

Sorgum Silajına Farklı Katkı Maddeleri İlavesinin Aerobik Stabilite Üzerine Etkileri

Sevilay GÜL^{1*}, Kadir ERTEN², Levend COŞKUNTUNA², Fisun KOÇ²

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tekirdağ

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Tekirdağ

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): sgul@nku.edu.tr

Özet

Bu araştırma saha şartlarında 45 günlük fermantasyon sonrası açılan sorgum silajlarına katkı maddesi ilavesinin aerobik stabilite üzerine olan etkilerini belirlemek amacı ile düzenlenmiştir. Kontrol (+), kontrol (-), *Lactobacillus buchneri* (LAB) ve propiyonik asit (PA) katkıları olmak üzere 4 muamele grubu oluşturulmuştur. Kontrol (+) grubuna diğer muamele grubuna eşdeğer şekilde 20 ml su ilave edilmiş olup K (-) grubuna ise ilave edilmemiştir. Aerobik stabilite süresinin 0, 2, 4 ve 7. günlerinde alınan silaj örneklerinde, kuru madde (KM), pH, karbon dioksit (CO₂), laktik asit (LA), suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Yedi günlük aerobik stabilite süresince silajların sıcaklık değişimleri aynı saatte sıcaklık sensörü (SS), termal kamera (TK) ve termometre (T) ile takip edilmiştir. Yapılan korelasyon analizi ile maya değerlerinin artış ve azalışları ele alınarak, CO₂, T, TK ve SS verilerinin aerobik stabilite parametrelerine ait değerlerin karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmanın sonunda elde edilen verilere göre, LAB katkısının kontrol gruplarına göre aerobik stabilite süresini artırdığı, PA katkısının ise sorgum silajında aerobik stabilitede bozulmayı önlediği belirlenmiştir. Aerobik stabilite ölçümünde CO₂, T, TK ve SS yöntemlerinin maya artış ve azalışları ile uyumlu olduğu, CO₂, TK ve SS yöntemlerinin T ölçüm yöntemine göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, TK ve SS yöntemlerinin kullanılması zor ve zahmetli olan CO₂ yöntemine göre, saha şartları için daha uygun olabileceği kanaatine varılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :08.04.2023
Kabul Tarihi :15.05.2023

Anahtar Kelimeler

Silaj
aerobik stabilite
Lactobacillus buchneri
propiyonik asit
termal kamera
termometre

Effects of Addition of Different Additives to Sorghum Silage on Aerobic Stability

Abstract

This study was designed to determine the effects of additive addition on aerobic stability of sorghum silages opened after 45 days of fermentation under field conditions. Four treatment groups were formed as control (+), control (-), *Lactobacillus buchneri* (LAB) and propionic acid (PA) additives. Control (+) group was added 20 ml of water equivalent to the other treatment groups and C (-) group was not added. Dry matter (DM), pH, carbon dioxide (CO₂), lactic acid (LA), water soluble carbohydrate (WSC) and microbiological analyses were performed on silage samples taken on days 0, 2, 4 and 7 of the aerobic stability period. During the seven-day aerobic stability period, the temperature changes of the silages were monitored with a temperature sensor (TS), thermal camera (TC) and thermometer (T) at the same time. By correlation analysis, CO₂, T, TC and TS data were compared with the values of aerobic stability parameters by considering the increase and decrease of yeast values. According to the data obtained at the end of the study, it was determined that LAB supplementation increased the aerobic stability time compared to the control groups, while PA supplementation prevented the deterioration of aerobic stability in sorghum silage. It was determined that CO₂, T, TC and TS methods were compatible with yeast increases and decreases in aerobic stability measurement, and CO₂, TC and TS methods were better than T measurement method. As a result, it is concluded that TC and TS methods may be more suitable for field conditions than the CO₂ method, which is difficult and laborious to use.

Research Article

Article History

Received :08.04.2023
Accepted :15.05.2023

Keywords

Silage
aerobic stability
Lactobacillus buchneri
propionic acid
thermal camera
temperature sensor

1.Giriş

Silaj yapımında temel amaç, fermentasyonun gerçekleşebileceği anaerobik koşulların sağlanmasıdır. Genellikle de silaj yapımında karşılaşılan en temel sorunlardan biri de silajların bozulmalarıdır (Filya, 2003; Yitbarek ve Tamir, 2014). Silolama süresinin sonunda açılan silajlarda anaerobik ortam aerobik hale dönüşmektedir. Oluşan aerobik ortamın sonucunda maya, küf gibi ve silajlarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar, aktifleşerek ortamda bulunan şeker, laktik asit, asetik asit gibi fermentasyon sonucunda açığa çıkan ürünleri tüketmesiyle birlikte silajda kuru madde (KM) ve besin madde kaybına neden olmaktadır. Siloda son ürün olarak su ve karbondioksit açığa çıkmaktadır. Paralelinde silaj sıcaklığının artışına bağlı olarak silajın protein ve selüloz sindirilebilirliği ile sindirilebilir enerji düzeylerinin de düşmesine neden olmaktadır (McDonald ve ark., 1991; Filya ve ark., 2000). Silajların besin madde içeriğini korumak ve aerobik stabilitesini arttırmak amaçlı çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır (Keady, 2000; Taştan ve Coşkuntuna, 2016; Koç ve Erdoğan, 2020; Erten ve ark., 2022). Bu amaçla çeşitli özelliklere sahip bakteriyel inokulantlar kullanılmaktadır. Bakteriyel inokulantlar, silaj fermentasyonunun uygun bir şekilde gerçekleşmesini sağlamakla birlikte aynı zamanda silaj içerisindeki laktik asit bakterilerinin suda çözünen karbohidratlar başta laktik asit olmak üzere organik asitlere dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu durumun sonucunda pH hızlı bir şekilde düşmekte ve silo yemi korunmaktadır (McDonald ve ark., 1991; Yurtman ve ark., 1997; Gül ve Coşkuntuna, 2022). Özellikle son yıllarda bozulmalara sebep olan mikroorganizmaların gelişimlerini önlemek ve aerobik stabiliteyi arttırmak amaçlı organik asitler de kullanılmaktadır. Asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit gibi silaj fermentasyonunun son ürünleri olan kısa

