

**SAHA ŞARTLARINDA AEROBİK
STABİLİTE SÜRESİNCE MİKROBİYAL
KOMPOZİSYONDAKİ
DEĞİŞİKLİKLERİN TERMAL KAMERA
GÖRÜNTÜLEME TEKNİĞİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Abdurrahman ERDOĞAN
Yüksek Lisans Tezi
Zootekni Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fisun KOÇ
Tekirdağ-2019**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAHA ŞARTLARINDA AEROBİK STABİLİTE SÜRESİNCE MİKROBİYAL
KOMPOZİSYONDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN TERMAL KAMERA GÖRÜNTÜLEME
TEKNİĞİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Abdurrahman ERDOĞAN

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Fisun KOÇ

TEKİRDAĞ – 2019

Her hakkı saklıdır.

Prof. Dr. Fisun KOÇ danışmanlığında, Abdurrahman ERDOĞAN tarafından hazırlanan "Saha Şartlarında Aerobik Stabilite Süresince Mikrobiyal Kompozisyondaki Değişikliklerin Termal Kamera Görüntüleme Tekniği ile Değerlendirilmesi" konulu bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından, Zootekni Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Süleyman KÖK

İmza :

Üye: Doç. Dr. Levent COSKUNTUNA

İmza :

Üye: Prof. Dr. Fisun KOÇ (Danışman)

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SAHA ŞARTLARINDA AEROBİK STABİLİTE SÜRESİNCE MİKROBİYAL KOMPOZİSYONDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN TERMAL KAMERA GÖRÜNTÜLEME TEKNİĞİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Abdurrahman ERDOĞAN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Zootehni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fisun KOÇ

Araştırmanın ana amacı; Termal Kamera Görüntüleme Tekniğinin, silajdaki aerobik dönemde meydana gelen bozulmanın boyutları hakkında güvenilir ve pratik bir ölçü aracı olarak kullanılıp kullanılamayacağını tespit etmektir. Aerobik stabilite (silo ömrü), açılan bir silajın ısınmadan ve bozulmadan kaldığı sürenin uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Aerobik stabilite kompleks bir süreç olup, silolanan ürünün mikrobiyal bileşimi, fermantasyon özellikleri, silaj kütlelerinin sıcaklığı ve silaj yoğunluğu oluşabilecek kayıpları etkilemektedir. 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. 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 tekerrür 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. Araştırma sonucunda, termal kamera görüntüleme tekniği ve sıcaklık sensörlerine ilişkin değerlerin paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca termal kameranın, aerobik stabilitenin erken döneminde bozulmanın boyutlarını belirleyebilmek ve silaj amenajmanını geliştirmek amacı ile saha şartlarında pratik bir yöntem olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aerobik stabilite, silaj sıcaklığı, mikrobiyal kompozisyon, kızılötesi (Infrared/IR) termografi tekniği

2019, 35 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EVALUATION OF THE CHANGES IN MICROBIAL COMPOSITION IN FARM CONDITIONS DURING AEROBIC STABILITY USING THERMAL CAMERA IMAGING TECHNIQUE

Abdurrahman ERDOĞAN

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Naturel and Applied
Sciences Department of Animal Science

Supervisor: Prof. Dr. Fisun KOÇ

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.

The aerobic stability (silo process) is defined as the length of time that silage remains cool and does not spoil after it is exposed to air. Aerobic stability is a complex process where microbial composition of the ensiled product, properties of fermentation, silage mass temperature and silage density affect the intensity of the loss that may occur. The evaluation of silage quality through microbiological and chemical analyses during the feeding period requires qualified staff, equipment and laboratory as well as being expensive and time consuming. Physical analysis alone is often not sufficient to determine the degree of deterioration in forage. 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 0th, 4th, 7th, 14th, 21st and 40th 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 are then evaluated in the SmartView® software program. As a result, it was determined in this study that the values regarding thermal camera imaging technique and temperature sensors were parallel. In addition, it was concluded that the thermal imager 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.

Key words: Aerobic stability, silage temperature, microbial composition, infrared thermography technique

2019, 35 pages

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
RESİM DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1. Silajlarda Fermantasyon Dönemleri.....	2
2.1.1. Faz 1 (Aerobik-Oksijenli Faz)	3
2.1.2. Faz 2 (Fermantasyon Fazı - Erken Anaerobik).....	4
2.1.3. Faz 3 (Fermantasyon Geçiş Fazı).....	4
2.1.4. Faz 4 (Fermantasyon Devam Fazı).....	5
2.1.5. Faz 5 (Stabil Faz).....	5
2.1.6. Faz 6 (Yemleme Dönemi).....	6
2.2. Kızılötesi (Infrared/İr) Termografi	6
2.2.1. Kızılötesi Termal Kamera	7
2.2.2. Termal Kameraların Hayvancılıkta Kullanım Alanları.....	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1. Materyal.....	12
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Silaj Kalitesi Belirlenmesi İçin Kullanılan Yöntemler.....	12
3.2.1.1. pH Analizleri.....	13
3.2.1.2. SÇK Analizi.....	13
3.2.1.3. NH ₃ -N Analizi.....	13
3.2.1.4. Laktik Asit Analizi.....	13
3.2.1.4.1. Standart Eğrinin Oluşturulması.....	14
3.2.1.4.1.2. Hesaplama.....	14
3.2.1.5. Mikrobiyolojik Analizler.....	14
3.2.1.6. Aerobik Bozulmaya Dirence İlişkin Analizler.....	15
3.2.1.7. İstatiksel Analizler.....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	16
4.1. KM.....	17
4.2. pH.....	18
4.3. NH ₃ -N.....	19
4.4.LA.....	19
4.5. SÇK.....	20
4.6. LAB.....	21
4.7. Maya.....	22
4.8.Küf.....	23
4.9.Termal Kamera Görüntüleme.....	25
5. SONUÇ	28
6. KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	34
TEŞEKKÜR	35

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Araştırmanın yürütüldüğü silonun genel özellikleri.....	16
Çizelge 4.2. Aerobik stabilite süresince mısır silajlarında kimyasal ve mikrobiyal kompozisyondaki değişiklikler.....	17
Çizelge 4.3. Aerobik stabilite süresince mısır silajlarında sıcaklık sensörlerine ilişkin değerler (°C).....	26

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Silaj fermantasyon dönemleri.....	3
Şekil 2.2. Kızılötesi kameranın çalışma prensibi.....	8
Şekil 2.3. Kızılötesi kameranın yapısı.....	8
Şekil 3.1. Silo alanından örnek alınan bölgeler.....	12
Şekil 4.1. KM değişim grafiği	18
Şekil 4.2. pH değişim grafiği.....	18
Şekil 4.3. NH ₃ -N değişim grafiği.....	19
Şekil 4.4. LA değişim grafiği.....	20
Şekil 4.5. SÇK değişim grafiği.....	21
Şekil 4.6. LAB değişim grafiği.....	22
Şekil 4.7. Maya değişim grafiği.....	22
Şekil 4.8. Küf değişim grafiği.....	24
Şekil 4.9. Sıcaklık değişim grafiği.....	26

RESİM DİZİNİ	<u>Sayfa</u>
Resim 2.1. Ruminant hayvanlarda solunum yolu hastalığı tespiti.....	9
Resim 2.2. Vücut ısı yalıtımı kötü olan yeni doğmuş kuzu.....	9
Resim 2.3. Taze yumurtaların tespiti.....	10
Resim 2.4. Meyve kalite kontrolü.....	10
Resim 2.5. Isı yalıtımı iyi ve kötü olan pencereler.....	11
Resim 4.1. Aerobik stabilite dönemine ilişkin termal kamera görüntüleri.....	27

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

CFU	: Koloni oluşturan birim
^{het} LAB	: Heterofermantatif laktik asit bakterileri
^{ho} LAB	: Homofermantatif laktik asit bakterileri
HP	: Ham protein
IR	: Kızılötesi dalga boyu
KM	: Kuru madde
LA	: Laktik asit
LAB	: Laktik asit bakterileri
LED	: Light emitting diode (ışık yayan diyot)
NH ₃ -N	: Amonyaka bağlı nitrojen
SÇK	: Suda çözünebilir karbonhidratlar
TM	: Taze materyal
NDF	: Nötr detarjanda çözülmeyen lif
IRT	: Kızılötesi (İnfrared)Termografi
SH	: Standart hata

1. GİRİŞ

Tüm saklama metotlarında olduğu gibi, silaj yapımında da bazı besin kayıpları söz konusudur. Silaj fermantasyonunu takiben silaj kitlesi açıldığında, anaerobik koşullar aerobik koşullara dönüşür. Aerobik koşullar altında oksijen yokluğu nedeniyle inaktif durumda olan mikroorganizmalar (mayalar ve küfler) çoğalmaya başlar (Kızılışımşek ve ark. 2016). Sonuç olarak silajın bozulması söz konusudur. Silo yemlerinde aerobik bozulmaya olan direncin saptanmasında, genel olarak hava ile temas eden kitlede belirli bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşen sıcaklık, pH, CO₂ ve mikrobiyal kompozisyona ilişkin değişimlerden yararlanılmaktadır. Yemleme döneminde silaj kalitesinin mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerle değerlendirilmesi tecrübeli personel, ekipman ve laboratuvar gerektirirken, aynı zamanda pahalı ve zaman alıcı bir uygulamadır (Koç ve ark. 2018.a, Ünal ve ark. 2018). Termal kameralar, kızılötesi dalga boyu (Infrared/IR) spektrumunda, materyalle direk temas etmeksizin sıcaklık modellerini algılayan cihazlardır (Düzgün ve Erman, 2009). Çok düşük sıcaklık farklarını algılayabilir ve bu farkları gerçek zamanlı video görüntüsü olarak dönüştürüp monitörden izlenmesini sağlarlar. Günümüzde termal kameralar, gıda, tarım ve sivil birçok alanda kullanım alanları artmıştır (Addah ve ark. 2012, Koç ve ark. 2018a, Ünal ve ark. 2018).

Bu çalışmada, saha koşullarında toprak üstü geçici siloda yapılan silajın mikrobiyal kompozisyonu ile anaerobik stabilite arasındaki ilişkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda termal kamera ile silajın 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.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Silajlarda Fermantasyon Dönemleri

Yüksek süt veren ineklerden maksimum süt verimini elde etmek için silaj ve tahıllar ile bir karma yem hazırlanmalı ve toplam karma yem içinde iyi fermente edilmiş kaliteli silajlar kuru madde tüketiminin % 50'den fazlasını oluşturmalarıdır. Silaj kalitesi, süt işletmelerinin karlılığı için önemlidir ve bu kalitenin bilgisayar programları ile kontrol edilmesinin nedeni de beslenme programlarının doğru yapılabilmesi içindir (Seglar 2003).

Silajların çok kötü fermente olmasının nedeni seçilen yem bitkisinden daha ziyade silaj yapımı sırasındaki hatalardan kaynaklanmaktadır. Bu hataların başında yem bitkisinin kuru madde düzeyinin düşük olması, bitkinin olgunluğu, paketleme, kapatma ve silajın açılması ile hayvanlara verilmesi sırasındaki yönetim hataları gelmektedir. Silajların, hayvan beslemedeki kullanımında karşılaşılan sorunların ilk sıralarında oksijene dayanıklılığının az ve clostridial mikroorganizma içeren silajların tüketilmesi yer almaktadır (Seglar 2003).

Aerobik ve anaerobik bakteriler silaj fermantasyonuna katılmaktadırlar. Aerobik aktivite silo doldurulurken veya boşaltılırken oluşur. İyi bir silo yönetimi aerobik aktiviteyi en aza indirerek kuru madde (KM) kayıplarını azaltabilir. Enerjice zengin şekerlerin oksidasyonu fazla sıcaklık artışına ve bu sıcaklık atışı da proteinlerin zarar görmesine neden olur. İyi bir silo yönetimi anaerobik şartlarda suda çözünebilir karbonhidratların (SÇK) silaj asitlerine dönüşümünü yükseltir, böylece pH azalır ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların faaliyetleri sınırlanır. Bu dönüşüm homofermantatif laktik asit bakterileri (^{ho}LAB) ve heterofermantatif laktik asit bakterileri (^{het}LAB) kaynaklıdır (Seglar 2003).

^{het}LAB bakteriler SÇK'ları enerji olarak kullanır ve fermantasyon son ürünlerine dönüştürürler. Bunun sonucunda silajlarda önemli miktarda KM kayıpları olur. ^{ho}LAB, SÇK'ları laktik aside (LA) çevirirler, az enerji kullanırlar ve bunun sonucu KM kayıpları daha az olur. ^{ho}LAB ve ^{het}LAB bakteriler silaj fermantasyonu için mutlak gereklidir, bununla birlikte iyi bir fermantasyonu ^{het}LAB azaltırken, ^{ho}LAB en yükseğe çıkarırlar. Silaj fermantasyonu ana hatlarıyla 6 aşamaya ayrılabilir (Seglar 2003, Schroeder 2014). Bu aşamalar Şekil 2.1'de verilmiştir.

