

**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)



J. Anim. Prod., 2020, 61 (1): 9-16  
DOI: 10.29185/hayuretim. 538180

Abdurrahman ERDOĞAN 0000-0003-3959-3387  
Fisun KOÇ 0000-0002-5978-9232

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Zootekni Bölümü-Tekirdağ

Corresponding author: fkoc@nku.edu.tr

## Saha Şartlarında Aerobik Stabilité Süresince Mikrobiyal Kompozisyondaki Değişikliklerin Termal Kamera Görüntüleme Tekniğı ile Değerlendirilmesi\*

Evaluation of the Changes in Microbial Composition in Farm Conditions During Aerobic Stability Using Thermal Camera Imaging Technique

\* Bu makale ilk yazarn yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Alınış (Received): 11.03.2019

Kabul tarihi (Accepted): 07.08.2019

### Anahtar Kelimeler:

Aerobik stabilite, kızılötesi (Infrared/IR) termografi tekniğı, mikrobiyal kompozisyon.

### Keywords:

Aerobic stability, infrared thermography technique, microbial composition.

### ÖZ

**Amaç:** Araştırmanın ana amacı; Termal Kamera Görüntüleme Tekniğinin, silajdaki aerobik dönemde meydana gelen bozulmanın boyutları hakkında güvenilir ve pratik bir ölçü aracı olarak kullanılıp kullanılmayacağını tespit etmektir.

**Materyal ve Yöntem:** Araştırma Tekirdağ ilinde mısır silajı yapan bir işletmede yürütülmüştür. Bu amaçla toprak üstü silonun yüzey alanı (sağ, orta ve sol bölge) olmak üzere 3 örnekleme bölgesine ayrılmıştır. Her bir bölgedeki sıcaklık değerleri ve ortam sıcaklığı 40 gün süreyle sıcaklık sensörleri ile ölçülüp kaydedilmiştir. Araştırmanın 0., 7., 14., 21., 30. ve 40. günlerinde silonun belirlenen 3 farklı noktasından 5 tekrerr olmak üzere alınan silaj örneklerinde kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelere ilişkin analizler yürütülmüştür. Aynı zamanda, Fluke Ti9 IR (160x120) marka termal kamera ile 1 m mesafeden silo yüzeyinin belirlenen bölgelerinden görüntüleme yapılarak değerlendirme sonuçları kaydedilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler SmartView®software programında değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Araştırma sonucunda, termal kamera görüntüleme tekniğı ve sıcaklık sensörlerine ilişkin değerlerin paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Termal kameranın, aerobik stabilitenin erken döneminde bozulmanın boyutlarını belirleyebilmek ve silaj amenajmanını geliştirmek amacı ile saha şartlarında pratik bir yöntem olarak kullanılabilceğı sonucuna varılmıştır.

### ABSTRACT

**Objective:** The main purpose of the research is to determine whether Thermal Camera Imaging Technique can be used as a reliable and practical means of measurement tool about the extent of spoilage occurred in silage during the aerobic period.

**Material and Methods:** The research was carried out in a silage plant in the city of Tekirdağ. For this purpose, the surface area of the overlying silo is divided into 3 sampling regions (right, middle and left region). Temperature values and ambient temperature in each zone were measured and recorded through temperature sensors for 40 days. Analysis regarding chemical and microbiological parameters was carried out on silage samples taken from 3 different fixed points of the silo at the 0<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup>, 21<sup>st</sup>, 30<sup>th</sup> and 40<sup>th</sup> days of the study. At the same time, the Fluke Ti9 IR (160x120) thermal imaging camera was used at a distance of 1 meter to record imaging from constant points in the silo surface and thus the result assessment was ascertained. The data obtained were then evaluated in the SmartView®software program.

**Results:** As a result, it was determined in this study that the values regarding thermal camera imaging technique and temperature sensors were parallel.

**Conclusion:** In addition, it was concluded that the thermal imaging can be used as a practical method in the field conditions to determine the dimensions of deterioration in the early period of aerobic stability and to improve the silage management.

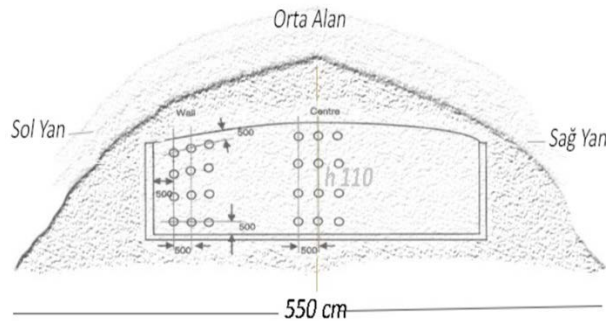
## GİRİŞ

Aerobik stabilite açılan bir silajın ısınmadan ve bozulmadan kaldığı sürenin uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Aerobik stabilite değerlendirilirken, farklı metotlardan yararlanılmaktadır. Bazı çalışmalarda, aerobik stabilite süresi silaj sıcaklığının ortam sıcaklığının 2 °C üzerine yükselmeden önce, stabil kaldığı süre olarak tanımlanmakta ve ortam, silaj sıcaklığı sensör verileri ile ölçülerek değerlendirme yapılmaktadır (Ranjit ve Kung, 2000). Bazı araştırmalarda ise pH, CO<sub>2</sub> ve mikrobiyal kompozisyona ve görsel küflenmeye ilişkin veriler değerlendirilmektedir (Ashbell ve ark. 1991, Filya ve ark. 2000). Son dönemlerde termal kameralarında silajlarda gerek fermentasyon gerekse aerobik stabilite döneminde kullanılmasına yönelik çalışmalarda devreye sokulmuştur. Bu konuda yapılan araştırmalar ise termal kamera görüntüleme tekniğinin, aerobik stabilite döneminde değerlendirme yöntemi olarak kullanılabileceği yönündedir (Addah ve ark. 2012; Koç ve ark. 2018; Ünal ve ark. 2018).

