

Toplam Rasyon Karışımının Silolanmasının Aerobik Stabilite Özellikleri Üzerine Etkisi

Levend COŞKUNTUNA¹, Kadir ERTEN¹, Fisun KOÇ^{1*}

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Tekirdağ

*Sorumlu Yazar: fkoc@nku.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.06.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 04.10.2022 Kabul Tarihi: 05.10.2022

Öz

Bu çalışmada, farklı nem içeriğindeki toplam rasyon karışımı (TRK)'nin silolanmasının aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada aynı kompozisyona sahip farklı kuru madde içeriğinde (%45, %50, %55) 3 grup TRK oluşturulmuştur. 1. grup (%55 KM), 2. grup (%50 KM) 2.22 litre su, 3. grup (%45 KM) 4.44 litre su ilavesi yapılmıştır. Su ilavesinden sonra yem örneklerinin yarısı taze olarak, diğer yarısı 30 gün silolandıktan sonra, aerobik stabilite testine tabi tutulmuşlardır. Aerobik stabilitenin 0., 12., 24., 48., 72. ve 120. saatlerinde örnekler üzerinde kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Yem örneklerinde aerobik stabilite süresince termal kamera ile görüntüleme yapılmış ve elde edilen veriler ThermaCAM yazılım programında değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, TRK'nın KM içeriğinin aerobik stabilite üzerinde etkili bir faktör olduğu, %45 KM içeren TRK'larda sıcaklık artışının ve maya içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. TRK'nın silolanmasının ise aerobik stabilite özelliklerini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Aerobik stabilite, sıcaklık sensörü, termal kamera, toplam rasyon karışımı

Effect of Ensiling of Total Mixture Ration on Aerobic Stability Characteristics

Abstract

In this study, the effects of ensiling total mixed ration (TMR) with different moisture content on aerobic stability characteristics were investigated. In the study, 3 groups of TMRs with the same composition and different dry matter content (45%, 50%, 55%) were formed. Water was added to the 1st group (55% DM), the 2nd group (50% DM) 2.22 liters of water, and the 3rd group (45% DM) 4.44 liters. After adding water, half of the feed samples were freshly tested and the other half were subjected to aerobic stability test after 30 days of silage. Chemical and microbiological analyzes were performed on the samples at 0., 12., 24., 48., 72. and 120. hours of aerobic stability. The feed samples were imaged with a thermal camera during aerobic stability and the data obtained were evaluated in the ThermaCAM software program. As a result of the research, it was determined that the dry matter content of TMR was an effective factor on aerobic stability, and the temperature increase and yeast content were higher in TMRs containing 45% DM. It was concluded that TMR ensiling had a positive effect on aerobic stability characteristics.

Key words: Aerobic stability, temperature sensor, thermal camera, total mixed ration.

Giriş

Toplam Rasyon Karışımı (TRK) hayvanların günlük ihtiyacını karşılamak amacı ile kaba ve yoğun yemlerin bir arada karışım halinde verildiği bir yemleme şeklidir (Restelatto ve ark., 2019). TRK'nın önemli bir bölümünü su içeriği yüksek yemler (posa, silaj vb.) oluşturmaktadır. Dolayısı ile su içeriği yüksek olan materyallerin bir araya

getirilmesi TRK'da aerobik bozulmaya neden olmaktadır (Ashbell ve ark., 2002).

Son yıllarda yüksek nemli yan ürünlerden oluşan TRK'ların fermantasyona tabi tutulması bir diğer ifade ile silolanması yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Yapılan çalışmalar, taze olarak hazırlanan TRK'ya kıyasla, silolanmış TRK'ların aerobik stabilitesinin daha iyi olduğu yönündedir (Kondo ve ark., 2016; Bueno ve ark., 2020;

Ketpanich ve ark., 2022). Bu durum aynı zamanda TRK'nın daha uzun süre depolanmasını ve taşınmasını kolaylaştırmaktadır (Weinberg ve ark., 2011). TRK'nın mikrobiyal kompozisyonu aerobik stabilite üzerindeki önemli faktörlerden biridir. Bu konuda yapılan çalışmalar, mayaların aerobik stabilite üzerinde etkili mikroorganizmalar olduğu ve $5 \log_{10}$ cfu g^{-1} 'in üzerindeki maya sayılarının silaj ve TRK'nın aerobik stabilitesinde azalma ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Pahlow ve ark., 2003; Wilkinson ve Davies, 2013). TRK'nın silolanması durumunda ise maya sayılarının azaldığı ve aerobik stabilitenin iyileştiği yönünde çalışmalar mevcuttur (Wang ve Nishino, 2008). Bu çalışmada, farklı nem içeriğindeki TRK'nın 30 gün süre ile silolanmasının aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Deneme materyali Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden temin edilmiştir. Çizelge 1'de içeriği ve kompozisyonu belirtilen %55 KM içeriğine sahip TRK'dan 120 kg materyal laboratuvar ortamına getirilmiştir. Daha sonra materyaller 40 kg'lık 3 muamele grubuna bölünmüştür. 1. grup %55 KM, 2. grup: %50 KM, 2.22 litre su, 3. grup: %45 KM 4.44 litre su ilavesi yapılarak homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Herbir gruptaki yemlerin yarısı taze olarak, diğer yarısı ise 30 gün silolandıktan sonra 120 saat süre ile aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur. Aynı zamanda, T200 IR marka termal kamera ile yem örneklerinde her muamele grubundan 3 tekerrürlü olmak üzere görüntüleme yapılarak değerlendirme sonuçları kaydedilmiştir. Elde edilen veriler ThermaCAM software programında değerlendirilmiştir.

Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analizler

Aerobik stabilite süresinin 0., 12., 24., 48., 72., 96. ve 120. saatlerinde TRK örneklerinde pH, kuru madde (KM), laktik asit (LA), suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK), laktik asit bakterileri (LAB), maya ve küf sayımları yapılmıştır. Taze materyal ve 30 günlük silolama sonrası açılan TRK'nın besin madde kompozisyonuna ilişkin KM, ham protein (HP), ham yağ (HY), nötral çözücülerde çözünmeyen lif (NDF) ve asit çözücülerde çözünmeyen lif (ADF) analizleri yapılmıştır. Araştırmada pH, Chen ve ark. (1994), KM, HP ve HY analizi Akyıldız (1984), SÇK analizleri Dubois ve ark. (1955), LA analizi Koç ve Coşkuntuna (2003)'nin bildirdikleri spektrofotometrik yöntem ile saptanmıştır. NDF ve ADF analizleri Van Soest ve ark. (1991) analiz yöntemine göre belirlenmiştir. Nişasta analizi AOAC (1990) metoduna uygun olarak yapılmıştır. LAB, maya ve küf sayımları Seale

ve ark. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analizler

Araştırmada elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde varyans analizi, gruplar arası farklılığın belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Soysal, 1998). Bu amaçla Statistica (1999) paket programı kullanılmıştır.

TRK'nın Sıcaklık Ölçümü

Aerobik stabilite süresince yem örneklerindeki sıcaklık değişimleri ve ortam sıcaklığı 120 saat süresince 2 saatte bir hobo pentant data logger ile takip edilmiştir (Ranjit ve Kung, 2000).

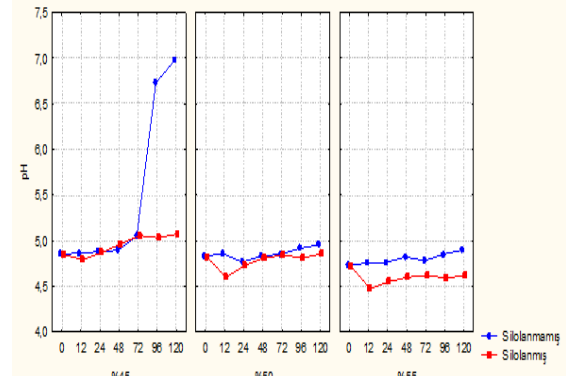
Çizelge 1. TRK'nın içerik ve kompozisyonu

İçerik	% KM
Mısır silajı	24.11
Yüksek nemli dane mısır	18.06
Mısır DDGS	5.36
Arpa	3.37
Ayçiçeği küspesi	1.50
Yonca kuru otu	14.03
Kanola küspesi	5.03
Şeker pancarı posası	0.57
Saman	2.27
Ham dane ayçiçek	0.92
Soya kabuğu	0.93
Çiğit	5.89
Pirinç kepeği	3.68
Razmol	2.43
Melas	0.89
Portakal posası	3.49
Masarasyon suyu	5.12
Mermer tozu	0.62
Vitamin ve mineral premiksi	0.42
Ecomass	0.42
Tamponlayıcı	0.30
Tuz	0.21
Potasyum karbonat	0.20
Omnigen af	0.14
Toksin bağlayıcı	0.04

Bulgular

Aerobik stabilite başlangıcında taze ve silolanmış yemlerin ham besin madde içeriklerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Yemlerin silolanması nişasta ve NDF değerinin düşmesine, ADF değerinin artmasına sebep olmuştur ($P<0.001$). Yemlerin KM içeriği ise sadece NDF değeri üzerinde etkili olmuştur ($P<0.001$).

Taze ve silolanmış yemlerin aerobik stabilite süresince pH, KM, SÇK, LA, LAB ve maya içerikleri Çizelge 3’de sunulmuştur. Taze ve silolanmış materyallerin hiçbirinde küf tespit edilmemiştir. Aerobik stabilite süresince 48. saatten itibaren TRK’ların pH değerleri artmıştır ($P<0.001$). Yemlerin silolanması pH değerlerini etkilemiş, en düşük pH değerleri 120. saatin sonunda silolanmış gruptaki TRK’larda tespit edilmiştir ($P<0.001$; Şekil 1). KM içerikleri pH değeri üzerinde etkili olmuş 120. saatin sonunda en yüksek pH değeri 6.98 ile silolanmamış %45 TRK’da tespit edilmiştir ($P<0.001$). Yemlerin aerobik stabilite süresince 48. saatten itibaren KM değerleri artmıştır ($P<0.001$). TRK’nın nem içeriği KM değeri üzerinde etkili olmuş en yüksek KM değeri %91.1 ile silolanmış %45 TRK’da 72. saatte tespit edilmiştir ($P<0.001$; Şekil 2).

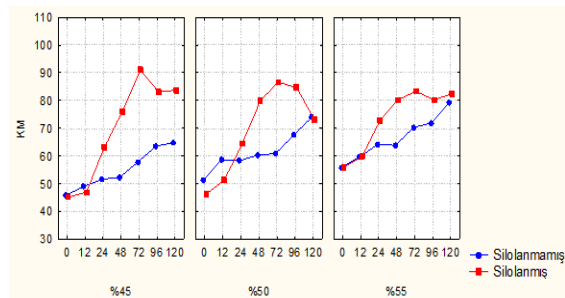


Şekil 1. TRK’nın aerobik stabilite süresince pH değerleri

Çizelge 2. Aerobik stabilite başlangıcında taze ve silolanmış TRK’nın ham besin madde analiz sonuçları (%KM)

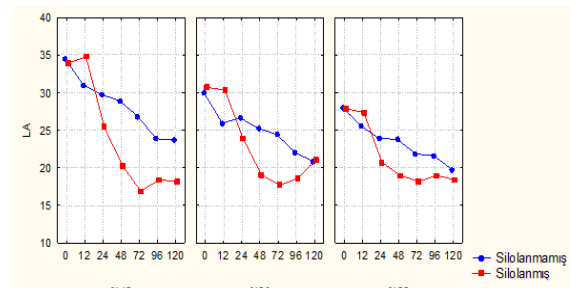
Silolama Durumu	Muamele %KM	KM	HP	HY	Nişasta	ADF	NDF
Silolanmamış	45	45.77 ^c	17.14	3.68	23.71 ^a	20.38 ^{bc}	38.46 ^b
	50	51.1 ^{ab}	16.56	3.64	22.72 ^{ab}	21.21 ^{ab}	39.41 ^a
	55	55.88 ^a	17.00	3.86	23.99 ^a	20.16 ^c	39.19 ^a
Silolanmış	45	45.61 ^c	16.92	4.03	19.86 ^b	22.15 ^a	37.95 ^c
	50	50.31 ^{bc}	16.7	4.21	20.81 ^b	21.72 ^a	38.11 ^c
	55	55.75 ^a	16.72	3.92	21.09 ^{ab}	21.84 ^a	38.24 ^{bc}
SEM		1.277	0.181	0.226	0.071	0.074	0.496
<i>P</i>							
Silolama Durumu		Ö.D	Ö.D	Ö.D	0.001	0.001	0.001
KM%		0.001	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	0.001
Silolanma Durumu*KM%		Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	0.01	0.001

KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, ADF: Asit çözücülerde çözünmeyen lif, NDF: Nötr çözücülerde çözünmeyen lif. ^{abc}Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0.001$), SEM: Ortalamanın standart hatası, Ö:D: Önemli değil.