Faz-I	Faz-II	Faz-III	Faz-IV	Faz-V	Faz-VI
Hücre solunumu, karbondioksit, su üretimi	Asetik asit, laktik asit ve etanol	Laktik asit oluşumu	Laktik asit oluşumu	Materyalin Silolanması	Aerobik bozulma -Oksijen girişi
69° F	90° F		84° F		84° F
Sıcaklık değişimi					
6.0 - 6.5	5.0		4.0		7.0
pH değişimi					
	Asetik asit ve Laktik asit bakterileri	Laktik asit bakterileri	Laktik asit bakterileri		Maya ve Küf aktivitesi
	2	3	4	21	
Silolama Süresi (gün)					

Şekil 2.1. Silaj fermantasyon dönemleri (Seglar 2003).

2.1.1 Faz 1 (Aerobik-Oksijenli Faz)

Silajı yapılacak olan yem materyalinin biçimden sonra siloya doldurulması ve silajın kapatılması anına kadar ortamda bulunan oksijen veya SÇK'nın tüketilmesine kadar devam eden süreçtir. Bu dönemde fermantasyon açısından istenmeyen aktivitelerden biri solunum, diğeri ise proteolizdir. Her iki olay da silo içerisinde aynı zamanda başlar ve devam eder. Bu dönemde silo içerisindeki hava ve yüksek bitki pH'sı; yemde bulunan enzimlerin aktivitelerine, proteolitik aktiviteye, aerobik mikroorganizmalar, maya ve enterobakteriler gibi fakültatif aerobik mikroorganizmaların faaliyetlerine olanak verir (Filya 2001.a, Piltz ve Kaiser 2004, Keleş ve Yazgan 2005, Adesogan 2005, Kiely ve ark. 2006).

Proteoliz olayı sırasında bitki bünyesinde bulunan proteaz enzimleri bitkideki proteinleri başta aminoasitler ve amonyak olmak üzere, peptid ve amidlere parçalarlar. Solunum sırasında aerobik mikroorganizmalar SÇK'ları CO₂ ve H₂O dönüştürürler ve bunun sonucunda ısı açığa çıkar. Bunun yanı sıra bitkide var olan enzimler nişasta ve hemiselülozun monosakkaritlere dönüşümüne yardımcı olurlar. Bu hidroliz daha sonra LA fermantasyonu için ilave şeker sağlamış olur.

Bütün bunların sonucunda silaj yapıldıktan sonra nötr deterjanda çözenmeyen lif (NDF) içeriği biraz artar, buna sebep olarak SÇK düzeyinin azalması gösterilir (Seglar 2003).

Silajlık materyalinin KM düzeyi, parça büyüklüğü ve sıkıştırmaya bağlı olarak aerobik faz birkaç saat sürebilir. İyi kapatılmayan silolarda, silajların bozulmasına neden olan aerobik mikroorganizmaların gelişmesini teşvik ederek aerobik dayanıklılığı azaltabilir.

Ancak, anaerobik koşulların oluşması bazı antimikotik bileşenler üreterek silajın yedirilmesi sırasındaki oksijene karşı dayanıklılığı üzerine olumlu etki yapar (Seglar 2003).

Aerobik dönemde oluşan başlıca kayıpların düzeyi, bitki hasatı ile silonun kapatılması arasında geçen süreye göre değişim göstermektedir. Süre uzadıkça kayıplar artacağından, bu süreç 48 saati geçmemelidir (Filya 2001a).

2.1.2. Faz 2 (Fermantasyon Fazı- Erken Anaerobik Faz)

Birinci faz olan aerop dönemdeki oksijenin tüketilmesi ikinci fazı tetikler; anaerobik heterofermantatif dönem başlar. Çeşitli fermantatif son ürünler üretilir; bunların başında enterobakteriler tarafından üretilen ürünler gelir, çünkü bunlar aerobik dönemdeki sıcaklık artışını tölare edebilirler. Bu bakteriler SÇK'ları fermente ederek kısa zincirli uçucu yağ asitleri (asetat, laktat ve propiyonat), etanol, heksozlar (glukoz ve fruktoz), pentozlar (ksiloz ve riboz) ve CO₂ üretirler. İkinci fazdaki ^{het}LAB yeterli fermantasyonu sağlayamayabilirler, çünkü çok az besin maddesi harcarlar ve çok az asit üretirler. Üretilen fermantasyon son ürünleri bitkinin olgunluğuna, KM içeriğine, hasat edilen bitkideki epifitik mikrofloraya bağlıdır.

Bu enterobakteriler pH 5-7 arasında yaşarlar, uçucu yağ asitlerini üretirler, bununla birlikte pH düzeyini ancak 6'nın altına indirebilirler. Bu nedenle ^{het}LAB ürettikleri asitler ile inhibe edilirler. Bu enterobakteriler ortam pH değerini 5'in altına indirerek ^{ho}LAB için ortam hazırlarlar. Bu pH düşüşü 24-72 saatten daha uzun sürmez ve pH'daki bu azalma erken anaerobik fazın sona erdiğini gösterir (Seglar 2003, Schroeder 2014).

2.1.3. Faz 3 (Fermantasyona Geçiş Fazı)

Fermantasyonun üçüncü aşaması yaklaşık 24 saat süren kısa süreli bir geçiş aşamasıdır. ^{ho}LAB ortamda hızla çoğalması pH düşüşünü teşvik eder. Bu bakteriler çoğunlukla LA üreterek pH'nın hızlı ve daha verimli düşmesini sağlarlar. Bu anaeroblar Faz 2 de bildirilen ^{het}LAB göre sıcaklığa karşı daha az tolerans gösterirler ve Faz 4'de yaygın olarak bulunan LAB göre de daha fazla ısı toleransı gösterirler. Silaj ısı yaydıkça pH düşmeye devam eder, Faz 3'te LAB'nin çoğalması durur. Serin ve asidik bir ortamda LAB faaliyeti tekrar artar ve bu evre faz 4 olarak isimlendirilir (Seglar 2003, Schroeder 2014).

2.1.4. Faz 4 (Fermantasyon devam fazı)

Faz 4, Faz 3'ün devamı kabul edilir. Faz 4 süresince, sıcaklık sabit kalır ve ^{ho}LAB'leri SÇK'lardan laktik asit (LA) üretimine devam eder. LA, pH'nın düşürülmesi için en hızlı ve en güçlü asittir. LA iyi kalitedeki bir silajda toplam yağ asitleri içinde % 60'dan fazlasını oluşturur ve toplam KM % 3-6 oranında olabilir. LAB (özellikle *Lactobacillus plantarum* türü) enterobakterlere karşı baskın yapıdadır ve asetat üreten bakteriler hızlı bir fermantasyon oluşturur, bu durumda da SÇK, peptitler ve aminoasitler daha fazla korunarak besin madde kayıpları azaltılmış olur. Silaj oluşumunda faz 2, 3 ve 4 fermantasyon için en uzun aşamalardır, bu süre pH'nın koruyucu düzeye ininceye kadardır, ancak asit ortam bütün mikroorganizmaları yok edecek düzeyde olmamalıdır. Herhangi bir katkı yapılmadan sadece epifitik mikroorganizmalarla yapılan silajlarda fermantasyon 10–21 gün arasında gerçekleşir. Bu zaman aralığını bitkinin olgunlaşma evresi, tamponlama kapasitesi ve KM düzeyi etki eder. Bakteriyel inokulant kullanılması fermantasyon süresini 3-10 gün (silo doldurulduktan sonra) kısaltabilir (Seglar 2003, Schroeder 2014).

2.1.5. Faz 5 (Stabil faz)

Stabil faz olarak da adlandırılan bu dönem depolama süresince devam eder. Bu faz durağan değildir, çünkü bu aşamada çevre şartları, silaja hava girişi, hasat sırasında bitki üzerinde yer alan maya, küf ve aerop bakteri gibi mikroorganizmalar değişiklikler oluşturabilir. Bu dönem LAB aktif gelişiminin en yoğun olduğu ve LA üretiminin baskın olduğu fazdır.

Bu dönemde asit ortamına dirençli bir enzimatik reaksiyon ve çok az mikrobiyel aktivite görülebilir (Heguy 2014). Hemiselüloz, selüloz ve ligninin kimyasal parçalanmaya uğramasıyla çok az miktarda ortama şeker bırakılır, ortamdaki SÇK ile birlikte LAB bu şekerleri kullanarak pH'ın düşüşünü hızlandırır (Bolsen ve ark. 1996). Ortamdaki yeterli LA, pH'nın azalması sayesinde silaj materyali uzun süre bozulmadan kalabilir, ancak ortamdaki LA miktardaki yetersizlik clostridia endosporlarının aktif hale gelmesini sağlayarak, mevcut bulunan SÇK, LA ve proteinlerin parçalanmasını (ikincil fermantasyon) bütirik, propiyonik, asetik asit ve amonyak oluşumunu sağlar. Bu durum silajda istenmeyen kötü bir koku, proteinlerin yıkımı nedeni ile silaj lezzetinin ve kalitesinin azalmasına, pH'nın bir miktar artmasına neden olur (Shave 2014, Seglar 2014).

Silajda istenmeyen mikroorganizmalardan bir diğeri de *Listeria monocytogenes* gibi patojenlerdir. Bu bakteri KM içeriği düşük olan silajlarda ve yüksek düzeyde O₂ girişine

maruz silolarda büyük bir risk oluşturur (Fenlon 1986, Donald ve ark. 1995, Pauly ve Tham 2003).

2.1.6. Faz 6 (Yemleme dönemi)

Silaj materyalinin hava ile teması sonrasında ısınmadan ve bozulmadan kaldığı sürenin uzunluğuna oksijene dayanıklılık (aerobik stabilite) denir (Reich ve Kung 2010). Silajın bozulmasına giden olaylar dizisi; yem materyalinin doğal florasının yüksek oranda maya içermesi, yemleme döneminde silajların serbest oksijene maruz kalması, mayaların serbest oksijeni tüketmesi ve daha sonra fermantasyon ürünlerinin oluşması için ortam hazırlanmasıdır. Bunun sonucunda mayaların tekrar üremeye başlaması, LA'in mayalar tarafından kullanılması, KM kaybı, ısı artışı, diğer uçucu yağ asitlerinin oluşumu, LA oranının azalmasına bağlı pH'nın yükselmesi ve küflerin üremeye başlaması ile sonuçlanır. Bunu takiben silajın lezzet ve aromasındaki azalma ile sindirilebilirliğinin düşmesi sonucu silajda bozulma şeklinde tanımlanmıştır (Reich ve Kung 2010), Hoffman ve Combs 2015).

Silajlar açıldıktan sonraki yemleme döneminde 10 cfu/g'den daha az olan maya sayıları kısa sürede 10^{12} cfu/g kadar çıkabilmektedir. Bu şekilde maya sayısının hızla artmış olduğu silajlara oksijene dayanıksız silajlar denir (Basmacıoğlu ve Ergül 2002).

Silajda bozulmaya neden olan mayalar, *Cryptococcus*, *Rhodotorala* ve *Sporobolomyces* olan fermente olmayan türlerdir; *Sacchromyces* şekeri fermente edebilir ama en zararlı türler LA metabolize eden *Candida* ve *Hansenula* türleridir (Hoffman ve Combs 2015).

Silajdaki bu olumsuzlukları önlemek ve hayvanların kaliteli silajları tüketmesi ile sağlıklarının korunması ve hayvansal ürünlerin insan sağlığına olan zararlı etkilerini önlemek amacıyla silajlara çeşitli katkı maddeleri katılır. Bu katkıların başında LAB'i içeren inokulantlar, enzimler ve kimyasal katkılar gelir.

2.2. Kızılötesi (Infrared/İr) Termografi

Latince "infra" ön eki "altında" anlamına gelmektedir. Dolayısıyla "infrared" sözcüğü görülebilir ışık spektrumunun kırmızı ucunun ötesinde olan gözümüzün görmediği bölgeye karşılık gelir (Anonim 2009a).

1800 yılında İngiliz astronomi bilgini Sir William Hershel, görülebilir ışık spektrumunun ötesindeki kızıl ötesi ışınım enerjisinin varlığını keşfetmiştir (Anonim 2003, Flir 2009). Kızıl ötesi ışınım 0.75 – 1000 µm arası uzunluktaki elektromanyetik dalgalardan oluşmaktadır (Erdoğan 2009, Yücel 2009). Spektrumun bu kısmına görünür ışın ve mor ötesi ışınlar yerleştirilmiştir. Kızıl ötesi ışınım, bunların sahip olduklarından daha uzun olan bir

dalga uzunluğuna sahiptir ve bu ışınlar spektrumda görünür ışıktan sonra gelmektedir (Anonim 2003). Kızılötesi olarak adlandırılan ışınım, görünür ışıktan daha düşük enerjili ışınımıdır.

