



The Effect of Olive Oil Industry By-Product Wastewater on the Quality and Microbiological Characteristics of Hungarian-triticale Silages

Asuman Arslan Duru^{1,a,*}, Dilek Aksu Elmalı^{2,b}, Osman Yüksel^{3,c}, Metin Duru^{1,d}

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Uşak University, Uşak, Türkiye

²Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Faculty of Veterinary, Hatay Mustafa Kemal University, Hatay, Türkiye

³Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Uşak University, Uşak, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 19.01.2024 Accepted : 27.02.2024</p> <p>Keywords: Hungarian vetch Olive wastewater Silage Fermentation Microbiology</p>	<p>The aim of this study was to investigate the effect of the addition of olive wastewater, a by-product of olive oil industry, to Hungarian vetch-triticale silages at different doses on their chemical composition, fermentation, physical, microbiological properties and <i>in vitro</i> digestibility. The experiment silages were prepared as follows: (i) 100% Hungarian vetch-triticale silage (control); (ii) 95% Hungarian vetch-triticale + 5% olive wastewater; (iii) 90% Hungarian vetch-triticale + 10% olive wastewater; (iv) 85% Hungarian vetch-triticale + 15% olive wastewater; (v) 80% Hungarian vetch-triticale + 20% olive wastewater. The ensiling period continued for 56 days. As a result, odor, organic matter, pH and water-soluble carbohydrate contents of silages decreased; dry matter, crude ash, ADF, ether extract and Fleig Score increased by olive wastewater addition. Differences in crude protein, crude fiber, NDF, ammonia nitrogen, lactic acid bacteria, <i>in vitro</i> dry matter and organic matter digestibility were not significant. Sulfite reducing anaerobes, <i>Listeria</i> spp., Enterobacteriaceae and yeasts were not found in the experiment silages. Mold content was found in one sample in the group containing 15% olive wastewater. At the end of the study, it was concluded that the addition of up to 20% olive wastewater to Hungarian vetch-triticale mixtures did not have any negative effect.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1178-1184, 2024

Zeytinyağı Sanayii Yan Ürünü Karasuyun Macar Fiğ- tritikale Silajlarının Kalitesi ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 19.01.2024 Kabul : 27.02.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Macar fiğ Karasu Silaj Fermentasyon Mikrobiyoloji</p>	<p>Bu çalışmada amaç, zeytinyağı sanayii yan ürünü olan karasuyun Macar fiğ-tritikale silajlarına farklı dozlarda ilavesinin kimyasal kompozisyon, fermentasyon, fiziksel, mikrobiyolojik özellikleri ve <i>in vitro</i> sindirilebilirlikleri üzerine etkisini incelemektir. Araştırma silajları belirtilen şekilde oluşturulmuştur: (i) %100 Macar fiğ-tritikale silajı (kontrol); (ii) %95 Macar fiğ-tritikale + %5 karasu; (iii) %90 Macar fiğ-tritikale + %10 karasu; (iv) %85 Macar fiğ-tritikale + %15 karasu; (v) %80 Macar fiğ-tritikale + %20 karasu. Silolama dönemi 56 gün devam etmiştir. Sonuç olarak, karasu ilavesiyle silajların koku, organik madde, pH ve suda çözünebilir karbonhidrat içerikleri azalmış; kuru madde, ham kül, ADF, ham yağ ve Fleig puanı artmıştır. Ham protein, ham selüloz, NDF, amonyak azot, laktik asit bakterileri, <i>in vitro</i> kuru madde ve organik madde sindirilebilirlikleri bakımından görülen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Araştırma silajlarında sülfid indirgeyen anaeroblar, <i>Listeria</i> spp., Enterobacteriaceae ve maya içeriğine rastlanmamıştır. Küf içeriği, %15 karasu içeren grupta bir örnekte saptanmıştır. Araştırma sonunda, Macar fiğ-tritikale karışımlarından oluşan silajlara %20 düzeyine kadar karasu ilavesinin herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.</p>

^a duru.asuman@gmail.com
^c osman.yuksel@usak.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-7290-1719>
^d <https://orcid.org/0000-0002-5972-4885>

^b daksuelmali@hotmail.com
^d durumet@gmail.com

^b <https://orcid.org/0009-0001-9209-7676>
^b <https://orcid.org/0009-0007-7312-5719>