zincirli yağ asitleri de silajda maya ve küfün oluşumunu engelleyerek aerobik stabilitenin korunmasını sağlamaktadırlar (McDonald ve ark., 1991; Koç ve ark., 2010; Liu ve Guo, 2010). Silajda aerobik bozulmaya karşı direncin belirlenmesinde, hava ile temas eden silaj kitlesinde belirli bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşen sıcaklık, pH, CO₂ ve mikrobiyal kompozisyona ilişkin değişimlerden yararlanılmaktadır. Aerobik stabilitenin değerlendirilmesinde, farklı metotlar kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar aerobik stabilite süresini değerlendirirken, silaj sıcaklığının ortam sıcaklığının 2 °C üzerine yükselmeden önce, stabil kaldığı süre olarak tanımlanmaktadır. Silajın bulunduğu ortamın ve silaj kitlesi içerisindeki sıcaklık değerleri sensörler aracılığıyla ölçülerek, silajın aerobik stabilitesi saptanmaktadır (Ranjit ve Kung, 2000). Bazı araştırmalarda ise pH, CO₂ ve mikrobiyal kompozisyona ve görsel küflenmeye ilişkin veriler ile silajın aerobik stabilitesi değerlendirilmektedir (Ashbell ve ark., 1991, Filya ve ark., 2000). Bu değerlendirme yöntemi, tecrübeli personele ihtiyaç duyulması, ekipman ve laboratuvar ortamında yürütülmesi açısından pahalı ve zaman alıcı bir uygulamadır. Diğer yandan, saha şartlarında silaj açılmadan mikrobiyal bozulmayı belirlemek zordur (Sürü ve ark., 2022). Silaj teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte aerobik stabilite üzerine yapılan çalışmalar da geliştirilmiştir. Bu teknolojilerden biri de termal kameralardır. Son dönemlerde termal kameralar, silajın fermentasyon ve aerobik stabilite dönemlerinde kullanılmaktadır. Bu konu hakkında yapılan çalışmalarda, sıcaklık ölçümü hava koşullarından (güneşli, bulutlu, yağmurlu vb.), silaj yüzeyinin doğrudan güneş ışığına maruz kalmasından, günün saatinden, rüzgârdan ve malzemenin homojenliğinden etkilendiği belirtilmiştir (Addah ve ark., 2012; Ünal ve ark., 2018; Koç ve ark., 2018; Koç ve Erdoğan, 2020; Koç ve ark., 2020). Bu araştırmada aerobik

stabilite öncesi katkı ilave edilmiş sorgum silajlarının farklı aerobik stabilite değerlendirme yöntemleri aracılığı ile değerlendirmeleri yapılarak sahaya yönelik öneriler geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yem materyali

Araştırmanın bitkisel materyalini oluşturan sorgum silajı Tekirdağ ilinin Malkara ilçesine bağlı Müstecep köyünden temin edilmiştir. Silajlık materyaller 100 kg'lık plastik torbalarda 45 gün süre ile silolanmıştır. Silajı yapılan sorgum çeşidi Es Hyperion'dur. 120 kg sorgum silajı laboratuvar ortamına getirilmiştir. Daha sonra materyaller yaklaşık 30 kg'lık 4 muamele grubuna ayrılmıştır. Muamele grupları sırası ile su katkılı kontrol (K +), su katkısız kontrol (K-), *Lactobacillus buchneri* (LAB), propiyonik asit (PA)'ten oluşmaktadır. Katkı maddesi ilavesinden sonra her muamele grubu 5'er kg'lık 6 tekrarlamalı olacak şekilde strafordan oluşturulan 50*20*40 cm (boy*derinlik*en cm) ebatlarında kaplara konuşmuş ve 7 gün süre ile havaya maruz bırakılmıştır. Aerobik stabilite etkisini ortaya koyabilmek amacı ile her bir muamele grubundan 0, 2, 4 ve 7. günlerde örnek alınarak aerobik stabilite parametrelerine bakılmıştır.

2.2. Katkı maddeleri

İnokulant (İ) Heterofermantatif LAB inokulantı (NCIMB 40788-CNCM I-4323; Lalsil AS, Lallemand Inc., Canada) *Lactobacillus buchneri* içermekte olup firma önerisi doğrultusunda silajlara 3x10⁸ kob/g olacak şekilde ilave edilmiştir.

Organik asit: Propiyonik asit temelinde dayalı bir koruyucu olup (KOFA®): Üretici firmanın bildirdiğine göre ürün bileşiminde 507.000 mg kg⁻¹ propiyonik asit, 240.000 mg kg⁻¹ sodyum propiyonat, 20.000 mg kg⁻¹ sorbik asit, 20.000 mg kg⁻¹ propandiol ve % 25 su içermektedir. Silajlara % 1.5 düzeyinde katılmıştır.