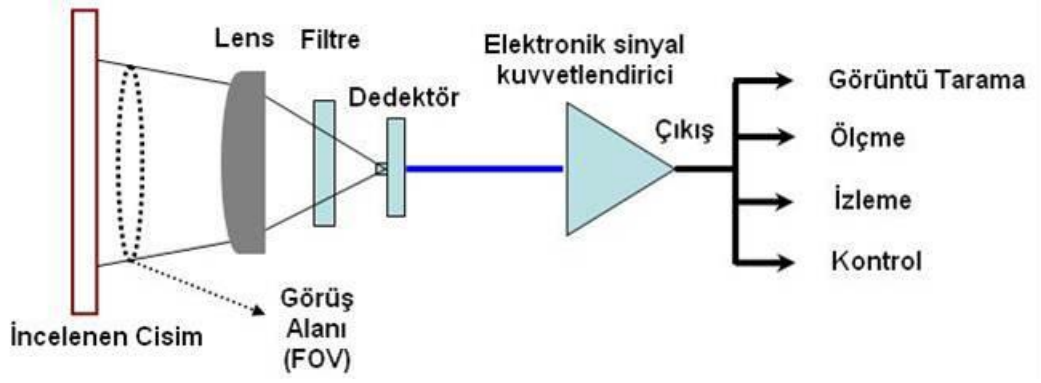
Gözlerimiz bu dalga boyuna duyarlı olmadığından, onu algılayamayız (Anonim 2009b). Mutlak sıfırın ($0\text{ K} = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$) üstünde sıcaklığa sahip her cisim bir kızılötesi ışımaya yapar. Bu ışımının sebebi, atomların ve moleküllerin mutlak sıfırın üstündeki sıcaklıklarda dönme ve titreşme hareketleri yapmasıdır. Atomlar ve moleküller dönme yaparken kızılötesi enerji yayarlar (Arslan ve Erişen 2008, Erdoğan 2009). Sıcak cisimler ışıklarını daha çok kısa dalga boylarında yayarken soğuk cisimler daha uzun boylu dalgalarda ışınım yayarlar (Yücel 2009).

İnfrared termografi (IRT) temas ve yayılma olmaksızın ısı algılamaya dayalı bir teknolojidir (Knížková ve ark. 2007, Arslan ve Erişen 2008). Bu yöntem sayesinde kızılötesi ışınlar görünür hale getirilebilmektedir. Cisim tarafından yapılan yayınım arttıkça sıcaklıkta artacaktır. Bu yüzden IRT yöntemi sayesinde değişik sıcaklıkları farkedebilmek mümkün hale gelmektedir. Sıcaklığı yüksek nesnelere soğuk nesnelere önünde kolaylıkla farkedilebilmektedir. Bu yüzden insan gibi sıcakkanlı canlılar dış ortamda termal kamera ile kolaylıkla tespit edilebilmektedirler (Anonim 2009d, Anonim 2009e).

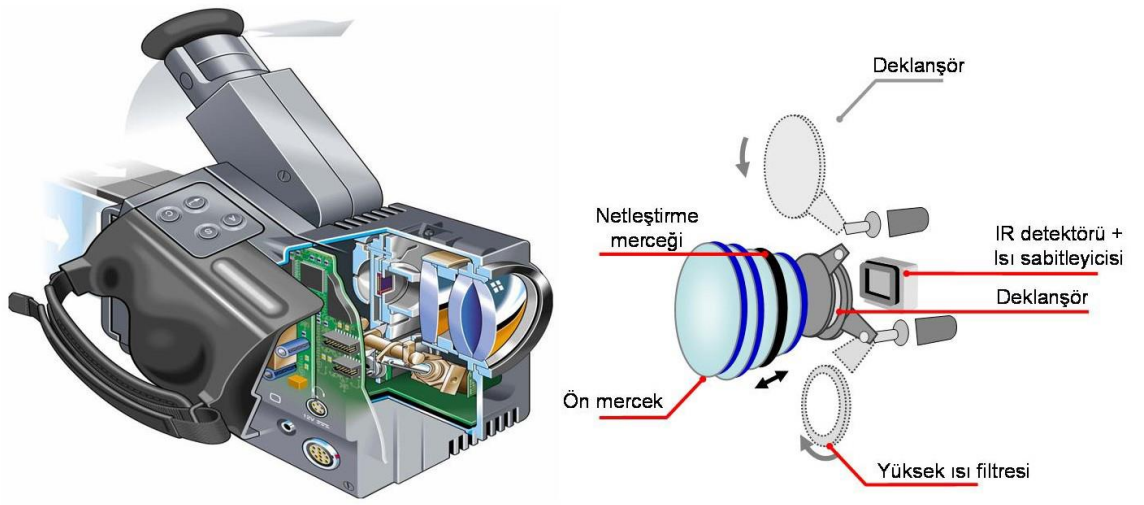
Günümüzde önemli uygulamaları olan IRT yöntemi, üzerinde önemle çalışılan konular arasındadır. IRT yöntemi sanayi, otomasyon sistemlerinde, askeri savunma ve güvenlik sistemlerinde, tıpta, inşaat sektöründe, mekanik sistemlerde, elektrik ve elektronik sistemlerde, veterinerlikte, gece görüş sistemlerinde, araştırma projelerinde, topoğrafik çalışmalarda ve tarımda kullanılmaktadır (Anonim 2009, Flir 2009).

2.2.1. Kızılötesi (Termal) Kamera

Kızılötesi (termal) kameralar, cisimlerden yayılan ve insan gözü tarafından algılanamayan kızılötesi enerjiden elde edilen bilginin görünür hale dönüştürülmesini sağlarlar. Nesnelere sahip oldukları sıcaklık dağılımları farklı renk tonlarıyla kızılötesi kameralar ile elde edilir. Diğer bir ifade ile kızılötesi kameralar kızılötesi enerjiyi ölçerler ve Planck formülü esas alınarak uygun ayarlama ile cisimlerin sıcaklık dağılımlarını elde etmemizi sağlarlar (Knížková ve ark. 2007, Arslan ve Erişen 2008). Kızılötesi termal kameranın çalışma prensibi ve yapısı Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’de verilmiştir.



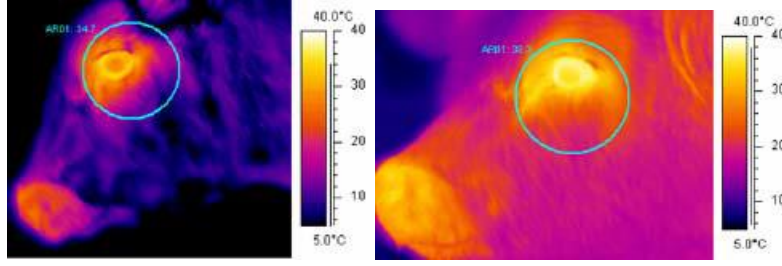
Şekil 2. 2. Kızılötesi termal kameranın çalışma prensibi (Arslan ve Erişen 2008)



Şekil 2.3. Kızılötesi kameranın yapısı (Flir 2009)

2.2.2. Termal Kameraların Tarım ve Hayvancılıkta Kullanım Alanları

Önemli uygulama alanları olan IRT yöntemi, halen üzerinde önemle çalışılan konular arasındadır. Temas ve yayılma olmaksızın ısı algılamaya dayalı bir teknoloji olduğundan tarımla ilgili hemen hemen her alanda kullanılma olanağı vardır. Dünyada ve Avrupa'da bu yöntem tarımda kullanılmaktadır. Ancak, ülkemizde tarım ve hayvancılık sektöründe IRT yöntemi henüz kullanılmaya başlanmamıştır. Termal kamera hayvan sağlığı ve hastalıklarının kontrolünde de kullanılmaktadır (Knížková ve ark. 1996). Örneğin, ruminant hayvanlarda solunum yolu hastalıklarının önceden tespitinde kullanılabilir (Resim 2.1) (Schaefer ve ark. 2007).



1. gün

8. gün

Resim 2.1. Ruminant hayvanlarda solunum yolu hastalığı tespiti

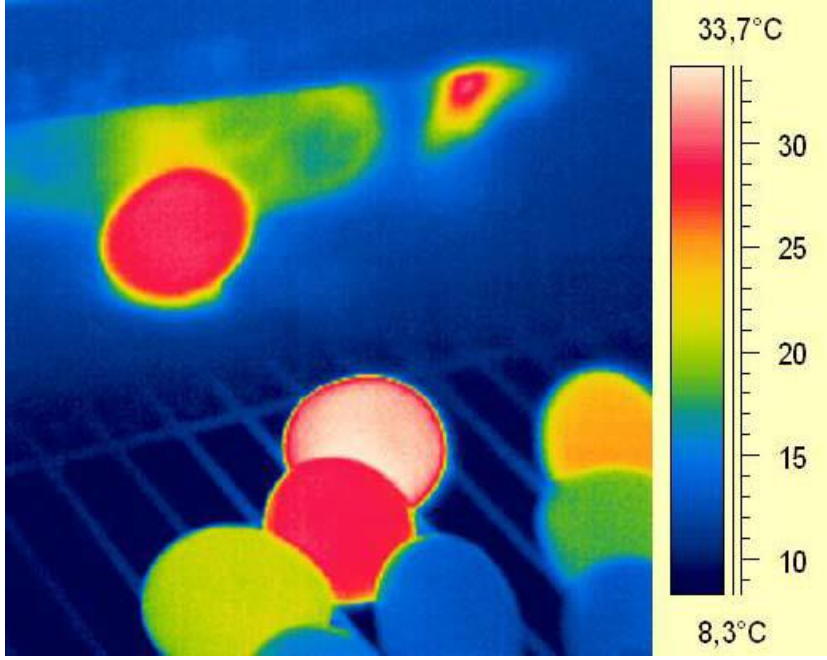
Özellikle atlarda ortopedik rahatsızlıkların teşhisinde tercih edilen bu yöntem; koyun, domuz, kanatlı çiftlik hayvanları üzerinde yapılan araştırmalarda da başarılı sonuçlar vermektedir. Termal kameralarla görüntüleme; üreme, ısı dengesi, hayvan sağlığı ve süt işleme gibi alanları da kapsayan yöntemlerde de kullanılmaktadır. Kan akımına bağlı olarak dokudaki sıcaklık artışı ve azalışına göre uygulamalar yapılmaktadır (Knizkova ve Kunc 2007, Lillian 1997). Termografi atların vücut yüzey sıcaklığı değerlendirilmesi ve fizyolojik görüntülenmelerine olanak sağlayarak; stres kırıklar, incik splints ve yumuşak doku, kiriş, ligamentous ve sinir yaralanmaları ve iyileştirme sırasında iyileşme süreçlerini izlemek için tercih edilmektedir (Hovinen ve ark. 2008).

Büyükbaş hayvanların canlı ağırlıklarının tespitinde ve hayvanlarda meydana gelen stresin kontrolünde IRT yönteminden yararlanılmaktadır (Stewart ve ark. 2007, Stajnko ve ark. 2008). Atların ayağında oluşabilecek rahatsızlıkların önceden tespit edilmesinde (Yanmaz ve ark. 2007), yeni doğan kuzuların çevresel koşullara adaptasyonun kontrolünde kullanılmaktadır (Resim 2.2) (Malá ve ark. 2004, Knížková ve ark. 2007).

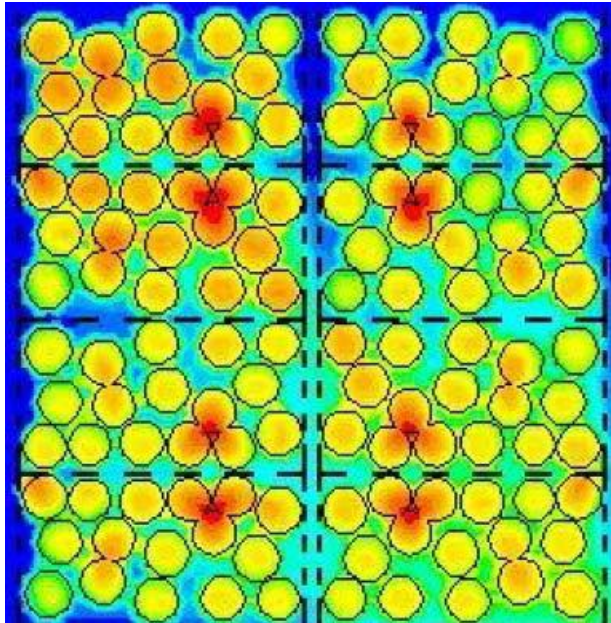


Resim 2.2. Vücut ısı yalıtımı kötü olan bir yeni doğmuş kuzu

IRT yöntemi gıda sektöründe ürünlerin özelliklerinin kontrol edilmesi içinde kullanılır (Resim 2.3). Tahıllarda aflatoxinin tespitinde (Fernández- Ibañez ve ark. 2009), meyve ve sebzelerin kalite kontrolünde (Bureau ve ark. 2009, Chen ve ark. 2009) (Resim 2.4), unlu mamullerin analizinde (Sørensen 2009) ve et kalitesi kontrolünde (Tejerina ve ark. 2009) kullanılmaktadır. Silajlarda aerobik stabiitenin değerlendirilmesinde kolay ve pratik bir uygulama olarak kullanılabilir (Koç ve ark. 2018a,b, Ünal ve ark. 2018).