Giriş

Eski çağlardan beri Akdeniz ülkelerinde gerçekleştirilen zeytin (*Olea europaea* L.) yetiştiriciliği günümüzde de oldukça önemli ve geleneksel bir agro-endüstriyel faaliyet konumundadır. Ülkemizde 2023 yılında 1520.000 ton zeytin üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2024). Zeytinin işlenmesiyle elde edilen yağ ve diğer yan ürünlerden zeytin yaprağı ve zeytin karasuyunun fenolik bileşiklerce zengin olması ve ayrıca hipokolesterolemik, antioksidan, antimikrobiyal ve antiinflamasyon gibi çok yönlü biyolojik aktivitesi olduğu bilinmektedir. Zeytinyağı eldesi, presleme, santrifüjleme veya seçici filtrasyon (perkolasyon) metotlarıyla gerçekleştirilmektedir (Gümüşkesen, 1999). Bu metotlardan en modern, hızlı ve en çok kullanılan yöntemi santrifüjlemedir. Santrifüjlemede, iki ve üç aşamalı iki farklı metot mevcuttur. Bu metotlardan, 3 aşamalı metotta zeytinyağı, zeytin posası ve karasu elde edilirken, 2 aşamalı metotta zeytinyağı ile zeytin posası elde edilmektedir. Su ilavesini ve atık olarak açığa çıkan karasu miktarını azaltmak için iki aşamalı sistem geliştirilmiştir. Bu metotlardan, iki aşamalı sistemde 1 ton zeytinden 200 kg zeytinyağı ve 800 kg zeytin posası elde edilirken (Albuquerque ve ark., 2004; Molina-Alcaide & Yanez-Ruiz, 2008), üç aşamalı sistemde ise, 1 ton zeytinden 214 kg zeytinyağı, 496 kg zeytin posası ve 1633 kg zeytin karasuyu (yıkama suyu dahil) elde edilmektedir (Vlyssides ve ark., 2004).

Karasu, zeytinlerin yağa işlenmesinden elde edilen koyu kırmızı renkli, organik ve mineral maddeler bakımından zengin asidik nitelikte, miktarı kullanılan yağ çıkarma sistemine bağlı olarak değişen sıvı alt üründür. Karasu, kuvvetli antioksidan özelliğine sahip olan polifenoller içermektedir. Karasuyun bileşiminde taninler, şekerler, polifenoller, pektinler, polialkoller ve lipidler yer almaktadır. Zeytin karasuyunda bulunan polifenolik maddeler antioksidan, antimikrobiyal ve fitotoksik özellikler kazandırmaktadır (Yeşilada ve ark., 1998). Karasuyun 3-5,9 pH, %2-8, ham protein, %0,03 ham yağ ve %1,5-2 ham kül içerdiği belirtilmiştir (Sansoucy, 1985; İkizoğlu, 2009). Karasuyun hayvan beslemede kullanımına yönelik çalışmalar oldukça az sayıdadır. Kimyasal kompozisyonu, ekstraksiyona göre değişen karasu, Martillotti (1983) tarafından geliştirilen çift aşamalı evaporasyon, sterilizasyon, alkol ve sodyum fenolatların ayrıştırılması aşamalarından oluşan Dalmolive yöntemiyle hayvan beslemede kullanılacak yaklaşık %49 kuru maddeye sahip pelet yem haline getirilmiştir. Martillotti (1983) tarafından silaj ve karma yem verilen buzağuların performanslarının, karasu ve kurutulmuş zeytin posası içeren yemleri tüketenlere oranla daha düşük olduğu belirlenmiş ve karasuyun protein ile desteklenerek enerji kaynağı olarak belirli oranlarda rasyonlara ilave edilmesinin faydalı olacağını bildirmiştir. Yine, Verna ve ark. (1988), rasyonlara karasu ilavesinin *in vivo* kuru madde ve organik madde sindirilebilirliğini artırdığını ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise, 18 aylık koyunlara %20 protein ilavesi ile desteklenen, %0, 20, 40 ve 60 düzeylerinde karasuyla muamele edilmiş saman ve aynı oranlarda karasu katkılı parçalanmış zeytin dalları verilmiş; kuru ot, saman veya zeytin dalları vb. kaba yemlerle gereksinim duyulan protein ilavesi yapıldığında,

toplam karışımda %60 düzeyine kadar karasu konsantrisi kullanılabileceği belirtilmiştir (Bufano ve ark., 1982). Durgut (2008), karma yemlerine karasu ve vitamin E katkısının, etlik piliçlerin performansını önemli düzeyde etkilemediğini ancak uygun dozlarda kullanılması durumunda karasuyun piliç etinin raf ömrünü uzatabileceğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, zeytin yan ürünü olan karasuyun hayvan beslemede kullanımı olumsuz bir etki yapmamıştır.

Çalışmada, bölgede en çok yetiştiriciliği yapılması nedeniyle tercih edilen fiğ-tritikale karışımının karasu ile silolanmasının mümkün olup olmayacağı ve silolanabilirliği durumunda karasuyun hangi düzeylerde ilavesinin uygun olacağı, karasuyun silajlarda mevcut olumlu ya da olumsuz etkileri ile bazı kimyasal kompozisyon, fermentasyon, duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Silo Materyali ve Silolama Dönemi

Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Arazisinde çalışmanın ana materyalini oluşturan olan Macar fiğ-tritikale karışımı (%50 Macar fiğ ve %50 tritikale) yetiştirilmiştir. Silajlık materyal, Macar fiği alt baklaların dolduğu dönemde akşam hasat edilmiş ve ertesi sabah laboratuvar koşullarında silolama gerçekleştirilmiştir. Macar fiğ-tritikale karışımına ilave edilen karasu, Aydın İlinde faaliyet gösteren bir zeytin sıkma işletmesine ait atık biriktirme havuzlarından katı formda temin edilerek kullanılmıştır.

