propiyonik asit oluşumunu önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.14; Şekil 4.16).

**Çizelge 4.14.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının propiyonik asit oranına etkisi

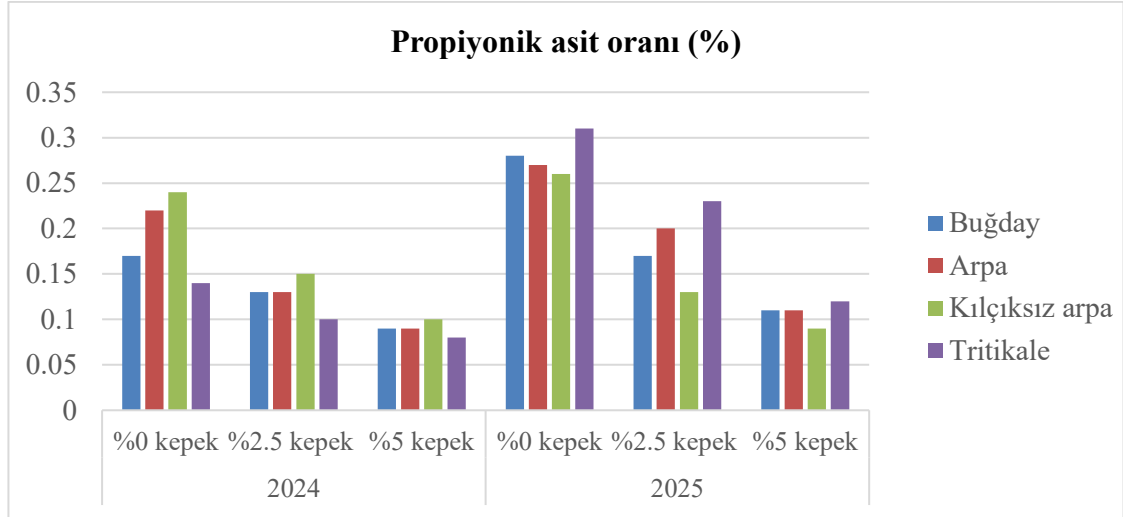
| Tahıllar                        | 2024            |             |             | 2025            |             |             |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |             |             | Kepek Oranı (%) |             |             |
|                                 | 0               | 2.5         | 5           | 0               | 2.5         | 5           |
| Buğday                          | 0.17 bc         | 0.13 c-f    | 0.09 e-f    | 0.28 ab         | 0.17 d-f    | 0.11 f      |
| Arpa                            | 0.22 ab         | 0.13 c-f    | 0.09 e-f    | 0.27 a-c        | 0.20 c-e    | 0.11 f      |
| Kılçıksız arpa                  | 0.24 a          | 0.15 cd     | 0.10 d-f    | 0.26 a-c        | 0.13 e-f    | 0.09 f      |
| Tritikale                       | 0.14 c-e        | 0.10 d-f    | 0.08 f      | 0.31 a          | 0.23 b-d    | 0.12 f      |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>0.2</b>      | <b>0.13</b> | <b>0.09</b> | <b>0.28</b>     | <b>0.18</b> | <b>0.11</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 13.77           |             |             | 13.5            |             |             |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 0.03**          |             |             | 0.02**          |             |             |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.02**          |             |             | 0.03**          |             |             |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 0.06*           |             |             | 0.08*           |             |             |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı

Araştırmanın birinci yılı olan 2024 yılında, en yüksek propiyonik asit (PA) oranı %0.24 ile kılçıksız arpa silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %0.08 ile tritikale silajının %5 kepek katkılı grubunda belirlenmiştir. Ortalama PA değerleri %0.20 ile %0.09 arasında değişmiştir. Kepek oranının artışıyla birlikte PA oranlarında düzenli bir azalma eğilimi gözlenmiştir.

Araştırmanın ikinci yılı olan 2025 yılında ise, en yüksek propiyonik asit (PA) oranı %0.31 ile tritikale kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %0.09 ile kılçıksız arpa silajının %5 kepek katkılı grubunda tespit edilmiştir. Ortalama değerler %0.28 ile %0.11 arasında değişmiştir. Bu yılda da 2024 yılına benzer şekilde kepek oranı yükseldikçe propiyonik asit oranlarının azaldığı görülmüştür.



**Şekil 4.16.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının propiyonik asit oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgular incelendiğinde, her iki yılda da genel olarak, kepek katkısının artışıyla propiyonik asit düzeylerinde belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Bu durum, kepeğin fermentasyon sürecinde kolay fermente olabilen karbon kaynakları sağlayarak laktik asit bakterilerinin etkinliğini artırdığı ve buna bağlı olarak propiyonik asit üretiminin azaldığını göstermektedir.

#### 4.17. Bütirik Asit Oranı (%)

Çalışmada, farklı tahıl türleri, kepek oranları ve bu faktörlerin etkileşimlerinin bütirik asit (BA) oranı üzerine etkileri incelenmiş ve sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Varyans analizine göre, 2024 yılında kepek oranı  $P \leq 0.01$  düzeyinde, tahıl türü ve tahıl  $\times$  kepek etkileşimi ise  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Benzer şekilde, 2025 yılında da kepek oranı  $P \leq 0.01$  düzeyinde, tahıl türü ve tahıl  $\times$  kepek etkileşimi  $P \leq 0.05$  düzeylerinde önemli farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.15).

Çalışmanın birinci yılı olan 2024 yılında, en yüksek bütirik asit (BA) oranı %0.26 ile buğday silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %0.04 ile arpa silajının %5 kepek katkısında belirlenmiştir. Ortalama bütirik asit oranları %0.23 ile %0.05 arasında değişmiştir. Bu yılda kepek oranı arttıkça bütirik asit oranlarında düzenli bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Tahıllar arasında yapılan karşılaştırmada en yüksek bütirik asit oranı buğdayda, en düşük oran ise arpa silajında tespit edilmiştir.



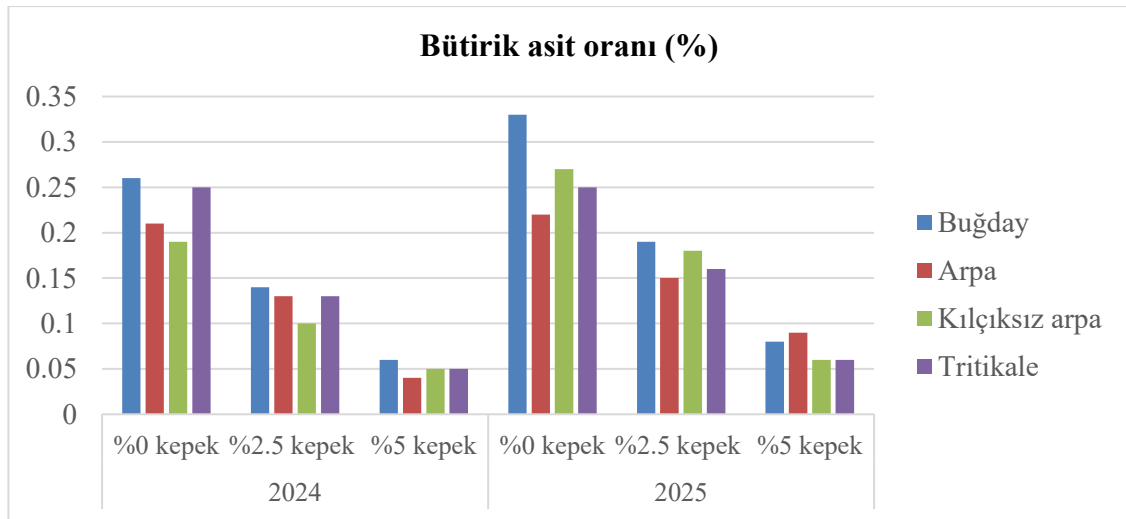
Çalışmanın ikinci yılı olan 2025 yılında ise, en yüksek bütirik asit (BA) oranı %0.33 ile buğday silajının kontrol grubunda (%0 kepek), en düşük değer ise %0.06 ile kılçıksız arpa ve tritikale silajlarının %5 kepek katkı gruplarında saptanmıştır. Ortalama bütirik asit oranları %0.27 ile %0.07 arasında değişmiştir. Bu yılda da kepek oranı arttıkça bütirik asit oranlarında belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Tahıllar arasında en yüksek bütirik asit oranı buğdayda, en düşük oran ise kılçıksız arpa ve tritikalede görülmüştür (Çizelge 4.15; Şekil 4.17).

**Çizelge 4.15.** Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının bütirik asit oranına etkisi

| Tahıllar                        | 2024            |             |             | 2025            |             |             |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
|                                 | Kepek Oranı (%) |             |             | Kepek Oranı (%) |             |             |
|                                 | 0               | 2.5         | 5           | 0               | 2.5         | 5           |
| Buğday                          | 0.26 a          | 0.14 cd     | 0.06 ef     | 0.33 a          | 0.19 cd     | 0.08 fg     |
| Arpa                            | 0.21 ab         | 0.13 d      | 0.04 f      | 0.22 b-d        | 0.15 d-f    | 0.09 e-g    |
| Kılçıksız arpa                  | 0.19 bc         | 0.10 de     | 0.05 ef     | 0.27 ab         | 0.18 d      | 0.06 g      |
| Tritikale                       | 0.25 a          | 0.13 d      | 0.05 ef     | 0.25 bc         | 0.16 de     | 0.06 g      |
| <b>Ortalama</b>                 | <b>0.23</b>     | <b>0.13</b> | <b>0.05</b> | <b>0.27</b>     | <b>0.17</b> | <b>0.07</b> |
| <b>D.K. (%)</b>                 | 13.99           |             |             | 13.72           |             |             |
| <b>F Tahıl (TUKEY%)</b>         | 0.03*           |             |             | 0.04*           |             |             |
| <b>F Kepek (TUKEY%)</b>         | 0.02**          |             |             | 0.02**          |             |             |
| <b>F Kepek x Tahıl (TUKEY%)</b> | 0.06*           |             |             | 0.07*           |             |             |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(\*)  $P \leq 0.05$ , (\*\*)  $P \leq 0.01$ , (D.K.): değişim katsayısı



**Şekil 4.17.** Kepek katkısının farklı tahıl silajlarının bütirik asit oranlarındaki değişimi

Elde edilen bulgular incelendiğinde, her iki yılda da kepek düzeyinin artışıyla birlikte bütirik asit oranlarında belirgin bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Artan kepek oranı, silajlarda bütirik asit üretimini sınırlandırmış ve bu sayede daha kaliteli, istenen fermentasyon özelliklerine sahip silajların elde edilmesine katkı sağlamıştır.

## 5. TARTIŞMA

### 5.1. Bitki Boyu (cm)

Çalışmada, birinci yıl tritikale bitkisinin en yüksek bitki boyuna ulaştığı, bunu kılçıksız arpa ve buğdayın izlediği belirlenmiştir. İkinci yılda ise tüm türlerde bitki boylarının anlamlı şekilde azaldığı saptanmıştır (Çizelge 4.1). Bu durum, kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde artan su stresinin etkisiyle açıklanabilir. Nitekim ikinci yıl boyunca yağış miktarının düşük, sıcaklıkların ise yüksek seyretmesi iklim verilerinden anlaşılabileceği gibi tahılların boya ulaşma kapasitesini sınırlamıştır (Çizelge 3.3).

Çalışmada elde edilen sonuçlar literatürdeki bulgularla paralellik göstermektedir. Kurak koşullar altında su eksikliği, hücre uzaması ve bölünmesini kısıtlayarak bitki boyunun kısılmasına yol açmaktadır (Farooq vd., 2009). Bitki boyunun belirlenmesinde genetik faktörlerin yanı sıra çevresel koşulların da etkili olduğu bilinmektedir. Arpa ve buğday üzerine yapılan araştırmalar, bu özelliğin genotip  $\times$  çevre etkileşimine oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir (López-Castañeda ve Richards, 1994; Samarah vd., 2009). Özellikle arpa genotiplerinde su stresi, boğumlar arası uzunluğu kısaltarak sapa kalkma hızını azaltmakta ve sonuç olarak bitki boyunu sınırlandırmaktadır (Jalilian ve Mohsennia, 2013; Berki vd., 2025).

Tritikale'nin bu kısılmadan diğer türlere göre daha az etkilenmesi, genetik olarak kuraklığa karşı daha yüksek bir adaptasyon kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Bilgili vd. (2009), farklı tritikale hatlarında bitki boyu ile biyokütle arasında pozitif ilişkiler saptayarak, uzun bitkilerin yüksek verim potansiyeli taşıdığını ortaya koymuştur. Bassu vd. (2011) ise tritikalenin buğdaya göre daha yüksek performansının erken gelişme atağı ve başak oluşum evresinin uzunluğu gibi fizyolojik özelliklerle ilişkili olduğunu bildirmiştir. Ayalew vd. (2018), tritikalelerin hibrit genetik yapısının buğdayın yüksek tane verimi ile çavdarın stres toleransını birleştirdiğini, bu nedenle hem bitki boyu hem de biyokütle üretiminde üstünlük sağladığını belirtmiştir. Bu bulgular, tritikalenin yüksek bitki boyunun sadece genetik bir özellik değil, aynı zamanda fizyolojik avantajlarla da desteklendiğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ikinci yıl koşullarında tüm tahıllarda gözlenen boy kısalması, çevresel stresin etkisini açıkça ortaya koyarken, tritikalenin bu durumdan görece daha az etkilenmesi türün genetik ve fizyolojik dayanıklılığını

desteklemektedir. Bu nedenle bitki boyu, hem biyokütle potansiyelinin hem de stres koşullarına dayanıklılığın belirlenmesinde önemli bir gösterge olarak değerlendirilebilir.