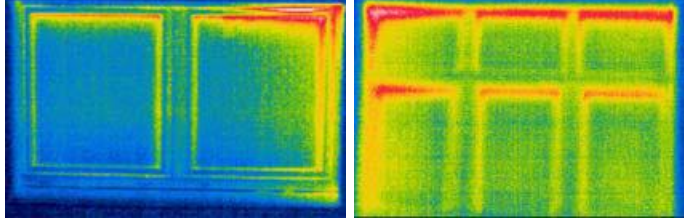


Resim 2.3. Taze yumurtaların tespiti



Resim 2.4. Meyve kalite kontrolü

Hayvan barınaklarının, tarımsal yapıların ısı yalıtımı kontrolünde (Knížková ve ark. 2002) (Resim 2.5), hayvanlar için uygun altlık materyalinin tespitinde (Lendelová ve ark. 2006) IRT yöntemi kullanılmaktadır.



İyi

Kötü

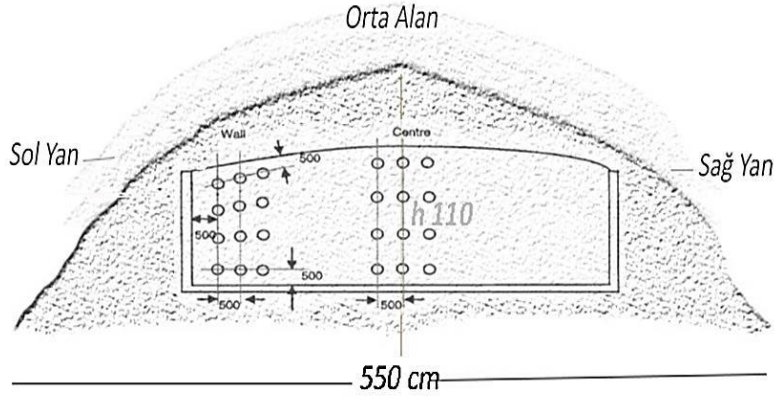
Resim 2.5. Isı yalıtımı iyi ve kötü olan pencereler

Tarımsal işletmelerde kullanılan mekanik sistemlerde, işletmelerin elektrik tesisatında oluşabilecek olası arızaların önceden tespitinde IRT yöntemi çabuk ve pratik çözümler sunmaktadır. Ayrıca, tarım makinelerinde makineyi oluşturan parçalarda meydana gelebilecek aşınmalar, arızalar ve malzeme yorgunluğunun kontrol edilmesinde kullanılabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

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 3.1).|



Şekil 3.1. Silo alanından örnek alınan bölgeler

Aerobik stabilite döneminde silaj örneklerindeki sıcaklık değişimleri ve ortam sıcaklığı 40 gün süreyle 30 dakikada bir hobo pentant data logger ile takip edilmiştir. 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.

Araştırmanın 0., 7., 14., 21., 30 ve 40. günlerinde silajların belirlenen 3 farklı noktasından 5 tekerrür olacak şekilde alınan mısır silaj örneklerinde kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelere ilişkin analizler yürütülmüştür. Silajların oksijenle temas ettiği 40 günlük sürede silajlarda pH, KM, laktik asit (LA), SÇK, amonyağa bağlı nitrojen (NH₃-N), mikrobiyolojik kompozisyona ilişkin olarak LAB, maya ve küf sayımları yapılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Silaj Kalitesi Belirlenmesi İçin Kullanılan Yöntemler

Araştırmada kullanılan mısır silajında aerobik stabilite süresince pH, KM, SÇK, LA, NH₃-N ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1. pH Analizleri

Silolama öncesi taze materyalde ve açım sonrası elde edilen örneklerde pH ölçümleri için 50 g'lık örnekler 125 ml saf su ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 1 saat süre ile zaman zaman karıştırılarak tutulmuştur. Daha sonra örnekler süzölmüş ve elde edilen süzökte pH metre aracılığı ile okuma gerçekleştirilmiştir (Anonim 1986).

3.2.1.2. SÇK Analizi

Başlangıç ve silaj örneklerinde SÇK analizi Anonim (1986)'a göre yapılmıştır. Analize tabi tutulacak örnek 102°C sıcaklıkta 2 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutulup öğütölmüş örnekten 0,2 g tartılarak bir şişe içerisine konulmuş, üzerine 200 ml saf su ilave edilerek 1 saat süre ile çalkalanmıştır. Örneğin ilk birkaç damlası ihmal edilecek şekilde süzölerek 50 ml'lik berrak ekstrakt elde edilmiştir. Standart eğrilerin hazırlanmasından sonra 2 ml ekstrakt alınarak 150x25 mm'lik borosilikat test tüplerine konulmuştur. Ön hazırlığı takiben absorbands değeri 620 nm'de 30 dakika içerisinde spektrofotometre aracılığı ile okunmuştur. Örnek ve kör denemeler sonrası tespit edilen absorbands değerlerine denk gelen mg glikoz değeri arasındaki farklılık 500 katsayısı ile çarpılmıştır. Elde edilen sonuçlar, örnek içerisinde yer alan g/kg SÇK miktarı olarak kaydedilmiştir.

3.2.1.3. NH₃-N Analizi

Silaj örneklerinde NH₃-N, silaj örneklerinden elde edilen ekstraktlarda mikro distilasyon metotlarına (Anonim 1986) göre gerçekleştirilmiştir. Yetmiş beş günlük süre sonrasında günlük elde edilen örneklerde NH₃-N tespiti için 20 g'lık taze örnek üzerine 100 ml saf su ilave edilerek çalkalama makinesinde 1 saat süre ile çalkalanmıştır. Daha sonra süzölerek elde edilen ekstrakte mikro distilasyon metodu aracılığı ile söz konusu parametre saptanmıştır.

3.2.1.4. Laktik Asit Analizi

Laktik asit miktarlarının tespiti, Koç ve Coşkuntuna (2003)'nın bildirdikleri spektrofotometrik yöntemle göre saptanmıştır.

Derin dondurucuda -20 °C'de saklanan örnekler analizin yapılacağı gün çıkartılarak çözölmünceye kadar oda sıcaklığında bir süre bekletilmişlerdir. Çözöndürölen örnekler daha sonra 1:100 oranında seyreltilerek kullanılmıştır. Seyreltilen örneklerden otomatik pipet yardımıyla 1 ml sıvı tüplere aktarılmış üzerine 0.1 ml bakır sülfat (5g CuSO₄/100 ml saf su)

ile 6 ml %98'lik sülfürik asit ilave edilmiştir. Hazırlanan tüpler 30 saniye vortekste karıştırıldıktan sonra 5 dakika soğuk banyoda tutularak soğumaya bırakılmıştır. Bu süre sonunda tüplere 0.1 ml parahidroxy biphenol (%0,5 NaOH/1000 ml saf su +2,5 g PHBP) eklenerek, tüpler 30 saniye tekrar vortekste karıştırılmış ve 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra tüpler 90 saniye kaynar su içerisine daldırılıp çıkartılmış ve soğuması beklendikten sonra 565 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında okunmuştur.

3.2.1.4.1. Standart Eğrinin Oluşturulması

213 mg lityum laktat 500 ml saf su içerisinde çözündürülmüş ve üzerine 0.5 ml %98'lik sülfürik asit ilave edilmiştir (400 µg/ml). Elde edilen çözelti, önce 1:9 (40 µg/ml) daha sonra 1:1 (20 µg/ml, stok çözelti) oranında seyreltilerek kullanılmıştır. Daha sonra stok çözeltilerden 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 µg/ml lityum laktat içerecek şekilde yeni karışımlar elde edilmiştir. 1 ml seyreltik bulunan tüplerin içerisine 0,1 ml bakır sülfat ile 6 ml %98'lik sülfürik asit ilave edilmiş, 30 saniye vortekste karıştırılmış ve 5 dakika soğuk banyoda tutularak soğumaya bırakılmıştır. Bu süre sonunda tüplere 0.1 ml parahidroxy biphenol eklenerek, tüpler 30 saniye tekrar vortekste karıştırılmış ve 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra tüpler 90 saniye kaynar su içerisine daldırılıp çıkartılmış ve soğuması beklendikten sonra 565 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında okunmuş ve standart eğri Microsoft Excel bilgisayar programında oluşturulmuştur.

3.2.1.4.2. Hesaplama

Standart eğriden, örneklerin µg/ml' leri okunarak saptanmıştır. Elde edilen örneklerin KM miktarlarına bölünmüş ve silajların % KM'de % laktik asit içerikleri saptanmıştır.

3.2.1.5. Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada silaj örneklerinde LAB, maya ve küf yoğunluklarının saptanmasına yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 10 g'lık örnekler peptonlu su aracılığı ile 2 dakikadan az olmamak koşulu ile karıştırılıp mikroorganizmaların mümkün olduğu ölçüde materyalden ayrılması sağlanmıştır. Elde edilen stok materyalden logaritmik seride dilüsyonlar hazırlanarak 1 saati aşmayan zaman zarfında ekim işlemi yapılmıştır. Laktik asit bakterileri 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 gerçekleştirilmiştir (Seal ve ark. 1990).

Örneklerde saptanan LAB, maya ve küf sayıları logaritma koliform üniteye (cfu/g) çevrilmiştir.

3.2.1.6. Aerobik Bozulmaya Dirence İlişkin Analizler

Aerobik stabilite döneminde silaj örneklerindeki sıcaklık değişimleri ve ortam sıcaklığı 30 dakikada bir 40 gün süreyle (hobo pentant data logger) takip edilmiştir (Chen ve ark. 1994).

3.2.1.7. İstatiksel Analizler

Araştırma sonunda elde edilen veriler Statistica (Statistica for the Windows Operating System 1999; Stat Soft, Inc., Tulsa, OK, USA) istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Grup ortalamaları arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır (Soysal 1993).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde mısır silajlarının aerobik stabilite dönemi içerisinde uygulamalardan hangi ölçülerde etkilendiği konuya ilişkin diğer araştırma sonuçları ile birlikte tartışılmaya çalışılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü toprak üstü geçici siloya ilişkin genel bilgiler Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Araştırmanın yürütüldüğü silonun genel özellikleri

Silo boyutları (m) (en x boy x yükseklik)	5.5x17x1.10
Miktar (ton)	45
Fermantasyon 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 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Aerobik stabilite süresince mısır silajlarında kimyasal ve mikrobiyal kompozisyondaki değişiklikler