Bu çalışmada, saha koşullarında toprak üstü geçici siloda yapılan silajın mikrobiyal kompozisyonu ile aerobik stabilite arasındaki ilişkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda termal kamera ile silaj yüzey fotoğrafları kaydedilerek, silo yüzeyindeki sıcaklık dağılımı ile mikrobiyal kompozisyon arasında bir ilişkinin olup olmadığı değerlendirilmiştir. Bu sayede, termal kamera görüntüleme tekniğinin aerobik stabilitenin erken döneminde bozulmanın boyutlarını belirleyebilmek amacıyla kullanılıp kullanılmayacağı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma Tekirdağ ili Köseilyas köyünde 2. ürün mısır silajı yapan bir işletmede (15 Nisan 2017 - 24 Mayıs 2017) tarihleri arasında yürütülmüştür. Bu amaçla toprak üstü silonun yüzey alanı (sağ, orta ve sol) olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Toprak üstü silonun örnek alınan bölgeleri  
Figure 1. Sampled areas of bunker silo

Araştırmanın 0., 7., 14., 21., 30. ve 40. günlerinde silajların belirlenen 3 farklı noktasından 5 tekrerrür olacak şekilde alınan mısır silaj örneklerinde kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelere ilişkin analizler yürütülmüştür. Silajların oksijenle temas ettiği 40 günlük sürede silajlarda pH, kuru madde (KM), laktik asit (LA), suda çözünebilir karbonhidratlar (SÇK), amonyağa bağlı nitrojen (NH<sub>3</sub>-N), mikrobiyolojik kompozisyona ilişkin olarak laktik asit bakterileri (LAB), maya ve küf sayımları yapılmıştır. Araştırmada pH, Chen ve ark. (1994), KM analizi Akyıldız (1984), NH<sub>3</sub>-N ve SÇK analizleri Anonim (1986), LA analizi Koç ve Coşkuntuna (2003)'nın bildirdikleri spektrofotometrik yöntem ile saptanmıştır. LAB, maya ve küf sayımları Seale ve ark. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. LAB için besi ortamı olarak MRS Agar, maya ve küfler için Malt Ekstrakt Agar kullanılmıştır. Örneklere ait LAB sayımları 30°C'de 3 günlük, maya ve küfler için 30°C'de 5 günlük sıcaklıkta inkübasyon dönemlerini takiben yapılmıştır. Aerobik stabilite döneminde silaj örneklerindeki sıcaklık değişimleri ve ortam sıcaklığı 40 gün süreyle 30 dakikada bir (hobo pentant data logger) takip edilmiştir (Chen ve ark. 1994).

Aynı zamanda, Fluke Ti9 IR (160x120) marka termal kamera ile 1 m mesafeden silo yüzeyinin belirlenen bölgelerinden görüntüleme yapılarak değerlendirme sonuçları kaydedilmiştir. Elde edilen veriler SmartView® software programında değerlendirilmiştir.

Araştırmada elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesinde varyans analizi, gruplar arasında farklılığın belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Soysal, 1993). Bu amaçla Statistica (1999) paket programı kullanılmıştır.

## BULGULAR

Araştırmanın yürütüldüğü toprak üstü geçici siloya ilişkin genel bilgiler Çizelge 1 'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Silaj materyalinin alındığı silonun genel özellikleri

Table 1. General characteristics of silo taken silage material

Silo boyutları (m) (en x boy x yükseklik)	5.5x17x1.10
Miktar (ton)	45
Fermentasyon süresi (gün)	180

Araştırmanın yürütüldüğü işletmeye ilişkin aerobik stabilite döneminin (0., 7., 14., 21., 30. ve 40.) günlerinde kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelere ilişkin değerler Çizelge 2' de verilmiştir. Silo bölgeleri (sağ, orta ve sol) silajların KM, pH, SÇK (P<0.01), LAB ve küf değerleri üzerinde etkili olmuştur (P<0.001).