Şekil 2. TRK’nın aerobik stabilite süresince KM değerleri

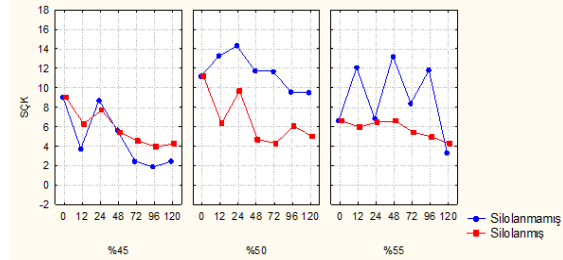
Yemlerin aerobik stabilite süresince 12. saatten itibaren LA değerleri düşmüştür ($P<0.001$). En düşük LA değerleri silolanmış gruptaki TRK’larda tespit edilmiştir ($P<0.001$). Yemlerin KM içerikleri LA değeri üzerinde etkili olmuş, 120. saatin sonunda en yüksek LA değeri 23.7 g/kg KM ile silolanmamış %45 KM’li TRK’da tespit edilmiştir ($P<0.001$; Şekil 3).



Şekil 3. TRK’nın aerobik stabilite süresince LA değerleri

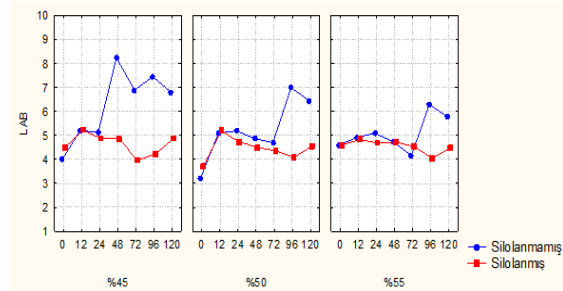
Yemlerin aerobik stabilite süresince SÇK değerleri düşmüştür ($P<0.001$). En düşük SÇK değerleri silolanmamış gruptaki %45 TRK’larda tespit edilmiştir. Silolanmış gruptan %50 ve %55 TRK’ların SÇK değerleri ise daha düşük tespit edilmiştir ($P<0.001$). Yemlerin KM içerikleri SÇK değeri üzerinde etkili olmuş 120. saatin sonunda en

yüksek SÇK değeri 9.52 g/kg KM ile silolanmamış %50 KM'li TRK'da tespit edilmiştir ($P<0.001$; Şekil 4).



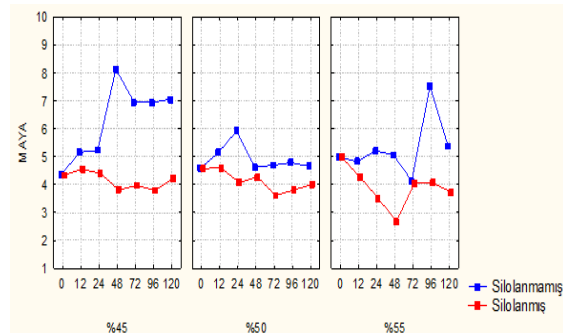
Şekil 4. TRK'nın aerobik stabilite süresince SÇK değerleri

Yemlerin aerobik stabilite süresince LAB değerleri artmıştır ($P<0.001$). Yemlerin silolanması LAB değerlerini düşürmüştür ($P<0.001$). Yemlerin KM içerikleri LAB değeri üzerinde etkili olmuş, en yüksek LAB değerleri %45 KM 'li TRK'da tespit edilmiştir ($P<0.001$; Şekil 5).



Şekil 5. TRK'nın aerobik stabilite süresince LAB değerleri

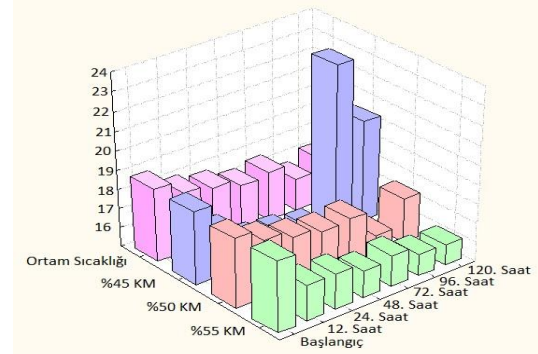
Yemlerin aerobik stabilite süresince maya değerleri artmıştır ($P<0.001$). Yemlerin silolanması maya değerlerinin düşmesine neden olmuştur ($P<0.001$). Yemlerin KM içerikleri maya değerleri üzerinde etkili olmuş, en yüksek maya değerleri silolanmamış %45 TRK'da tespit edilmiştir ($P<0.001$; Şekil 6).



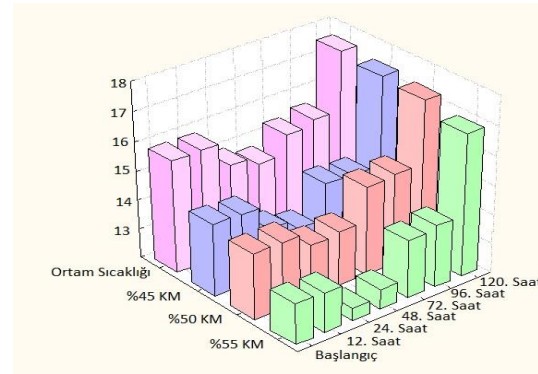
Şekil 6. TRK'nın aerobik stabilite süresince maya değerleri

Taze ve silolanmış yemlerin aerobik stabilite süresince sensör verilerine ilişkin değerler Çizelge 4, Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulmuştur.