Silolama ve açım sonrası analizler Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar koşullarında yapılan silolamada 1 litrelik anaerob plastik kavanozlar kullanılmış ve kavanoz kapakları PVC ile sıkıca kapatılarak silolama, 4 paralel olarak 56 gün devam etmiştir. Deneme modeli şu şekildedir; (i) %100 Macar fiğ-tritikale silajı (kontrol); (ii) %95 Macar fiğ-tritikale + %5 karasu silajı; (iii) %90 Macar fiğ-tritikale + %10 karasu silajı; (iv) %85 Macar fiğ-tritikale + %15 karasu silajı; (v) %80 Macar fiğ-tritikale + %20 karasu silajı.

Silajlar, 56 gün süren silolama dönemi sonunda açılmıştır. Açım gününde, silajların koku, renk ve strüktür özellikleri, Alman Tarım Örgütü (DLG, 1987) silaj değerlendirme cetveline göre deneyim sahibi altı panelistle belirlenmiştir.

Kimyasal Analizler

Silajlar açıldıkları anda, 25 g silaj örneği tartılmış, 100 ml saf su eklenmiş ve çalkalayıcı yardımıyla karıştırılarak örneklerin pH'sı dijital pH metreyle ölçülmüştür (Polan ve ark., 1998). Açımdan hemen sonra 40 g örnek tartılmış, 360 ml saf su eklenmiş ve 5 dak. çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen karışım, filtre kağıdından (Whatman no:1) süzülmuş ve elde edilen süzükten 100 ml alınarak NH₃-N tayininde kullanılmıştır. NH₃-N tayini Kjeldahl distilasyon yöntemiyle yapılmıştır (Broderick & Kang, 1980). Aynı süzükten 10 ml alınmış, araştırma silajlarının laktik asit, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik

asit içeriklerini belirlemek için 30 dak. 14.000 rpm/dak santrifüj edilmiş ve analiz gününe kadar – 18°C’de derin dondurucuda bekletilmiştir. Analiz gününde çözdürülen örneklerin organik asit içerikleri HPLC cihazında belirlenmiştir. Silajlara ait suda çözünebilir karbonhidrat değerleri ise, fenol-sülfirik asit metoduyla saptanmıştır (Dubois ve ark., 1956). Ayrıca silaj örneklerine ait *in vitro* kuru madde ve organik madde sindirilebilirlikleri enzim tekniği ile tespit edilmiştir (D’orleans ve ark., 1980).

Silajların besin maddelerinin belirlenmesi amacıyla, kitleyi temsil edecek şekilde silaj her kavanozundan 3 paralel örnek alınmış ve hava sirkülasyonlu etüvde 60°C’de 48 saatte kurutulmuştur (AOAC, 1999). Kurutma sonrası, örnekler 1 mm elek çapında öğütülerek ham selüloz, Kjeldahl yöntemiyle ham protein, petrol eteri ile ekstraksiyon yöntemine göre ham yağ, 550°C’de 3-5 saat kül fırınında yakılarak ham kül içerikleri tespit edilmiş ve aşağıda belirtilen formülle organik madde düzeyleri % kuru madde esasına göre hesaplanmıştır (AOAC, 1999).

Organik Madde=Kuru Madde-Ham Kül

Araştırma silajlarının asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) düzeyleri Van Soest (1982)’nin bildirdiği prosedüre göre fiber analiz cihazında gerçekleştirilmiştir. Silajların Fleig puanları ve kalite sınıfları Kılıç (1986)’in bildirdiği aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır:

$$\text{Fleig Puanı} = 220 + (2 \times \% \text{KM} - 15) - 40 \times \text{pH}$$

Mikrobiyolojik Analizler

Araştırmada elde edilen silajların her birinde laktik asit bakteri sayısı, *Enterobacteriaceae*, sülfid indirgeyen anaeroblar, *Listeria* spp, küf ve maya içerikleri belirlenmiştir (Harrigan, 1998). Analizler, aseptik koşullarda yapılmıştır. Steril polietilen poşetlere hassas teraziyile 10 g numune tartılmıştır. Bu işlemi takiben, hazırlanan bu örneklerin üzerine, 90 ml peptonlu su (%0,1) ilave edilerek stomacherde homojenize edilmiştir. Ardından, analizi yapılan mikroorganizmalar için dilüsyonlar yapılmıştır. Ekimler spesifik besi yerlerine yapılarak, optimum üreme koşullarında inkübasyona bırakılmıştır.

Listeria spp. analizi; Örneklerin her biri 25 g steril polietilen poşetlere tartılarak, üzerine 225 ml One Broth-*Listeria* (Oxoid) katılmıştır. Hazırlanan numuneler stomacherde homojenize edilmiş, zenginleştirme amacıyla 30°C’de 24 saat aerob koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. Zenginleştirme işleminin tamamlanmasıyla, homojenizattan 0.1 ml alınmış Brilliance *Listeria* (Oxoid) Agar’a çizme plak yöntemiyle ekilmiştir. Takiben, inkübatörde 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon işlemi sonunda, besi yeri üzerinde yeşil-mavi koloniler, *Listeria* spp. şüpheli koloniler olarak kabul edilmiştir.

İstatistik Analizler

Araştırma sonunda veriler, SPSS paket programında One-Way ANOVA prosedürüne göre analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Fiğ-Tritikale Silajlarında Fiziksel – Duyusal Analizler

Araştırmada karasuyun Macar fiğ-tritikale silajlarında farklı düzeylerde kullanılmasının fiziksel özellikler üzerine etkisi olup, olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Farklı düzeylerde ilave edilen karasuyun Macar fiğ-tritikale silajlarının fiziksel özelliklerine etkisi Çizelge 1’de sunulmuştur.