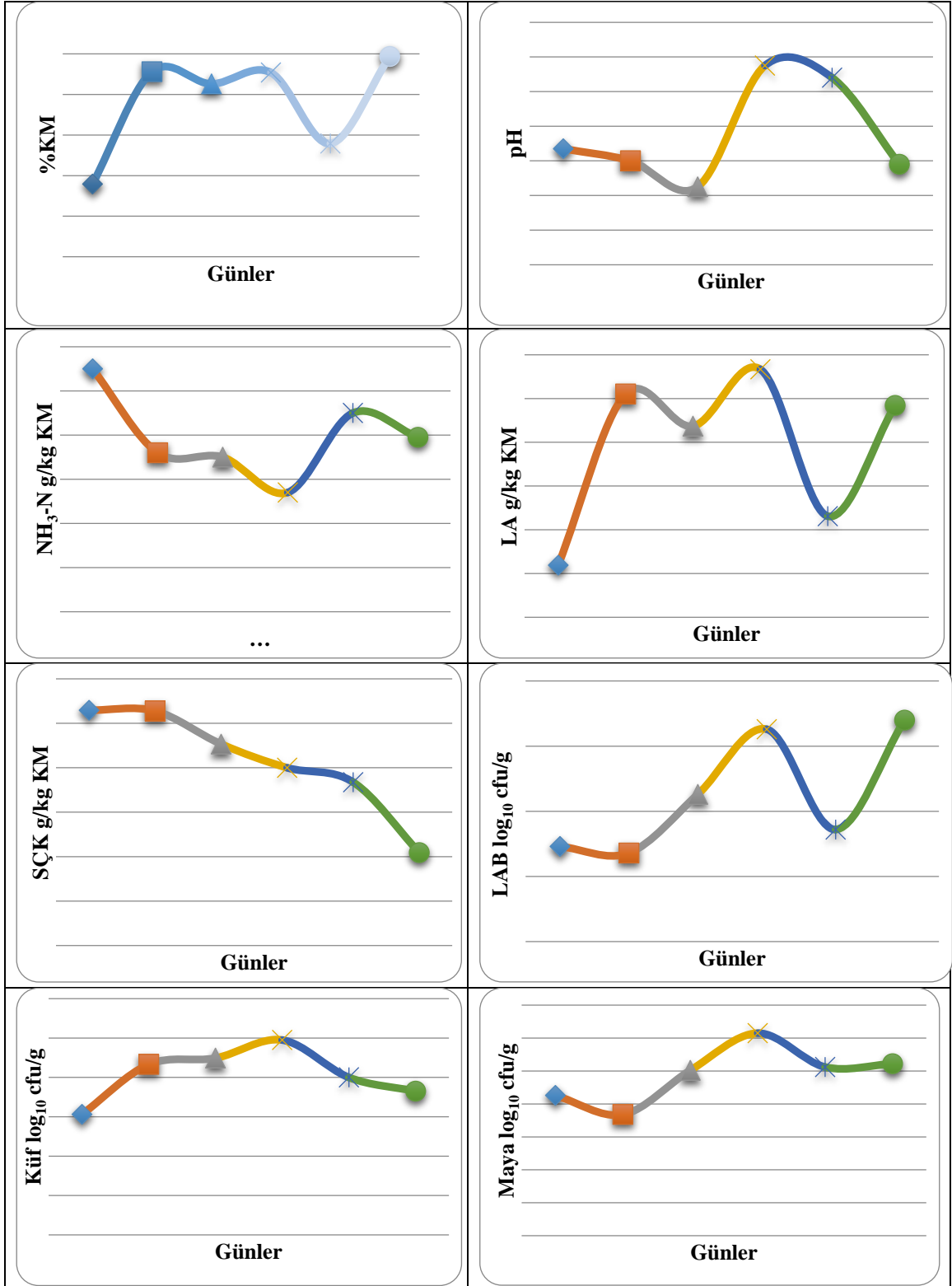
Aerobik stabilite süresi ise silajların KM, pH, NH<sub>3</sub>-N, LA, SÇK, LAB ve küf sayıları (P<0.001) düzeyinde etkili olmuştur. Bölge ve aerobik stabilite süresi interaksyonu ise silajların KM, pH, NH<sub>3</sub>-N, LA, SÇK, LAB ve küf sayıları üzerinde (P<0.001) düzeyinde etkili olmuştur. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların KM, pH, maya ve küf değerleri artarken SÇK değeri ise düşmüştür.

**Çizelge 2.** Aerobik stabilite süresince mısır silajında kimyasal ve mikrobiyal kompozisyondaki değişiklikler  
**Table 2.** Changes in chemical and microbial composition of corn silage during aerobic stability