Taze ve silolanmış yemlerin aerobik stabilite başlangıcında ve 120. saatinde termal kamera görüntüleri Şekil 9 ve Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 7. Silolanmamış TRK'nın sensör verileri



Şekil 8. Silolanmış TRK'nın sensör verileri

Tartışma

Aerobik stabilite açılan bir silajın veya TRK'nın ısınmadan bozulmadan kaldığı sürenin uzunluğu olarak tanımlanmaktadır (Toruk ve ark., 2010). TRK sıcaklığını takip etme yöntemleri silaj aerobik stabilitesini ölçerken kullanılan yöntemlerle aynıdır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, farklı metotlardan yararlanılmaktadır. Araştırmaların bir kısmında yemin sıcaklığı günde bir kez ölçülerek değerlendirilmeler yapılmıştır (Saarisalo ve ark., 2006; Pursiainen ve Tuori, 2008). Bazı araştırmalarda ise 7 günlük süredeki ortam sıcaklığı ve TRK sıcaklığı, günde iki kez manuel olarak veya 10 dakikalık aralıklarla bir veri kaydedici tarafından ölçülerek değerlendirilmiştir (Pursiainen ve Tuori, 2008). Otomatik olarak sensör verileri ile sıcaklık takibi daha ayrıntılı sıcaklık eğrilerinin tespit edilmesini ve aerobik stabilitenin belirli bir sıcaklık artışı için gereken saatler olarak tanımlanmasını sağlar. Stabilite için üst sınır araştırmacılara göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bazı araştırmalarda, yemin sıcaklığının, ortam sıcaklığının 1 °C (Adesogan ve Salawu, 2004), 2 °C (Pitt ve ark., 1991) veya 3 °C (Pauly ve Wyss, 2018) üzerine çıkması aerobik bozulma olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Yemlerin aerobik stabilite süresince kimyasal ve mikrobiyolojik analiz değerleri

Silolama Durumu	AS (saat)	Muamele %KM	pH	KM, %	LA, g/kg KM	SÇK, g/kg KM	LAB kob/g KM	Maya kob/g KM	
Silolanmamış	0.	45	4.86 ^{f-i}	45.8 ^m	34.5 ^{ab}	9.05 ^{c-f}	3.99 ^{g-i}	4.35 ^{e-j}	
		50	4.83 ^{f-i}	51.1 ^{k-m}	30.0 ^{b-e}	11.2 ^{a-d}	3.21 ⁱ	4.56 ^{e-j}	
		55	4.72 ^{i-k}	55.9 ^{l-m}	28.0 ^{d-h}	6.59 ^{e-i}	4.59 ^{e-i}	4.99 ^{d-h}	
	12.	45	4.86 ^{f-i}	48.9 ^{lm}	31.0 ^{a-d}	3.73 ^{i-k}	5.20 ^{c-h}	5.15 ^{d-g}	
		50	4.86 ^{f-i}	58.6 ^{l-m}	25.9 ^{e-j}	13.2 ^{ab}	5.09 ^{c-i}	5.14 ^{d-g}	
		55	4.76 ^{h-i}	59.6 ^{h-m}	25.6 ^{e-k}	12.1 ^{a-c}	4.92 ^{d-i}	4.82 ^{d-i}	
	24.	45	4.88 ^{e-j}	51.5 ^{k-m}	29.8 ^{c-f}	8.71 ^{c-g}	5.13 ^{c-i}	5.22 ^{d-f}	
		50	4.77 ^{g-i}	58.2 ^{l-m}	26.6 ^{d-i}	14.3 ^a	5.19 ^{c-h}	5.91 ^{cd}	
		55	4.76 ^{h-i}	64.1 ^{d-m}	23.9 ^{h-n}	6.81 ^{e-i}	5.09 ^{c-i}	5.21 ^{d-f}	
	48.	45	4.89 ^{e-h}	52.2 ^{l-m}	28.9 ^{d-g}	5.65 ^{fk}	8.23 ^a	8.13 ^a	
		50	4.83 ^{f-i}	60.2 ^{g-m}	25.2 ^{f-i}	11.7 ^{a-c}	4.86 ^{e-i}	4.63 ^{e-j}	
		55	4.82 ^{f-i}	63.8 ^{d-m}	23.8 ^{h-n}	13.2 ^{ab}	4.72 ^{e-i}	5.06 ^{d-h}	
	72.	45	5.05 ^{cd}	57.7 ^{l-m}	26.8 ^{d-h}	2.45 ^{jk}	6.88 ^{a-c}	6.95 ^{bc}	