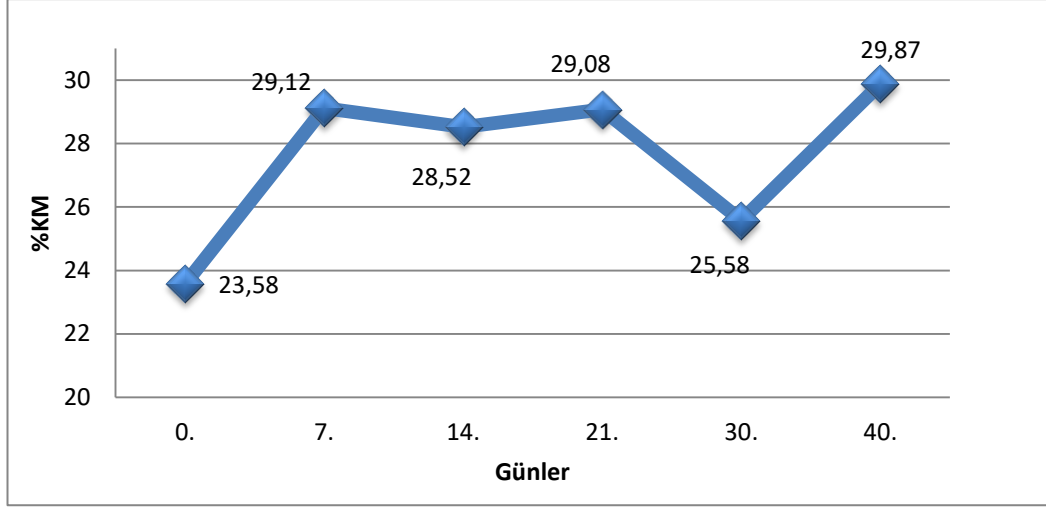
BÖLGE		SİLO SICAKLIĞI ORT °C	KM, %	pH	NH ₃ -N, g/kg KM	LA, g/kg KM	LAB, log ₁₀ cfu/g	Maya log ₁₀ cfu/g	Küf log ₁₀ cfu/g	SÇK, g/kg KM
SOL			26,60 ^b	4,43 ^b	0,77	92,62	5,04 ^b	4,87	3,40 ^c	79,32 ^b
SAĞ			28,64 ^a	4,51 ^b	0,82	95,95	5,27 ^a	4,87	3,88 ^b	86,22 ^a
ORTA			27,64 ^{ab}	4,73 ^a	0,82	95,14	5,14 ^b	4,99	4,95 ^a	83,19 ^{ab}
<i>SH</i>			0,46	0,05	0,05	1,66	0,03	0,05	0,09	1,44
Gün (ortalama)	0.GÜN	18,05	23,58 ^c	4,47 ^b	1,10 ^a	80,95 ^b	4,73 ^{de}	4,26 ^c	3,06 ^c	105,89 ^a
	7. GÜN	15,53	29,12 ^a	4,40 ^b	0,72 ^{bc}	100,52 ^a	4,68 ^e	3,68 ^d	4,33 ^{bc}	105,57 ^a
	14. GÜN	26,51	28,52 ^a	4,25 ^b	0,77 ^b	96,84 ^a	5,13 ^c	5,02 ^b	4,49 ^b	90,67 ^b
	21. GÜN	23,04	29,08 ^a	4,95 ^a	0,54 ^c	103,34 ^a	5,63 ^b	6,15 ^a	4,95 ^a	80,00 ^c
	30. GÜN	31,11	25,58 ^b	4,88 ^a	0,90 ^{ab}	86,55 ^b	4,86 ^d	5,12 ^b	4,00 ^{cd}	73,50 ^d
	40. GÜN	26,60	29,87 ^a	4,38 ^b	0,79 ^b	99,21 ^a	5,87 ^a	5,22 ^b	3,65 ^d	41,83 ^e
<i>SH</i>			0,64	0,08	0,07	2,34	0,05	0,08	0,13	2,04
SOL	0.GÜN	18,66	25,72 ^{cd}	4,70 ^{cd}	0,91 ^{b-e}	84,80 ^{fg}	4,39 ^e	4,37 ^c	2,04 ⁱ	103,68 ^{ab}
	7. GÜN	14,60	26,76 ^{de}	4,40 ^{e-i}	0,50 ^{bc}	90,62 ^{fg}	4,47 ^c	3,47 ^d	3,38 ⁱ	104,76 ^a
	14. GÜN	25,17	28,89 ^f	4,45 ^{d-f}	0,70 ^a	104,39 ^g	4,72 ^{cd}	4,60 ^c	3,55 ^{b-e}	86,50 ^{ab}
	21. GÜN	22,50	28,35 ^{cd}	5,25 ^{d-h}	0,50 ^e	104,77 ^{d-f}	5,92 ^e	6,23 ^d	4,81 ^{gh}	74,00 ^{ab}
	30. GÜN	29,18	21,40 ^{bc}	3,85 ^{c-e}	1,18 ^{b-e}	77,12 ^{a-c}	4,88 ^c	5,16 ^d	3,40 ^{b-h}	70,50 ^{ab}
	40. GÜN	25,42	28,48 ^{ab}	3,95 ^{f-i}	0,87 ^{b-e}	94,01 ^{ab}	5,89 ^{de}	5,39 ^d	3,25 ^a	36,50 ^{ab}
SAĞ	0.GÜN	17,27	24,47 ^{bc}	4,20 ^{d-g}	0,97 ^{c-e}	81,42 ^{a-c}	4,95 ^{cd}	3,85 ^c	2,54 ^{f-h}	107,50 ^{cd}
	7. GÜN	15,84	29,39 ^{b-d}	4,65 ^{d-i}	0,81 ^{b-d}	104,82 ^{fg}	4,96 ^b	3,81 ^b	3,99 ^{c-f}	106,30 ^{bc}
	14. GÜN	26,81	27,68 ^{bc}	4,30 ^{g-i}	0,94 ^{c-e}	82,29 ^{a-d}	5,37 ^b	5,24 ^b	4,17 ^a	95,00 ^{cd}
	21. GÜN	23,56	28,05 ^{bc}	5,35 ^b	0,61 ^e	100,69 ^{a-c}	5,73 ^a	6,28 ^a	5,16 ^{b-d}	84,00 ^{ef}
	30. GÜN	32,28	29,23 ^{b-d}	5,05 ^{ab}	0,84 ^{c-e}	94,00 ^{a-e}	4,77 ^a	5,01 ^a	3,85 ^{ab}	79,00 ^{c-e}
	40. GÜN	26,67	33,05 ^{ab}	3,50 ^{d-i}	0,75 ^{d-e}	112,47 ^{a-c}	5,84 ^b	5,06 ^a	3,60 ^{bc}	45,50 ^{d-f}
ORTA	0.GÜN	18,21	20,56 ^{ef}	4,50 ^{i-j}	1,42 ^{ab}	76,64 ^g	4,85 ^{cd}	4,58 ^c	4,61 ^{gh}	106,50 ^f
	7. GÜN	16,16	31,23 ^{bc}	4,15 ^{bc}	0,85 ^{bc}	106,13 ^{b-f}	4,62 ^{cd}	3,77 ^d	5,64 ^{f-h}	105,65 ^{d-f}
	14. GÜN	27,54	28,99 ^{cd}	4,00 ^a	0,66 ^{c-e}	103,83 ^{e-g}	5,30 ^c	5,22 ^b	5,75 ^{b-d}	90,50 ^f
	21. GÜN	23,07	30,86 ^{bc}	4,25 ^{b-i}	0,53 ^{b-e}	104,56 ^{b-f}	5,24 ^a	5,94 ^a	4,87 ^h	82,00 ^g
	30. GÜN	31,86	26,11 ^a	5,75 ^j	0,70 ^{c-e}	88,54 ^a	4,94 ^a	5,20 ^b	4,75 ^{f-h}	71,00 ^g
	40. GÜN	27,70	28,07 ^{b-d}	5,70 ^a	0,74 ^{c-e}	91,17 ^{c-f}	5,89 ^a	5,23 ^b	4,10 ^{d-g}	43,50 ^g
<i>SH</i>			1,12	0,13	0,12	4,06	0,08	0,13	0,22	3,53
Bölge			<0,01	<0,01	0,783	0,355	<0,001	0,232	<0,001	<0,01
Gün (Aerobik stabilite süresi)			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Bölge X Gün			<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

KM: Kuru madde, NH₃-N: Amonyaga bağlı nitrojen, LA: Laktik asit, LAB: Laktik asit bakterileri, SÇK: Suda çözünebilir karbonhidrat, SH: Standart hata

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

4.1. KM

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgesinden alınan örneklerin % KM değeri sırası ile 25.72, 24.47 ve 20.56 tespit edilirken aerobik stabilitenin 40. gününde alınan örneklerin %KM içerikleri sırasıyla 28.48, 33.05, 28.07 olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların KM içerikleri yükselmiştir (Şekil 4.1).

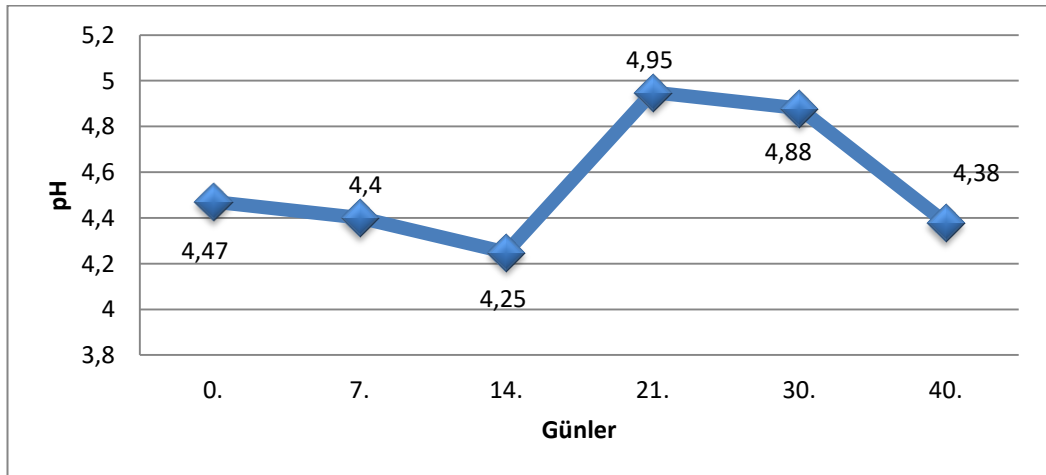


Şekil 4.1. KM değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda bölge ($P<0.01$), aerobik stabilite süresi-
gün ($P<0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite interaksyonu KM değeri ($P<0.001$) önemli
bulunmuştur (Çizelge 4.2).

4.2. pH

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgesinden alınan
örneklerin pH değeri sırası ile 4.70, 4.20 ve 4.5 tespit edilirken aerobik stabilitenin 40.
gününde alınan örneklerin pH değerleri sırasıyla 3.95, 3.50, 5.70 olarak tespit edilmiştir.
Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların pH değerleri ise orta bölge dışında düşmüştür
(Şekil 4.2).



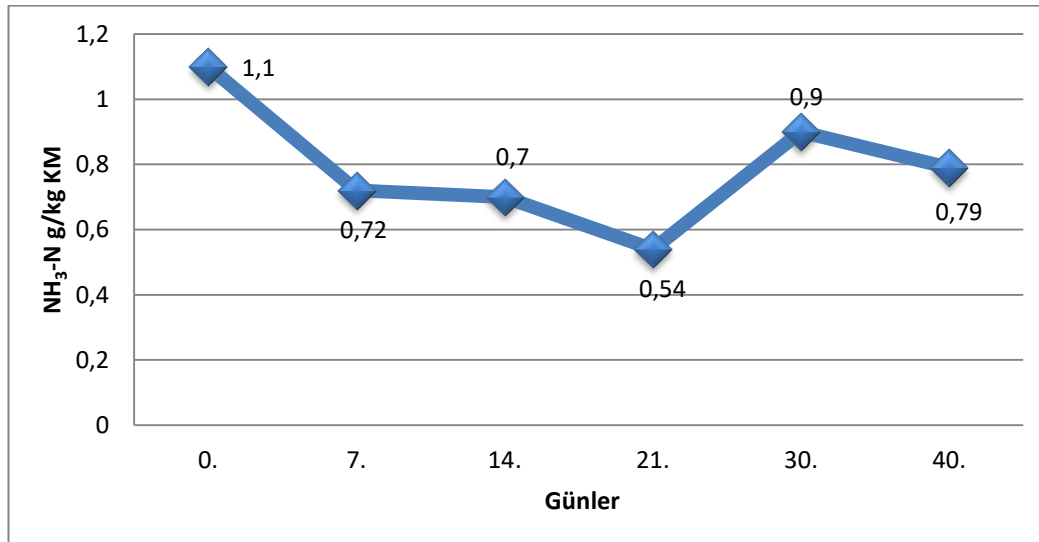
Şekil 4.2. pH değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda bölge ($P<0.01$), aerobik stabilite süresi-
gün ($P<0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite süresi interaksyonu pH değeri ($P<0.001$)
düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

4.3. NH₃-N

Bitki hasadından sonra görülen en önemli aktivite proteolisis olayıdır. Bu olayda bitki bünyesindeki proteinler, proteaz enzimleri tarafından amino asit ve amonyağa parçalanmaktadır (Filya 2001.a). Bu nedenlerle NH₃-N oluşumu protein parçalanma düzeyini gösteren önemli bir parametredir.

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgesinden alınan örneklerin NH₃-N değeri sırası ile 0.91, 0.97 ve 1.42 tespit edilirken aerobik stabilitenin 40. gününde alınan örneklerin NH₃-N değerleri sırasıyla 0.87, 0.75, 0.74 olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların NH₃-N değerleri ise düşmüştür (Şekil 4.3).

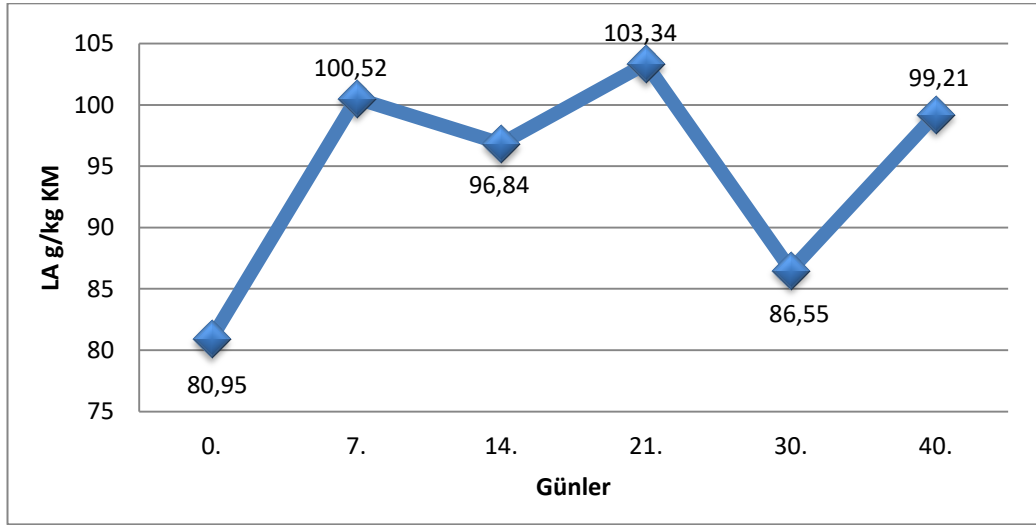


Şekil 4.3. NH₃-N değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda aerobik stabilite süresi-gün ($P<0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite süresi interaksyonu NH₃-N değeri üzerinde ($P<0.01$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2). Silaj fermantasyonu sırasında oluşan pH, NH₃-N ve laktik asit miktarı fermantasyonun kalitesini belirlemektedir. Özellikle pH ve NH₃-N miktarları düşük, laktik asit/asetik asit oranları yüksek silajlar iyi fermente olmuş silajlar olarak kabul edilebilirler (Filya 2001a).