2.3. Kimyasal ve mikrobiyolojik analizler

Araştırma süresince aerobik stabilite başlangıcında ve aerobik stabilitenin 2, 4 ve 7. günlerinde kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Araştırma süresince örnekler üzerinde pH Chen ve ark. (1994), suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) Dubois ve ark. (1956), laktik asit analizleri (LA) Koç ve Coşkuntuna (2003)'nın bildirdikleri spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir. Maya sayımları ve CO₂ ölçümü Seale ve ark. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca aerobik stabilite döneminde silaj örneklerindeki sıcaklık değişimi ve ortam sıcaklığı 7 gün süreyle (hobo pentant data logger) takip edilmiştir (Chen ve ark., 1994). Aerobik stabilite süresince, T200 IR marka termal kamera ile 1 m mesafeden silaj örneklerinde her muamele grubundan 3 tekerrürlü olmak üzere görüntüleme yapılarak değerlendirme sonuçları kaydedilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler ThermaCAM software programında değerlendirilmiştir.

2.4. İstatistiksel analizler

Elde edilen verilerin istatistik analizleri Statistica paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde, gruplar arası farklılığın belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi, grup etkilerinin karşılaştırmasında ise Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Parametreler arasındaki ilişkiyi incelemek için pearson korelasyon analiz testi uygulanmıştır (Soysal, 2000).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Aerobik stabilite parametreleri

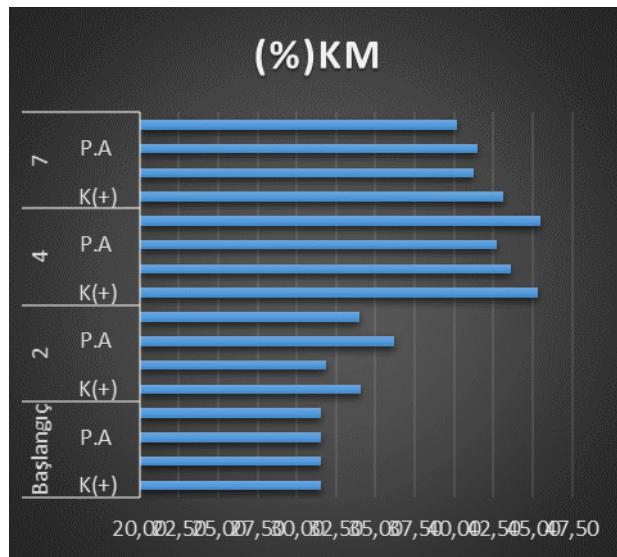
Sorgum silajının aerobik stabilite süresince saptanan parametrelerine ilişkin analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Sorgum silajının KM değerleri % 31.50-45.48 arasında değişmektedir. En yüksek KM değeri aerobik stabilitenin 4. günündeki LAB grubunda görülürken, en

düşük KM değeri aerobik stabilitenin başlangıç grubundaki muamelelerinde görülmüştür (Şekil 1). Silajların kuru madde içeriği bakımından değerlendirildiğinde; aerobik stabilite süresince muamele grupları arasındaki farklılık önemli saptanırken ($P<0.001$), silaj grupları arasındaki farklılık ise istatistik olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Mısır silajlarına LAB katkısının KM kaybına neden olduğunu belirtilmektedir (Nishino ve ark., 2003; Kleinschmit ve Kung, 2006; Hu ve ark., 2009). Kung (2010), *Lactobacillus buchneri* ilave edilen birçok silajda az miktarda KM kaybının olduğunu ve bu silajlarla beslenen hayvanlarda olumsuz bir etkinin gözlemlenmediğini bildirmektedir.

Sorgum silajının pH değerleri 4.14-7.14 arasında değişmiştir. En düşük pH değeri aerobik stabilitenin başlangıcındaki muamele gruplarında görülürken, en yüksek pH değeri aerobik stabilitenin 7. günündeki K (-) grubunda görülmüştür. Sorgum silajında aerobik stabilite süresi arttıkça pH değerleri artmıştır (PA grubu hariç). Tabacco ve ark. (2011), silajla besleme döneminde havaya maruz kalmasının SÇK'nın ve fermentasyon son ürünlerinin karbondioksit ve suya dönüşümünde etkili olan mayaların

aktivitesini arttırdığını ve buna bağlı olarak da silajda ısı artışı, pH artışının ve KM kayıplarının olduğunu bildirmektedirler. Sorgum silajında pH bakımından, en düşük değer PA grubunda görülmüştür. En yüksek pH değerleri ise K (-) grubunda görülmüş ve muameleler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Mısır silajlarında LAB katkısının pH düzeyini düşürdüğü tespit edilmiştir (Hu ve ark., 2009; Kristensen ve ark., 2010; Erten ve ark., 2022).

Sorgum silajının CO₂ değerleri 0-24.17 g kg⁻¹, KM arasında değişmiştir. En düşük CO₂ değeri aerobik stabilitenin başlangıcındaki muamele gruplarında görülürken, en yüksek CO₂ değeri aerobik stabilitenin 7. günündeki K (-) grubunda görülmüştür. Sorgum silajında aerobik stabilite süresi arttıkça CO₂ seviyesi de artmıştır (LAB ve PA grupları hariç) ($P<0.001$). Sorgum silajında CO₂ bakımından, en düşük değer PA grubunda görülmüştür. En yüksek CO₂ değerleri ise K (-) grubunda görülmüş ve muameleler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Benzer olarak, Erten ve ark. (2022) yeniden silolanan mısır silajına PA katkısının CO₂ miktarını düşürdüğünü bildirmiştir.