BÖLGE	GÜN	SİLO SICAKLIĞI ORTALAMA °C	KM, %	pH	NH <sub>3</sub> -N, g/kg KM	LA, g/kg KM	LAB, cfu/g KM	Maya cfu/g KM	Küf, cfu/g KM	SÇK, g/kg KM
SOL			26,60 <sup>b</sup>	4,43 <sup>b</sup>	0,77	92,62	5,04 <sup>b</sup>	4,87	3,40 <sup>c</sup>	79,32 <sup>b</sup>
SAĞ			28,64 <sup>a</sup>	4,51 <sup>b</sup>	0,82	95,95	5,27 <sup>a</sup>	4,87	3,88 <sup>b</sup>	86,22 <sup>a</sup>
ORTA			27,64 <sup>ab</sup>	4,73 <sup>a</sup>	0,82	95,14	5,14 <sup>b</sup>	4,99	4,95 <sup>a</sup>	83,19 <sup>ab</sup>
<b>SH</b>			<b>0,46</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>1,66</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,09</b>	<b>1,44</b>
Gün (ortalama)	<b>0.GÜN</b>	18,05	23,58 <sup>c</sup>	4,47 <sup>b</sup>	1,10 <sup>a</sup>	80,95 <sup>b</sup>	4,73 <sup>de</sup>	4,26 <sup>c</sup>	3,06 <sup>e</sup>	105,89 <sup>a</sup>
	<b>7. GÜN</b>	15,53	29,12 <sup>a</sup>	4,40 <sup>b</sup>	0,72 <sup>bc</sup>	100,52 <sup>a</sup>	4,68 <sup>e</sup>	3,68 <sup>d</sup>	4,33 <sup>bc</sup>	105,57 <sup>a</sup>
	<b>14. GÜN</b>	26,51	28,52 <sup>a</sup>	4,25 <sup>b</sup>	0,77 <sup>b</sup>	96,84 <sup>a</sup>	5,13 <sup>c</sup>	5,02 <sup>b</sup>	4,49 <sup>b</sup>	90,67 <sup>b</sup>
	<b>21. GÜN</b>	23,04	29,08 <sup>a</sup>	4,95 <sup>a</sup>	0,54 <sup>c</sup>	103,34 <sup>a</sup>	5,63 <sup>b</sup>	6,15 <sup>a</sup>	4,95 <sup>a</sup>	80,00 <sup>c</sup>
	<b>30. GÜN</b>	31,11	25,58 <sup>b</sup>	4,88 <sup>a</sup>	0,90 <sup>ab</sup>	86,55 <sup>b</sup>	4,86 <sup>d</sup>	5,12 <sup>b</sup>	4,00 <sup>cd</sup>	73,50 <sup>d</sup>
	<b>40. GÜN</b>	26,60	29,87 <sup>a</sup>	4,38 <sup>b</sup>	0,79 <sup>b</sup>	99,21 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	5,22 <sup>b</sup>	3,65 <sup>d</sup>	41,83 <sup>e</sup>
<b>SH</b>			<b>0,64</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>2,34</b>	<b>0,05</b>	<b>0,08</b>	<b>0,13</b>	<b>2,04</b>
SOL	<b>0.GÜN</b>	18,66	25,72 <sup>cd</sup>	4,70 <sup>cd</sup>	0,91 <sup>b-e</sup>	84,80 <sup>fg</sup>	4,39 <sup>e</sup>	4,37 <sup>c</sup>	2,04 <sup>i</sup>	103,68 <sup>ab</sup>
	<b>7. GÜN</b>	14,60	26,76 <sup>de</sup>	4,40 <sup>e-i</sup>	0,50 <sup>bc</sup>	90,62 <sup>fg</sup>	4,47 <sup>c</sup>	3,47 <sup>d</sup>	3,38 <sup>i</sup>	104,76 <sup>a</sup>
	<b>14. GÜN</b>	25,17	28,89 <sup>f</sup>	4,45 <sup>d-f</sup>	0,70 <sup>a</sup>	104,39 <sup>g</sup>	4,72 <sup>cd</sup>	4,60 <sup>c</sup>	3,55 <sup>b-e</sup>	86,50 <sup>ab</sup>
	<b>21. GÜN</b>	22,50	28,35 <sup>cd</sup>	5,25 <sup>d-h</sup>	0,50 <sup>e</sup>	104,77 <sup>d-f</sup>	5,92 <sup>e</sup>	6,23 <sup>d</sup>	4,81 <sup>gh</sup>	74,00 <sup>ab</sup>
	<b>30. GÜN</b>	29,18	21,40 <sup>bc</sup>	3,85 <sup>c-e</sup>	1,18 <sup>b-e</sup>	77,12 <sup>a-c</sup>	4,88 <sup>c</sup>	5,16 <sup>d</sup>	3,40 <sup>e-h</sup>	70,50 <sup>ab</sup>
	<b>40. GÜN</b>	25,42	28,48 <sup>ab</sup>	3,95 <sup>f-i</sup>	0,87 <sup>b-e</sup>	94,01 <sup>ab</sup>	5,89 <sup>de</sup>	5,39 <sup>d</sup>	3,25 <sup>a</sup>	36,50 <sup>ab</sup>
SAĞ	<b>0.GÜN</b>	17,27	24,47 <sup>bc</sup>	4,20 <sup>d-g</sup>	0,97 <sup>c-e</sup>	81,42 <sup>a-c</sup>	4,95 <sup>cd</sup>	3,85 <sup>c</sup>	2,54 <sup>f-h</sup>	107,50 <sup>cd</sup>
	<b>7. GÜN</b>	15,84	29,39 <sup>b-d</sup>	4,65 <sup>d-i</sup>	0,81 <sup>b-d</sup>	104,82 <sup>fg</sup>	4,96 <sup>b</sup>	3,81 <sup>b</sup>	3,99 <sup>c-f</sup>	106,30 <sup>bc</sup>
	<b>14. GÜN</b>	26,81	27,68 <sup>bc</sup>	4,30 <sup>g-i</sup>	0,94 <sup>c-e</sup>	82,29 <sup>a-d</sup>	5,37 <sup>b</sup>	5,24 <sup>b</sup>	4,17 <sup>a</sup>	95,00 <sup>cd</sup>
	<b>21. GÜN</b>	23,56	28,05 <sup>bc</sup>	5,35 <sup>b</sup>	0,61 <sup>e</sup>	100,69 <sup>a-c</sup>	5,73 <sup>a</sup>	6,28 <sup>a</sup>	5,16 <sup>b-d</sup>	84,00 <sup>ef</sup>
	<b>30. GÜN</b>	32,28	29,23 <sup>b-d</sup>	5,05 <sup>ab</sup>	0,84 <sup>c-e</sup>	94,00 <sup>a-e</sup>	4,77 <sup>a</sup>	5,01 <sup>a</sup>	3,85 <sup>ab</sup>	79,00 <sup>c-e</sup>
	<b>40. GÜN</b>	26,67	33,05 <sup>ab</sup>	3,50 <sup>d-i</sup>	0,75 <sup>d-e</sup>	112,47 <sup>a-c</sup>	5,84 <sup>b</sup>	5,06 <sup>a</sup>	3,60 <sup>bc</sup>	45,50 <sup>d-f</sup>
ORTA	<b>0.GÜN</b>	18,21	20,56 <sup>ef</sup>	4,50 <sup>j</sup>	1,42 <sup>ab</sup>	76,64 <sup>g</sup>	4,85 <sup>cd</sup>	4,58 <sup>c</sup>	4,61 <sup>gh</sup>	106,50 <sup>f</sup>
	<b>7. GÜN</b>	16,16	31,23 <sup>bc</sup>	4,15 <sup>bc</sup>	0,85 <sup>be</sup>	106,13 <sup>b-f</sup>	4,62 <sup>cd</sup>	3,77 <sup>d</sup>	5,64 <sup>f-h</sup>	105,65 <sup>d-f</sup>
	<b>14. GÜN</b>	27,54	28,99 <sup>cd</sup>	4,00 <sup>a</sup>	0,66 <sup>c-e</sup>	103,83 <sup>e-g</sup>	5,30 <sup>c</sup>	5,22 <sup>b</sup>	5,75 <sup>b-d</sup>	90,50 <sup>f</sup>
	<b>21. GÜN</b>	23,07	30,86 <sup>bc</sup>	4,25 <sup>h-i</sup>	0,53 <sup>b-e</sup>	104,56 <sup>b-f</sup>	5,24 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	4,87 <sup>h</sup>	82,00 <sup>g</sup>
	<b>30. GÜN</b>	31,86	26,11 <sup>a</sup>	5,75 <sup>j</sup>	0,70 <sup>c-e</sup>	88,54 <sup>a</sup>	4,94 <sup>a</sup>	5,20 <sup>b</sup>	4,75 <sup>f-h</sup>	71,00 <sup>g</sup>
	<b>40. GÜN</b>	27,70	28,07 <sup>b-d</sup>	5,70 <sup>a</sup>	0,74 <sup>c-e</sup>	91,17 <sup>c-f</sup>	5,89 <sup>a</sup>	5,23 <sup>b</sup>	4,10 <sup>d-g</sup>	43,50 <sup>g</sup>
<b>SH</b>			<b>1,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>4,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,13</b>	<b>0,22</b>	<b>3,53</b>
<b>Bölge</b>			<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>Ö.D.</b>	<b>Ö.D.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>Ö.D.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,01</b>
<b>Gün (Aerobik stabilite süresi)</b>			<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Bölge x Gün</b>			<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>