## 5.2. Yeşil Ot Verimi (kg/da)

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, tahıl türleri arasında yeşil ot verimi bakımından belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. En yüksek yeşil ot verimi Tritikale bitkisinden elde edilirken, bunu sırasıyla kılçıksız arpa, arpa ve buğday izlemiştir (Çizelge 4.1). Bu durum, Tritikale'nin yüksek biyokütle üretim kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir (Méndez-Espinoza vd., 2019).

Elde edilen bulgular, literatürde bildirilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Capstaff ve Miller (2018), yem bitkilerinde su ve besin verimliliğini artırmanın, özellikle kuraklık koşullarında verim devamlılığı açısından önem taşıdığını vurgulamışlardır. Ayrıca Aguilar-López vd. (2018), Tritikale ve arpa genotipleri arasında yaptıkları karşılaştırmada, bazı Tritikale varyantlarının daha yüksek kuru madde ve yeşil ot üretim potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Liebert vd. (2023) farklı kışlık tahıl türlerinin yem amaçlı üretim performanslarını değerlendirdikleri çalışmalarında Tritikale'nin farklı çevresel koşullar altında verim istikrarını koruduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, çalışmada Tritikale'nin üstün yeşil ot verimi performansını destekler niteliktedir.

İkinci yılda yeşil ot veriminde görülen düşüş, bitki boyundaki azalmayla paralellik göstermekte olup, bu durum yılın daha kurak iklim koşullarıyla açıklanabilir (Çizelge 3.3). Yağış miktarının azalması ve artış gösteren sıcaklık değerleri, bitkilerin erken dönem biyokütle birikimini sınırlandırmış ve fotosentetik etkinliği olumsuz etkilemiştir. Nitekim su stresi, yaprak genişlemesini kısıtlayarak karbon asimilasyonunu azaltmakta ve buna bağlı olarak biyokütle üretimini düşürmektedir (Chaves ve Oliveira, 2004; Farooq vd., 2009; Daryanto vd., 2017).

Genel olarak değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçlar literatürde bildirilen bulgularla büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Su stresi koşullarında tüm türlerde verim azalmakla birlikte, Tritikale'nin yanı sıra kılçıksız arpa ve buğday genotiplerinin de yeşil ot verimini belirli ölçüde koruyabildiği görülmüştür. Bu durum, özellikle yarı kurak bölgelerde kaba yem açığının azaltılması ve sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinin desteklenmesi açısından önemli bir bulgudur. Dolayısıyla, bu türlerin yem üretiminde birlikte değerlendirilmesi, iklim değişikliğine karşı dayanıklı ve verim istikrarı yüksek çeşitlerin geliştirilmesi yönünde stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

### 5.3. Kuru Ot Verimi (kg/da)

Çalışmada tritikale, en yüksek kuru ot verimi sağlayan tür olarak ön plana çıkmıştır; bunu sırasıyla buğday, arpa ve kılçıksız arpa takip etmiştir (Çizelge 4.1). Bu sonuç, tritikalenin erken gelişim dönemlerinde yüksek biyokütle biriktirme kapasitesi ve olgunluk dönemine kadar kuru maddeyi koruyabilme yeteneği ile uyumludur. Literatürde de tritikalenin hem yem hem dane üretimine uygun (dual- purpose) bir tür olduğu ve yüksek kuru madde verimiyle öne çıktığı sıkça vurgulanmaktadır (Abd-Elatty, 2022). Bu özellik, tritikalelerin genetik yapısı ve fenolojik gelişim düzeniyle yakından ilişkilidir.

İkinci yılda gözlenen kuru ot verimi düşüşleri, özellikle yüksek sıcaklık ve yetersiz yağış koşullarının etkisiyle belirginleşmiştir. Kurak ve sıcak dönemlerde bitkiler, fotosentetik etkinliğini ve karbon birikimini sınırlayan stres koşullarına maruz kalmakta; bunun sonucunda kuru madde birikimi azalmaktadır (Benito- Verdugo vd., 2023). Çalışma alanında ikinci yıl verim düşüşü de benzer şekilde artan sıcaklık ve azalan yağış koşullarıyla açıklanabilir (Çizelge 3.3). Liebert vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada da, tritikalenin arpa, buğday ve diğer tahıllara kıyasla bazı koşullarda daha yüksek kuru madde verimi gösterebildiği, ancak bu performansın genotip, ekim zamanı ve hasat dönemi gibi yönetim faktörlerine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Çalışmada yer alan tritikale, buğday, arpa ve kılçıksız arpa türlerinin, özellikle kurak koşullarda kuru ot verimini ve yem potansiyelini koruma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Uygun yönetim ve yetiştirme uygulamalarıyla bu potansiyelin artırılabilirliği düşünülmektedir (Blum, 2010).

Genel bir değerlendirme yapıldığında, araştırma bulgularının literatürdeki çalışmalarla büyük ölçüde örtüştüğü ve tahıl grubuna dahil olan tritikalenin yarı kurak ekosistemlerde kaba yem üretimi için sürdürülebilir bir seçenek olabileceğini ortaya koyduğu görülmektedir. Bu sonuç, iklim değişikliğinin neden olduğu artan kuraklık riskine karşı, yem arzının sürekliliğini ve tarımsal üretimde istikrarın korunmasını destekleyen önemli bir avantaj olarak değerlendirilebilir.

### 5.4. Silaj pH

Silajın pH değeri, fermantasyonun derecesini ve kalitesini gösteren en önemli parametrelerden biridir. Düşük pH değerleri, etkin bir anaerobik fermantasyon sürecinin gerçekleştiğini ve istenmeyen mikroorganizmaların gelişiminin baskılandığını gösterir (Pahlow vd., 2003). Kaliteli bir silaj, fermantasyon süreci

sonunda fiziksel yapısını büyük ölçüde korur, hafif ekşimsi bir kokuya sahip olur ve pH değeri genellikle 3.5–4.2 aralığında seyrederek. Buna karşılık pH değerinin 4.7'nin üzerine çıkması, fermantasyonun yetersiz olduğunu ve silaj kalitesinin düştüğünü göstermektedir (Kutlu, 2015).

Çalışmada, silaj pH değerleri hem tahıl türüne hem de kepek oranına bağlı olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.2). Elde edilen bulgular, kepek oranı arttıkça pH değerinin düşmesi yönündedir. Bu durum, kepek ilavesinin fermantasyonu hızlandırarak asitliği artırıp pH'yı düşürdüğünü göstermektedir. Nitekim literatürde kepek ilavesinin pH'yı düşürmesi, düşük nem içeriği ve yüksek fermente edilebilir karbonhidrat düzeyi sayesinde laktik asit bakterilerinin asit üretimini artırması ve anaerobik koşulların daha hızlı oluşmasını sağlamasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Li vd., 2021; Dong vd., 2022).

Literatürdeki çalışmalar da bu bulguları destekler niteliktedir. Can vd. (2003), katkısız buğdaygil silajlarında pH değerlerinin daha yüksek olduğunu, uygun katkı ilavesinin ise asidifikasyonu güçlendirdiğini vurgulamışlardır. Qin ve Shen (2013), buğday kepeği katkısının silajlarda pH'yı düşürerek fermantasyon kalitesini artırdığını bildirmişlerdir. Wang vd. (2023), buğday kepeği ile *Lactobacillus plantarum* bakterisinin birlikte kullanımının pH'yı anlamlı şekilde düşürdüğünü, amonyak azotu miktarını azalttığını ve laktik asit üretimini artırdığını belirtmişlerdir. Gül (2023), *Lolium multiflorum* silajına buğday kepeği ilavesinin pH değerini düşürdüğünü bildirmiştir. Benzer şekilde Keskin ve Aktanbaş (2025), kinoa silajına buğday kepeği ilavesinin pH'yı düşürerek fermantasyon kalitesini ve stabilitesini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Bu literatür bulguları, mevcut çalışmada buğday kepeği ilavesinin özellikle kılçıksız arpa ve buğday silajlarında pH değerini düşürerek fermantasyonu optimize ettiği yönündeki sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Çalışmada yıllar arası farklılıkların pH'da gözlenen genel düşüşe katkısı olduğu görülmektedir. İkinci yıl pH değerlerinin genelde daha düşük olması, ikinci yılın iklim koşullarında (Çizelge 3.3) daha yüksek sıcaklık ve daha düşük nem seviyelerinin fermantasyon sürecini hızlandırmasına ve sonuçta daha düşük pH değerine sebep olmuştur. Çalışma sonuçları, yıllar arasındaki farklılıkların pH değerlerindeki genel düşüşte etkili olduğunu göstermektedir. İkinci yılda pH değerlerinin daha düşük seyretmesi, o yılın iklim koşullarında (Çizelge 3.3) görülen daha yüksek sıcaklık ve düşük nem düzeylerinin fermantasyon sürecini hızlandırarak pH düşüşüne neden olmuştur. Nitekim bu bulgu, saha ve laboratuvar çalışmalarında bildirilen çevresel etkilerle uyumlu olup, silaj katkılarının daha sıcak ve kurak koşullarda hem pH düşürme hem de istenmeyen mikroorganizma gelişimini engelleme açısından

etkili olabileceğini göstermektedir (Muck vd., 2018).

Sonuç olarak, buğday kepeği ilavesinin genel olarak silaj pH değerini düşürerek fermantasyon sürecini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Çalışmadaki bu sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla genel olarak uyum içindedir. Ancak tahıl türleri arasında bazı farklılıklar gözlenmiştir. Bu durumun, bitkilerin doğal asit tamponlama kapasiteleri, hasat ve silaj hazırlama aşamalarındaki küçük uygulama farkları ile fermantasyon sürecinde etkili olan mikroorganizma topluluklarının (mikroflora) bölgesel farklılıklardan kaynaklandığını söyleyebiliriz.

### 5.5. Silaj Kuru Madde Oranı (%)

Silajın fermantasyon süreci ve elde edilen ürünün kalitesi üzerinde kullanılacak materyalin kuru madde (KM) oranı belirleyici bir unsurdur. Yüksek KM oranı, fermantasyondan sorumlu mikroorganizmaların etkinliğini artırarak kuru madde kayıplarını azaltırken, düşük KM içeriği ise asetik ve bütirik asit oluşumunu hızlandırarak silaj kalitesini düşürmektedir. Ayrıca, genotipler arasındaki genetik farklılıklar materyalin KM oranında önemli değişkenliklere neden olabilmektedir. Silo içerisinde ideal sıkıştırmanın sağlanması ve fermantasyonun arzu edilen şekilde gelişebilmesi için silajlık bitkinin KM içeriğinin %30-40 seviyesinde olması istenmektedir. Bunun yanında, silolanan materyalin KM oranı aerobik stabilite üzerinde de etkili olup, düşük KM içeriğine sahip materyallerle hazırlanan silaj karışımlarında aerobik stabilitenin düşük olması silaj kalitesini olumsuz etkilemektedir (Filya vd., 2001; Holmes vd., 2007; Budaklı Çarpıcı, 2009; Gomes- Rocha vd., 2018; Yücel vd., 2022).

Çalışmada, buğday kepeği katkısının silajların kuru madde (KM) oranı üzerine etkisi incelenmiş ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Kepek oranındaki artışa paralel olarak silajların KM oranında belirgin bir yükselme gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu durum, kepeğin silaj materyalinin kuru madde içeriğini artırarak fermantasyon sürecine dolaylı bir katkı sağladığını düşündürmektedir.

Diğer araştırmacıların çalışmaları da benzer olup literatürde de bildirilmiştir. Cheng vd. (2001), *Pennisetum purpureum* (Napier otu) silajına %5–10 oranında buğday kepeği veya mısır unu ilavesinin kuru madde içeriğini yükselttiğini bildirmişlerdir. Kordi ve Naserian (2012), buğday kepeği katkısının narenciye küspesi silajında KM oranını artırarak genel kaliteyi olumlu etkilediğini

göstermişlerdir. Qin ve Shen (2013), yerfıstığı bitkisinden hazırlanan silajlarda kepek ilavesinin KM oranını artırdığını bildirmişlerdir. Silva vd. (2014) ise, aynı bitkinin silajına %10 ve %20 oranında kepek ilavesinin kuru madde oranını artırdığını belirtmişlerdir. Şenyüz (2017), mısır silajına buğday kepeği ilavesinin fermantasyon sürecini iyileştirdiğini ve dolayısıyla KM oranını yükselttiğini bildirmiştir. Erdoğan (2020) ise, domates posası silajına buğday kepeği ilavesinin kuru madde oranını artırdığını belirtmiştir. Keskin ve Aktanbaş (2025), melas ve buğday kepeği katkılarının kinoa silajında KM oranını anlamlı biçimde artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca Gül (2023), Gül vd. (2019), Tian vd. (2018) tarafından yürütülen çalışmalarda da buğday kepeği katkısının silajın kuru madde içeriğini yükselttiği bildirilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, buğday kepeği katkısının tahıl silajlarının kuru madde oranı üzerinde önemli düzeyde artırıcı etki yaptığı belirlenmiştir. Bu etki, kepeğin suyun bir kısmını absorbe ederek fermantasyon ortamını dengelemesi ve laktik asit bakterilerinin faaliyetini desteklemesiyle açıklanabilir. Çalışmada özellikle kılçıksız arpa, buğday ve tritikale silajlarında kaydedilen yüksek KM oranları, buğday kepeğinin silaj kalitesini artırıcı potansiyelini açıkça ortaya koymuştur. Bu bulgular, yarı kurak bölgelerde hem verim hem de kalite yönünden sürdürülebilir silaj üretimi için buğday kepeğinin uygun bir katkı maddesi olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

### 5.6. Silaj Ham Protein Oranı (%)

Silajların besleme değerini belirleyen en temel unsurlardan biri ham protein (HP) oranıdır. Ham protein düzeyi, yalnızca yemin sindirilebilirliğini değil, aynı zamanda ruminantların büyüme, süt verimi ve genel performansını doğrudan etkileyen kritik bir besin bileşenidir. Yemde yeterli düzeyde ham protein bulunması, rumen mikroorganizmalarının etkinliğini artırarak besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını sağlar. Buna karşın düşük HP oranı, enerji kullanımını ve hayvansal üretimi olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Çarpıcı ve Çelik 2014; Hu vd., 2022; Altun vd., 2025). Hayvan beslenmesinde yem rasyonlarının, hayvanların bakım ve üretim ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için en az %7 seviyesinde ham protein içermesi gerektiği bildirilmektedir (Göler, 2023). Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmada tahıl türü ve kepek katkısının silajın HP oranı üzerinde önemli düzeyde etkiler oluşturduğu belirlenmiştir.