Şekil 1. Sorgum silajlarının % KM değerleri

Tablo 1. Sorgum silajlarının aerobik stabilite süresince saptanan parametreleri

Parametre	Gün	K (+)	K (-)	PA	LAB	SEM	P
KM %	0	31.50	31.50	31.50	31.50	-	-
	2	34.09	31.85	36.16	33.96	0.622	0.083
	4	45.35	43.59	42.72	45.48	0.640	0.378
	7	43.13	41.24	41.52	40.18	0.954	0.800
pH	0	4.14	4.14	4.14	4.14	-	-
	2	4.21b	4.58a	4.21b	4.21b	0.056	0.007
	4	4.94ab	6.33a	4.22b	4.68ab	0.298	0.035
	7	5.14ab	7.14a	4.4 b	6.01ab	0.378	0.027
CO ₂ g/kg KM	0	0	0	0	0	-	-
	2	4.59	7.20	0.34	0.68	1.241	0.137
	4	8.25ab	13.8a	0.87b	5.98ab	1.834	0.057
	7	23.6a	24.7a	1.35b	11.7ab	3.466	0.019
Maya kob/g KM	0	5.10b	5.81a	5.71a	4.06c	0.175	0.000
	2	8.12a	8.49a	4.18b	5.88ab	0.606	0.008
	4	6.30ab	7.56a	3.75b	6.18ab	0.531	0.045
	7	8.12a	8.61a	4.16b	6.67a	0.565	0.001
LA g/kg KM	0	12.97b	13.68a	12.95b	12.96b	0.073	0.000
	2	11.80ab	12.36a	11.37b	11.64b	0.200	0.007
	4	8.77	9.37	9.90	8.83	0.402	0.078
	7	8.79b	9.92ab	9.87ab	11.22a	0.560	0.017
SÇK g/kg KM	0	0.72	0.60	1.36	0.39	0.330	0.084
	2	0.78a	0.45b	0.89a	0.71ab	0.102	0.014
	4	0.64	0.18	0.74	0.53	0.260	0.228
	7	0.21	0.19	0.77	0.54	0.292	0.226
Süre							
	0	2	4	7			
KM %	31.50c	34.02c	44.29a	41.52b	0.933	0.000	
pH	4.14b	4.31b	5.05a	5.68a	0.236	0.000	
CO ₂ g/kg KM	0.00c	3.21bc	7.25b	15.38a	2.013	0.000	
Maya kob/g KM	5.17b	6.67a	5.95ab	6.89a	0.413	0.001	
LA g/kg KM	13.14a	11.79b	9.23d	9.95c	0.18	0.000	
SÇK g/kg KM	0.77	0.71	0.52	0.43	0.131	0.046	
Muamele							
	K (+)	K (-)	PA	LAB			
KM %	38.52	37.05	37.98	37.78	0.933	0.475	
pH	4.61a	5.55a	4.24b	4.76b	0.236	0.000	
CO ₂ g/kg KM	9.13ab	11.45a	0.64c	4.61bc	2.013	0.000	
Maya kob/g KM	6.92ab	7.62a	4.04c	6.11b	0.413	0.000	
LA g/kg KM	10.58b	11.33b	11.02ab	11.17b	0.18	0.002	
SÇK g/kg KM	0.59ab	0.35b	0.94a	0.54b	0.131	0.001	

^{a-d}: Aynı satırda farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. K (+): Kontrol pozitif, K (-): Kontrol negatif, LAB: *Lactobacillus buchneri*, PA: Propiyonik asit, KM: Kuru madde (%), CO₂: Karbon dioksit, Maya: Kob/g, KM, LA: Laktik asit (g/kg, KM), SÇK: Suda çözünebilir karbonhidrat (g/kg, KM), SEM: Ortalamaların standart hatası.

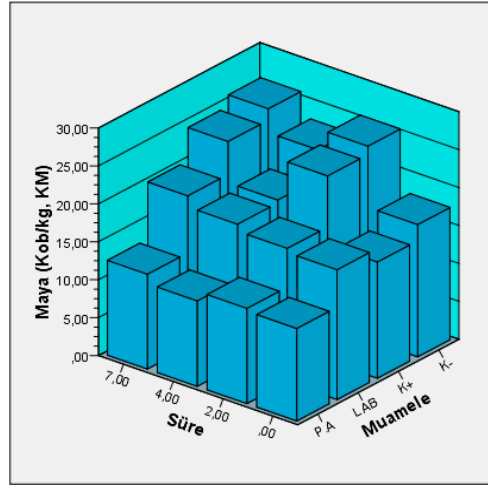
Sorgum silajının maya değerleri 3.75-8.61 Kob g⁻¹, KM arasında değişmiştir (Şekil 2). En yüksek maya değeri aerobik stabilitenin 7. günündeki K (-) grubunda görülürken, en düşük maya değeri aerobik stabilitenin 4. günündeki PA grubunda görülmüş ve muameleler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.001). Sorgum silajında aerobik

stabilite süresi arttıkça maya değerleri de artmıştır (LAB ve PA grupları hariç). Bu durum ise süre interaksyonunun istatistiksel olarak önemli olmasını sağlamıştır (P<0.001). Sorgum silajında PA ve LAB gruplarının maya oluşumu üzerinde baskın olduğu görülmüştür. Benzer olarak, Erten ve ark. (2022) yeniden silolanan mısır silajına PA ve LAB katkısının aerobik

stabilite parametrelerinden maya miktarlarını, kontrol grubuna göre düşürdüğünü bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise mısır silajına PA katkısının kontrol grubuna göre daha az maya içerdiği belirtilmiştir (Filya, 2003).