		50	4.85 ^{f-i}	60.8 ^{l-m}	24.4 ^{g-m}	11.7 ^{a-c}	4.70 ^{e-i}	4.69 ^{e-i}	
		55	4.78 ^{g-i}	70.2 ^{b-k}	21.8 ^{l-o}	8.41 ^{c-h}	4.16 ^{g-i}	4.12 ^{f-j}	
	96.	45	6.73 ^b	63.4 ^{d-m}	23.9 ^{hn}	1.85 ^k	7.45 ^{ab}	6.93 ^{bc}	
		50	4.92 ^{c-g}	67.5 ^{b-l}	22.1 ^{io}	9.54 ^{b-e}	6.99 ^{a-c}	4.79 ^{d-i}	
		55	4.85 ^{f-i}	71.9 ^{a-j}	21.6 ^{jo}	11.8 ^{a-c}	6.29 ^{a-f}	7.53 ^{ab}	
	120.	45	6.98 ^a	64.8 ^{c-m}	23.7 ^{h-n}	2.42 ^{jk}	6.80 ^{a-d}	7.05 ^{ab}	
		50	4.96 ^{c-f}	74.0 ^{a-i}	20.8 ^{l-o}	9.52 ^{b-e}	6.44 ^{a-e}	4.65 ^{e-i}	
		55	4.90 ^{d-h}	79.3 ^{a-h}	19.8 ^{n-o}	3.33 ^{i-k}	5.76 ^{b-g}	5.36 ^{de}	
	Silolanmış	0.	45	4.85 ^{f-i}	45.1 ^m	33.9 ^{a-c}	9.05 ^{c-f}	4.48 ^{f-i}	4.33 ^{e-j}
			50	4.82 ^{f-i}	46.1 ^m	30.7 ^{a-d}	11.2 ^{a-d}	3.70 ^{hi}	4.58 ^{e-j}
			55	4.72 ^{i-k}	55.9 ^{l-m}	27.9 ^{d-h}	6.6 ^{e-ii}	4.59 ^{e-i}	4.97 ^{d-h}
12.		45	4.79 ^{g-i}	46.9 ^m	34.8 ^a	6.29 ^{e-j}	5.22 ^{c-h}	4.55 ^{e-j}	
		50	4.60 ^{kl}	51.2 ^{k-m}	30.3 ^{b-e}	6.33 ^{e-i}	5.18 ^{c-h}	4.58 ^{e-j}	
		55	4.47 ^l	59.8 ^{h-m}	27.4 ^{d-h}	5.96 ^{e-j}	4.82 ^{e-i}	4.27 ^{e-j}	
24.		45	4.87 ^{f-i}	63.0 ^{e-m}	25.4 ^{fk}	7.69 ^{d-i}	4.87 ^{d-i}	4.39 ^{e-i}	
		50	4.73 ^{jk}	64.3 ^{c-m}	23.9 ^{h-n}	9.66 ^{b-e}	4.72 ^{e-i}	4.07 ^{g-j}	
		55	4.55 ^l	72.9 ^{a-i}	20.7 ^{l-o}	6.46 ^{e-i}	4.68 ^{e-i}	3.52 ^{jk}	
48.		45	4.96 ^{c-f}	76.0 ^{a-i}	20.3 ^{m-o}	5.44 ^{fk}	4.85 ^{e-i}	3.81 ^{i-k}	
		50	4.81 ^{f-i}	79.9 ^{a-g}	19.1 ^{oo}	4.67 ^{h-k}	4.49 ^{f-i}	4.27 ^{e-j}	
		55	4.60 ^{kl}	80.2 ^{a-f}	19.0 ^{oo}	6.56 ^{e-i}	4.71 ^{e-i}	2.68 ^k	
72.		45	5.05 ^{cd}	91.1 ^a	16.9 ^o	4.53 ^{i-k}	3.96 ^{g-i}	3.96 ^{h-j}	
		50	4.84 ^{f-i}	86.6 ^{ab}	17.7 ^{oo}	4.29 ^{i-k}	4.37 ^{f-i}	3.59 ^{i-k}	
		55	4.62 ^{l-i}	83.3 ^{a-d}	18.2 ^{oo}	5.40 ^{fk}	4.53 ^{e-i}	4.04 ^{g-j}	
96.		45	5.03 ^{c-e}	83.0 ^{a-d}	18.4 ^{oo}	3.94 ^{i-k}	4.23 ^{g-i}	3.80 ^{i-k}	
		50	4.81 ^{f-i}	84.6 ^{a-c}	18.6 ^{oo}	6.06 ^{e-j}	4.07 ^{g-i}	3.81 ^{i-k}	
		55	4.59 ^{kl}	80.1 ^{a-g}	19.0 ^{oo}	4.96 ^{h-k}	4.04 ^{g-i}	4.06 ^{g-j}	
120.		45	5.08 ^c	83.7 ^{a-c}	18.2 ^{oo}	4.24 ^{i-k}	4.87 ^{d-i}	4.21 ^{f-j}	
		50	4.86 ^{f-i}	73.1 ^{a-i}	21.0 ^{k-o}	5.00 ^{g-k}	4.55 ^{e-i}	4.00 ^{h-j}	
		55	4.62 ^{l-i}	82.5 ^{a-e}	18.4 ^{oo}	4.23 ^{i-k}	4.46 ^{f-i}	3.73 ^{i-k}	
SEM			0.050	1.460	0.547	0.364	0.118	0.124	
P									
Silolanma Durumu (SD)			0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Aerobik stabilite süresi (AS)			0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
KM%			0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
SD*AS			0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
SD*KM%			0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
AS*KM%			0.001	Ö.D	0.001	0.001	0.001	0.001	
SD*AS *KM%			0.001	ÖD	0.05	0.001	0.001	0.001	