Çalışmada, buğday kepeği katkısının silajların ham protein (HP) oranı üzerine etkisi incelenmiş ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Silajlardaki HP düzeyinin, kepek oranındaki artışa paralel olarak yükseldiği



gözlenmiştir (Çizelge 4.4). Bu durum, kepek ilavesinin silajın protein içeriği üzerinde olumlu etkili olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgular, literatürde daha önce geçen benzer çalışmalarla büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Nitekim Cheng vd. (2001), *Pennisetum purpureum* bitkisinden yapılan silaja buğday kepeği ilavesinin ham protein oranını anlamlı düzeyde artırdığını bildirmişlerdir. Kordi ve Naserian (2012), narenciye küspesi silajına kepek katkısının protein içeriğiyle birlikte genel silaj kalitesini de iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Qin ve Shen (2013), yerfıstığı bitkisinden hazırlanan silajlarda kepek ilavesinin HP oranını artırdığını bildirmişlerdir. Erdoğan (2020) ise, domates posası silajına buğday kepeği ilavesinin ham protein oranını artırdığını bildirmiştir. Gül (2023), *Lolium multiflorum* silajına buğday kepeği ilavesinin ham protein oranını artırdığını belirlemiştir. Keskin ve Aksoy (2024), kinoa silajında mısır kırması ve buğday kepeği katkılarının HP oranını önemli ölçüde yükselttiğini, bu etkinin özellikle yüksek kepek oranlarında belirginleştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Tian vd. (2018), Gül vd. (2019) ve Keskin ve Aktanbaş (2025) tarafından yürütülen çalışmalarda da buğday kepeği katkısının silajın HP oranını artırdığı bildirilmiş olup, bu bulgular mevcut çalışmanın sonuçlarıyla uyum göstermekte ve literatürdeki benzer çalışmalarla paralellik arz etmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar diğer araştırmacıların çalışmalarıyla büyük ölçüde uyum göstermektedir. Kepek ilavesi, hem doğrudan protein takviyesi sağlaması hem de fermantasyon ortamını dengeleyerek azot kayıplarını azaltması nedeniyle silajın ham protein oranını artırmaktadır. Bilhassa %5 düzeyinde uygulanan kepek katkısı, yarı kurak koşullarda yetiştirilen tahıl silajlarında protein içeriğini ve genel kaliteyi artırmada etkili ve uygulanabilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

### 5.7. Silaj Ham Kül Oranı (%)

Ham kül (HK), bir yem maddesinin 550°C’de yakılması sonucu geriye kalan inorganik madde miktarını ifade eder ve yemdeki mineral madde kapsamı hakkında bilgi verir. Yüksek HK düzeyleri genellikle toprak veya yabancı madde bulaşmasından kaynaklanır. Silaj yapımında dikkate alınması gereken önemli bir parametre olan HK oranı, silajın kalitesini ve besin değerini değerlendirmede kullanılır. Bu oran, kuru madde içeriğine bağlı olarak değişmekte olup, yüksek değerler genellikle düşük kaliteli silajları işaret eder. Aşırı kül içeriği, organik madde oranını düşürerek yemin enerji yoğunluğunu ve sindirilebilirliğini azaltır.

Bu nedenle, kaliteli bir silajda HK oranının genellikle %20'nin altında olması gerektiği bildirilmektedir (Şahar, 2017; Çetiner, 2024).

Çalışmada, buğday kepeği katkısının silajların ham kül (HK) oranı üzerine etkisi incelenmiş ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Her iki yılda da kepek oranındaki artışa paralel olarak HK oranında azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu bulgular, kepek ilavesinin silajın mineral (kül) içeriğini azaltıcı yönde etkide bulunduğunu göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen çalışmalarla büyük ölçüde uyumludur. Nitekim Şenyüz (2017), mısır silajına buğday kepeği ilavesinin ham kül oranını düşürdüğünü bildirmiştir. Benzer şekilde, Tian vd. (2018), yonca silajına buğday kepeği ilavesinin ham kül oranını azalttığını belirtmişlerdir. Gül vd. (2019), buğday kepeği ilavesinin kanola silajında ham kül oranını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Erdoğan (2020), domates posası silajına buğday kepeği ilavesinin ham kül oranını düşürdüğünü ifade etmiştir. Gül (2023), *Lolium multiflorum* silajında benzer bir azalma gözlemlemiş, kepek katkısının ham kül oranını düşürdüğünü belirtmiştir. Keskin ve Aksoy (2024), kinoa bitkisinden elde ettikleri silaja mısır kırmısı ve buğday kepeği ilavesinin ham kül oranını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Keskin ve Aktanbaş (2025), kinoa silajında buğday kepeği ve melas katkılarının ham kül oranını azalttığını bildirmişlerdir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmanın iki yıllık verileri kepek ilavesinin özellikle %5 seviyesinde silajların ham kül oranını düşürmede etkili olduğunu göstermiştir. Bu etki, yem kalitesinin genel olarak iyileşmesine katkı sağlayabileceğinden pratik uygulamada düşük organik madde yüksek kül içeriğine sahip materyallerin kepeklerle dengelenmesi yararlı bir strateji olarak değerlendirilebilir. Bu bulgular, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumlu olup, gelecekte uygulanacak pratik denemelerde kepek oranı, tür ve saklama koşullarının birlikte optimize edilmesinin önemini göstermektedir.

### 5.8. Silaj ADF Oranı (%)

ADF (Asit Deterjan Lif) oranı, yemin içeriğinde yer alan selüloz, lignin ve çözünmeyen protein miktarını ifade eden bir parametredir. Bu bileşenler, bitki hücre duvarının yapısal liflerini oluşturur ve yemlerin sindirilebilirliğini doğrudan etkiler. ADF düzeyinin artması, yemin sindirilebilirliğinin azalmasıyla ilişkilendirilmekte olup hem hayvan sağlığı hem de yem endüstrisi açısından kritik bir kalite göstergesi olarak değerlendirilir (Cengiz vd., 2022; Altun vd., 2025).

Silaj kalitesi açısından ADF içeriği önemli bir kalite kriteridir. Nitekim Yücel vd. (2024), %30 veya daha az ADF içeren yemlerin hayvanlar tarafından yüksek oranda tüketileceğini, buna karşılık %40'ın üzerindeki yemlerin tüketiminin düşük olacağını bildirmiştir. Bu durum, ADF oranının yem kalitesi ve hayvan performansı açısından belirleyici bir unsur olduğunu göstermektedir.

Çalışmada, silajların asit deterjan lif (ADF) oranları hem tahıl türüne hem de uygulanan kepek oranına bağlı olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.6). Elde edilen bulgular, kepek oranındaki artışla birlikte ADF değerlerinde belirgin bir azalma meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bu durum, kepek ilavesinin yapısal lif fraksiyonlarının parçalanmasını kolaylaştırarak silajların sindirilebilirliğini artırdığını göstermektedir.

Literatürdeki araştırmalar da bu bulguları destekler niteliktedir. Cheng vd. (2001), Napier otu silajına %5–10 oranında buğday kepeği veya mısır unu ilavesinin ADF ve NDF oranlarını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Şenyüz (2017), mısır silajına buğday kepeği ilavesinin laktik asit oranını artırarak fermentasyon kalitesini iyileştirdiğini ve buna bağlı olarak ADF oranında azalma sağladığını bildirmiştir. Tian vd. (2018), yonca silajına buğday kepeği ilavesinin laktik asit düzeyini önemli ölçüde artırırken, yapısal lif fraksiyonları olan NDF ve ADF değerlerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Gül vd. (2019), buğday kepeği ilavesinin kanola silajında ADF oranını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Erdoğan (2020), domates posası silajına buğday kepeği ilavesinin fermentasyon kalitesini yükselterek ADF ve NDF değerlerini düşürdüğünü ifade etmiştir. Denen ve Basmacıoğlu Malayoğlu (2022), ot tipi yem şalgamı silajında kepek katkısının, saman katkısına kıyasla daha düşük ADF ve NDF değerleri sağladığını bildirmişlerdir. Gül (2023), *Lolium multiflorum* silajında kepek katkısının ADF oranını düşürerek sindirilebilirliği artırdığını ifade etmiştir. Benzer şekilde, Keskin ve Aksoy (2024) de kinoa bitkisinden hazırlanan silajlarda buğday kepeği ve mısır kırması ilavesinin ADF oranını azalttığını ve lif yapısının parçalanmasını desteklediğini bildirmişlerdir. Wang vd. (2024), kağıt dutu ve buğday kepeği karışımı silajlarda, kepek oranının artmasıyla mikrobiyal aktivitenin yükseldiğini ve bunun sonucunda yapısal lif oranlarının azaldığını belirtmişlerdir. Öte yandan, bazı çalışmalarda katkı maddelerinin ADF üzerindeki etkisinin kullanılan materyalin yapısına göre değişebildiği, özellikle yüksek lif içeriğine sahip materyallerde azalmanın daha belirgin olduğu belirtilmiştir (Gunun vd., 2024).

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, kepek katkısının silaj materyalinde yapısal karbonhidratları seyrelterek ve fermentasyon sürecinde mikroorganizmaların

etkinliğini artırarak ADF oranını düşürdüğü belirlenmiştir. Bu etkinin özellikle %5 kepek seviyesinde daha belirgin hale geldiği görülmüştür. Kepeğin düşük lignin içeriği ve yüksek çözünür karbonhidrat düzeyi, fermantasyon sürecinin daha dengeli ve verimli gerçekleşmesini sağlayarak, silaj materyalinin lif fraksiyonlarının parçalanmasını kolaylaştırmıştır. İlavenen, tahıllar arasındaki farklılıkların bitkilerin morfolojik özellikleri, sap-yaprak oranı ve lif dokusunun gelişme düzeylerindeki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 5.9. Silaj NDF Oranı (%)

Nötr deterjan lif (NDF), bitki hücre duvarında yer alan selüloz, hemiselüloz, lignin, kütin, silika ve çözünmeyen protein gibi bileşenleri temsil eden bir parametredir. Bu bileşenler, yemin lifli yapısını belirleyerek hayvanlar tarafından sindirilebilirliği doğrudan etkiler. NDF oranının artması, yemlerin sindirim sürecini zorlaştırarak hayvanların besin maddelerinden yararlanma düzeyini düşürürken; düşük NDF oranı, ruminantların yemden faydalanma verimini artırmaktadır. Dolayısıyla kaba yemlerde NDF düzeyinin düşük olması istenen bir durumdur. Literatürde de yüksek NDF içeriğinin yem sindirilebilirliğiyle negatif ilişki gösterdiği bildirilmektedir (Redfearn vd., 2002; Cengiz vd., 2022; Altun vd., 2025).

Çalışmada kepek katkısının artışıyla birlikte NDF oranlarının her iki yılda da önemli bir şekilde azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Özellikle %5 kepek seviyesinde bu azalma daha belirgin hâle gelmiştir. Kepeğin düşük yapısal lif içeriği ve yüksek çözünabilir karbonhidrat oranı, fermantasyon sürecinde mikroorganizmaların etkinliğini artırarak lif fraksiyonlarının parçalanmasını kolaylaştırmış olabilir. Ayrıca, tahıllar arasında en düşük NDF oranları arpa ve kılçıksız arpa silajlarında, en yüksek değerler ise buğday ve tritikale silajlarında saptanmıştır.

Elde edilen bulgular literatürde bildirilen çok sayıda çalışmayla paralellik göstermektedir. Cheng, Chen vd. (2001), *Pennisetum purpureum* bitkisinden elde edilen silaja %5–10 oranında buğday kepeği veya mısır unu ilavesinin NDF ve ADF oranlarını anlamlı biçimde düşürdüğünü bildirmiştir. Benzer şekilde, Can vd. (2003) yonca silajına arpa kırması ve melas ilavesinin, kontrol grubuna kıyasla NDF oranını düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Çotuk ve Önenç (2017), yonca silajına kepek ilavesinin NDF, ADF ve ADL değerlerini düşürdüğünü ortaya koymuşlardır. Ayrıca Şenyüz (2017), mısır silajına saman, buğday kepeği ve patates posası ilavesiyle NDF oranının kontrole göre düştüğünü belirlemiş, bu bulgular da çalışmada kepek katkısının lif oranını azaltıcı etkisini desteklemiştir. Gül (2023), *Lolium*

*multiflorum* silajına buğday kepeği katkısının ADF ve NDF oranlarını azalttığını ve fermentasyon kalitesini yükselttiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Yi vd. (2023) amarant ve buğday kepeği karışım silajlarında katkıların lif oranlarını azaltarak sindirilebilirliği artırdığını belirtmişlerdir. Wang vd. (2024) ise kağıt dutu ve buğday kepeği karışımı silajlarda NDF içeriğinin önemli ölçüde azaldığını ve bu etkinin mikrobiyal topluluk kompozisyonundaki değişimlerle ilişkili olduğunu saptamışlardır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, mevcut çalışmada elde edilen bulgular, kepek katkısının NDF oranını düşürerek silajların sindirilebilirliğini artırdığı yönündeki literatürle büyük ölçüde uyumludur. Kepeğin lif yapısını seyrelten ve fermentasyon sürecinde mikrobiyal aktiviteyi destekleyen özellikleri, silaj materyalinin daha gevşek ve sindirilebilir bir yapıya kavuşmasına katkı sağlamıştır. Bu durum, lif fraksiyonlarının parçalanmasını kolaylaştırarak enerji ve besin maddelerinin hayvanlar tarafından daha etkin kullanılmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca NDF oranındaki azalma, silajların hem fiziksel yapısını hem de besleme değerini olumlu yönde etkilemiştir. Özellikle %5 kepek düzeyi, lif oranını azaltma ve fermentasyon kalitesini iyileştirme bakımından en dengeli katkı oranı olarak dikkat çekmiştir. Bu düzeydeki katkı, lif fraksiyonlarındaki azalmayla birlikte yem materyalinin daha sindirilebilir hâle gelmesini sağlamış ve genel silaj kalitesini artırmıştır.