4.4. LA

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgesinden alınan örneklerin LA değeri sırası ile 84.80, 81.42 ve 76.64 tespit edilirken aerobik stabilitenin 40. gününde alınan örneklerin pH değerleri sırasıyla 94.01, 112.47, 91.17 olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların LA değerleri yükselmiştir (Şekil 4.4).



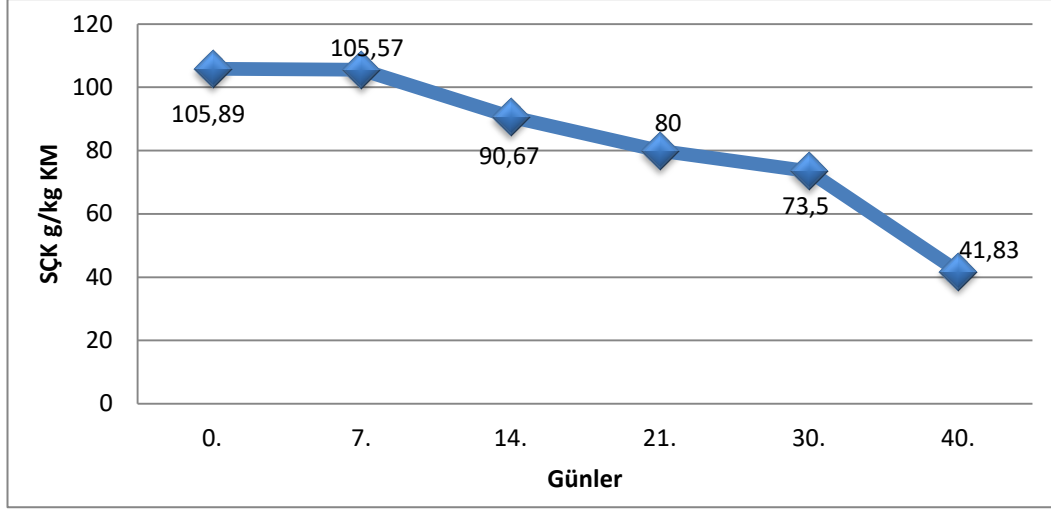
Şekil 4.4. LA değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda aerobik stabilite süresi ($P<0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite süresi interaksiyonu LA değeri üzerinde ($P<0.001$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Aerobik bozulma 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_2 üretimine yol açmakta, bunun sonucunda ortam pH'ında ve sıcaklığında artış meydana gelmektedir (Ashbell ve ark. 1987). Araştırmadan elde edilen veriler bu konuda yapılan çalışmaları destekler niteliktedir.

4.5. SÇK

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgeden alınan örneklerin SÇK değeri sırası ile 103.68, 107.50 ve 106.50 tespit edilirken aerobik stabilitenin 40. gününde alınan örneklerin SÇK değerleri sırasıyla 36.50, 45.50, 43.50 olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların SÇK değerleri düşmüştür (Şekil 4.5).

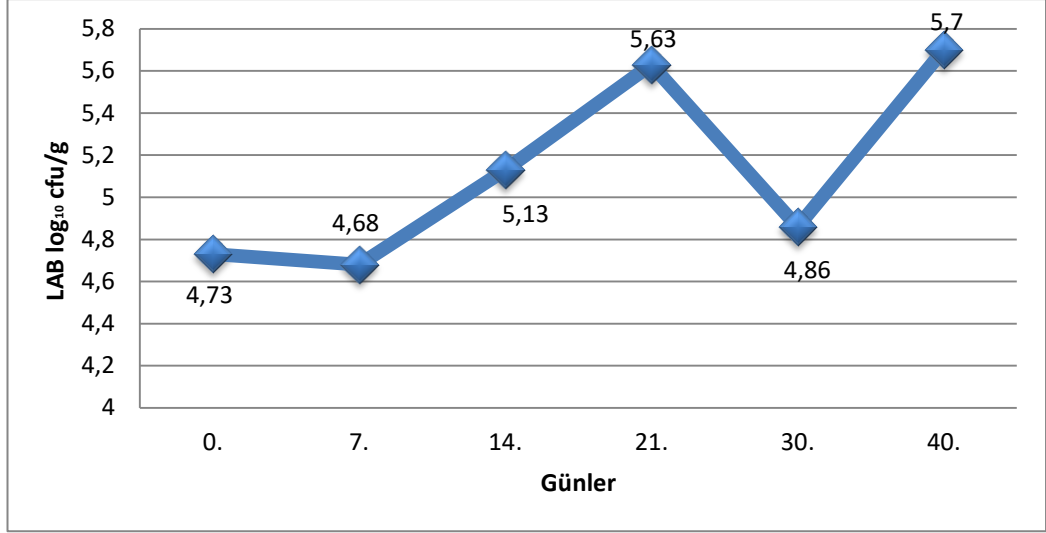


Şekil 4.5. SÇK değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda bölge ($P<0.01$), aerobik stabilite süresi-
gün ($P<0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite süresi interaksyonu SÇK değeri üzerinde
($P<0.001$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2). Yapılan çalışmalar farklı materyallerden
yapılmış olan silajların aerobik bozulmaya olan dirençleri bakımından farklı özellikler
taşıdığını ortaya koymaktadır. Mısır, buğday ve sorgum benzeri karbonhidratça zengin
materyallerin bu anlamda daha fazla olumsuz özelliğe sahip olduğu söylenebilir (Mc Donald
ve ark. 1991). Araştırma sonuçları dikkate alındığında bu çalışmanın koşulları altında mısır
silajlarında aerobik bozulmanın açım tarihi itibari ile gerçekleştiği özellikle 7. günden itibaren
bu kayıpların arttığını söyleyebiliriz.

4.6. LAB

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgesinden alınan
örneklerin LAB değeri sırası ile 4.39, 4.95 ve 4.85 \log_{10} cfu/g tespit edilirken aerobik
stabilitenin 40. gününde alınan örneklerin LAB değerleri sırasıyla 5.89, 5.06, 5.23 \log_{10} cfu/g
olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların LAB değerleri
yükselmiştir (Şekil 4.6).

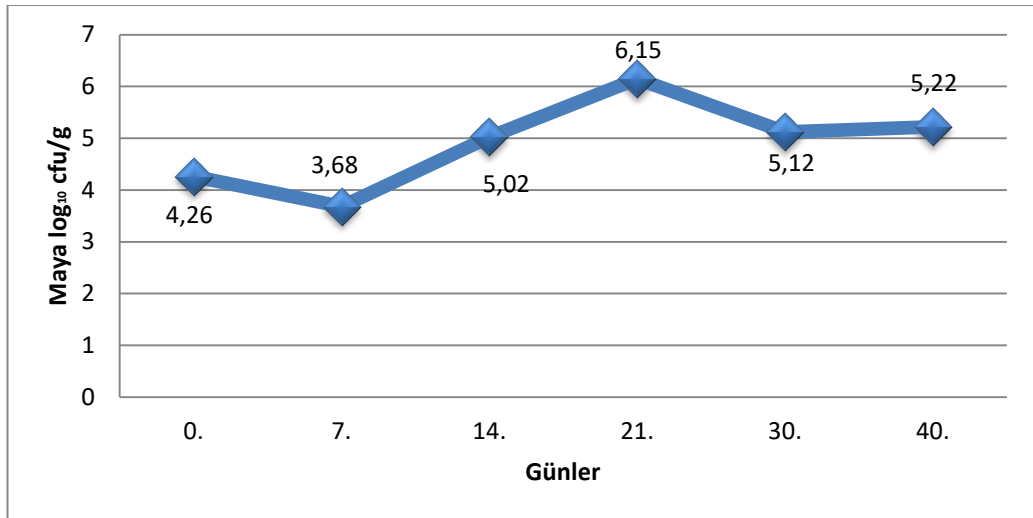


Şekil 4.6. LAB değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda bölge ($P<0.001$), aerobik stabilite süresi-gün ($P<0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite süresi interaksiyonu SÇK değeri üzerinde ($P<0.001$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

4.7. Maya

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgesinden alınan örneklerin maya değeri sırası ile 4.37, 3.85 ve 4.58 log₁₀ cfu/g tespit edilirken aerobik stabilitenin 40. gününde alınan örneklerin maya değerleri sırasıyla 5.39, 5.06, 5.23 log₁₀ cfu/g olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların maya değerleri yükselmiştir (Şekil 4.7).



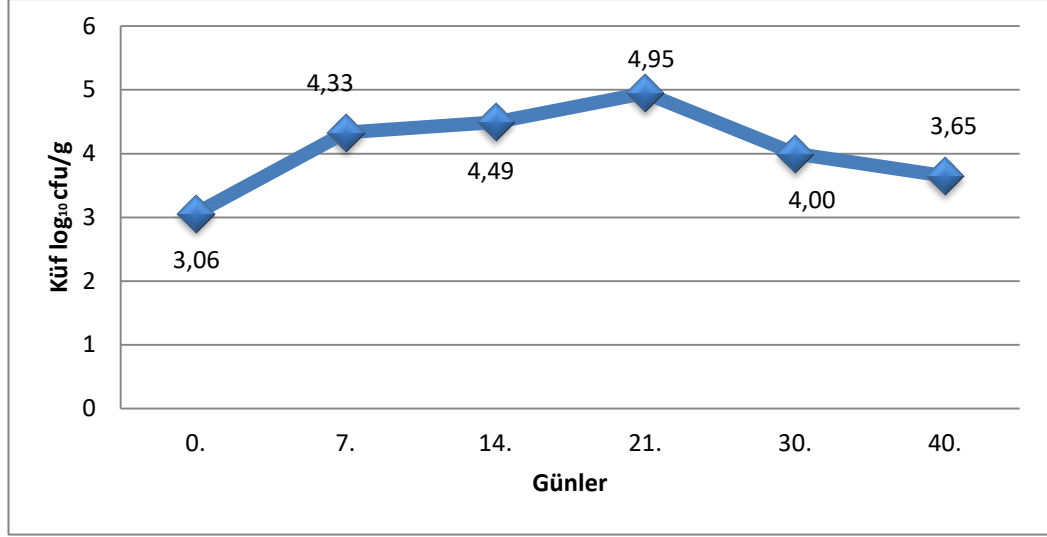
Şekil 4.7. Maya değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda aerobik stabilite süresi ($P < 0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite süresi interaksiyonu maya değeri üzerinde ($P < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2). Mayalar ökaryotik, fakültatif anaerobik, heterotrofik mikroorganizmalardır. Silajlarda, anaerobik yanı sıra aerobik maya aktivitesi istenmemektedir. Anaerobik şartlar altında, mayalar, şekerleri etanol ve CO_2 'ye fermente eder (Schlegel 1987, McDonald ve ark. 1991). Silolardaki bu etanol üretimi, sadece laktik asit fermantasyonu için mevcut olan şeker miktarını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda süt tadı üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir (Randby ve ark. 1999). Aerobik koşullar altında, birçok maya türü, LA CO_2 ve H_2O 'ya indirgemektedir. LA bozulması, silaj pH'sında bir artışa neden olmakta ve diğer birçok bozulma organizmalarının büyümesini tetiklemektedir (Mc Donald ve ark. 1991).

Mayalar toplama işleminin ilk haftaları boyunca gram başına 10^7 koloni oluşturma birimine kadar ulaşabilirler; Uzun süreli depolama, maya sayılarının kademeli olarak azalmasına yol açacaktır (Middelhoven ve Van Baalen 1988, Driehuis ve van Wixelaar 1996). Depolama sırasında mayaların hayatta kalmasını etkileyen faktörler anaerobiyoz derecesi ve organik asit konsantrasyonlarıdır. Depolama esnasında oksijenin varlığı, depolamada mayaların hayatta kalmasını ve büyümesini artırırken (Jonsson ve Pahlow 1984, Donald ve ark. 1995), formik asit veya asetik asidin yüksek seviyeleri depolama sırasında hayatta kalmayı azaltır (Driehuis ve ark. 1996). İlk maya aktivitesi, örneğin, asit katkı maddelerinin eklenmesinden ve patates, portakal kabuğu veya şeker pancarı gibi yüksek bir şeker içeriğine sahip olan bitkilerde, başlangıçtaki düşük pH değeri (< 5) olan mahsullerde artırılmış gibi gözükmektedir. Bu bitkiler genellikle etanolde yüksek ve laktik asitte düşük silajlarla sonuçlanır (Henderson ve ark. 1972, Ashbell ve ark 1987, Weinberg ve ark. 1988, Driehuis ve ark. 1996).