Bu çalışmada, farklı oranlarda karasu ilavesiyle strüktür ve renk bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Fakat koku özelliği bakımından karasu ilavesi bulunmayan kontrol grubunun en yüksek puanı aldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Silaj kalitesini belirlemede basit ve ucuz olması nedeniyle tercih edilebilen fiziksel özellikler, duyu organlarıyla yapılmaktadır. Silajlarda renk açısından açık yeşilden siyaha kadar değişik renk tonları bulunmaktadır. Renk tonunun siyaha doğru yaklaşması protein parçalanmasına işaret etmektedir (Ergün ve ark., 2013). Benzer şekilde, iyi kalitede bir silajın ana materyalini oluşturan taze yeşil yemin aksamının bozulmaması ve yapışkan bir yapıda olmaması istenir. Araştırma silajlarında, renk açısından gruplar arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Silajlardan kendilerine özgü hafif asidik olması ve istenmeyen bütirik asit, küf ve amonyak kokusuna hakim olmaması beklenmektedir (Ergün ve ark., 2013). Karasu ilave edilen Macar-fiğ-tritikale silajlarının kokusu kontrol grubuna göre düşük bulunsu da kalite sınıfı açısından iyi durumda olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak araştırma silajları fiziksel özellikleri açısından değerlendirildiğinde, farklı dozlarda karasu ilavesinin silajların kalitesine olumsuz etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Baklagillerle yapılan silajlarda, katkı maddeleri kullanıldığında silajların fiziksel özellikleri üzerine katkı maddelerinin olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir (Dumlu & Tan, 2009; Aksu Elmalı & Duru, 2012).

Fiğ-Tritikale Silajlarının Kimyasal Kompozisyonu

Araştırmadaki silo ana materyalinin Macar fiğ-tritikale karışımlarının oluşturduğu silajlara farklı düzeylerde karasu ilavesine ait kimyasal analiz sonuçlarına ait değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

Macar fiğ - tritikale silajlarına %15 ve %20 düzeylerinde karasu ilavesiyle kuru madde oranı kontrol grubu, %5 ve %10 karasu ilave edilen gruplara göre önemli düzeyde yüksek ($P<0,001$), %20 karasu ilave edilen grubun organik madde oranı kontrol grubuna nazaran önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Yemin kuru madde içeriği silaj kalitesini etkileyen en önemli kriterlerden biridir. Kuru madde yüksek ise silaj iyi sıkıştırılmamaktadır. Ancak silajların kuru madde içeriği düşük olduğunda, fermentasyon sırasında önemli miktarda dehidrasyon meydana gelmekte ve silajlarda önemli düzeylerde besin madde kayıpları şekillenmektedir. Araştırma silajlarında yeterli düzeyde suda çözünebilir karbonhidrat (Çizelge 3) bulunması nedeniyle silajlarda organik madde ve kuru madde kaybının olmadığı anlaşılmaktadır. Demirci ve ark. (2011), balyalanmış Macar fiğ-buğday silajlarının kuru madde içeriğinin %44.1 olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 1. Macar fiğ – tritikale silajlarının fiziksel özellikleri

Table 1. Physical properties of Hungarian vetch – triticale silages

Gruplar	Koku*	Strüktür	Renk
Kontrol	13,8±0,2 ^a	3,8±0,2	1,8±0,2
% 5 Karasu	11,1±0,4 ^b	3,7±0,2	1,8±0,2
% 10 Karasu	11,5±0,9 ^b	3,8±0,2	1,8±0,1
% 15 Karasu	10,7±0,7 ^b	4,0±0,0	1,8±0,3
% 20 Karasu	10,8±0,7 ^b	3,7±0,2	1,8±0,1

* P<0,05: Farklı harfle belirtilen gruplar arasında önemli farklılık vardır.

Çizelge 2. Macar fiğ – tritikale silajlarının kimyasal kompozisyonları

Table 2. Chemical compositions of Hungarian vetch – triticale silages

Parametreler	Karasu Düzeyleri, %				
	Kontrol	%5	%10	%15	%20
Kuru Madde*, %	34,25 ^c	35,45 ^c	37,90 ^b	41,27 ^a	42,70 ^a
Ham Kül*, % KM	8,53 ^e	9,64 ^d	10,16 ^c	11,19 ^b	12,14 ^a
Organik Madde**, % KM	75,08 ^a	72,80 ^b	73,11 ^{ab}	72,90 ^{ab}	71,42 ^b
Ham Protein, % KM	12,51	12,43	11,72	11,88	11,43
Ham Yağ*, % KM	0,43 ^e	1,22 ^d	2,27 ^c	3,54 ^b	4,22 ^a
Ham Selüloz, % KM	24,56	23,50	23,80	23,98	22,36
NDF, % KM	42,31	43,49	44,14	43,95	43,75
ADF**, % KM	28,34 ^c	29,15 ^{bc}	30,37 ^{ab}	30,82 ^{ab}	31,26 ^a

*P<0,001 Aynı satırda farklı harflerle belirtilen gruplar arasındaki fark önemlidir; **P<0,05 Aynı satırda farklı harflerle belirtilen gruplar arasındaki fark önemlidir.