Sorgum silajının LA değerleri 8.77-13.68 g kg⁻¹, KM arasında değişmiştir. En yüksek LA değeri aerobik stabilitenin başlangıcındaki K (+) grubunda görülürken, en düşük LA değeri aerobik stabilitenin 4. günündeki K (+) grubunda görülmüş ve süre interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.001). Sorgum

silajlarında aerobik stabilite süresine bağlı olarak, LAB grubu hariç diğer gruplarda LA değerleri düşmüştür. Bu durum aerobik stabilite süresinin 7. gününde muameleler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmasını sağlamıştır (K (-) grubu hariç) (P<0.01). Ranjit ve Kung (2000) mısır silajı ile yaptıkları çalışmalarında LAB katkısının LA miktarını kontrol grubuna göre arttırdığını, Nishino ve ark. (2003) ise azalttığını bildirmişlerdir. PA katkılı mısır silajına dayalı toplam rasyon karışımında, kontrol grubuna göre daha düşük LA miktarı olduğu bildirilmiştir (Chen ve Weinberg, 2014).



Şekil 2. Sorgum silajlarının maya değerleri

Fermentasyon süresi sonunda açılan sorgum silajlarında SÇK miktarı 0.18-1.36 g kg⁻¹, KM arasında değişmiştir. En yüksek SÇK değeri aerobik stabilitenin başlangıcındaki PA grubunda görülürken, en düşük SÇK değeri aerobik stabilitenin 4. günündeki K (-) grubunda görülmüş ve muameleler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (P<0.001). Sorgum silajlarında aerobik stabilite süresinin 7. gününde grupların SÇK miktarları düşmüştür (P<0.05). Kung ve ark. (2007) mısır silajlarında LAB katkısının SÇK miktarını kontrol grubuna göre düşürdüğünü bildirmişlerdir. Tabacco ve

ark. (2011) silajda sıcaklık artışı ile birlikte artan aerobik mikroorganizmaların aktivitesinin silaj besin madde içeriğini % 16' lara kadar düşürdüğünü, bu durumda fermentasyon son ürünlerinin ve SÇK değerlerinde azalmaya sebep olduğunu bildirmektedirler. Çalışmaya ait SÇK değerleri önceki literatür bildirişleri ile benzerlik göstermektedir.

3.2. Sorgum silajının aerobik stabilite ölçümü

Sorgum silajının aerobik stabilite parametrelerine ait pearson korelasyon analiz sonuçları Tablo 2'de, aerobik

stabilitede sıcaklık ölçümü için kullanılan T, TK ve SS yöntemlerinin sıcaklık verileri (°C) Şekil 3'te, sorgum silajının aerobik stabilite sürecindeki sıcaklık değerleri Tablo 3'te ve sorgum silajının aerobik stabilite süresince TK görüntüleri de Şekil 4'te verilmiştir. Korelasyon analizine göre, sorgum silajının maya değerleri; CO₂, TK, SS ve T ölçüm yöntemleri ile pozitif yönde önemlilik göstermiştir. CO₂, TK ve SS yöntemleri T yöntemine göre maya değerleri ile daha yakın ilişkilendirilmiştir. Sorgum silajında aerobik stabilite süresinin

2. gününde maya değerleri, K (+) ve K (-) gruplarında başlangıç değerlerine göre hızlı bir şekilde artmıştır. Buna bağlı olarak grupların CO₂, T ve SS verilerinde artış görülmüştür. TK verileri incelendiğinde K (-) grubunda aerobik bozulma olduğu, K (+) grubunda aerobik bozulmanın olmadığı saptanmıştır. Aerobik stabilite süresinin 4. gününde maya değerleri, LAB grubunda artış göstermiştir. Buna bağlı olarak CO₂, T, TK ve SS verilerinde de artış görülmüştür. TK verileri, T ve SS verilerine göre sıcaklık artışını daha iyi belirlemiştir.

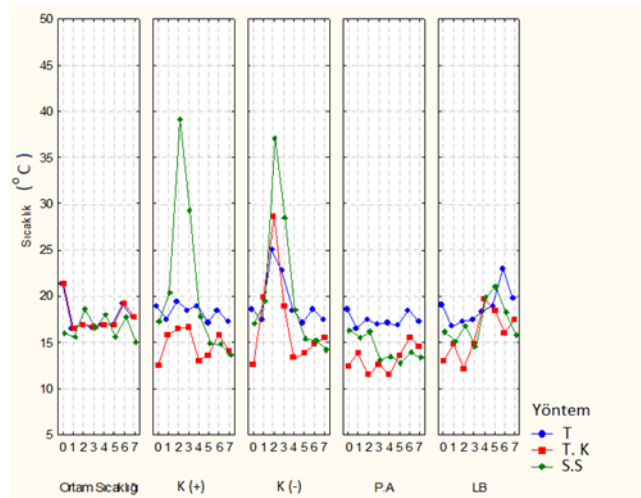
Tablo 2. Aerobik stabilite parametrelerinin pearson korelasyon analiz sonuçları

Korelasyon	M	CO ₂	T	TK	SS
M	1	0.603	0.318	0.511	0.43
CO ₂	0.603	1.000	0.078	0.125	-0.096
T	0.318	0.078	1.000	0.457	0.570
TK	0.511	0.125	0.457	1.000	0.510
SS	0.430	-0.096	0.570	0.510	1.000
P					
M	.	0.000	0.014	0.000	0.001
CO ₂	0.000	.	0.300	0.199	0.258
T	0.014	0.300	.	0.001	0.000
TK	0.000	0.199	0.001	.	0.000
SS	0.001	0.258	0.000	0.000	.