#### 5.10. Sindirilebilir Kuru Madde Oranı (% SKM)

Sindirilebilir kuru madde (SKM), yem materyalinin sindirilebilir kısmını ifade eden ve hayvanların enerji ile besin maddelerinden yararlanma düzeyini doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. SKM oranı ile ADF (Asit Deterjan Lif) değeri arasında ters bir ilişki bulunmaktadır; ADF düzeyi arttıkça yemin sindirilebilir kısmı azalmaktadır (Cengiz vd., 2022). Kaba yemlerde bitki olgunlaştıkça ham protein oranı, toplam sindirilebilir besin maddeleri, kuru madde alımı ve nispi yem değeri azalmakta; buna bağlı olarak yem kalitesi düşmektedir (Gürsoy vd., 2022). Bu nedenle SKM oranı, hayvan besleme açısından yem kalitesinin değerlendirilmesinde ve verimliliğin artırılmasında kritik bir gösterge olarak kabul edilmektedir.

Çalışmada, kepek katkısının artışıyla SKM oranlarının her iki yılda da önemli bir biçimde yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Bu artış, özellikle %5 kepek seviyesinde belirginleşmiş ve kepek ilavesinin silajın sindirilebilirliğini artırmada etkili bir strateji olduğunu göstermiştir. Kepeğin çözünür karbonhidrat içeriğinin yüksek olması, fermentasyon sürecinde mikroorganizmaların enerji gereksinimini

karşılayarak daha verimli bir fermantasyonun gerçekleşmesini sağlamış olabilir. Ayrıca kepek katkısı, lif yapısını seyreltip daha gevşek bir silaj dokusu oluşturduğu için kuru madde sindirilebilirliğini de artırmış görünmektedir.

Elde edilen bulgular, literatürde bildirilen sonuçlarla büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Levendoğlu ve Karşlı (2010), yaş şeker pancarı posasının buğday kepeğiyle birlikte silolanmasının SKM oranını artırdığını; Altaçlı ve Deniz (2013) ise bu uygulamanın enerji içeriğini ve genel silaj kalitesini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Gül vd. (2019), buğday kepeği ilavesinin kanola silajında ADF ve NDF oranlarını düşürürken sindirilebilir kuru madde oranını (SKM) artırdığını ifade etmişlerdir. Yi vd. (2023), amarant ve buğday kepeği karışım silajlarında katkı maddelerinin in vitro sindirilebilirliği artırdığını ve bu etkinin silajın sindirilebilir kuru madde oranındaki artışla paralellik gösterdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Wang vd. (2024), kağıt dutu–buğday kepeği karışımı silajlarda mikrobiyal topluluk yapısındaki değişimlerle birlikte ADF ve NDF değerlerinin azaldığını, SKM oranının yükseldiğini ve fermantasyon kalitesinin iyileştiğini belirtmişlerdir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, kepek katkısının artışı silaj materyalinde sindirilebilirliği artırıcı yönde etkiler oluşturmuş; özellikle %5 kepek düzeyi, hem lif oranının azalması hem de fermantasyon sürecinin daha dengeli gerçekleşmesi sonucu en yüksek SKM değerlerinin elde edildiği katkı düzeyi olmuştur. Bu sonuçlar, kepek ilavesinin yarı kurak koşullarda yetiştirilen tahıl silajlarının besleme değerini yükseltmek için etkili ve uygulanabilir bir katkı stratejisi olduğunu göstermektedir.

#### 5.11. Kuru Madde Tüketimi (% KMT)

Kuru madde tüketimi (KMT), silaj materyalinin yem olarak değerlendirilebilirliğini ve hayvanlar tarafından tüketilme potansiyelini belirleyen önemli bir kalite göstergesidir. Bitkisel materyalin yapısal özellikleri, özellikle lif oranı, doku sertliği ve fermantasyon kapasitesi, KMT üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. NDF (Nötr Deterjan Lif) değeri ile KMT arasında ters bir ilişki bulunmakta olup, hemiselüloz, selüloz ve lignin oranındaki azalma, hayvanların kuru madde tüketimini artırabilmektedir. Buna karşılık lif oranının yükselmesi, yemin sindirilebilirliğini ve dolayısıyla tüketim miktarını sınırlayıcı bir etki göstermektedir (Allen, 2000; Cengiz vd., 2022).

Çalışmada kepek katkısının artışıyla birlikte kuru madde tüketimi (KMT) oranlarında düzenli bir artış gözlenmiştir. Her iki yılda da arpa ve kılçıksız arpa silajlarında en yüksek KMT oranları elde edilirken, buğday ve tritikale silajları

nispeten daha düşük alım oranları göstermiştir (Çizelge 4.9). Bu farkların, tahıllar arasındaki lif yapısı, lif yoğunluğu ve hücre duvarı bileşimi farklılıklarına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Elde edilen bulgular, kepek katkısının tahıl silajlarında kuru madde tüketimini artırdığı yönündeki literatürle büyük ölçüde uyumludur. Allen (2000), kaba yemlerde NDF oranı yükseldikçe KMT'nin azaldığını ve bunun yemlerin sindirilebilirlik düzeyiyle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Arelovich vd. (2008) ise farklı çalışmalardan elde edilen verilerle yaptıkları kapsamlı değerlendirmede, rasyondaki NDF oranının artmasının yem alımını sınırladığını, düşük lif içeriğine sahip yemlerin ise tüketim kapasitesini artırdığını ortaya koymuşlardır. Gül vd. (2019), buğday kepeği katkılı silajlarda ADF ve NDF'nin azaldığını buna mukabil in vitro sindirilebilirliğin ve kuru madde tüketiminin arttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Mirshahi vd. (2025) ise şeker pancarı posası ve buğday kepeği katkısının, karpuz posası silajlarında kimyasal kompozisyonu iyileştirerek kuru madde tüketimini ve buna bağlı olarak yem alımını artırdığını belirtmişlerdir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, kepek katkısının silaj materyalinde lif oranını azaltarak sindirilebilirliği artırdığı ve buna bağlı olarak kuru madde tüketimini desteklediği söylenebilir. Özellikle %5 seviyesindeki kepek ilavesi, hem sindirilebilirliği hem de yem alım kapasitesini artırması bakımından en uygun katkı oranı olarak öne çıkmıştır.

### 5.12. Nispi Yem Değeri (NYD)

Nispi yem değeri (NYD), kaba yemlerin hem tüketilebilirlik (NDF) hem de sindirilebilirlik (ADF) düzeylerini birlikte değerlendirerek genel yem kalitesini ortaya koyan önemli bir göstergedir (Altun vd., 2025). Hayvan besleme alanında, yemlerin kalite ve verimlilik bakımından sınıflandırılmasında yaygın biçimde kullanılmaktadır (Rohweder vd., 1978). Yemdeki NDF oranının artması, rumende liflerin daha uzun süre kalmasına ve sindirim sürecinin yavaşlamasına yol açarak hayvanda tokluk hissi yaratır; bu durum kuru madde tüketimini azaltıcı yönde etki eder (Van Soest, 1994). Lif miktarındaki artış, sindirilebilirliğin ve kuru madde tüketiminin düşmesine, dolayısıyla NYD'nin azalmasına neden olmaktadır. Undersander ve Moore (2002) ise, NYD'nin yemlerin lif içeriğiyle yakından bağlantılı olduğunu ve bu göstergenin yemin enerji değerini ile hayvanlar tarafından tüketilme potansiyelini yansıttığını ifade etmiştir. Buna göre, yüksek NYD değeri sindirilebilirliği yüksek, lif oranı düşük yemleri; düşük NYD değeri ise lif oranı fazla, sindirimi güç yemleri temsil etmektedir.

Çalışmada kepek katkısının artışıyla birlikte NYD değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Artış özellikle %5 kepek seviyesinde belirginleşmiş; ortalamalar, arpa ve kılçıksız arpa silajlarında en yüksek, buğday ve tritikale silajlarında ise görece daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.10). Bu durum, kepek ilavesinin lif fraksiyonlarını seyrelterek ve fermentasyon sürecini dengeleyerek sindirilebilirliği artırmasıyla açıklanabilir. Tahıllar arasındaki farkların, bitki dokusundaki lif oranı, hücre duvarı yapısı ve lignin miktarına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Elde edilen bulgular, kepek katkısının yem değeri üzerindeki olumlu etkilerini bildiren çok sayıda araştırmayla paralellik göstermektedir. Jeranyama ve Garcia (2004), aynı NDF değerine sahip yemlerin lif sindirilebilirliği farklılıkları nedeniyle hayvan performansında değişikliklere yol açabileceğini belirtmişlerdir. Çotuk ve Önenç (2017), yonca silajına kepek ilavesiyle ADF, NDF ve ADL oranlarının düşmesi sonucu yem kalitesinin anlamlı şekilde arttığını belirtmişlerdir. Gül vd. (2019), kanola silajına buğday kepeği ilavesinin organik madde sindirilebilirliği ve yem değerini artırdığını belirtmiş; kepeğin yüksek çözünür karbonhidrat içeriği sayesinde fermentasyon sürecini desteklediğini saptamışlardır Bu bulgu, çalışmada elde edilen NYD artışının yalnızca lif oranı değil, aynı zamanda lifin sindirilebilirlik kalitesiyle de ilişkili olduğunu desteklemektedir. Denen ve Basmacıoğlu Malayoğlu (2022), yem şalgamı silajında kepek katkısının konrole göre daha yüksek fleig puanı sağladığını bildirmişlerdir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, buğday kepeği katkısının tahıl silajlarında nispi yem değerini artırdığı, bunun da lif oranının azalması, fermentasyon kalitesinin yükselmesi ve sindirilebilirliğin artması ile açıklanabileceği görülmektedir. Bu doğrultuda, çalışmada kepek katkısının tahıl silajlarının nispi yem değerini artırıcı etkisi, mevcut literatürle büyük ölçüde örtüşmekte olup, buğday kepeğinin lif oranını azaltması ve fermentasyon etkinliğini iyileştirmesi yoluyla enerji değerini artırdığını ve yem kalitesini yükselttiğini göstermektedir.

### 5.13. Fleig Puanı

Silaj kalitesini değerlendirmede yaygın olarak kullanılan göstergelerden biri olan Fleig puanı, materyalin pH ve kuru madde (KM) değerlerinin birleşik etkisiyle fermentasyon kalitesini sayısallaştıran bir skordur. Yüksek Fleig puanı, silajın sıkı bir fermentasyon kontrolü ve yüksek laktik asit üretimi ile ilişkilidir. Bu nedenle Fleig puanı “çok iyi”, “iyi” gibi kalite sınıflarına göre sınıflandırılır (Alçıçek vd., 1999; Sarıççek vd., 2016).



Çalışmada, kepek katkısının artışıyla birlikte her iki yılda da Fleig puanlarında dikkat çekici bir artış ortaya çıkmıştır. Özellikle %5 kepek uygulamasıyla silajlar “çok iyi kalite” sınıfına yaklaşmıştır. Arpa ve kılçıksız arpa silajlarında elde edilen en yüksek puanlar, bu türlerin yapı ve lif özelliklerinin kepek katkısına olumlu yanıt verdiğini düşündürmektedir (Çizelge 4.11).

Bu sonuçlar, kepeğin ilavesiyle fermentasyon sürecinde pH kontrolü daha başarılı bir şekilde sağlanmış olabileceğini ve amonyak artışının sınırlanmış olabileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, literatürde bildirilen birçok çalışmayla paralellik göstermektedir. Kordi ve Naserian (2012), narenciye küspesine farklı oranlarda buğday kepeği ilavesinin Fleig puanını artırdığını ve silaj kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Qin ve Shen (2013), yarfıstığı silajında buğday kepeği katkısının Fleig puanını anlamlı düzeyde yükselttiğini belirtmişlerdir. Keskin ve Aksoy (2024) ise kinoa silajında buğday kepeği kullanımının Fleig puanını artırdığını ve fermentasyon kalitesine olumlu katkı sağladığını saptamışlardır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmada kepek katkısının artışıyla Fleig puanlarının anlamlı biçimde yükselmesi, kepeğin tahıl silajlarının fermentasyon kalitesini iyileştirici etkisini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, kepeğin uygun düzeyde kullanıldığında laktik asit fermentasyonunu teşvik ederek kalite puanını artırdığını ve özellikle arpa ile kılçıksız arpa silajlarında yüksek kalite sınıfı elde edilmesini sağladığını göstermektedir.