KM: Kuru madde, LA: Laktik asit, SÇK: Suda çözünebilir karbonhidrat, LAB: Laktik asit bakterisi, AS: Aerobik stabilite, ^{a-o}: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.001).

Bu çalışmada ise yemin sıcaklığının ortam sıcaklığının 2 °C üzerine çıkması kriter olarak ele alınmıştır. Sensör verilerine ilişkin grafikler değerlendirildiğinde silolanmış TRK'ların aerobik stabilite süresince stabil kaldığı, silolanmayan %45 TRK'larda 96. saatten itibaren aerobik bozulmanın olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları

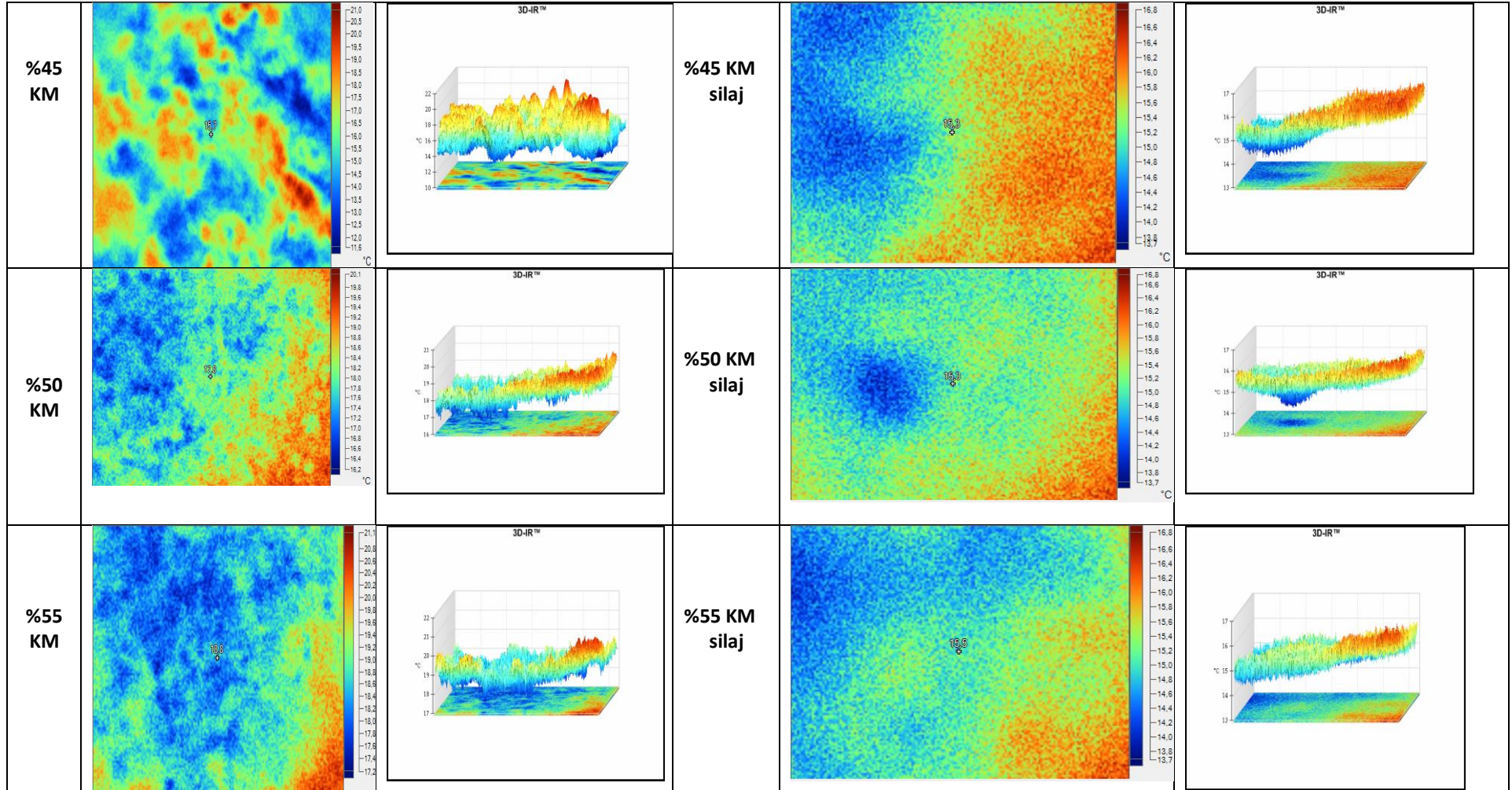
TRK'nın silolanmasının, aerobik stabilite üzerinde olumlu etkileri olduğunu gösteren çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir (Kondo ve ark., 2016; Bueno ve ark., 2020; Ketpanich ve ark., 2021).

Çizelge 4. Yemlerin aerobik stabilite süresince sensör verilerine ilişkin değerleri

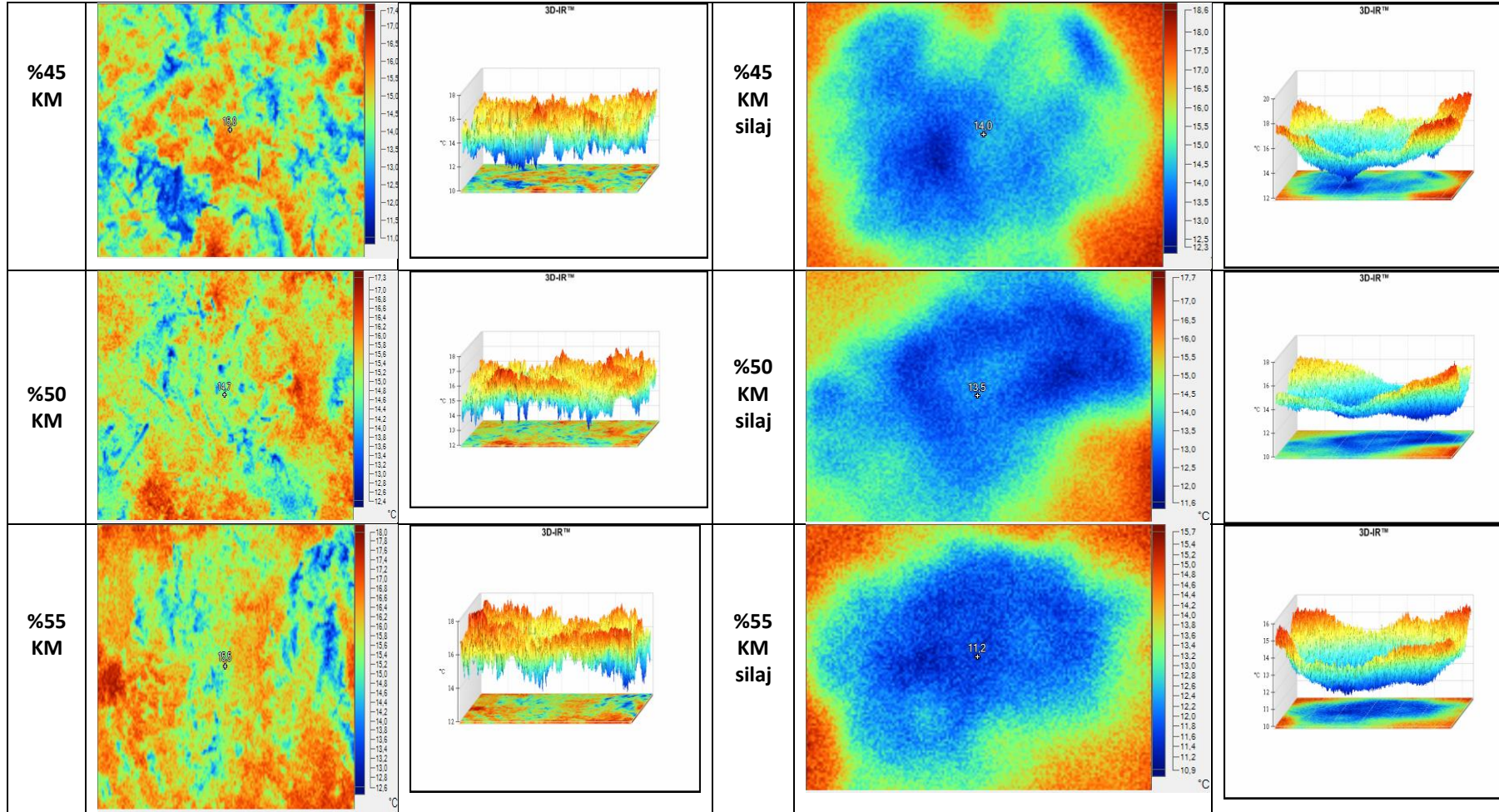
AS (saat)	Ortam		Silolanmamış TRK (%KM)			Ortam		Silolanmış TRK (%KM)		
	Sıcaklığı °C		45	50	55	Sıcaklığı °C	45	50	55	
0.	18.81		18.81	18.62	18.71	15.86	14.47	14.28	13.41	
12.	18.07		17.11	17.95	16.88	15.86	14.42	14.28	13.37	
24.	17.80		16.18	17.54	16.86	15.00	13.56	13.8	12.45	
48.	17.38		16.02	17.26	16.40	14.71	13.22	13.89	12.69	
72.	17.56		15.78	17.39	16.64	15.38	14.42	15.04	13.99	
96.	16.70		23.63	15.96	16.13	15.57	14.37	15.14	14.13	
120.	17.19		20.29	17.34	16.06	17.57	17.38	17.28	16.85	