4.8. Küf

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında sol, sağ ve orta bölgesinden alınan örneklerin küf değeri sırası ile 2.04, 2.54 ve 4.61 \log_{10} cfu/g tespit edilirken aerobik stabilitenin 40. gününde alınan örneklerin küf değerleri sırasıyla 3.25, 3.60, 4.10 \log_{10} cfu/g olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresine bağlı olarak silajların küf değerleri yükselmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Küf değişim grafiği

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda bölge ($P < 0.01$), aerobik stabilite süresi-gün ($P < 0.001$) ve bölge ve aerobik stabilite süresi interaksyonu küf değeri üzerinde ($P < 0.001$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2). Araştırmanın yürütüldüğü siloda açım tarihinden itibaren, küf tespit edilmiştir. Bunun nedenlerinden biri silajın yapımının uzun sürmesi ve geç kapatılmasıdır. Diğer bir nedeni ise örtü malzemesinin üzerine atılan toprağın yeterli miktarda olmaması ve bu sebeple yeterli sıkıştırmanın yapılamamasıdır. Toprak üstü geçici silolarda sıkıştırma işlemi için, iş makineleri ya da ek ağırlıklar ile takviye edilen traktörler kullanılmaktadır. Bu çalışmada da sıkıştırma işlemleri traktörle yapılmıştır. Bu çalışmada silajın kullanıma açıldığı andan itibaren orta ve sol taraftan silo yeminin alınması ve iyi kapatılmaması bu bölgede maya ve küf sayısının artmasına sebep olmuştur. Araştırma sonuçları bu konuda yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Muck ve Holmes, 2000; Roy ve ark. 2001, Borreani ve Tabacco 2010).

Küfler genellikle aerobik mikroorganizmalar olduklarından, silaj içerisindeki gelişimleri genellikle iyi kapatılmamış veya iyi sıkıştırılmamış siloların yüzey tabakasına yakın kısımlarında gelişme gösterirler. Küfler ayrıca, besleme döneminde silajın aerobik bozulmasında önemli rol oynarlar. Silajlarda en sık rastlanan küfler genellikle *Penicilium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Bysochlamys*, *Absidia*, *Arthrimum*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* ve *Trichoderma* cinslerine aittir (Mc Donald ve ark. 1991, Nout ve ark. 1993). Silaj içerisinde bulunan çoğu küfler, hayvanlarda yem tüketiminin azalması, abort (düşük) miktarının artması, hormonal dengesizlik ve bağışıklık sisteminin zayıflaması gibi birçok olumsuz duruma neden olan bir veya birkaç mikotoksin üretirler. Bu mikroorganizmaların silaj içerisinde dominant tür haline gelebilme yetenekleri, yüksek

karbondioksit konsantrasyonlarına (800 mL L⁻¹), toleransları, yüksek asetik asit seviyelerine (3.5 pH seviyesinde 15 gkg⁻¹) dayanıklılıkları ve çok düşük O₂ seviyelerinde (1.4 mL L⁻¹) bile gelişebilmeleri gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Lacey 1989).

Aerobik stabilite üzerinde etkili olan önemli bir faktör çevre sıcaklığıdır. Yüksek sıcaklık (35-45 °C) mikrobiyal aktiviteyi teşvik ederek, silajın hızlı bir şekilde bozulmasına neden olur (Uriarte 2001, Koc ve ark. 2009, Wilkinson ve Davies 2012). Dolayısıyla sıcak bölgelerde yapılan silajlar, soğuk bölgelerde yapılan silajlara göre ve yaz aylarında yapılan silajlarda kış aylarında yapılan silajlara göre daha fazla ısınırlar (Filya 2001b). Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde benzer sonuçlara ulaşılırken mısır silajlarında özellikle sıcaklığın küf popülasyonları üzerinde etkili olmaması dikkat çekicidir. Aerobik stabilite süresi ise mikrobiyal kompozisyon üzerinde etkili olmuştur.

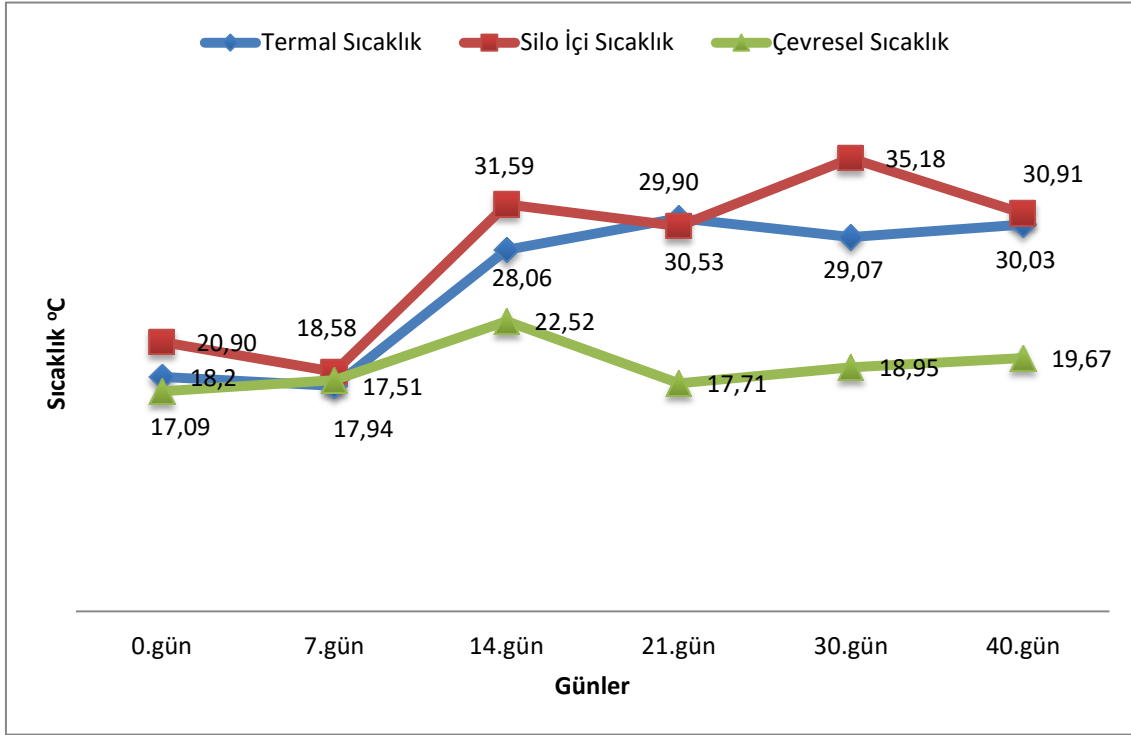
4.9. Termal Kamera Görüntüleme

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 (hava) 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 (Çizelge 4. 3) ve (Şekil 4.9).

Çizelge 4.3. Aerobik stabilite süresince mısır silajlarında sıcaklık sensörlerine ilişkin değerler (°C)

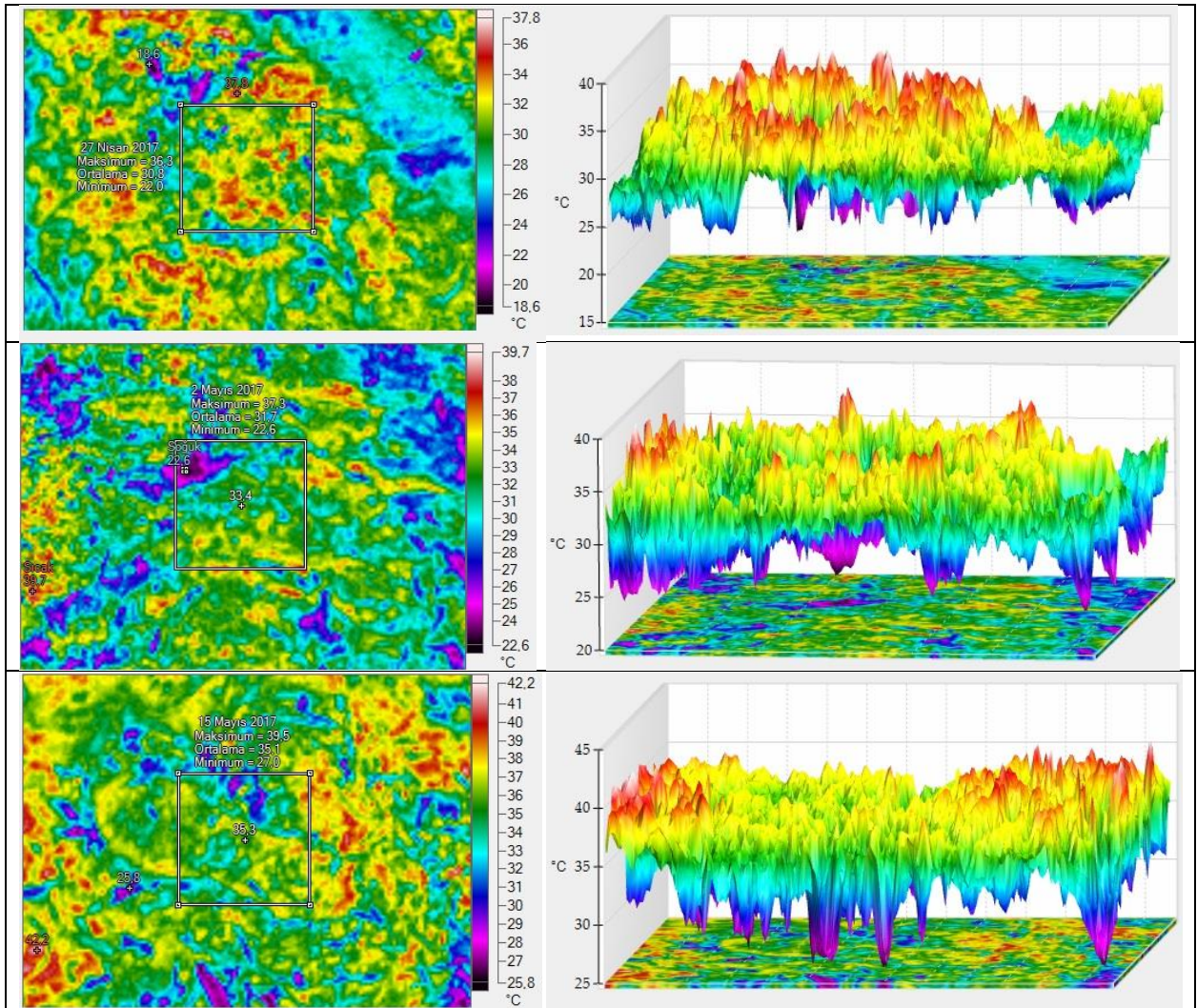
Günler	Termografi	Silo İçi (datalogger)	Çevre Sıcaklığı
0.	18,2	20,90	17,09
7.	17,51	18,58	17,94
14.	28,06	31,59	22,52
21.	30,53	29,90	17,71
30.	29,07	35,18	18,95
40.	30,03	30,91	19,67
Ort	24,7	27,2	18,8



Şekil 4.9. Sıcaklık değişim grafiği

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. Bu çalışmada kullanılan IR kameranın dış faktörlerin (ortam sıcaklığının) etkilerini elimine etmek için atmosferik düzeltme filtreleri kullanılmamıştır. Termal kamera ve silo yüzeyi arası hep aynı mesafeden görüntü alınarak görüntüler arasındaki farklılıklar minimal düzeye indirilmiştir.

Aerobik stabilitenin 0., 7., 14., 21., 30. ve 40. günlerinde silajların termal kamera görüntüleri ve mikrobiyal kompozisyona ilişkin değerlendirme sonuçları dikkate alındığında benzerlikler yakalamak mümkün olmuştur. Termal kameralarda, yüksek sıcak noktaları açık renkle, soğuk noktalar ise koyu renkle gösterilmektedir. Nesnelerin renkli olarak gösterdiği 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 dönmüştür (Koç ve ark. 2018.b). Araştırma materyaline ilişkin termal kamera görüntüleri Resim 4.1'de verilmiştir.



Resim 4.1. Aerobik stabilite dönemine ilişkin termal kamera görüntüleri

5. SONUÇ

Silolanan kitlede gerçekleşen anaerobik fermantasyonun genel ilkeleri değerlendirildiğinde, araştırmanın 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.

Bu anlamda termal kameralar kullanılarak, saha koşullarında silaj yüzey sıcaklıklarının hızlı ve kolay şekilde tespit edilmesi sayesinde aerobik stabilitenin erken döneminde bozulmanın boyutlarını belirlemek, silaj amanjmanını 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 silolarda sadece termal görüntü kullanılarak silodaki ısınma olaylarının dolayısıyla silajdaki bozulmanın boyutlarını görebilmek için termal kamera görüntülerinin yanısıra ilave sıcaklık ölçümleriyle desteklenmelidir.

Büyük çiftliklerin özel araştırma ve geliştirme laboratuvarlarında fermentasyon analizleriyle silaj kalitesini değerlendirmeleri mümkündür, ancak laboratuvara ulaşımı bulunmayan küçük işletmelerin kendi silaj kalitesini ve yem hammaddelerini termal kamera yöntemiyle hızlı ve pratik şekilde fikir sahibi olabilirler.