#### 5.14. Laktik Asit Oranı (%)

Silo içerisindeki yemin veya silajın bozulmadan uzun süre muhafaza edilmesini sağlayan ve fermentasyon kalitesini belirleyen en önemli organik asit laktik asittir (LA). Homofermentatif laktik asit bakterileri tarafından üretilen LA, fermentasyon sürecinde pH'ı hızla düşürerek zararlı mikroorganizmaların gelişimini sınırlar ve silajın stabilitesini artırır. Genellikle kaliteli bir silajda LA oranının %2'nin üzerinde olması iyi bir fermentasyonun göstergesi olarak kabul edilir. Ayrıca enerji içeriği yüksek katkı maddeleri, fermentatif bakterilerin aktivitesini destekleyerek laktik asit üretimini artırmakta; bu da hoş kokulu, lezzetli ve hayvanlar tarafından daha iştahla tüketilen silajların oluşumuna katkı sağlamaktadır (Filya, 2001; Megias vd., 2018; Li vd., 2022).

Çalışmada kepek katkısının artışıyla birlikte laktik asit (LA) oranlarında düzenli bir artış gözlenmiştir. Kepek katkısının yüksek oranda çözünebilir karbonhidrat içermesi, fermentasyon sürecinde laktik asit bakterilerinin (LAB)

faaliyetini artırarak fermantasyonun daha etkin gerçekleşmesini sağlamıştır. Her iki yılda da arpa ve kılçıksız arpa silajları en yüksek LA oranlarını verirken, buğday ve tritikale silajlarında değerler nispeten daha düşük kalmıştır (Çizelge 4.12). Bu farklılıkların, tahılların şeker ve nişasta içerikleri ile besin bileşimi farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen benzer araştırmalarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Cheng vd. (2001), *Pennisetum purpureum* silajına mısır unu ve buğday kepeği ilavesinin laktik asit oranını artırarak fermantasyon kalitesini iyileştirdiğini saptamışlardır. Kordi ve Naserian (2012), narenciye küspesine ilave edilen buğday kepeğinin laktik asit üretimini artırarak genel silaj kalitesini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Qin ve Shen (2013), yerfıstığı silajında buğday kepeği katkısının laktik asit miktarını artırdığını, buna karşın pH ve diğer uçucu asit oranlarını azalttığını belirtmişlerdir. Şenyüz (2017), mısır silajına buğday kepeği ilavesinin laktik asit oranını artırarak fermantasyon kalitesini iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Tian vd. (2018), yonca silajına buğday kepeği ilavesinin laktik asit oranını önemli ölçüde artırdığını ve bununla birlikte NDF, ADF ve pH değerlerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Gül (2023), *Lolium multiflorum* silajında buğday kepeği katkısının laktik asit oranını yükselttiğini, fermantasyonun daha dengeli gerçekleşmesine katkı sağladığını ve pH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Wang vd. (2023), buğday kepeği ve *Lactobacillus plantarum* kombinasyonunun birlikte kullanımının silaj fermantasyonu sürecinde pH ve NH<sub>3</sub>-N düzeylerini düşürürken LA içeriğini artırdığını saptamışlardır. Keskin ve Aksoy (2024), kinoa silajında buğday kepeği ve mısır kırması katkılarının laktik asit düzeyini anlamlı biçimde yükselttiğini, bu etkinin özellikle yüksek kepek oranlarında daha belirgin olduğunu ifade etmişlerdir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, buğday kepeği ilavesinin fermantasyon sürecinde önemli bir enerji kaynağı olarak rol oynadığını göstermektedir. Kepeğin içerdiği çözünür karbonhidratlar, laktik asit bakterilerinin gelişimini desteklemiş ve fermantasyonun daha hızlı ilerlemesine katkı sağlamıştır. Bu durum, laktik asit üretiminin artmasına ve pH değerinin kısa sürede düşmesine neden olmuştur. Sonuç olarak, buğday kepeği katkısı silajın fermantasyon kalitesini iyileştirmiş ve besleme değerinin korunmasına yardımcı olmuştur. Elde edilen bulgular, uygun düzeyde kepek ilavesinin silajlarda istenen fermantasyon koşullarının oluşmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

### 5.15. Asetik Asit Oranı (%)

Asetik asit (AA), silaj fermentasyonu sırasında oluşan başlıca organik asitlerden biridir ve fermentasyonun kalitesi hakkında önemli bilgi verir. Ancak oranının yüksek olması, laktik fermentasyonu baskılayarak enerji kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle kaliteli bir silajda laktik asit oranının yüksek, asetik asit oranının düşük olması istenir. Ayrıca silo içerisindeki AA oranının %1'i aşmaması, iyi bir fermentasyonun gerçekleştiğini ve kaliteli bir silaj elde edildiğini gösterir. Silaj açıldıktan sonra az miktarda AA varlığı aerobik dayanıklılığı artırabilir; ancak genel olarak LA/AA oranının laktik asit lehine olması, dengeli bir fermentasyonun göstergesi olarak kabul edilir (Kılıç, 1986; Danner vd., 2003; İptaş vd., 2009; Schmidt vd., 2009; Kung vd., 2018).

Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının asetik asit (AA) oranı üzerindeki etkileri her iki yılda da anlamlı bulunmuştur. Kepek düzeyinin artışıyla birlikte AA oranlarında düzenli bir azalma eğilimi gözlenmiştir (Çizelge 4.13). Bu durum, kepek katkısının fermentasyon sürecinde laktik asit bakterilerinin etkinliğini artırarak fermentasyon yönünü laktik asit oluşumu lehine çevirdiğini ve dolayısıyla asetik asit üretimini sınırladığını düşündürmektedir. Gözlenen bu eğilim, katkı maddesi olarak kullanılan kepeğin kolay fermente olabilen karbon kaynağı sağlamasıyla homofermentatif bakterilerin baskın hâle gelmesinden kaynaklanmış olabilir.

Çalışmada elde edilen bulgular, literatürde bildirilen birçok çalışma ile büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Cheng vd. (2001), *Pennisetum purpureum* silajına buğday kepeği ilavesinin, kontrol silajına göre laktik asit oranını artırdığını bildirmişlerdir. Qin ve Shen (2013), yerfıstığı silajına buğday kepeği katkısının laktik asit oranını artırırken asetik asit oranını azalttığını bildirmişlerdir. Silva vd. (2014), *Pennisetum purpureum* bitkisinin silajına %10 ve %20 oranında buğday kepeği ilavesinin asetik asit miktarını azalttığını belirlemişlerdir. Şenyüz (2017), buğday kepeği katkısının silajdaki asetik asit miktarını azalttığını belirtmiştir. Tian vd. (2018), yonca silajına buğday kepeği ilavesinin asetik asit oranında anlamlı düşüşe neden olduğunu ve fermentasyonun laktik asit yönünde geliştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Keskin ve Aksoy (2024), kinoa silajında mısır kırmısı ve buğday kepeği katkılarının laktik asit oranını artırırken asetik asit düzeylerini önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, buğday kepeği ve benzeri enerji kaynağı katkı maddelerinin silaj fermentasyonunda heterofermentatif süreçleri sınırlayarak asetik asit üretimini azalttığını ve daha homojen bir fermentasyon ortamı sağladığını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, buğday kepeği ilavesinin silaj fermentasyon sürecinde etkili bir enerji kaynağı olarak görev yaptığını ortaya koymaktadır. Kepeğin içerdiği çözünür karbonhidratlar, laktik asit bakterilerinin gelişimini desteklemiş ve fermentasyonun daha hızlı ve dengeli ilerlemesine katkı sağlamıştır. Bu süreçte, laktik asit üretimi artmış, buna karşılık asetik asit oranı azalmış, böylece fermentasyon kalitesi iyileşmiştir. Sonuç olarak, buğday kepeği katkısı, silajın besleme değerinin korunmasına ve kalite standartlarının yükselmesine yardımcı olmuştur. Bu durum, uygun düzeyde kepek ilavesinin silajlarda istenen fermentasyon koşullarının sağlanmasında etkili bir uygulama olduğunu göstermektedir.

#### 5.16. Propiyonik Asit Oranı (%)

Propiyonik asit (PA), silaj fermentasyonu sırasında oluşan ikincil organik asitlerden biridir ve özellikle heterofermentatif bakteriler tarafından üretilir. Silajın aerobik stabilitesi üzerinde olumlu etkisi bulunmakla birlikte, yüksek düzeyleri fermentasyonun laktik asit yönünden sapmasına ve enerji kayıplarına yol açabilmektedir. Literatürde, %0.2-0.4 düzeyinde propiyonik asit oluşumunun veya uygulamasının silajın stabilitesini artırabileceği, ancak bu oranların üzerine çıkılmasının istenmeyen yan fermentasyonlara yol açabileceği bildirilmiştir (Chen vd., 2014; Zhang vd., 2018). Bu nedenle, yüksek kaliteli silajlarda PA oranının düşük, buna karşılık laktik asit oranının yüksek olması istenmektedir. Ayrıca, propiyonik asidin sınırlı düzeylerde bulunmasının silajın dayanıklılığını artırdığı, fakat yüksek miktarlarda oluşmasının istenmeyen fermentasyon süreçlerinin bir göstergesi olduğu belirtilmektedir (McDonald vd., 1991; Henderson, 1993; Jia vd., 2021).

Farklı tahıl türleri ve kepek oranlarının propiyonik asit (PA) oranı üzerindeki etkisi, her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kepek oranı arttıkça PA düzeylerinde düzenli bir azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.14). Bu durum, kepek katkısının fermentasyon sürecinde laktik asit bakterilerinin aktivitesini artırarak sürecin daha etkin ve dengeli şekilde ilerlemesine katkı sağladığını göstermektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular, literatürde bildirilen birçok çalışma ile büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Qin ve Shen (2013), yarfıstığı silajına buğday kepeği katkısının laktik asit oranını artırırken propiyonik asit (PA) düzeylerini azalttıklarını bildirmişlerdir. Silva vd. (2014), *Pennisetum purpureum* silajına %10 ve %20 oranında buğday kepeği ilavesiyle PA düzeylerinin gerilediğini saptamışlardır. Şenyüz (2017), mısır silajına eklenen buğday kepeği ve diğer yem katkılarının PA miktarını düşürdüklerini belirtmiştir. Tian vd. (2018), yonca silajına buğday kepeği ilavesinin PA oranında anlamlı bir azalmaya yol açtığını göstermişlerdir.

Keskin ve Aksoy (2024) ise, kinoa silajında mısır kırması ve buğday kepeği katkılarının laktik asit oranını artırırken PA'yı belirgin biçimde azalttıklarını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, buğday kepeği ve benzeri enerji kaynağı katkı maddelerinin silaj fermentasyonunda heterofermentatif süreçleri baskılayarak propiyonik asit üretimini azalttıklarını ve daha homojen, laktik asit ağırlıklı bir fermentasyon ortamı sağladıklarını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmada buğday kepeği ilavesiyle propiyonik asit oranının azaldığı, buna karşılık laktik asit üretiminin arttığı belirlenmiştir. Bu durum, buğday kepeği katkısının fermentatif bakterilerin aktivitesini destekleyerek homofermentatif yönelimi güçlendirdiğini ve böylece fermentasyonun daha hızlı ve dengeli şekilde ilerlemesine katkı sağladığını göstermektedir. Dolayısıyla, silaj yapımında buğday kepeği gibi enerji içeriği yüksek materyallerin kullanımı, propiyonik asit üretimini sınırlayarak kaliteli, stabil ve besin değeri yüksek silajların elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

#### 5.17. Bütirik Asit Oranı (%)

Bütirik (tereyağı) asidi bakterileri, proteinleri parçalayarak amin ve amonyağın açığa çıkmasına neden olmakta ve böylece proteinlerin biyolojik değerinin azalmasına yol açmaktadır. Bu nedenle silo yemlerinde bütirik asit istenmeyen bir bileşendir. Genellikle kaliteli silajlarda bütirik asit düzeyleri %0.1–0.7 aralığında bulunur (Weinberg ve Ashbell, 2003). Silajda 5 g/kg KM'nin üzerindeki bütirik asit miktarı, proteolizin ileri düzeyde gerçekleştiğini ve Clostridium aktivitesinin yeterince baskılanmadığını gösterir (Muck, 2010). Yüksek laktik asit konsantrasyonu, zararlı mikroorganizmaların gelişimini baskılayarak bütirik asit oluşumunu azaltır (McDonald vd., 1991). Bu nedenle, silajda katkı maddesi kullanımı fermentasyon güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Bütirik asit düzeylerinin yüksek olması, hayvanlarda ketosis gibi metabolik hastalık riskini artırabilmektedir (Vicente vd., 2014). Propiyonik ve bütirik asit oluşumu, fermentasyon sırasında bir miktar metabolik enerji kaybına neden olur. Özellikle laktik asidin bütirik aside dönüşmesi, kuru madde içeriğinin yarısından fazlasının kaybına yol açarak yemin besin değerini düşürür ve tüketimi olumsuz etkiler (Zhao vd., 2022).

Çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen bulgularla büyük ölçüde örtüşmektedir. Qin ve Shen (2013), yerfıstığı silajına buğday kepeği katkısının laktik asit oranını artırırken bütirik asit oranını düşürdüğünü ve fermentasyonun daha dengeli ilerlediğini bildirmişlerdir. Silva vd. (2014), *Pennisetum purpureum* silajına %10 ve %20 oranında buğday kepeği ilavesinin bütirik asit miktarlarını azalttığını belirtmişlerdir. Tian vd. (2018), yonca silajına buğday kepeği ilavesinin laktik asit üretimini artırarak fermentasyonu olumlu yönde etkilediğini ve buna bağlı olarak bütirik asit oranlarında anlamlı düşüşler meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Keskin ve Aksoy (2024) ise, kinoa silajında mısır kırmısı ve buğday kepeği katkılarının laktik asit oranını artırırken bütirik asit düzeylerini belirgin biçimde azalttıklarını saptamışlardır. Bu çalışmaların ortak noktası, enerji içeriği yüksek katkıların fermentasyon sürecini laktik asit yönünde teşvik ederek bütirik asit oluşumunu sınırlandırmasıdır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, kepek ilavesiyle elde edilen düşük bütirik asit düzeyleri, fermentasyonun istenen yönde ilerlediğini ve silaj kalitesinin önemli ölçüde iyileştiğini göstermektedir. Kepeğin sağladığı ek enerji ve kolay fermente olabilen karbon kaynakları, laktik asit bakterilerinin etkinliğini artırarak pH'ın daha hızlı düşmesini ve *Clostridium* türlerinin faaliyetlerinin baskılanmasını sağlamıştır. Böylece, besin kayıpları önlenmiş ve daha stabil, yüksek kaliteli silajlar elde edilmiştir. Bu bulgular, uygun oranlarda kepek katkısının silaj kalitesini ve yem değerini artırmada etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dört farklı serin iklim tahılı (buğday, arpa, kılçıksız arpa ve tritikale) ile üç farklı kepek düzeyinin (%0, %2.5 ve %5) silaj kalite özellikleri üzerine etkileri iki yıl boyunca incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hem tahıl türü hem de kepek oranı, silaj kalitesi üzerinde önemli etkiler oluşturmıştır.

Bitki boyu bakımından türler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Tritikale, her iki yılda da en yüksek bitki boyu değerlerine ulaşırken, arpa ve kılçıksız arpa orta düzeyde, buğday ise en düşük bitki boyuna sahip olmuştur. Bu durum, tritikalenin yüksek biyokütle potansiyeli ve adaptasyon yeteneği ile silajlık üretime uygun bir tür olduğunu göstermektedir.

Yeşil ot verimi yönünden tritikale, arpa ve kılçıksız arpa grupları ön plana çıkmıştır. Tritikale en yüksek yeşil ot verimini vermiş, buğday ise nispeten düşük değerler göstermiştir. Bu sonuçlar, tritikalenin yüksek verim kapasitesi nedeniyle silaj üretiminde önemli bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır.

Kuru ot verimleri bakımından da benzer bir eğilim izlenmiş; tritikale en yüksek, buğday ise en düşük değerleri vermiştir. Bu sonuç, tritikalenin hem yeşil hem de kuru ot veriminde üstünlüğünü teyit etmektedir.

Silaj pH değerleri incelendiğinde, kepek oranının artışıyla birlikte pH değerlerinin anlamlı şekilde azaldığı görülmüştür. Özellikle %5 kepek oranında en düşük pH değerlerine ulaşılmış, bu da fermentasyonun istenen yönde ilerlediğini göstermiştir.

Silaj kuru madde (KM) oranı, kepek ilavesiyle artış göstermiştir. Özellikle arpa ve kılçıksız arpa silajlarında %5 kepek düzeyinde en yüksek kuru madde oranları elde edilmiştir. Bu artış, kepeğin su tutma kapasitesi ve fermentasyon sürecinde nem dengesine olan katkısı ile açıklanabilir.

Ham protein (HP) oranı, kepek düzeyinin artışıyla birlikte yükselmiştir. %5 kepek ilavesi, tüm tahıllarda en yüksek protein değerlerini sağlamıştır. Bu durum, kepeğin protein bakımından zengin bir materyal olması ve fermentasyon sırasında azot kayıplarını sınırlamasıyla ilişkilidir.

Ham kül (HK) oranı, kepek oranı arttıkça genel olarak azalma eğilimi göstermiştir. Bu sonuç, kepeğin organik madde oranını artırması ve silaj materyalinde toprak bulaşmasının az olmasıyla açıklanabilir.

Silajın lif bileşenleri (ADF ve NDF oranları) bakımından elde edilen sonuçlar, kepek katkısının belirgin etkilerini ortaya koymuştur. ADF (asit deterjanda çözünmeyen lif) oranı kepek ilavesiyle anlamlı biçimde azalmış; bu azalma özellikle %5 düzeyinde belirgin olmuştur. ADF oranındaki düşüş, yemlerin sindirilebilirliğini artırarak besin madde kullanılabilirliğini yükseltmiştir. Benzer şekilde, NDF (nötral deterjanda çözünmeyen lif) oranı da kepek düzeyinin artışıyla azalmıştır. Lif oranlarındaki bu azalma, kepek katkısının selüloz ve hemiselüloz gibi lif fraksiyonlarını seyreltici etkisinden kaynaklanmış olup, silajların enerji değerini ve hayvanlar tarafından tüketilebilirliğini artırmıştır.

Sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı, kepek düzeyinin artışıyla paralel olarak yükselmiştir. %5 kepek katkılı gruplar, en yüksek SKM değerlerine ulaşmış; bu da daha yüksek enerji değerine sahip silajların elde edildiğini göstermektedir.

Kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değeri (NYD) oranları, lif oranlarındaki azalmaya bağlı olarak artmıştır. Kepek katkısı, silajın lezzetini artırarak hayvanların yem tüketimini teşvik etmiştir.

Fleig puanı sonuçlarına göre, kepek oranının artışıyla silaj kalitesinde belirgin bir iyileşme meydana gelmiştir. %5 kepek katkılı gruplar genellikle “iyi” veya “çok iyi” kalite sınıfında değerlendirilmiştir. Arpa ve kılçıksız arpa silajları en yüksek Fleig puanlarını alırken, tritikale ve buğday silajları “iyi” sınıfında yer almıştır.

Organik asit parametreleri incelendiğinde, kepek katkısının fermantasyon yönünü belirgin biçimde etkilediği görülmüştür. Laktik asit (LA) oranı, kepek katkısına paralel şekilde artmıştır. En yüksek LA oranı arpa ve kılçıksız arpa silajlarının %5 kepekli gruplarında elde edilmiştir. Buna karşın, asetik asit (AA), propiyonik asit (PA) ve bütirik asit (BA) oranlarında belirgin düşüşler meydana gelmiştir. Bu sonuç, kepek katkısının fermantasyonu homofermentatif yönde yönlendirdiğini ve silaj kalitesini artırdığını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, buğday kepeği ilavesi, serin iklim tahıllarından elde edilen silajların besin değeri, fermantasyon kalitesi ve sindirilebilirlik özelliklerini belirgin biçimde iyileştirmiştir. En iyi sonuçlar genellikle %5 kepek düzeyinde elde edilmiştir.



## 7. ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, serin iklim tahıllarına buğday kepeği ilavesinin silaj kalitesini iyileştirmede etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. İncelenen kepek düzeyleri arasında özellikle %5 katkının, fermantasyon sürecini laktik asit yönünde geliştirerek silajın pH'ını düşürdüğü, buna karşılık istenmeyen asetik, propiyonik ve bütirik asit oluşumlarını sınırladığı belirlenmiştir. Bu etkinin, kepeğin laktik asit bakterilerinin faaliyetini desteklemesi ve fermantasyonun daha dengeli ilerlemesine katkı sağlamasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre, arpa ve kılçıksız arpa silajlarında %5 kepek katkısı en yüksek fermantasyon kalitesini sağlamış; bu uygulamada laktik asit üretimi artmış, pH değerleri düşmüş ve bütirik asit düzeyleri minimuma inmiştir. Tritikale silajlarında hem %2.5 hem %5 kepek katkısı olumlu etki göstermiş olsa da özellikle %5 düzeyi kaliteyi daha belirgin şekilde artırmıştır. Buğday silajlarında ise %2.5 kepek katkısı, fermantasyon dengesini koruma ve kuru madde oranını artırma bakımından daha uygun bulunmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, serin iklim tahıllarında kepek kullanımının silajın fermantasyon kalitesi, besin içeriği, sindirilebilirlik ve tüketilebilirlik özelliklerini geliştirdiği söylenebilir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre, silaj üretiminde en öne çıkan uygulama %5 kepek katkılı arpa ve kılçıksız arpa silajıdır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda; kepek, melas ve arpa kırması gibi enerji içeriği yüksek katkı maddelerinin tek başına veya birlikte kullanımının denenmesinin, silaj kalitesinin daha da artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abd-Elatty, S. A., Nawar, A. I., Salama, H. S., Khattab, I. M., & Shaalan, A. M. (2022). The production of dual-purpose triticale in arid regions: Application of organic and inorganic treatments under water deficit conditions. *Agronomy*, 12(6), 1251. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061251>
- Açıkgöz, E., Hatipoğlu, R., Altınok, S., Sancak, C., Tan, A., & Uraz, D. (2005). Yem bitkileri üretimi ve sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 518, 3–7. [https://www.gencziraat.com/media/kunena/attachments/legacy/files/Yem\\_Bitkileri\\_retimi\\_kalitesi\\_ve\\_sorunlar\\_.pdf](https://www.gencziraat.com/media/kunena/attachments/legacy/files/Yem_Bitkileri_retimi_kalitesi_ve_sorunlar_.pdf)
- Aguilar-López, E. Y., Bórquez, J. L., Domínguez, I. A., Morales-Osorio, A., de Guadalupe Gutiérrez-Martínez, M., & Ronquillo, M. G. (2013). Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of triticale (*Triticosecale* Wittmack) and barley (*Hordeum vulgare* L.) associated with common vetch (*Vicia sativa* L.) preserved as hay or silage. *Journal of Agricultural Science*, 5(2), 227. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n2p227>
- Ak, E. (2022). *Mardin ekolojik koşullarında İskenderiye üçgülü ile bazı tahılların kaba yem olarak değerlendirme potansiyelinin araştırılması* [Yüksek lisans tezi, Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü].
- Alçıçek, A., & Özkan, K. (1996). Silo yemlerinde destilasyon yöntemi ile süt asiti, asetik asit ve bütirik asit tayini. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33, 191–198. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/146379>
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Altaçlı, S., & Deniz, S. (2013). Değişik şekillerde hazırlanan yaş şeker pancarı posası silajlarının in vivo ve in vitro sindirilebilirlikleri ile enerji içeriklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1), 9–3. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/146379>
- Altun, A., Okant, M., & Türkoğlu, M. İ. (2025). Silaj amaçlı ikinci ürün yetiştiriciliğinde farklı sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotiplerinde bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 13(s1), 2346–2351. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13is1.2346-2351.7819>
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis* (15th ed., pp. 66–88). Association of Official Analytical Chemists.
- Araújo, K. G., Villela, S. D. J., Leonel, F. D. P., Costa, P. M., Fernandes, L. D. O., Tamy, W. P., & Andrade, V. R. (2012). Yield and quality of silage of maize hybrids. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1539–1544. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000600031>
- Arelovich, H. M., Abney, C. S., Vizcarra, J. A., & Galyean, M. L. (2008). Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy

- and beef cattle: Analysis of published data. *The Professional Animal Scientist*, 24(5), 375–383. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30882-2](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30882-2)
- Artan, H., Polat, T., Tekatlı, F., Türkoğlu, M. İ., & Büyükkılıç, M. C. (2025). İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) ve Gelemen üçgülü'nün (*Trifolium nigrescens* Viv.) farklı karışım oranlarının verim unsurlarına etkisi. *Ejons International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 9(2), 204–212. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15766851>
- Ayalew, H., Kumssa, T. T., Butler, T. J., & Ma, X. F. (2018). Triticale improvement for forage and cover crop uses in the southern Great Plains of the United States. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1130. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01130>
- Aydın, S. S., & Denek, N. (2019). Farklı sükroz seviyeleri ve inkübasyon sürelerinde hazırlanan fermente edilmiş doğal laktik asit sıvısının yonca silajı kalitesine etkisi. *Harran University Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 8(1), 44–51. <https://doi.org/10.31196/huvfd.590934>
- Bassu, S., Asseng, S., & Richards, R. (2011). Yield benefits of triticale traits for wheat under current and future climates. *Field Crops Research*, 124(1), 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.05.020>
- Başkavak, S. (2008). *Buğday hasılı silajlarında enzim + mikrobiyal inokulant kullanımının silaj fermentasyonu üzerindeki etkileri* [Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Benito-Verdugo, P., Martínez-Fernández, J., González-Zamora, Á., Almendra-Martín, L., Gaona, J., & Herrero-Jiménez, C. M. (2023). Impact of agricultural drought on barley and wheat yield: A comparative case study of Spain and Germany. *Agriculture*, 13(11), 2111. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112111>
- Berki, Z., Kiss, T., Bányai, J., Cseh, A., Balla, K., & Karsai, I. (2025). Effect of drought stress during critical developmental stages on morphological and grain yield-related traits in winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *PLOS ONE*, 20(7), e0329391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0329391>
- Bıçakçı, E., & Açıkbaş, S. (2018). Bitlis ilindeki kaba yem üretim potansiyelinin hayvan varlığına göre yeterliliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 180–185. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/498109>
- Bilgili, U., Cifci, E. A., Hanoglu, H., Yagdi, K., & Acikgoz, E. (2009). Yield and quality of triticale forage. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(3–4), 556–560. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/105015221/Yield\\_and\\_quality\\_of\\_triticale\\_forage-libre.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/105015221/Yield_and_quality_of_triticale_forage-libre.pdf)
- Birleşmiş Milletler. (2019, 17 Haziran). *2019 Dünya Nüfus Beklentileri (World Population Prospects 2019)*. Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi, Nüfus Bölümü. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>

- Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (BÜGEM). (2018). *Bitkisel üretim verileri*.<https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>
- Blum, A. (2010). *Plant breeding for water-limited environments*. Springer.<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4>
- Bolakar, K., & Yüksel, O. (2021). Effects of different urea and molasses additives on physical and some quality properties of elephantgrass (*Miscanthus × giganteus*) silages. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 8(2), 484–491.<https://doi.org/10.30910/turkjans.838344>
- Broderick, G. A., Mertens, D. R., & Simons, R. (2002). Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 85(7), 1767–1776. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74251-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74251-3)
- Bucak, M., Polat, T., Okant, M., & Türkoğlu, M. İ. (2025). Şanlıurfa ili Tek Tek dağları doğal meralarında farklı gübre uygulamalarının mera verim ve botanik kompozisyonu ile otlatma kapasitesinin belirlenmesi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 10(1), 1–11.<https://doi.org/10.5281/zenodo.15074360>
- Budaklı Çarpıcı, E. (2009). *Bitki yoğunluğu ve farklı miktarda azot uygulamalarının stres fizyolojisi açısından silajlık mısır yetiştiriciliğinde değerlendirilmesi* [Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Can, A., Denek, N., & Tüfenk, Ş. (2004). Yaş üzüm cibesine değişik katkı maddeleri ilavesinin silaj kalitesi ile in vitro kuru madde sindirilebilirlik düzeylerine etkisinin araştırılması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 11–15.<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/228880>
- Can, A., Denek, N., & Yazgan, K. (2003). Şeker pancarı yaprağına değişik katkı maddeleri ilavesinin silaj kalitesi ile in vitro kuru madde sindirilebilirlik düzeylerine etkisi. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(2), 26–29.<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/146702>
- Canbolat, Ö. (2012). Bazı buğdaygil kaba yemlerinin in vitro gaz üretimi, sindirilebilir organik madde, nispi yem değeri ve metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(4), 571–577.<https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.5833>
- Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, S., & Filya, İ. (2010). Üzüm posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılma olanakları. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2), 269–276.<https://doi.org/10.9775/kvfd.2009.679>
- Capstaff, N. M., & Miller, A. J. (2018). Improving the yield and nutritional quality of forage crops. *Frontiers in Plant Science*, 9, 535.<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00535>
- Carpıcı, E. B., & Çelik, N. (2014). Forage yield and quality of common vetch

- mixtures with triticale and annual ryegrass. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(1), 66–69. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/158623>
- Cengiz, S. C., Okant, M., & Türkoğlu, İ. (2022). Kışlık ara ürün olarak yetiştirilen GAP pambesi yem bezelye (*Pisum arvense* L.) çeşidinde farklı bitki sıklığının kaliteye etkisinin araştırılması. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(Özel Sayı), 1275–1286. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7492963>
- Chaves, M. M., & Oliveira, M. M. (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2365–2384. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh269>
- Chen, L., Bai, S., You, M., Xiao, B., Li, P., & Cai, Y. (2020). Effect of a low-temperature tolerant lactic acid bacteria inoculant on the fermentation quality and bacterial community of oat round bale silage. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114669. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114669>
- Cheng, Y. K., Chen, C. S., & Peng, P. W. (2001). Effects of different additives on silage quality of napier grass. *Proceedings of the XIX International Grassland Congress*, 11–21 February 2001, São Pedro, São Paulo, Brazil. <https://uknowledge.uky.edu/igc/19/21/3>
- Contreras-Govea, F. E., Albrecht, K. A., & Muck, R. E. (2006). Spring yield and silage characteristics of kura clover, winter wheat, and mixtures. *Agronomy Journal*, 98, 781–787. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0248>
- Çaçan, E., & Kökten, K. (2019). Tahıl türlerinin kaba yem olarak değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2), 221–229. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.459694>
- Çetiner, İ. H. (2024). *Kılçıksız bazı arpa hatlarının kuru ot, yeşil ot ve silaj değerlerinin belirlenmesi* [Doktora tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Çotuk, G. M., & Önenç, S. S. (2016). Yonca silajına kepek ve puding ilavesinin silaj fermentasyonu, aerobik stabilite ve in vitro sindirilebilirlik üzerine etkileri. *Journal of Animal Production*, 58(1), 13–19. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/376588>
- Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber, E., & Braun, R. (2003). Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 562–567. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.1.562-567.2003>
- Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2017). Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber, and root crops production: A review. *Agricultural Water Management*, 179, 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.022>
- Daş, B. (2019). *Lenox (Brassica rapa L.) bitkisine farklı düzeylerde buğday samanı ve melas ilavesinin silaj kalitesi, kuzularda canlı ağırlık artışı ve sindirilebilirlik değerlerine etkisi* [Doktora tezi, Harran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü].

- Demirel, M., & Yıldız, S. (2001). Süt olum döneminde biçilen arpa hasılına üre ve melas katılmasının silaj kalitesi ve rumende ham besin maddelerinin parçalanabilirliği üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(1), 55–62. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/19887>
- Denen, M., Basmacıoğlu Malayoğlu, H., & Aydın, E. (2022). Ot tipi yem şalgamı (*Brassica rapa* L.) silajında soldurmanın ve farklı katkıların fermentasyon ve aerobik stabilite üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(2), 297–312. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.963959>
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Güzel, N., Derici, R., & Kara, E. E. (1988). *Harran ovası toprakları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yayınları (TÜBİTAK–TOVAG 534).
- Dong, J., Li, S., Chen, X., Sun, Z., Sun, Y., Zhen, Y., & Zhang, X. (2022). Effects of *Lactiplantibacillus plantarum* inoculation on the quality and bacterial community of whole-crop corn silage at different harvest stages. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00326-y>
- Du, Z., Yang, F., Fang, J., Yamasaki, S., Oya, T., Nguluve, D., & diğerleri. (2023). Silage preparation and sustainable livestock production of natural woody plant. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1253178. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1253178>
- Dumlu Gül, Z. (2014). *Farklı ayçiçeği populasyonlarının silaj performansı üzerine hasat dönemi ve katkı maddelerinin etkisi* [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Edmisten, K. L., Green, J. T., Mueller, J. P., & Burns, J. C. (1998). Winter annual small grain forage potential. II. Quantification of nutritive characteristics of four small grain species at six growth stages. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29(7–8), 881–899. <https://doi.org/10.1080/00103629809369993>
- Emile, J. C., Jobim, C. C., Surault, F., & Barriere, Y. (2007). Genetic variations in the digestibility in sheep of selected whole-crop cereals used as silages. *Animal*, 1(8), 1122–1125. <https://doi.org/10.1017/S1751731107000468>
- Erdoğan, S. (2020). *Domates posasına ilave edilen ceviz yeşil kabuğu veya buğday kepeğinin silaj kalitesi üzerine etkileri* [Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi].
- Fang, D., Dong, Z., Wang, D., Li, B., Shi, P., Yan, J., Zhuang, D., Shao, T., Wang, W., & Gu, M. (2022). Evaluating the fermentation quality and bacterial community of high-moisture whole-plant quinoa silage ensiled with different additives. *Journal of Applied Microbiology*, 132(5), 3578–3589. <https://doi.org/10.1111/jam.15506>
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. (2009). Plant

drought stress: Effects, mechanisms and management. In *Sustainable Agriculture* (pp. 153–188). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12)

- Filya, İ. (2003a). The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of wheat, sorghum, and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95, 1080–1086. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02081.x>
- Filya, İ. (2001). Bakteriyal inokulantların sorgum silajlarının fermentasyon, aerobik stabilite ve rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 7(2). [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_00000000633](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_00000000633)
- Filya, İ. (2003b). Nutritive value of whole-crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 103, 85–95. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00284-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00284-5)
- GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GAPTAEM). (2022). *Toprak analiz laboratuvar sonuçları* [Teknik rapor]. Şanlıurfa, Türkiye. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gaptaem>
- 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>
- Geren, H., Avcıoğlu, R., Kır, B., Demiroğlu, G., Yılmaz, M., & Cevheri, A. C. (2003). İkinci ürün silajlık olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(3). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/59066>
- Gill, K. S., & Omokanye, A. T. (2016). Spring triticale varieties forage yield, nutrients composition and suitability for beef cattle production. *Journal of Agricultural Science*, 8(10), 1–14. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>
- Gomes-Rocha, F. M., Evangelista, A. R., Rocha, N. S., da Silva, T. O., Abreu, L. R. A., Ortêncio, M. O., Guimarães, C. G., & Bonfá, C. S. (2018). Fermentation characteristics and bromatological composition of sweet sorghum bagasse silages. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19(2), 157–165. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402018000200002>
- Gökkuş, A., Koç, A., & Çomaklı, B. (2000). *Çayır-mera uygulama kılavuzu* (Yayın No. 142, s. 139). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Göler, M. (2023). *İkinci ürün olarak yetiştirilen bazı tatlı sorgum (Sorghum bicolor var. saccharatum) genotiplerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Siirt Üniversitesi].
- Gunun, N., Cherdthong, A., & Khota, W. (2024). Effects of additives on indigo waste silage: NDF and ADF digestibility. *Veterinary Sciences*, 11(12), 588. <https://doi.org/10.3390/vetsci11120588>

- Gül, S. (2023). The impact of wheat bran and molasses addition to caramba mix silage on feed value and in vitro organic matter digestibility. *Journal of King Saud University-Science*, 35(1), 102400. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102400>
- Gül, S., Coşkuntuna, L., Koç, F., & Özdüven, L. (2019). The effect of wheat bran added to canola silage on feed value and in vitro organic matter digestibility. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(5), 10823–10829. [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1705\\_1082310829](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1705_1082310829)
- Gürsoy, E., Kara, E., & Sürmen, M. (2021). Farklı biçim devresinin ve arpa kırmısı uygulamalarının tek yıllık yem bitkileri karışımının silaj özelliklerine etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 273–281. <https://doi.org/10.19159/tutad.958720>
- Gürsoy, E., Sezmiş, G., & Kaya, A. (2022). Farklı seviyelerde gübre uygulamalarının değişik dönemlerde hasat edilen yem bitkileri karışımının yem değeri, yem kalitesi ve in vitro fermentasyon parametreleri üzerine etkileri. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 243–257. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1019116>
- Hatipoğlu, R., Çınar, S., & Avcı, M. (2021). Sustainable rangeland improvement possibilities in Türkiye. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(9), 1714–1719. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i9.1714-1719.4496>
- Henderson, N. (1993). Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45, 35–56. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90070-Z](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90070-Z)
- Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2007). Packing bunkers and piles to maximize forage preservation. In *Sixth International Dairy Housing Conference Proceedings* (pp. 1–10). ASABE. <https://doi.org/10.13031/2013.22815>
- Hoy, M. D., Moore, K. J., George, J. R., & Brummer, E. C. (2002). Alfalfa yield and quality as influenced by establishment method. *Agronomy Journal*, 94(1), 65–71. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.6500>
- Hu, W., Zhou, L., & Chen, J. H. (2022). Conversion of sweet sorghum biomass to value-added products. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-022-02170-6>
- Jalilian, J., & Mohsennia, O. (2013). Effects of superabsorbent and irrigation regime on seedling growth characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Cercetări Agronomice în Moldova*. <https://repository.iuls.ro/xmlui/handle/20.500.12811/1817>
- Kaplan, M., Akar, T., Kamalak, A., & Bulut, S. (2014). Use of diploid and tetraploid hulled wheat genotypes for animal feeding. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(6), 838–846. <https://doi.org/10.3906/tar-1401-20>
- Kaplan, M., Kökten, K., Akçura, M., Bakoğlu, A., & Kavurmacı, Z. (2011). Bazı tritikale çeşit ve hatlarının ot verimleri ve ot kaliteleri üzerine araştırma. *Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi (12–15 Eylül 2011, Bursa)*, 191–196. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2668.5848>



- Kaplan, M., Yılmaz, M., & Kara, R. (2015). Variation in hay yield and quality of new triticales lines. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(1), 50–60. <https://doi.org/10.15832/tbd.24602>
- Karabulut, A., & Filya, İ. (2007). *Yemler bilgisi ve yem teknolojisi* (4. baskı). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 67.
- Kavut, Y. T., Soya, H., Geren, H., Ünsal, R. İ., & Avcıoğlu, R. (2012). Menemen koşullarında yetiştirilen bazı tritikale çeşitlerinin silajlık hasıl verimi ve silaj kalite özellikleri. *Anadolu*, 22(1), 33–44. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/19887>
- Keskin, B., & Aksoy, K. (2024). Farklı oranlarda mısır kırması ve buğday kepeği ilavesinin kinoanın silaj kalitesine etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(3), 1353–1365. <https://doi.org/10.21597/jist.1462901>
- Keskin, B., & Aktanbaş, M. (2025). Effects of wheat bran and molasses additives on quinoa silage quality. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 12(2), 312–320. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1582885>
- Kılıç, A. (1986). *Silo yemi (öğretim, öğrenim ve uygulama önerileri)*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bilgehan Basımevi.
- Kıraz, A., & Kutlu, H. (2016). Arpa silajının ham besin madde içerikleri üzerine rekombinant inokulant katkısının etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2), 105–118. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.259101>
- Kilic, U. (2010). Nutritive values of whole-crop wheat hay and silage and effect of microbial inoculants on in vitro gas production. *Journal of Applied Animal Research*, 37(1), 67–71. <https://doi.org/10.1080/09712119.2010.9707096>
- Knox, J., Daccache, A., Hess, T., & Haro, D. (2016). Meta-analysis of climate impacts and uncertainty on crop yields in Europe. *Environmental Research Letters*, 11(11), 113004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/113004>
- Konca, Y., Alçiçek, A., & Yaylak, E. (2005). Süt sığırcılığı işletmelerinde yapılan silo yemlerinde silaj kalitesinin saptanması. *Hayvansal Üretim*, 46(2). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/85118>
- Kordi, M., & Naserian, A. A. (2012). Influence of wheat bran as a silage additive on chemical composition, in situ degradability and in vitro gas production of citrus pulp silage. *African Journal of Biotechnology*, 11(63), 12669–12674. <https://doi.org/10.5897/AJB12.767>
- Kung, L., & Ranjit, N. K. (2001). The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *Journal of Dairy Science*, 84, 1149–1155. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74575-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74575-4)
- Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