Yemin aerobik stabilitesi mikrobiyal kompozisyonuna, mikroorganizma yüküne, ortam sıcaklığı, su aktivitesine, besin ve oksijen mevcudiyetine olmak üzere pekçok faktöre bağlıdır (Kung, 2005). TRK'larda sıcaklık artışı mikroorganizma düzeyinde karmaşık ve heterojendir. TRK'nın bileşimine giren silajlar TRK'na karıştırılmadan birkaç gün önce oksijene maruz kalmış olabileceği gibi, diğer yem içerikleriyle birlikte başka mikroorganizmalarda da eklenir. Mikroorganizmalar, TRK içerisinde eşit olarak dağılmazlar. Farklı yem içerikleri, mikrobiyal bileşimleri açısından büyük farklılıklar gösterebilir. Çiftlik koşullarında yemlerdeki mikroorganizma yoğunluğunu analiz etmek çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Kızılaşma, kötü koku veya görsel olarak fark edilebilir. Küf oluşumu, çiftlik düzeyinde tespit edilebilen en tipik bozulma belirtisidir (Rose ve ark., 2012). Küflerin TRK'ya bulaşması çoğunlukla küflü silajlardan kaynaklanmaktadır. Silajların iyi sıkıştırılmaması veya iyi kapatılmaması nedeniyle silajların yüzey katmanlarında görsel olarak tespit edilebilirler (Pahlow ve ark., 2003). Küf gelişimi, silajın aerobik bozulmasının sonraki aşamalarında meydana gelir (Driehuis ve Oude Elferink, 2000). Küflü noktaların veya küflü yüzey tabakasının silajdan ayrılması, önemli miktarda ek iş ve yem israfına neden olmaktadır. Ayrıştırma dikkatli bir şekilde yapılmadığında ise, küflü silaj TRK'ya karışmaktadır. Küfler ökaryotik, genellikle aerobik mikroorganizmalardır (Driehuis ve Oude Elferink, 2000). Aynı zamanda zararlıdır çünkü çoğu mikotoksin üretebilir. Hayvanların mikotoksin alımının sonuçları ciddi olabilir, bu nedenle görsel olarak küflü yemlerle beslenmekten tamamen

kaçınmak genel olarak kabul edilen bir uygulamadır (Koivunen ve Huuskonen 2018; Ogunade ve ark., 2018). Bu noktada TRK'ya katılan silajların aerobik stabilite açısından değerlendirilmesi de önemli bir noktayı oluşturmaktadır. Araştırma sonuçları dikkate alındığında 120 saatlik aerobik stabilite sürecinde yemlerde küf tespit edilmemiş olması silolanmış ve silolanmamış TRK'nın hijyenik açıdan güvenli olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Mayalarda aerobik stabilite üzerinde etkili olan mikroorganizmalardır. Mayalar, hem anaerobik hem de aerobik koşullarda büyüyebilir, şekerleri etanole fermente edebilirler (Pahlow ve ark., 2003). Maya sayısının $5 \log_{10} \text{cfu g}^{-1}$ 'in üzerindeki silaj ve TRK'nın aerobik stabilitesinde azalma ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Wilkinson ve Davies, 2013). Araştırmanın maya içerikleri değerlendirildiğinde en yüksek maya sayısı % 45 KM içeren silolanmamış TRK'larda tespit edilmiştir. Kung (2005), TRK'nın aerobik stabilitesi ile maya sayıları arasında negatif bir korelasyon olduğunu belirtmiştir. Araştırma sonuçları bunu destekler niteliktedir. Rinne ve ark. (2018), yaptığı bir araştırmada su ilavesinin TRK'nın aerobik stabilitesini azaltabileceğini göstermiştir. Su aktivitesi, mikrobiyal aktiviteyi artıran ana faktörlerden biridir. Aynı zamanda TRK'ya katılan silajların nem içeriğine etki eder. Bu işlem sırasında aerobik mikroorganizmalar çoğalır. Silaj stabilitesinin, TRK stabilitesiyle doğrusal olarak bağlantılı olduğu varsayılmaktadır (Kung, 2005). Bu çalışmada bu savı destekler niteliktedir, 120 saatlik aerobik stabilite süresince su içeriği yüksek olan TRK'nın aerobik stabilite açısından bozulmaya daha yatkın olduğu söylenebilir.