Çizelge 3. Macar fiğ-tritikale silajlarının fermentasyon özellikleri ve *in vitro* sindirilebilirlikleriTable 3. Fermentation characteristics and *in vitro* digestibility of Hungarian vetch-triticale silages

Parametreler	Karasu Düzeyleri, %				
	Kontrol	%5	%10	%15	%20
pH*	4,12 ^{ab}	4,04 ^c	4,10 ^b	4,17 ^a	4,16 ^a
Fleig Puanı*	108,58 ^d	114,49 ^c	116,87 ^{bc}	120,94 ^{ab}	124,06 ^a
SÇK, %*	6,32 ^a	6,14 ^a	5,71 ^b	3,50 ^c	3,59 ^c
NH ₃ -N	0,003	0,000	0,000	0,005	0,000
IVS _{KM} , % KM	16,40	15,27	14,80	13,07	12,87
IVS _{OM} , % KM	65,61	66,06	65,30	65,62	65,49

*P<0,001 Aynı satırda farklı harflerle belirtilen gruplar arasındaki fark önemlidir.

Bu çalışmaya benzer olarak, Arıcan & Arslan Duru (2020) Macar fiğ-buğday silajlarına çörekotu yağı ilavesiyle kuru madde düzeyinin arttığını; Kılıçalp ve ark. (2022) Macar fiğ-tritikale silajlarına enzim+inokulant ilavesiyle kuru maddenin değişmediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca silajlara ilave edilen katı formdaki karasuyun bulunduğu düzeylere bağlı olarak silajların kuru madde içeriğini artırdığını ve düşük organik madde içeriği nedeniyle de organik madde içeriğini azalttığı söylenebilir.

Karasu ilavesiyle ham protein ve ham selüloz düzeyleri bakımından silaj grupları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir (P>0,05). Yapılan bir çalışmada, %50 fiğ-%50 arpa ve %50 fiğ-%50 yulaf silajlarında ham protein sırasıyla %9,80 ile %12,40 olarak belirtilmektedir (Karakozak & Ayaşan, 2010). Bu çalışmada da ham protein %50 fiğ-%50 tritikale silajlarında %12,51 olarak belirlenmiştir. Karasu ilavesi ham protein düzeylerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır (P>0,05). Bu bulguya, karasuyun ham protein içeriğinin düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Silajlarda kullanılan bazı katkı maddelerinin ise, ham protein düzeylerinde önemli farklılıklara neden olmadıkları bildirilmektedir (Koç ve ark., 2010; Kanengoni ve ark., 2016).

Fiğ-tritikale silajlarına artan karasu ilave edilen her düzeyde ham kül miktarının da önemli düzeyde yükseldiği belirlenmiştir (P<0,001). Yine Karakozak & Ayaşan (2010) çalışmalarında %50 fiğ-%50 arpa ve %50 fiğ-%50 yulaf silajlarında ham külü sırasıyla %11,28 ile %15,97 olarak belirlemişler ayrıca kullanılan katkı maddesiyle silajlarda ham kül düzeylerinin arttığını ifade etmişlerdir. Benzer olarak bu çalışmada da karasu miktarı arttıkça silajların ham kül düzeylerinin de arttığı görülmektedir (P<0,001). Ham kül, silajların kirliliğini tespit etmek ve silajlardaki fermentasyon sürecini nasıl geliştiğini belirlemek adına önemli bir kriterdir. Fermentasyonun iyi bir şekilde gelişmemesinin en önemli nedenlerinden biri de silajlara oksijen girişidir. Oksijen girişi olduğunda aerobik dönem ve bitki solunumu sonlanmamış anlamına gelmektedir. Bu durum silajlarda istenmeyen bir durumdur (McDonald ve ark., 1991). Silajlarda karasuyun içeriğine bağlı bir ham kül artışına rastlansa da silajların kimyasal kompozisyonu (Çizelge 1), fermentasyon özellikleri (Çizelge 2) ve mikrobiyolojik özellikleri (Çizelge 4) bakımından kirlilik bulunmadığına işaret etmektedir.

Çizelge 4. Karasu ilave edilen Macar fiğ – tritikale silajlarının mikrobiyolojik özellikleri (log cfu/g)

Table 4. Microbiological properties of Hungarian vetch – triticale silages (log cfu/g)

Parametreler	Karasu Düzeyleri, %				
	Kontrol	%5	%10	%15	%20
LAB	4,24±0,27	3,87±0,02	4,34±0,83	4,00±0,32	3,36±0,06
Sülfid indirgeyen anaeroblar	-	-	-	-	-
Listeria spp	-	-	-	-	-
Enterobacteriaceae	-	-	-	-	-
Maya	-	-	-	-	-
Küf	-	-	-	2,3 (1 örnekte)	-