- López-Castañeda, C., & Richards, R. A. (1994). Variation in temperate cereals in rainfed environments. II. Water use and water-use efficiency. *Field Crops Research*, 37(1), 39–53. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90082-5](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90082-5)
- Levendoğlu, T., & Karşlı, M. A. (2010). Yaş şeker pancarı posasının buğday kepeği ile birlikte silolanma olanakları ile silaj kalitesi ve sindirilebilirliğinin belirlenmesi (II. Sindirilebilirlik). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(3), 179–183.
- Li, P., Tang, X., Liao, C., Li, M., Chen, L., Lu, G., & Gou, W. (2021). Effects of additives on silage fermentation characteristics and in vitro digestibility of perennial oat at different maturity stages. *Microorganisms*, 9(11), 2403. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112403>
- Li, Y., Du, S., Sun, L., Cheng, Q., Hao, J., Lu, Q., & Jia, Y. (2022). Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on dynamic fermentation quality and microbial community of native grass silage. *Frontiers in Microbiology*, 13, 830121. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.830121>
- Liebert, J., Cherney, J. H., Ketterings, Q. M., Mirsky, S. B., Pelzer, C. J., & Ryan, M. R. (2023). Winter cereal species, cultivar, and harvest timing affect trade-offs between forage quality and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1067506. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1067506>
- Méndez-Espinoza, A. M., Romero-Bravo, S., Estrada, F., Garriga, M., Lobos, G. A., Castillo, D., & Del Pozo, A. (2019). Exploring agronomic and physiological traits associated with differences in productivity between triticale and bread wheat in Mediterranean environments. *Frontiers in Plant Science*, 10, 404. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00404>
- McCartney, D. H., & Vaage, A. S. (1997). Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silage. *Canadian Journal of Animal Science*, 74, 91–96. <https://doi.org/10.4141/cjas94-014>
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. (1991). *The biochemistry of silage* (2nd ed.). Chalcombe Publications. <https://doi.org/10.1017/S0021859600067186>
- Medina-García, G., Echavarría-Cháirez, F. G., Ruiz-Corral, J. A., Rodríguez- Moreno, V. M., Soria-Ruiz, J., & Mora-Orozco, C. D. L. (2020). Global warming effect on alfalfa production in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(Supl. 2), 34–48. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4686>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2025, Kasım 11). Resmî web sitesi. <https://mgm.gov.tr/>
- Mirshahi, R., Bayatkouhsar, J., Rezaii, F., Ghanbari, F., & Moslemipoor, F. (2025). Influence of sugar beet pulp and wheat bran as silage additives on chemical composition and in vitro gas production of watermelon residue silage. *Iran Agricultural Research*, 44(2), 53–61. <https://doi.org/10.22099/iar.2025.52126.1663>

- Moran, B. J. (2005). Making quality silage. In *Tropical dairy farming* (pp. 1–30). Landlinks Press. <https://doi.org/10.1071/978064309313313.83.98.2005.13>
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183–191. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung, 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>
- Oruç, A. (2021). *Pamuk ekiminde ara ürün olarak yetiştirilen bazı buğdaygil ve baklagil karışımı hasıllara farklı seviyelerde melas ilavesinin silaj kalitesi üzerine etkisinin araştırılması* [Doktora tezi, Harran Üniversitesi].
- Oruç, A., & Avcı, M. (2023). Şanlıurfa koşullarında pamuk sonrası ikinci ürün olarak yetiştirilen tritikale (X *Triticosecale* Wittm) hasıllarına farklı dönemlerde farklı seviyelerde melas ilavesinin silaj kalitesi üzerine etkisinin araştırılması. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(3), 516–529. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13267931>
- Oruç, A., & Avcı, M. (2024a). Şanlıurfa koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.) + arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışımı hasıllarına farklı oranlarda melas ilavesinin silaj kalitesi üzerine etkisinin araştırılması. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(3), 486–500. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13253371>
- Oruç, A., & Avcı, M. (2024b). Pamuk ekiminde ara ürün olarak yetiştirilen macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + tritikale (X *Triticosecale* Wittm) karışımı hasıllarına farklı seviyelerde melas ilavesinin silaj kalitesi üzerine etkisinin araştırılması. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2), 400–413. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11904700>
- Özdüven, M. L., Kurşun, O. Z., & Koç, 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 University Veterinary Faculty Journal*, 16(5), 751–756. [https://vetdergikafkas.org/uploads/pdf/pdf\\_KVFD\\_785.pdf](https://vetdergikafkas.org/uploads/pdf/pdf_KVFD_785.pdf)
- Özkan, U. (2020). Türkiye yem bitkileri tarımına karşılaştırmalı genel bakış ve değerlendirme. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(1), 29–43. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1043314>
- Özkan, U., Yılmaz, D. İ., Tenikecier, H. S., & Ateş, E. (2024). Türkiye’de kaba yem ve kuru ot durumu: 2004–2024 dönem analizi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 93–107. <https://doi.org/10.55257/ethabd.1683613>

- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. O., & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. In *Silage science and technology* (Vol. 42, pp. 31–93). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Pasin, S. O. (2019). *Buğday silajında balyalama ve ambalajlama olanaklarının incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Podkowka, Z., Gesinski, K., & Podkowka, L. (2018). The influence of additives facilitating ensiling on the quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) silage. *Journal of Central European Agriculture*, 19(3), 607–614. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.3.2237>
- Polan, C. E., Stieve, D. E., & 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75633-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75633-4)
- Qin, M. Z., & Shen, Y. X. (2013). Effect of application of a bacteria inoculant and wheat bran on fermentation quality of peanut vine ensiled alone or with corn stover. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(3), 556–560. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60257-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60257-9)
- Ranganathan, J., Waite, R., Searchinger, T., & Hanson, C. (2018). *How to sustainably feed 10 billion people by 2050, in 21 charts*. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/how-sustainably-feed-10-billion-people-2050-21-charts>
- Redfearn, D. D., Venuto, B. C., Pitman, W. D., Allison, M. W., & Ward, J. D. (2002). Cultivar and environment effects on annual ryegrass forage yield, yield distribution, and nutritive value. *Crop Science*, 42(6), 2049–2054. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.2049>
- Rohweder, D., Barnes, R. F., & Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 47(3), 747–759. <https://doi.org/10.2527/jas1978.473747x>
- Samarah, N. H., Alqudah, A. M., Amayreh, J. A., & McAndrews, G. M. (2009). The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(6), 427–441. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2009.00387.x>
- Sarıççek, B. Z., Yıldırım, B., Kocabaş, Z., & Demir, E. O. (2016). Effect of storage time on nutrient composition and quality parameters of corn silage. *Turkish Journal of Agriculture–Food Science and Technology*, 4(11), 934–939. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i11.934-939.746>
- Schmidt, R. J., Hu, W., Mills, J. A., & Kung, L. (2009). The development of lactic acid bacteria and *Lactobacillus buchneri* and their effects on the fermentation of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 5005–5010. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1701>

- Seydoşoğlu, S., Gelir, G., & Çam, B. A. (2020). Yem bezelyesi ve tritikale karışımlarında karışım oranları ile biçim dönemlerinin ot verimine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 9–13. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.606925>
- Silva, G. (2018). Feeding the world in 2050 and beyond – Part 1: Productivity challenges. Michigan State University Extension. <https://www.canr.msu.edu/news/feeding-the-world-in-2050-and-beyond-par>
- Silva, J. K. D., Oliveira, J. S. D., Medeiros, A. N. D., Santos, E. M., Magalhães, T. D. S., Ramos, A. O., & Bezerra, H. F. C. (2014). Elephant grass ensiled with wheat bran compared with corn silage in diets for lactating goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43, 618–626. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001100008>
- Sucu, E. (2020). Effects of microalgae species on in vitro rumen fermentation pattern and methane production. *Annals of Animal Science*, 20(1), 207–218. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0061>
- Sucu, E., & Filya, İ. (2006). The effects of bacterial inoculants on the fermentation, aerobic stability and rumen degradability characteristics of wheat silages. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30(2), 187–193. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol30/iss2/6>
- Suzuki, M., & Lund, C. W. (1980). Improved gas liquid chromatography for simultaneous determination of volatile fatty acids and lactic acid in silage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 1040–1041. <https://doi.org/10.1021/jf60231a023>
- Sürmen, M., Yavuz, T., Çankaya, N., & Töngel, M. Ö. (2008). Karadeniz bölgesinde hayvan besleme alışkanlıkları üzerine bir araştırma. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(1), 49–53. <https://ijans.org/index.php/ijans/article/view/3>
- Şahar, A. K. (2017). *İkinci ürün olarak yetiştirilen soya çeşitlerinde farklı hasat dönemlerinin hasıl verime ve katkı maddelerinin silaj kalitesine etkileri* [Doktora tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi].
- Şenyüz, H. H. (2017). *Süt inekleri rasyonlarına mısır silajı yerine farklı düzeylerde katılan patates posası silajının süt verimi, bileşenleri ve rumen uçucu yağ asitleri üzerine etkileri* [Doktora tezi, Kırıkkale Üniversitesi].
- Tan, M., & Serin, Y. (1998). Yoncada en uygun koruyucu bitki ve bunun tesisten çıkarılma zamanının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2), 219–229. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/35443>
- Thivierge, M. N., Jégo, G., Bélanger, G., Bertrand, A., Tremblay, G. F., Rotz, C. A., & Qian, B. (2016). Predicted yield and nutritive value of an alfalfa–timothy mixture under climate change and elevated atmospheric carbon dioxide. *Agronomy Journal*, 108(2), 585–603. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0484>

- Tian, J., Na, R., Yu, Z., Liu, Z., Li, Z., & Yu, Y. (2018). Inoculant effects on the fermentation quality, chemical composition and saponin content of lucerne silage in a mixture with wheat bran or corn husk. *Animal Production Science*, 58(12), 2249–2257. <https://doi.org/10.1071/AN16407>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). *Bitkisel üretim istatistikleri*. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 09.01.2025)
- Türkoğlu, M. İ., Çetiner, İ. H., Okant, M., Polat, T., Oruç, A., & Artan, H. (2025). Silage performance of hooded barley genotypes in a semi-arid agroecological zone. *Applied Ecology and Environmental Research*, 23(6), 11135–11151. [https://doi.org/10.15666/aeer/2306\\_1113511151](https://doi.org/10.15666/aeer/2306_1113511151)
- Türkoğlu, M. İ., Ünal, S., Efe, B., & Mintaş, H. (2021). Orta Anadolu şartlarında Kahramanmaraş Elbistan mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) popülasyonunda morfolojik, fenolojik ve tarımsal özelliklerin belirlenmesi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(4), 997–1008. <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.145>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press. <https://books.google.com/books?id=-mwUu6PL1UgC>
- Vicente, F., Rodríguez, M. L., Martínez-Fernández, A., Soldado, A., Argamenteira, A., Peláez, M., et al. (2014). Subclinical ketosis on dairy cows in transition period in farms with contrasting butyric acid contents in silages. *Scientific World Journal*, 2014, 279614. <https://doi.org/10.1155/2014/279614>
- Wang, N., Wang, Y., Lin, Y., Xu, G., Ni, K., & Yang, F. (2023). Effect of lactic acid bacteria and wheat bran on the fermentation quality and bacterial community of *Broussonetia papyrifera* silage. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10, 130. <https://doi.org/10.1186/s40538-023-00481-w>
- Wang, W., Tian, H., Zhao, Y., Nie, Y., Li, Z., Gong, J., & He, W. (2024). Formation of high-quality mixed silage from paper mulberry and wheat bran driven by the characteristics of the microbial community. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1476067. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1476067>
- Weinberg, Z. G., & Ashbell, G. (2003). Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, 13, 181–188. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00130-4](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00130-4)
- Woolford, M. K., & Pahlow, G. (1998). The silage fermentation. In *Microbiology of fermented foods* (pp. 73–102). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1>
- Yi, Q., Wang, P., Yu, M., Zhao, T., Li, X., & Tang, H. (2023). Effects of additives on the fermentation quality, in vitro digestibility, and aerobic stability of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) and wheat bran mixed silage. *Fermentation*, 9(8), 711. <https://doi.org/10.3390/fermentation9080711>
- Yücel, C., Yücel, D., Hatipoğlu, R., & Dweikat, I. (2022). Research on the potential

- of some sweet sorghum genotypes as bioethanol source under Mediterranean conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(2), 141–151.<https://doi.org/10.55730/1300-011x.2966>
- Yücel, C., Yücel, H., & Oluk, C. A. (2024). Tatlı sorgum posası ile yapılan silajların bazı kalite özellikleri. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(1), 1–12.<https://doi.org/10.5281/zenodo.10612690>
- Zhao, G., Ju, Z., Chai, J., Jiao, T., Jia, Z., Casper, D. P., Zeng, L., & Wu, J. (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>
- Zhao, M., Wang, Z., Du, S., Sun, L., Bao, J., Hao, J., et al. (2022). *Lactobacillus plantarum* and propionic acid improve the fermentation quality of high-moisture amaranth silage by altering the microbial community composition. *Frontiers in Microbiology*, 13.<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1066641>
- Zi, X., Liu, Y., Chen, T., Li, M., Zhou, H., & Tang, J. (2022). Effects of sucrose, glucose and molasses on fermentation quality and bacterial community of stylo silage. *Fermentation*, 8, 191.<https://doi.org/10.3390/fermentation8050191>