Şekil 9. Taze ve silolanmış TRK'nın aerobik stabilite başlangıcında termal kamera görüntüsü ve termal kamera görüntüsünün grafiği



Şekil 10. Taze ve silolanmış TRK'nın aerobik stabilitenin 120. saatinde termal kamera görüntüsü ve termal kamera görüntüsünün grafiği

Sonuç

Araştırma sonucunda, TRK'nın KM içeriğinin aerobik stabilite üzerinde etkili bir faktör olduğu, %45 KM içeren TRK'larda sıcaklık artışının ve maya içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırma verileri ışığında %55 KM TRK'nın aerobik stabilite açısından uygun olduğunu söyleyebiliriz. Araştırmada aerobik stabilite değerlendirme yöntemi olarak sensör verileri, termal kamera, kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerden yararlanılmıştır. Saha şartlarında kimyasal ve mikrobiyolojik analiz yapma olanağı her zaman mümkün olmamaktadır. Bu açıdan bakıldığında termal kamera ve sıcaklık sensörleri bu amaçla kullanılabilir, ancak mümkünse mikrobiyolojik parametrelerce desteklenmelidir. Farklı KM içeriğine sahip TRK'nın silolanması ise aerobik stabilite özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

- Adesogan, A.T. ve Salawu, M.B. 2004. Effect of applying formic acid, heterolactic bacteria or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation of bi-crops of peas and wheat. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 84:983–992.
- Akyıldız, R. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Klavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:859, 236, Ankara.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Hen, Y. ve Filya, I. 2002. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28(5), 261-263.
- Bueno, A.V.I., Lazzari, G., Jobim, C.C. ve Daniel, J.L.P. 2020. Ensiling total mixed ration for ruminants: A review. *Agronomy*. 10(6): 879.
- Chen, J., Stokes, M.R. ve Wallace, C.R. 1994. Effects of enzyme – inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silage. *J. Dairy Sci.*, 77 (2): 501-512.
- Driehuis, F. ve Oude Elferink, S.J.W.H. 2000. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: A review. *Veterinary Quarterly*, 22 (4): 212-216.
- Dubois, M., Giles, K.A., Hamilton, J.K., Rebes, P.A. ve Smith, F. 1955. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-35.
- Ketpanich, N., Saowaluck, Y., Kongmun, P., Tossapol M.K. ve Teepalak, R. 2022. Effect of *Lactobacillus paracasei* inoculation at different level on fermentation quality and chemical composition of ensiled total mixed ration (eTMR). *Khon Kaen Agriculture Journal* 50 (2): 586-596.
- Koç, F. ve Coşkuntuna, L. 2003. Silo yemlerinde organik asit belirlemedeki iki farklı metodun karşılaştırılması. *Journal of Animal Production*, 44 (2): 37-47.
- Koivunen, E ve Huuskonen, A. 2018. Sailörehun hometoksiinit ja niiden vaikutukset nau-doilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki, Finland. pp. 24. Available at: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-562-2>.
- Kondo, M., Shimizu, K., Jayanegara, A., Mishima, T., Matsui, H., Karita, S., Goto, M. ve Fujihara, T. 2016. Changes in nutrient composition and *in vitro* ruminal fermentation of total mixed ration silage stored at different temperatures and periods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 96 (4): 1175-1180.
- Kung, L.Jr. 2005. Aerobic Stability of Silages. Proc. of the Conference on Silage for Dairy Farms. Harrisburg. Available at: https://www.academia.edu/6566050/Aerobic_Stability_of_Silages (Cited 20 October 2019).
- Ogunade, I.M., Martinez-Tuppi, C., Queiroz, O.C.M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Vyas, D. ve Adesogan, A.T. 2018. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science* 101: 4034-4059.
- Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Oude Elferink, S.J.W.H. ve Spoelstra, S.F. 2003. *Microbiology of ensiling*. In: Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H., (Eds.) *Silage Science and Technology*. Agronomy Publication No 42, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA. pp. 31-93.
- Pauly, T. ve Wyss, U. 2018. Methodology of ensiling trials and effects of silage additives. In: Gerlach, K. & Südekum, K.-H. (Eds.). *Proceedings of the XVIII International Silage Conference*, 24-26-July 2018, Bonn, Germany. p.196-209

- Pitt, R.E., Muck, R.E. ve Pickering, N.B. 1991. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. *Grass and Forage Science*, 46: 301-312.
- Pursiainen, P. ve Tuori, M. 2008. Effect of ensiling field bean, field pea and common vetch in different proportions with whole crop wheat using formic acid or an inoculant on fermentation characteristics. *Grass and Forage Science* 63: 60–78.
- Ranjit, N. K. ve Kung Jr, L. 2000. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 526-535.
- Restelatto, R., Novinski, C.O., Silva, E.P.A., Pereira, L.M., Volpi, D., Zopollatto, M., Daniel, J.L.P. ve Schmidt, P. 2019. Effects of holes in plastic film on the storage losses in total mixed ration silage in round bales. *Transl. Anim. Sci.* 3, 1543–1549.
- Rinne, M., Franco, M., Kuoppala, K., Seppala, A. ve Jalava, T. 2018. Response to total mixed ration stabilizers depends on feed quality. In: Gerlach, K. & Südekum, K.-H. (Eds.). Proceedings of the XVIII International Silage Conference, 24-26 July 2018, Bonn, Germany. p.538-539.
- Rose, D., Bianchini, A., Martinez, B. ve Flores, R. 2012. Methods for reducing microbial contamination of wheat flour and effects on functionality. *Cereal Foods World*, 57: 104-109.
- Saarisalo, E., Jalava, T., Skytta, E., Haikara, A. ve Jaakkola, S. 2006. Effects of dry matter and additive on wilted bale silage quality and milk production. *Agricultural and Food Science*, 15: 185-199.
- Seale, D.R., Pahlow, G., Spoelstra, S.F., Lindgren, S., Dellaglio, F. ve Lowe, J.F. 1990. Methods for the Microbiological Analysis of Silage. Proceeding of the Eurobac Conference, 147, Uppsala.
- Soysal, M.İ. 1998. *Biyometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları)*, Yayın No:95, Ders Kitabı No:64, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi, S.331, Tekirdağ.
- Toruk, F., Koç, F. ve Gönülol, E. 2010. Aerobik stabilite süresince paket silajlarında renk değişimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1): 23-30.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. ve Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Wang, F.J. ve Nishino, N. 2008. Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration silage: Effect of ration formulation, air infiltration and storage period on fermentation characteristics and aerobic stability. *J. Sci. Food Agric.*, 88 (1) :133-140.
- Weinberg, Z.G., Chen, Y., Miron, D., Raviv, Y., Nahim, E., Bloch, A., Yosef, E., Nikbahat, M. ve Miron, J. 2011. Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film – A commercial scale experiment. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 164 (1):125-129.
- Wilkinson, J.M. ve Davies, D.R. 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent Developments. *Grass and Forage Science*, 68: 1–19.