M: Maya, CO₂: Karbon dioksit, T: Termometre, TK: Termal kamera, SS: Sıcaklık Sensörü.

Aerobik stabilite süresinin 7. gününde maya değerleri, LAB grubunda yükselmeye devam etmiştir. Buna bağlı olarak CO₂, T ve

SS verilerinde de artış görülmüştür. T, SS verilerine göre bu sıcaklık artışını daha iyi belirlemiştir.



Şekil 3. Aerobik stabilite için kullanılan T, TK ve SS yöntemlerinin sıcaklık verileri (°C)

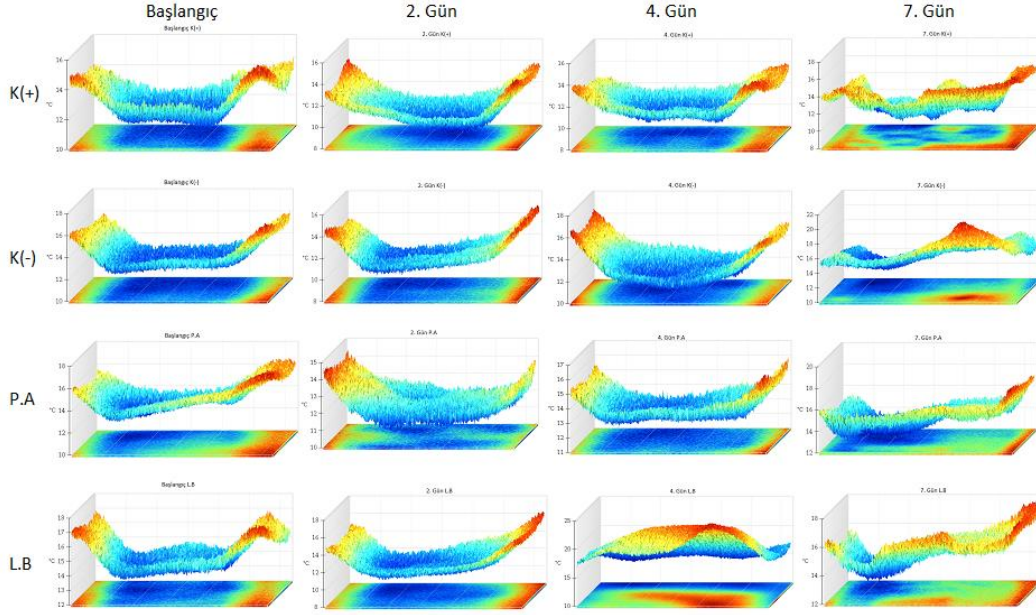
Sorgum silajında en düşük aerobik stabilite süresi K (+) ve K (-) gruplarında görülmüştür. LAB grubu aerobik stabilite süresinin 4. gününe kadar sorgum silajını korumuştur. Bazı araştırmacılar silajlara LAB katkısı, aerobik stabilite süresini kontrol grubuna göre daha fazla koruduğunu bildirmişlerdir (Danner ve ark., 2003; Kleinschmit ve ark., 2005; Kleinschmit ve Kung, 2006). Yitbarek ve Tamir (2014) silaja LAB ilavesinin aerobik stabiliteyi önemli ölçüde geliştirdiğini (kontrol grubunda 26 saat sonra sıcaklık artışının olduğu, LAB muamele grubunda

ise 400 saatten sonra bile fazla sıcaklık artışının olmadığı) bildirmektedirler. Aerobik stabilite sağlayan grup PA katkılı silajlarda görülmüştür. Sonuçları destekler nitelikte, yapılan çalışmalarda silajlara organik asit katkısının pH seviyesinin hızlıca düşürüp, aerobik stabiliteyi iyileştirdiği belirlenmiştir (Koç ve ark., 2010; Erten ve ark., 2022). Yitbarek ve Tamir (2014) propiyonik asidin antimikotik etkisinin, pH düştükçe arttığını ve bunun sonucunda mısır silajının aerobik stabilitesinin korunmasında etkili bir katkı maddesi olduğunu bildirilmektedirler.