Mevcut çalışmaya ait silajların NDF içeriklerinde önemli bir değişim bulunmamış ($P>0,05$) bununla birlikte, ADF içerikleri %10 ve daha yüksek miktarlarında karasu ilavesiyle önemli düzeyde artmıştır ($P<0,05$). Silajların NDF ve ADF içerikleri, baklagil silajlarında görülmesi beklenen yavaş şekillenen fermentasyonu sürecinde karasuyun silaj ortamındaki laktik asit bakterilerinin NDF ve ADF parçalanabilirliğini hızlandıramamasının neden olduğu düşünülmektedir. Bingöl ve ark. (2008) baklagil silajlarında kullanılan katkıının NDF ve ADF içeriklerinde düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Arslan Duru ve ark. (2021), fiğ-buğday silajlarına farklı katkı maddeleri ilavesinin NDF ve ADF içeriklerini etkilemediğini belirtmişlerdir. Kılıçalp ve ark. (2023) Macar fiğ-tritikale karışımına enzim+inokulant ilavesiyle silajların NDF ve ADF içeriğinin değişmediğini tespit etmişlerdir. Bu farklılıkların nedeni, kullanılan ilave materyallerin içerik ve özelliklerinden kaynaklanmış olabilir.

Fiğ-Tritikale Silajlarının Fermentasyon Özellikleri Ve İn Vitro Sindirilebilirlikleri

Silajların fermentasyon özellikleri ve *in vitro* sindirilebilirliklerine ait değerler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'e göre, %5 karasu ilavesinin fiğ-tritikale silajlarının pH içeriğini önemli düzeyde düşürdüğü saptanmıştır ($P<0,001$). Silajların fermentasyon periyodunda katkı maddelerinin kullanılma nedeni, özellikle zor silolanan taze materyalle hazırlanan silo yeminde zararlı mikroorganizmaların gelişimini engellemek ve silajın pH' sını çok kısa bir süre içerisinde düşürerek fermentasyon son ürünlerinin miktarını düşürmek ve ayrıca bu yemleri tüketen hayvanların ve dolayısıyla insanların sağlıklarına zarar vermemektir. Yonca gibi baklagiller yeşil yemlerinin zor silolandığı da bilinmektedir. Buna rağmen lavanta ilavesiyle silajların kuru maddesinin arttığı ve pH değerinin düştüğü belirlenmiştir. İkizoğlu (2009), karasuyun pH değerini 3-5,9 aralığında olduğunu bildirmektedir. Bu çalışmada da karasu ilavesi önemli düzeyde pH değerini etkilemiştir. Arslan Duru ve ark. (2021) peynir altı suyu ilavesiyle fiğ-buğday silajlarının pH değerinin düştüğünü ifade etmişlerdir.

Fiğ-tritikale silajlarının SÇK, amonyak azot, IVS_{KM} ve IVS_{OM} değerleri bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Sindirilebilirlik, yem tüketimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir ve büyük ölçüde yemlerin kimyasal bileşimlerine, özellikle de hücre duvarı bileşenlerine bağlıdır. Bu çalışmada karasu ilavesi silajların sindirilebilirliğini etkilememiştir. Yapılan çalışmalarda, silaj katkı maddelerinin uygulanmasıyla sindirilebilirliğin iyileştirilmesinde etkili olabilecekleri bildirilmiştir (Ellis ve ark., 2016). Nkosi ve ark. (2013),

yaptıkları çalışmada silajlara katkı maddesi ilavesi ile suda çözünebilir karbonhidratların önemli düzeyde azaldığını bildirmektedirler. Fiğ silajlarına çörekotu yağı katkısının sindirilebilirlik parametreleri üzerine etkili olmadığı belirtilmiştir (Arıcan & Arslan Duru, 2020). Bu farklılığın nedeni, kullanılan katkıların ve silajlık materyallerin farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Araştırma silajlarının kalite sınıfının değerlendirilmesinde kullanılan Fleig puanı kriteri bakımından incelendiğinde ise, en düşük puanı kontrol grubunun aldığı görülmüştür ($P<0,001$). Baklagillerle yapılan silajlarda, Fleig puanının çok düşük olabileceği (Demirel ve ark., 2001), kullanılan katkı maddelerinin silajların kalitesi üzerine olumlu etkileri bulunabileceği ifade edilmektedir (Dumlu & Tan, 2009; Kılıçalp ve ark., 2022). Demirel ve ark. (2001) ile Dumlu ve Tan (2009)'un bildirdikleri bu çalışmadaki bulguları destekler niteliktedir.

Fiğ-Tritikale Silajlarında Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada tüm örneklerde mikrobiyolojik ekimler yapılmıştır. Yapılan mikrobiyolojik ekimler sonucunda, silajlarda bulunması istenmeyen sülfid indirgeyen anaeroblar, *Enterobacteriaceae* ve *Listeria* spp. örneklerin tamamında tespit edilmemiştir (Çizelge 4).