KM: Kuru madde, NH<sub>3</sub>-N: Amonyaka bağlı nitrojen, LA: Laktik asit, LAB: Laktik asit bakterileri, SÇK: Suda çözünebilir karbonhidrat, cfu: Koloni oluşturan birim, SH: Standart hata, ÖD: Önemli değil.

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).



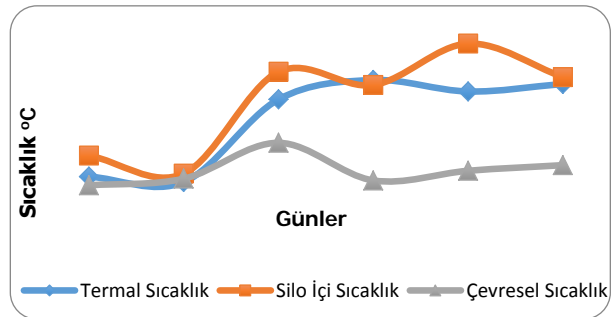
**Şekil 1.** Aerobik stabilite süresince mısır silajında KM, pH, NH<sub>3</sub>-N, LA, SÇK LAB, küf ve maya değışim grafiği  
**Figure 1.** DM, pH, NH<sub>3</sub>-N, LA, WSC, LAB, mold and yeast change graph in corn silage during aerobic stability

Aerobik stabilite süresince mısır silajında sıcaklık sensörlerine ilişkin değerler Çizelge 3 ve Şekil 2' de sunulmuştur.

**Çizelge 3.** Aerobik stabilite süresince mısır silajında sıcaklık sensörlerine ilişkin değerler (°C)

**Table 3.** Values related to temperature sensors in corn silage during aerobic stability (°C)

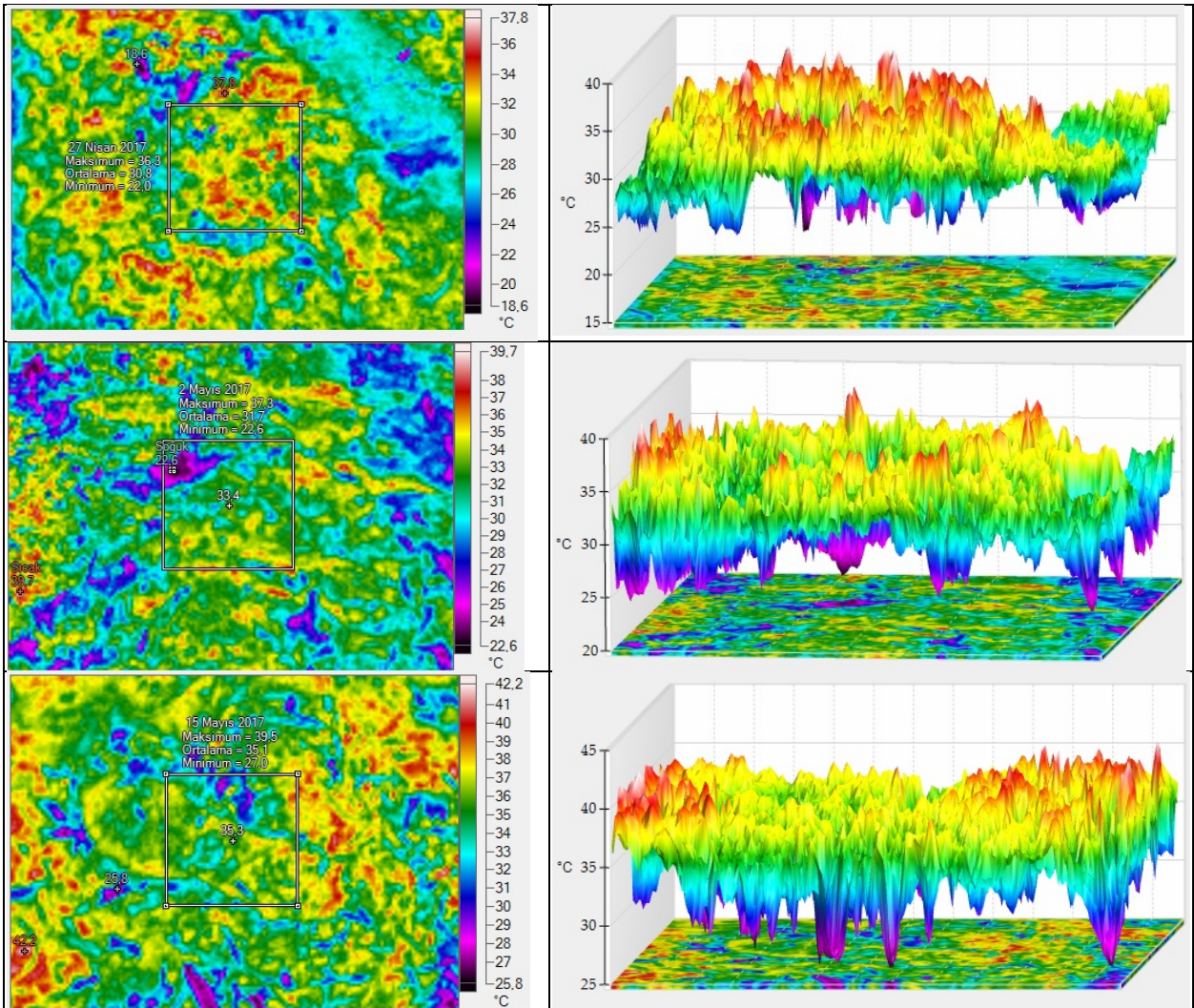
Günler	Termografi	Silo İçi (data logger)	Çevre Sıcaklığı
0.	18,20	20,90	17,09
7.	17,51	18,58	17,94
14.	28,06	31,59	22,52
21.	30,53	29,90	17,71
30.	29,07	35,18	18,95
40.	30,03	30,91	19,67
<b>Ortalama</b>	<b>24,70</b>	<b>27,20</b>	<b>18,80</b>