Tablo 3. Sorgum silajının aerobik stabilite sürecindeki sıcaklık değerleri

Süre	Grupla	OS	K (+)	K (-)	PA	LAB	SEM	P		
Başlangıç	T	21.40a	18.97b	18.63b	18.63b	19.13b	0.408	0.000		
	TK	21.40a	12.50b	12.60b	12.43b	12.97b	0.807	0.000		
	SS	15.95c	17.28a	17.09a	16.33b	16.19b	0.071	0.000		
1.Gün	T	16.60	17.50	17.43	16.60	16.73	0.445	0.158		
	TK	16.60	15.80	19.93	13.87	14.83	2.108	0.117		
	SS	15.57b	20.38a	19.47a	15.47b	15.09b	0.550	0.000		
2.Gün	T	16.90b	19.47ab	25.07a	17.47b	17.27b	1.980	0.010		
	TK	16.90ab	16.47ab	28.70a	11.50b	12.17b	4.102	0.012		
	SS	18.62b	39.11a	37.06a	16.14b	16.80b	0.981	0.000		
3.Gün	T	16.70	18.50	22.80	16.97	17.47	2.274	0.116		
	TK	16.70	16.67	18.87	12.67	14.83	2.535	0.230		
	SS	16.62b	29.31a	28.56a	13.08b	14.51b	2.960	0.000		
4.Gün	T	16.90	19.03	18.47	17.20	18.37	1.218	0.407		
	TK	16.90	13.00	13.33	11.50	19.70	2.566	0.053		
	SS	18.05	17.85	18.52	13.51	19.88	2.841	0.294		
5.Gün	T	16.90b	17.17b	17.13b	16.83b	18.93a	0.501	0.010		
	TK	16.90ab	13.67b	13.83b	13.67b	18.40a	1.578	0.036		
	SS	15.57	14.9	15.38	12.79	21.07	3.053	0.166		
6.Gün	T	19.2	18.57	18.57	18.5	23.03	1.985	0.183		
	TK	19.20a	15.83b	14.83b	15.50b	16.07b	0.728	0.001		
	SS	17.76	14.8	15.19	13.94	18.33	1.525	0.620		
7.Gün	T	17.70b	17.27b	17.47b	17.27b	19.77a	0.379	0.000		
	TK	17.70a	14.17b	15.50ab	14.67a	17.47ab	1.072	0.024		
	SS	15.50ab	13.65bc	14.23bc	13.37c	15.76a	0.431	0.001		
Muamele										
		O.S	K (+)	K (-)	PA	LAB				
	T	17.79bc	18.31abc	19.45a	17.43c	18.84ab	0.489	0.000		
	TK	17.79a	14.76bc	17.20a	13.22c	15.80ab	0.782	0.000		
	SS	16.64b	20.91a	20.69a	14.33c	17.20b	0.684	0.000		
Süre										
Gruplar	0	1	2	3	4	5	6	7	S	P
T	19.35a	16.97c	19.23ab	18.49abc	19.99a	19.39bc	19.59a	19.89	0.	0.000
TK	14.38	16.21	17.15	15.95	14.89	15.29	16.29	15.90	0.	0.159
SS	16.57cd	17.20c	25.55a	20.42b	17.56c	15.94cd	16.00cd	14.40	0.	0.000

^{a-d}: Aynı satırda farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. K (+): Kontrol pozitif, K (-): Kontrol negatif, LAB: *Lactobacillus buchneri*, PA: Propiyonik asit, T: Termometre, TK: Termal kamera, SS: Sıcaklık Sensörü, SEM: Ortalamaların standart hatası.



Şekil 4. Sorgum silajının aerobik stabilite süresince TK görüntüleri

4. Sonuçlar

Silajların besin madde değerlerini ve aerobik stabilitesini artırmak için çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerinden en yaygın olanları laktik asit bakteri inokulantları (LAB) ve organik asitlerdir. LAB inokulantları ve organik asitler katıldığı silajın pH seviyesini düşürerek, istenmeyen zararlı mikroorganizmaların gelişmesini engellemektedir. Bu durum ise silajın daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada laktik asit bakteri katkısının aerobik stabilite süresini kontrol gruplarına göre arttırdığı, PA katkısının ise aerobik bozulmayı önlediği belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, sorgum silajında maya değerlerindeki değişimler ele alınarak, klasik metot olan CO₂, termometre, termal kamera ve sensör ile sıcaklık ölçümlerinin aerobik stabilite tespitinde benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Pearson korelasyon analiz sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda, sorgum silajındaki maya değerlerinin tespitinde CO₂, termal kamera ve sensör ölçüm verilerinin termometre ile ölçüm yöntemine göre daha iyi olduğu

belirlenmiştir. Sonuç olarak, aerobik stabilite ölçümleri ele alındığında, klasik metot olan CO₂ miktarının ölçümü, zor ve zahmetli bir metot olmasının yanında, kullanılan kimyasallar bakımından da pahalı bir yöntemdir. Aynı zamanda bu yöntemin saha şartlarında kullanılması zordur. Saha şartlarında aerobik bozulmayı önceden tespit edebilmek için termal kamera ve sensör ölçümleri daha kullanışlıdır. Silajlarda aerobik stabilite ölçümlerinde, doğru sonuç alabilmek için kullanım yöntemi pratik olan termal kamera ve sensör ölçüm yönteminin kullanılması önerilebilir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Addah, W., Baah, J., Okine, K., McAllister, T.A., 2012. Use of thermal imaging and the in situ technique to assess the impact of an inoculant with feruloyl esterase activity on the aerobic stability and digestibility of barley silage. *Canadian Journal of Animal Science*, 92: 381-394.
- Ashbell, G., Weinberg, Z.G., Azriel, A., Hen, Y., Horev, B.A., 1991. Simple system to study the aerobic deterioration of silages. *Canadian Agriculture Engineering*, 33: 391-393.
- Chen, J., Stokes, M.R., Wallace, C.R., 1994. Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 77(2): 501-512.
- Chen, Y., Weinberg, Z.G., 2014. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. *Journal of Dairy Science*, 97(1): 406-410.
- 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.
- Dubois, M., Giles, K., Hamilton, J.K., Rebes, P.A., Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.
- Erten, K., Kaya, A., Koç, F., 2022. Bakteriyel inokulant ve organik asit ilavesi ile yeniden silolamanın mısır silajının aerobik stabilitesi ve in vitro gaz üretim parametreleri üzerine olan etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(4): 2568-2580.
- Filya, I., Ashbell, G., Hen, Y., Weinberg, Z.G., 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Animal Feed Science and Technology*, 88(1-2): 39-46.
- Filya, I., 2003. 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(5): 1080-1086.
- Gül, S., Coskuntuna, L., 2022. Effects of molasses, bacterial inoculant and enzyme+ bacterial inoculant addition on silage characteristics, in vitro organic matter digestibility and metabolisable energy content of grass silage. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(5):3699-3707
- Hu, W., Schmidt, R.J., McDonell, E.E., Klingerman, C.M., Kung Jr, L., 2009. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of Dairy Science*, 92(8): 3907-3914.
- Keady, T.W.J., 2000. Beyond the science: what the farmer looks for in the production of silage. In *Biotechnology in the feed industry. Proceedings of Alltech's 16th annual symposium*, Nottingham University Press, Nottingham, pp. 439-452.
- Kleinschmit, D.H., Schmidt, R.J., Kung Jr, L., 2005. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 88(6): 2130-2139.
- Kleinschmit, D.H., Kung Jr, L., 2006. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of dairy Science*, 89(10): 4005-4013.