Araştırma silajları mikrobiyolojik açıdan incelendiğinde, laktik asit bakteri içerikleri bakımından görülen farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Araştırma gruplarının tamamında sülfid indirgeyen anaeroblar, *Listeria* spp, *Enterobacteriaceae* ve maya tespit edilememiştir. Küf içeriği ise, %15 karasu ilave edilen grupta sadece bir örnekte saptanmıştır. Silajlarda yem materyalinin türünün maya ve küf düzeyini etkilediği, baklagilin önemli düzeyde maya ve küf sayısını artırdığı ifade edilmektedir (Arslan ve ark., 2016). Silajlık materyallere katkı kullanılmasıyla, küf ve bakteri sayılarının önemli düzeyde azaldığı belirtilmiştir (Şahin ve ark., 1999). Koç ve ark. (2010) organik asit katkısı fiğ-tahıl silajlarında laktik asit bakteri sayısının arttığını ve küf gelişiminin azaldığını ifade etmişlerdir. Arslan Duru ve ark. (2021), fiğ silajlarına malik asit ve peynir altı suyu katkısının laktik asit bakteri sayısını değiştirmediklerini bildirmişlerdir. Şahin ve ark. (1999) ise, asit ilavesinin total küf sayısını ve yine total bakteri sayılarını önemli düzeyde azalttığını bildirmektedirler. Yine organik asit temeline dayanan bir koruyucu ilavesinin silajlarda, maya, küf, *Enterobacteriaceae*, *Clostridia* ve *Laktobacilli* gelişimini engellediği bildirilmektedir (Filya & Sucu, 2005).

Zeytincilikte, zeytinyağı elde edilirken atık ürün olarak arta kalan karasuyun çevre üzerine sebep olabileceği problemler bulunmaktadır. Bu problemlerin azaltılması açısından karasudan farklı alanlarda faydalanabilmek ve

karasuyu ekonomik anlamda da değerlendirmek gerekmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmada, fiğ-tritikale hasıllarının silolanmasında farklı düzeylerde karasu kullanılmış ve silajların fiziksel, bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve fermentasyon özellikleri incelenmiştir.

Sonuç olarak, %50 fiğ-%50 tritikaleden oluşan silajlık ana materyallere ilave olarak %20 düzeyine kadar karasu katılabileceği, bu düzeylerin ilave edilmesinde silajların yem kalite sınıflarında Fleig puanlarında olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir. Karasuyu silajlarda kullanıma olanaklarının daha da artırılması, ruminantlarda tüketim denemelerinin yapılarak karasuyun kullanım olanaklarının araştırılmasının hayvan besleme açısından yarar sağlayacağı kanısına varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Uşak Üniversitesi Bilimsel Projeler Birimi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Aksu Elmalı, D. & Duru M. (2012). Effects of different levels of malic acid on the some quality and micro flora of vetch (*Vicia sativa* L.) Silage. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11 (10): 1651-1655.
- Albuquerque, J.A., Gonzalez, J., Garcia, D. & Cegarra, J. (2004). Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*. 91 (2): 195-200.
- Anonim, 2024. Zeytin. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim tarihi: 26.02.2024)
- AOAC (1999). Official Methods of analysis, 16th ed., 4th revision, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Arıcan, G. & Arslan Duru, A. (2020). The effect of black seed oil (*Nigella sativa*) on chemical, fermentation and *in vitro* digestibility of hungarian vetch-wheat silage. *Pakistan Journal of Botany*. 52(2): 723-727.
- Arslan M., Erdurmuş, C., Öten, M., Aydınöğlü, B. & Çakmakçı S. (2016). Mısır ile soyanın farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen silajlarda besin değerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31 (3): 417-422.
- Arslan Duru, A., Aksu Elmalı, D., Yüksel, O. & Kutay, H. (2021). The effects of addition malic acid and whey on some parameters of vetch-wheat silages. *Fresenius Environmental Bulletin* 30 (09):10435-10440.
- Bingol, N.T., Karşlı, M.A., Bolat, D. & Akca, I. (2008) The effects of molasses and formic acid addition in sainfoin silage harvested at different maturities on silage quality and digestibility. *Van Veterinary Journal*. 19(2): 61-66.
- Broderick, G.A. & Kang, J.H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *J. Dairy Sci.*, 63: 64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)
- Bufano, G., Cianci, D., Montemurro, O., Palermo, D. & Tasca, M.L. (1982). Prove di razionamento degli ovini con paste di vegetazione dei frantoi oleari. *Scienza e tecnica Agraria*, 1-2: 1-10.
- Demirci, U., Gülşen, N. & Keleş, G. (2011). Effects of bacterial inoculants on fermentation and aerobic stability of baled triticale-hungarian vetch silage and lamb performance. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 17(2): 297-302.
- Demirel, M., Cengiz, F., Çelik, S. & Erdoğan, S. (2001). Van ekolojik koşullarında yetiştirilen mısır ve macar fiği karışımlarının silaj kaliteleri ve besin maddelerinin rumende parçalanabilirlikleri üzerine bir araştırma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (1): 69-78.
- DLG. (1987). Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. 4. Schweine. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt, Germany.
- D'Orleans, M., Giger, S. & Sauvart, D. (1980). Mise au point d'une methode enzymatique de prevision de la digestibilite de la matiere organique des aliments concentres. Institut National Agronomique. Paris. Grignon. 1980.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebbers, P.A. & Smith. F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28: 350-356.
- Dumlu, Z. & Tan, M. (2009). Erzurum şartlarında yetişen bazı baklagil yem bitkileri ve karışımlarının silaj değerlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 40 (2): 15-21.
- Durgut, G. (2008). Etlik piliç yemlerine karıştırılan zeytin karasuyunun piliçlerin bazı verim özellikleri ile et kalite özelliklerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 57 s. Aydın.
- Ellis, J. L., Bannink, A., Hindrichsen, I. K., Kinley, R. D., Pellikaan, W. F., Milora, N. & Dijkstra, J. (2016). The effect of lactic acid bacteria included as a probiotic or silage inoculant on *in vitro* rumen digestibility, total gas and methane production. *Animal Feed Science and Technology*, 211: 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2015.10.016>
- Ergün A., Tuncer Ş. D., Çolpan İ., Yalçın S., Yıldız G., Küçükersan M. K., Küçükersan S., Şehu A. & Saçaklı P. (2013). Yemler Yem Hijyeni ve Teknolojisi. Pozitif matbaacılık, Ankara, Türkiye.
- Filya, İ. & Sucu, E. (2005). Silaj fermentasyonunda organik asit kullanımı üzerinde araştırmalar 1. Formik asit temeline dayalı bir koruyucunun laboratuvar koşullarında yapılan mısır silajlarının fermentasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (1): 51-56. DOI: 10.1501/Tarimbil_0000000487
- Gümüşkesen, A.S. (1999). Bitkisel Yağ Teknolojisi. Asya Tıp Yayıncılık Ltd., 182s, İzmir.
- Harrigan, W.F. (1998). Laboratory Methods in Food Microbiology, Third Ed., Academic Pres. London.
- İkizoğlu, E. (2009). Zeytinyağı işletmesi atık suyu (karasu) bertarafı, artırılması ve değerlendirilmesi. *Zeytinyağı*. Eflatun Yayınevi. 139-155, Ankara.
- Kanengoni, A.T., Nkosi, B.D., Chimonyo, M., Ndimba, B. & Dzama, K. (2016). Effects of whey, molasses and exogenous enzymes on the ensiling characteristics, nutrient composition and aerobic stability of maize cobs. *South African Journal of Animal Science*, 46 (2): 113-120. <https://doi.org/10.4314/sajas.v46i2.1>
- Karakozak, E. & Ayaşan, T. (2010). Değişik yem bitkileri ve karışımlarından hazırlanan silajlarda inokulant kullanımının flieg puanı ve ham besin maddeleri üzerine etkileri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 16 (6): 987-994. DOI: 10.9775/kvfd.2010.2197
- Kılıç, A. (1986). Silo yemi (öğretim, öğrenim ve uygulama önerileri). Bilgehan Basımevi, İzmir, 357.
- Kılıçalp, N., Özkurt, M., Karadağ, Y., & Hızlı, H. (2022). Hungarian vetch (*Vicia pannonica*) and triticale (*Xtriticosecale wittmack*) silages, sowed in different seed rates, treated with lactic acid bacteria+ enzyme mixture inoculant: I. Chemical composition and silage Fleig score. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 32(3): 680-687.
- Koç, F., Coşkuntuna, L., Özdüven M.L. & Coşkuntuna, A. (2010). Farklı ortam sıcaklıklarında organik asit kullanımının fiğ-tahıl silajlarında fermentasyon gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkileri, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 159-165.
- Martillotti, F. (1983). Use of olive by-products in animal feeding in Italy. Int. Seminar on olive oil technology and valorization of by-products. 20 - 24 October 1986. Izmir - Turkey.