**Şekil 2.** Aerobik stabilitenin 0., 7., 14., 21., 30. ve 40. günlerine ilişkin sıcaklık değişim grafiği

**Figure 2.** Temperature change graphic for days 0, 7, 14, 21, 30 and 40 of aerobic stability

Araştırma materyaline ilişkin termal kamera görüntüleri Resim 1'de verilmiştir.



**Resim 1.** Aerobik stabilite dönemine ilişkin termal kamera görüntüleri

**Figure 1.** Thermal camera images for aerobic stability period



## TARTIŞMA

Silaj fermantasyonu kısmen kontrolsüz bir işlemdir ve pekçok faktör fermantasyonu ve açım sonrası aerobik stabilite dönemi üzerinde etkili olmaktadır. Bu etkenlerden en önemlisini, hiç şüphesiz silajlık materyalin yapısal özellikleri oluşturmaktadır. Bu açıdan bakıldığında mısır yüksek KM, SÇK kapsamı ve düşük tampon kapasitesine sahip olması nedeniyle kolay silolanabilir yem materyali grubundadır. Ancak mısırın silolanmasını kolaylaştıran bu özellikleri, onun aerobik bozulmaya karşı oldukça hassas olmasına neden olmaktadır (Filya, 2018).

Araştırma veriler değerlendirildiğinde mısır silajında açımdan itibaren aerobik bozulmanın erken ve hızlı başladığını söyleyebiliriz. Bunun nedenlerinden biri silaj yapımının uzun sürmesi ve geç kapatılmasıdır. Diğer bir nedeni ise örtü malzemesinin üzerine atılan toprağın yeterli miktarda olmaması ve bu sebeple yeterli sıkıştırmanın yapılamamasıdır. Saha şartlarında, toprak üstü geçici silolarda sıkıştırma işlemi için, iş makineleri ya da ek ağırlıklar ile takviye edilen traktörler kullanılmaktadır. Bu çalışmada da sıkıştırma işlemleri traktörle yapılmış ancak mısırın yetiştirildiği tarlanın yakın olması nedeniyle sıkıştırma yeteri kadar yapılamamıştır. Silonun farklı bölgelerinden alınan silaj örneklerinde orta bölgeden alınan silaj örneklerinde maya ve küf sayısı daha yüksek tespit edilmiştir. Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda ise, orta bölgenin en fazla sıkıştırma işleminin yapıldığı bölge olması nedeniyle maya ve küf sayısının daha düşük olduğu bildirilmektedir (Borreani ve Tabacco, 2010; Koç ve ark. 2018). Bu çalışmada farklılığın sebebi ise, silajın kullanıma açıldığı andan itibaren orta ve sağ taraftan silo yeminin alınması, silonun iyi kapatılmaması özellikle orta bölgedeki maya ve küf sayısının belirgin olarak yükselmesine neden olmuş olabilir. Aerobik stabilite döneminde mikrobiyal aktivite silo sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Özellikle maya ve küf popülasyonunun yoğun olduğu, silaj yoğunluğunun düşük olduğu silajlarda aerobik stabilite süresine bağlı olarak silaj sıcaklığı artmaktadır (Muck ve Holmes, 2000; Roy ve ark. 2001; Borreani ve Tabacco, 2010; Koç ve ark. 2018). Bu çalışmada da özellikle mikrobiyal aktivite ile silaj sıcaklığı ilişkisi belirgin şekilde tespit edilmektedir.