- Koç, F., Coşkuntuna, L., 2003. Silo yemlerinde organik asit belirlemede iki farklı metodun karşılaştırması. *Hayvansal Üretim*, 44(2): 37-46.
- Koç, F., Coşkuntuna, L., Özdüven, M.L., Coşkuntuna, A., 2010. Farklı ortam sıcaklıklarında organik asit kullanımının fiğ-tahıl silajlarında fermantasyon gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 159-165.
- Koç, F., Özdüven, M.L., Demirci, A.Ş., Şamlı, H.E., 2018. Mısır silajlarında saha şartlarında aerobik stabilite süresince mikrobiyal kompozisyondaki değişikliklerin termal kamera görüntüleme tekniği ile değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(2): 167-174.
- Koç, F., Erdoğan, A., 2020. Saha şartlarında aerobik stabilite süresince mikrobiyal kompozisyondaki değişikliklerin termal kamera görüntüleme tekniği ile değerlendirilmesi. *Hayvansal Üretim*, 61(1): 9-16.
- Koç, F., Ağma Okur, A., Okur, E., 2020. Sodyum diesat ve sodyum benzoat ilavesinin yüksek nemli mısır silajlarının aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(2): 289-302
- Kristensen, N.B., Sloth, K.H., Højberg, O., Spliid, N.H., Jensen, C., Thøgersen, R., 2010. Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal of Dairy Science*, 93(8): 3764-3774.
- Kung, Jr, L., Schmidt, R.J., Ebling, T.E., Hu, W., 2007. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 90(5): 2309-2314.
- Kung, Jr., L., 2010. A Review on Silage Additives and Enzymes. Department of Animal and Food Sciences University of Delaware Newark, DE 19717-1303.
- Liu, J.X., Guo, J., 2010. Ensiling crop residues. Zhejiang University and China National Breeding Stock Import and Export Corporation.
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E., 1991. The biochemistry of silage. Second Edition. Chalcombe Publication, Marlow, England.
- Nishino, N., Yoshida, M., Shiota, H., Sakaguchi, E., 2003. Accumulation of 1, 2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. *Journal of Applied Microbiology*, 94(5): 800-807.
- Ranjit, N.K., 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.
- Seale, D.R., Pahlow, G., Spoelstra, S.F., Lindgren, S., Dellaglio, F., Lowe, J.F., 1990. Methods for the microbiological analysis of silage. Grovfoder (Sweden).
- Soysal, İ., 2000. Biometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları) TÜ. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın no: 95.
- Sürü, Ö., Erten, K., Koç, F., 2022. Silajlarda aerobik stabilitenin değerlendirilmesinde kullanılan metodlar, 15.Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresi, 9-11 Mayıs, Adana, s. 139.

- Tabacco, E., Righi, F., Quarantelli, A., Borreani, G., 2011. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. *Journal of Dairy Science*, 94: 1409-1419.
- Taştan, V., Coşkuntuna, L., 2016. Koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.) silajlarında farklı katkı maddeleri kullanımının silaj fermantasyonu üzerine etkileri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, s. 1-56.
- Ünal, Ö., Koç, F., Ağma Okur, A., Okur, E., Özdüven, M.L., 2018. Mısır ve buğday silajlarının termal kamera görüntüleme tekniği kullanılarak aerobik stabilitesinin değerlendirilmesi. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 33(1): 55-63.
- Yıtbarek, M.B., Tamir, B., 2014. Silage additives. *Open Journal of Applied Sciences*, 4: 258-274.
- Yurtman, İ.Y., Koç, F., Özdüven, M.L., Erman, S., 1997. Silaj üretiminde mikrobiyal katkı maddelerinin kullanımı. *Trakya Bölgesi II. Hayvancılık Sempozyumu*, 9-10 Ocak, Tekirdağ, s. 346-351.

Atıf Şekli

Gül, S., Erten, K., Coşkuntuna, L., Koç, F., 2023. Sorgum Silajına Farklı Katkı Maddeleri İlavesinin Aerobik Stabilite Üzerine Etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3):681-692.
DOI: <https://doi.org/10.18016/10.5281/zenodo.8361977>.

To Cite

Gül, S., Erten, K., Coşkuntuna, L., Koç, F., 2023. Effects of Addition of Different Additives to Sorghum Silage on Aerobic Stability. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3):681-692.
DOI: <https://doi.org/10.18016/10.5281/zenodo.8361977>.