- McDonald, P., Henderson, A. R. & Herson, S. J. E. (1991). The Biochemistry of Silage. 16th ed., Chalcombe Publication, Marlow, UK.
- Menke, K.H. & Steingass, H. (1998). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Dev.* 28: 7-55.
- Molina-Alcaide, E. & Yanez-Ruiz, D. (2008). Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A Review. *Animal Feed Science and Technology.* 147 (1): 247-264. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2007.09.021>
- Nkosi, B.D., Groenewald, I.B., Meeske, R., Motiang, M.D. & Langa, T. (2013). Effects of inoculating citrus (*Citrus sinensis*) tree leaves with either bacterial or whey on the fermentation and aerobic stability of silage. *African Journal of Agricultural*, 8(9): 792-796. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.999>
- Polan, C.E., Stive, 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: 765-776. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75633-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75633-4)
- Sansoucy, R. (1985). Olive by-products for animal feed. FAO: Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health, Paper 43.pp Rome.
- Şahin K., Çerçi, İ.H., Güler, T., Şahin, N., Kalander, H. & Çelik, S. (1999). Farklı silaj katkı maddelerinin yas şeker pancarı posası silajı kalitesine etkileri, *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*, 23: 285-292.
- Verna, M., Martillotti, F. & Puppo, S. (1988). Composizione e valore nutritivo del residuo concentrato delle acque di vegetazione dei frantoi oleari. *Ann. Ist. Sper. Zoot.*, 21: 147-156.
- Van Soest, P. J. (1982). Analytical systems for evaluation of feeds. In: P. J. Van Soest (Editor), *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press. Chapter 6: 75-94. Ithaca, NY.
- Vlyssides, A.G., Loizides, M. & Karlis, P.K. (2004). Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction by-products. *Journal of Cleaner Production.* 12: 603-611. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(03\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00078-7)
- Yeşilada, Ö., Şık, S. & Sam, M. (1998). Biodegradation of olive oil mill wastewater by *coriolus versicolor* and *funalia trogii*: Effects of Agitation, initial cod concentration, inoculum size and immobilization, *Worl J. Microbiol. Biotechnol.*, 14: 37-42. <https://doi.org/10.1023/A:1008816231563>