Aerobik bozulma süresi üzerinde silajların fermantasyon özellikleri de etkilidir. Silaj bünyesinde kullanılmadan kalan şekerler ile yüksek düzeyde oluşan LA, aerobik stabiliteyi düşürmektedir. Bazı maya ve küfler artan şekerler ile laktik asidi besin maddesi olarak kullanıp silajlarda CO<sub>2</sub> üretimine yol

açmakta, bunun sonucunda ortam pH'sında ve sıcaklığında artış meydana gelmektedir (Ashbell ve ark. 1991; Basmacioğlu ve Ergül, 2002). Aerobik stabilite süresinin 21. gününde elde veriler dikkate alındığında silajların en yüksek pH (4,95), LA (103,34 g/kg KM), LAB (5,63 cfu/g KM), maya (6,15 cfu/g KM) ve küf (4,65 cfu/g KM) değerlerinin bu dönemde tespit edilmiştir. Aynı zamanda termal kamera görüntülerinde de en yüksek sıcaklık (30,53 °C) bu dönemdedir. Bu açıdan bakıldığında araştırma verileri bu konuda ki literatür bilgilerini destekler niteliktedir.

Aerobik stabilite üzerinde etkili olan önemli diğer bir faktörde çevre sıcaklığıdır. Ashbell ve ark. (2002) özellikle sıcak iklimlerde başta mısır ve sorgum olmak üzere tahıl silajlarının aerobik bozulmaya karşı oldukça hassas olduğunu, bunun da aerobik mayaların 20-30°C'de çok aktif olmalarından kaynaklandığını belirlemişlerdir. Yüksek sıcaklık mikrobiyal aktiviteyi teşvik ederek, silajın hızlı bir şekilde bozulmasına neden olur (Uriarte, 2001; Koc ve ark. 2009; Wilkinson ve Davies, 2012). Çalışmanın yürütüldüğü 15 Nisan - 24 Mayıs tarihleri arasında çevre sıcaklığına paralel olarak sıcaklık mikrobiyal aktiviteyi teşvik etmiş, silajın maya ve küf sayısını arttırmıştır. Buna paralel olarak silajların pH değerleri yükselmiş ve KM kaybı ise artmıştır.

Araştırmada, termal kamera ile yapılan ölçümlerde hatayı en aza indirmek ve ölçümleri optimize etmek amacıyla termal cihazın görüntü alanı yüzey bölgesinden belli noktalardan ayrıca cam termometre ile ölçümler yapılmıştır. Termal görüntüleme, çevre sıcaklığı ve silo içi sıcaklık ölçümleri hep aynı yerel saatte gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, IR termografi görüntüsünün elde edildiği çalışma günlerinde ortalama sıcaklık değerleri; çevre sıcaklığı 18,9 °C, silo içi sıcaklığı 27,8 °C ve termal kameradan okunan sıcaklık değeri ise 25,6 °C tespit edilmiştir. Aerobik stabilitenin 0., 7., 14., 21., 30. ve 40. günlerinde silajların termal kamera görüntü sıcaklıkları ile silo içi sıcaklık sensörleri karşılaştırıldığında değerlerin birbirine benzerlik gösterdiği ancak, çevre sıcaklığı ile büyük farklılıklar olduğu görülmüştür. Çalışmanın 7. gününden sonra silaj sıcaklığında meydana gelen ısı artışı IR termografi görüntüsü taramasıyla net olarak gözlemlenmiştir. Sıcaklık sensörleri ve termal kamera görüntüleri arasında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Termal kamera görüntülerinde; aynı yüzey bölgesinden aynı saatte haftalık alınan termografik sıcaklıklar arasında önemli düzeyde farklar görülmüştür. Bu sıcaklık farkları, bozulmanın boyutlarını göstermesi açısından dikkat çekicidir. Termal kameralarda çok



sıcak noktalar açık renkle, soğuk noktalar ise koyu renkle gösterilmektedir. Nesnelerin renkli olarak gösterildiği durumlarda ise ortam sıcaklığına göre mavi en soğuk, sarı ise en sıcak bölgeleri gösterir. Sıcak bölgeler, sıcak renkler (sarı, turuncu, kırmızı) ile temsil edilmektedir, soğuk noktalar ise soğuk renkler (yeşil, mavi) tarafından temsil edilmektedir (Düzgün ve Erman, 2009). Aerobik stabilite süresine bağlı olarak termal kameralarda görüntü alınan bölgelerde soğuk bölgeleri temsil eden mavi renkler, aerobik stabilite süresine ve sıcaklık derecesine bağlı olarak yerini sarı, yeşil ve kırmızı renklere bırakmıştır.

## SONUÇ

Silanan kitlede gerçekleşen anaerobik fermantasyonun genel ilkeleri değerlendirildiğinde, araştırmadan yürütüldüğü mısır silajı için aerobik bozulmanın kaçınılmaz olduğu ortaya çıkmaktadır. Yemleme döneminde silaj kalitesinin mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerle değerlendirilmesi kalifiye personel, ekipman ve laboratuvar gerektirirken, aynı zamanda pahalı ve zaman alıcıdır. Fiziksel analizler de çoğu zaman yemdeki bozulmanın boyutlarının saptanması için yeterli değildir.

## KAYNAKLAR

- Addah W, Baah J, Okine K, McAllister TA. 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. *Can J Anim Sci.* 92: 381-394. DOI : 10.15232/S1080-7446(15)30337-5.
- Akyıldız AR. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. Ankara, 236 s.
- Anonim 1986. The Analysis of Agricultural Material, Reference Book: 427. London, Pp. 428.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Azrieli A, Hen Y, Horev B. 1991. A simple system to study the aerobic deterioration of silages. *Canadian Agricultural Engineering* 33. 391-393.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Hen Y, Filya I. 2002. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28:261-263. DOI : 10.1038/sj/jim/7000237.
- Basmacıoğlu H, Ergül M. 2002. Silaj Mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*, 43 (1): 12-24.
- Borreani G, Tabacco E. 2010. The Relationship of Silage Temperature with the Microbiological Status of the Face of Corn Silage Bunkers. *J. Dairy Sci.*, 93: 2620-2629. DOI : 10.3168/jds.2009-2919.
- Chen J, Stokes MR, Wallace CR. 1994. Effects of Enzyme - Inoculant Systems on Preservation and Nutritive Value of Hay Crop and Corn Silage. *J. Dairy Sci.*, 77: 501-512. h DOI : 10.3168/jds.S0022-0302(94)76978-2.
- Düzgün D, Erman M. 2009. Termal Kameraların Veteriner Hekimlikte Kullanımı. *TUBAV Bilim Dergisi*, 2(4): 468-475.
- Filya I, Ashbell G, Hen Y, Weinberg ZG. 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 88:39-46. DOI : 10.1016/S0377-8401(00)00214-5.

Bu anlamda, termal kameralar kullanılarak, saha koşullarında silaj yüzey sıcaklıklarının hızlı ve kolay şekilde tespit edilmesi ile aerobik stabilitenin erken döneminde bozulmanın boyutlarını belirlemek, silaj amenajmanını geliştirmek mümkün olabilir. Özellikle toprak üstü siloların 10-15 cm üst tabakasında meydana gelen sıcaklık değişimlerinin görüntülenmesiyle erken dönemde bozulmalar tespit edilebilir. Ancak derinliği fazla olan, silajdaki bozulmanın boyutlarını görebilmek için termal kamera görüntüleri ilave sıcaklık ölçüleriyle desteklenmelidir.

Sonuç olarak, silajlarda hızlı ve ekonomik bir model olarak termal kamera görüntüleriyle birlikte silaj sıcaklığı ve çevre sıcaklık ölçümleri birleştirilerek değerlendirildiğinde silaj kalitesi hakkında bir yargıya ulaşılabılır. Örneğin; silaj bölgesine ve silaj özelliğine göre kritik bir silaj sıcaklık eşiği belirlenip bunun üzerindeki artışlarda küf, maya vb. benzeri aktiviteelerin hızlanabileceği varsayımıyla silajın kalitesi hakkında pratik bir gösterge olabilir. Ayrıca buna benzer görüntüleme sistemlerinin bilgisayar destekli online yazılımlarla birlikte geliştirlmesi IRT'yi daha güvenilir ve standart yöntem haline dönüştürebilir.

- Filya İ. 2018. Silaj Fermantasyonunda Yaşanan Gelişmeler ve Bir Gelecek Perspektifi. 2. Uluslararası Hayvan Besleme Kongresi, 14 Kasım Antalya.
- Koc F, Coskuntuna L, Ozduven ML, Coskuntuna A, Samlı HE. 2009. The Effects of Temperature on the Silage Microbiology and Aerobic Stability of Corn and Vetch-Grain Silages. *Acta Agriculture Scand Section*, 59: 239-246. DOI : 10.1080/09064700903490596.
- Koç F, Coşkuntuna L. 2003. Silo Yemlerinde Organik Asit Belirleme İki Farklı Metodu Karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim*, 44 (2): 37-47.
- Koç F, Özdüven ML, Demirci AŞ, Şanlı HE. 2018. Mısır Silajlarında Saha Şartlarında Aerobik Stabilité Süresince Mikrobiyal Kompozisyondaki Değişikliklerin Termal Kamera Görüntüleme Tekniği ile Değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doęa Bilimleri Dergisi*. 21 (2): 167-174.
- Manickavasagan A, Jayas DS, White NDG, Paliwal J. 2010. Wheat Class Identification Using Thermal Imaging. *Food Bioprocess Technol.* 3: 450-460. DOI : 10.1007/s11947-008-0110-x.
- Muck RE, Holmes BJ. 2000. Factors Affecting Silage Bunker Silo Densities. *Applied Engineering in Agriculture*, 16 (69): 613-619. DOI : 10.13031/2013.5374.
- Ranjit NK, Kung Jr L. 2000. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. *J Dairy Sci.*, 83: 526-535. DOI : 10.3168/jds.S0022-0302(03)73963-0.
- Roy MB, Treblay Y, Pomerleau P, Savoie P. 2001. Compaction and Density of Forage Bunker Silos. ASAEA Annual Int. Meeting, paper no: 011089, California, USA. DOI : 10.13031/2013.7345



- Seale DR, Pahlow G, Spoelstra SF, Lindgren S, Dellaglio F, Lowe JF. 1990. Methods for The Microbiological Analysis of Silage, Proceeding of The Eurobac Conference, 147. Uppsala.
- Soysal Mİ. 1993. Biyometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları), Yayın No: 95, Ders Kitabı No: 64, T. Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tekirdağ.
- Statistics for the Windows Operating System 1999. Stat Soft Inc., Tulsa, OK, USA.
- Uriarte ME. 2001. Aerobic Stability of Corn Silage. Kansas State University Unpublished Ph.D. Thesis, Manhattan.
- Ünal Ö, Koç F, Okur AA, Okur E, Özdüven ML. 2018. Mısır ve Buğday Silajlarının Termal Kamera Görüntüleme Tekniği Kullanılarak Aerobik Stabilesinin Değerlendirilmesi. *Alnteri Journal of Agriculture Sciences*. 2018, 33 (1): 55-63.
- Wilkinson JM, Davies DR. 2012. The Aerobic Stability of Silage: Key Finding and Recent Developments. *Grass and Forage Science*, 68: 1-19. DOI : 10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x