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 ulaşılabilir. Örneğin; silaj bölgesine ve silaj özelliğine göre kritik bir silaj sıcaklık eşiği belirlenip bunun üzerindeki artışlarda küf, maya vb. benzeri aktivitelerin hızlanabileceği varsayımıyla silajın kalitesi hakkında pratik bir gösterge olabilir. Ayrıca buna benzer görüntüleme sistemlerinin bilgisayar destekli online yazılımlarla birlikte geliştirilmesi IRT'yi daha güvenilir ve standart yöntem haline dönüştürebilir.

6. KAYNAKLAR

- Addah W, J Baah, K Okine, TA McAllister (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.
- Adesogan AT (2005). Improving forage quality and animal performance with fibrolytic enzymes. Florida Ruminant Nutrition Symposium.
- Anonim (1986). The Analysis of Agricultural Material, Reference Book: 427. London, Pp. 428.
- Anonim (2003). Thermographic measurement techniques, Publ. No. 1 557 527 Review
- Anonim (2009a). Kızılötesi Isıtma. <http://www.ardo.com.tr>, Erişim: Mart 2018.
- Anonim (2009b). Kızılötesi nedir? Kızılötesi dürbünler akşamları nasıl görür? http://www.biltek.tubitak.gov.t/merak_ettikleriniz/index.php?kategori_id=4&SORU_ID=1406, Erişim: Şubat 2009.
- Anonim (2009d). Infrared termografi, termal görüntüleme, termografik görüntüleme, thermal kamera. <http://www.turksan.com/guvenlik/kizilotesi>, Erişim: Mart 2018.
- Anonim (2009e). http://www.baglan.com.tr/urunler/axis_camera/221/gece_gunduz.html, Erişim: Şubat 2009
- Arslan M, Erişen A (2008). Isıtılan Hasarlı Malzemenin Kızılötesi Termografi ile Belirlenen Yüzey Sıcaklık Dağılımı Kullanılarak Tahribatsız Muayenesi. <http://td.wmv.gen.tr/Bilisim08/Bildiriler/Mevl%FCt%20ARSLAN.doc>, Erişim: Mart 2018.
- Ashbell G, G Pahlow, B Dinter, ZG Weinberg (1987). Dynamics of orange peel fermentation during ensilage. *J. Appl. Bacteriol.* 63, 275-279.
- Ashbell G, Kashanchi Y(1987). In-silo losses from wheat ensiled in bunker silos in a subtropical climate, *J. Sci. Food Agric.* 40: 95-103.
- Basmacıoğlu H, Ergül M (2002). Silaj mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*; 43(1): 12-24.
- Bolsen KK, Ashbell G, Weinberg ZG (1996). Silage fermentation and silage additives. *AJAS* 9(5):483-493.
- 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.
- Bureau S, David R, Maryse R, Barbara G, Dominique B, Jean-Marc A, Catherine MGCR (2009). Rapid and nondestructive analysis of apricot fruit quality using FT-nearinfrared spectroscopy, *Food Chemistry* 113:1323–1328.
- 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.
- Chen Q, Zhao J, Chaitep S, Guo Z (2009). Simultaneous analysis of main catechins contents in green tea (*Camellia sinensis* (L.)) by Fourier transform near infrared reflectance (FT-NIR) spectroscopy, *Food Chemistry* 113, 1272–1277.

- Donald AS, Fenlon D R, Seddon B (1995). The relationships between ecophysiology, indigenous microflora and growth of *Listeria monocytogenes* in grass silage. *J Appl Bacteriol*, 79: 141-148.
- Driehuis F, Elferink SJ, Spoelstra SF (1999). Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *Journal of Applied Microbiology*, 87: 583–594.
- Driehuis F, PG van Wikselaar (1996). Effects of addition of formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. p. 256-257. In: D.I.H. Jones, R. Jones, R. Dewhurst, R. Merry, and P.M. Haigh (ed.) Proc. 11th Int. Silage Conference, Aberystwyth, UK. 8-11 September 1996. IGER, Aberystwyth, UK.
- Düzgün D, Erman M (2009). Termal Kameraların Veteriner Hekimlikte Kullanımı. *TUBAV Bilim Dergisi* .2(4), 468-475.
- Erdoğan B (2009). Meme Kanseri Tanısında Kızılötesi Görüntüleme Yöntemi. <http://www.ehb.itu.edu.tr/~cilesiz/courses/BYM504E/BYM504E-2006-meme-IRimaging.pdf>, Erişim: Şubat 2009.
- Fenlon DR (1986). Growth of naturally occurring *Listeria spp.* in silage, a comparative study of laboratory and farm ensiled grass. *Grass Forage Sci.* 41:375–378. doi: 10.1111/j.1365-2494.1986.tb01828.x
- Fernández-Ibañez V, Soldado A, Martínez-Fernández A, dela Roza-Delgado B (2009). Application of near infrared spectroscopy for rapid detection of aflatoxin B₁ in maize and barley as analytical quality assessment, *Food Chemistry* 113, 629–634.
- Filya İ (2001.a). Silaj fermentasyonu. *Atatürk Üniv Ziraat Fak. Derg.* 32 (i):87-93.
- Filya İ (2001.b). Silaj Teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir.
- Flir (2009). FLIR Infrared Cameras & Thermal Imaging. <http://www.flir.com>, Erişim: Mart 2009.
- Heguy J (2014). Understanding the ensiling process can help you reach your silage feeding goals” .<http://cestanislaus.ucanr.edu/files/152281.pdf/24/06/2014>.
- Henderson AR, P McDonald, MK Woolford (1972). Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. *J. Sci. Food. Agr.* 23, 1079-1087.
- Hoffman PC, Combs DK (2015). Managing aerobic stability. http://qualitysilage.com/wp-content/themes/twentyten/PDF/Aerobic_Stability.pdf.10.01.2015
- Hovinen. M, Siivonen. J, Taponen. S, Hanninen. L, Pastell. M, Aisla. AM, Pyoral. S, “Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera”, *Journal Dairy Science*, 91(12): 4592-8, (2008).
- Jonsson A, G Pahlow (1984). Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* cultures. *Anim. Res. Develop.* 20,7-22.
- Keleş G, Yazgan O (2005). Bakteriyel inokulantların silaj fermentasyonu ve hayvan performansına etkiler. *Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 15, 1: 26–34.
- Kızılsimşek M, Erol A, Ertekin İ, Dönmez R, Katrancı B (2016). Silaj Mikro Florasının Birbirleri ile İlişkileri, Silaj Fermentasyonu ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19 (2): 136-140.

- Kiely PO, McEniry J, Clipson NJW (2006). The microbiological and chemical composition of baled and precision-chop silages on a sample of farms in county meath. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 45: 73–83,
- Knizkova I, Kunc P (2007). Application of infrared thermography in animal production. *J. of Fac. of Agric.*, 22 (3): 329-336.
- Knížková I, Kunc P, Gürdil AKG, Pınar Y, Selvi ÇK (2007). Applications of Infrared Thermography in Animal Production, *J. of Fac. of Agric*, 22(3):329- 336.
- Knížková I, Kunc P, Koubkova M, Flusser J, Dolezal O (2002). Evaluation of naturally ventilated dairy barnmanagement by a thermographic method, *Livestock Production Science* 77, 349–353
- Knížková I, Kunc P, Novy Z, Knizek J (1996). Evaluation of Evaporative Cooling on the Changes of Cattle Surface Body Temperatures with Use of Thermovision, *Zivočišná Výroba*, 41 (9): 433-439.
- Koc F, Coskuntuna L, Coskuntuna A, Ozduven ML, Samlı HE (2009) The effects of temperature on the silage microbiology and aerobic stability of corn and vetch-grain silages. *Acta Agriculturae Scand Section*. 59: 239-246.
- Koç F, Coşkuntuna L (2003). Silo Yemlerinde Organik Asit Belirlemede İki Farklı Metodun Karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim*, 44 (2): 37-47.
- Koç F, Özdüven ML, Demirci AŞ, Şamlı HE (2018.a). Mısır Silajlarında Saha Şartlarında Aerobik Stabilite Süresince Mikrobiyal Kompozisyondaki Değişikliklerin Termal Kamera Görüntüleme Tekniği ile Değerlendirilmesi". *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*. 21 (2): 167-174.
- Koç F, Ünal Ö, Okur AA, Okur E, Özdüven ML (2018.b). Mısır ve Buğday Silajlarının Termal Kamera Görüntüleme Tekniği Kullanılarak Aerobik Stabilitesinin Değerlendirilmesi. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 33(1): 55-63.
- Reich L.J. ve Kung Jr. L. (2010): Effects of combining *Lactobacillus buchneri* 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, 159, 105–109.
- Lacey J (1989). Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. *J. Appl. Bacteriol.* 67: 11-25.
- Lendelová J, Progran S, Knížková I, Kunc P (2006). Cubicle Lying Structures and Their Thermo Technical Comparison, *Architectura* 5 (1), 81-90.
- Lillian UP (1997). Ruptured or intact: what can linear echoses silicone breast implants tell us?, *American Journal Of Radiology*, 168: 1595-1598.
- Malá G, Knížková I, Kunc P, Mátlová V, Knížek J (2004). Resistance of Early Postnatal Lambs from Two Genetic Types to Cold Environment and Rain. *Ann. Anim., Sci.Suppl.*, N o. I, 169-171
- Mc Donald P, AR Henderson, SJE Heron (1991). *The Biochemistry of Silage* (2nd.ed.).
- Middelhoven WJ ve van Baalen AHM (1988). Development of the yeast flora of whole-crop maize during ensiling and subsequent aerobiosis. *J Sci Food Agric*, 42: 199-207.
- Nout MJR, Bouwmeester HM, Haaksma J, Dijk H (1993). Fungal growth in silages of sugarbeet press pulp and maize. *J.Agric.Sci.*, 121:323-326

- Pauly TM, Tham WA (2003). Survival of listeria monocytogenes in wilted and additive-treated grass silage. *Acta vet Scand*, 4: 73-86.
- Piltz JW, Kaiser A (2004). Principles of silage preservation. In: Piltz J W, Kaiser A, Burns HM, Griffiths NW. (Editors). *Successful silage*. NSW Department of Primar industries. 2nd edition 25-56.
- Roy, M.B., Treblay, Y., Pomerleau, P., Savoie, P., (2001). Compaction and Density of Forage Bunker Silos. ASAEA Annual Int. Meeting, paper no: 011089, California, USA.
- Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, Tong AKW (2007). The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves, *Research in Veterinary Science* 83, 376–384.
- Schlegel HG (1987). *General Microbiology*. 6th ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Schroeder JW (2014). *Silage Fermentation and Preservation*. <https://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/range/as1254.pdf>. 06.08.2014.
- Seglar B (2003). Fermentation analysis and silage quality testing, from the proceedings of the minnesota dairy health conference college of veterinary medicine, University of Minnesota, 119-136
- Seglar B (2014). Ruminant disorders associated with pathogens found within ensiled forages, Presented to the American Assn. of Bovine Practitioners Convention 1999:1-18. http://gpvec.unl.edu/electives/Griffin/GriffinPMfiles/Silage_pathogens_BS.doc. 15.04.2014.
- Sørensen LK (2009). Application of reflectance near infrared spectroscopy for bread analyses, *Food Chemistry*, 113:1318–1322.
- Stajanko D, Brus M, Hocevar M (2008). Estimation of bull live weight through thermographically measured body dimensions. *Computers and Electronics in Agriculture* 61, 233–240.
- 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.
- Stewart M, Webster JR, Verkerk GA, Schaefer AL, Colyn JJ, Stafford KJ (2007). Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiology & Behavior* 92, 520–525.
- Tejerina D, López-Parra MM, García-Torres S (2009). Potential used of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat physico-chemical composition of guinea fowl (*Numida meleagris*) reared under different production systems, *Food Chemistry* 113, 1290–1296.
- 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. *Alinteri 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.

Yanmaz L.E., Okumuş Z., Doğan E (2007). Instrumentation of Thermography and Its Applications in Horses, Journal of Animal and Veterinary Advances 6 (7), 858-862.

Yücel E (2009). Işık, Renk ve Elektromanyetik Tayf. http://www.akat.org/sizin_icin/elektromagnetik_tayf.pdf, Erişim: Şubat 2009

ÖZGEÇMİŞ

1971 Konya/Beyşehir’de dünyaya geldi. İlkokul ve ortaokulu kendi köyünde okudu. Lise eğitimini, Isparta Veteriner Sağlık Teknisyenliği Meslek Lisesinden 1989 yılında mezun oldu ve aynı yıl Veteriner Sağlık Teknisyeni olarak Muş/Malazgirt’te memuriyete başladı. 1997 yılında Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Veteriner Önlisans Programından, 2007 yılında Trakya Üniversitesi Malkara Meslek Yüksekokulu Besicilik Programından ve 2013 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümünden mezun oldu. 2014 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Bölümü’nde Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen Tarım ve Orman Bakanlığında Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

TEŞEKKÜR

“Saha Şartlarında Aerobik Stabilite Suresince Mikrobiyal Kompozisyondaki Değişikliklerin Termal Kamera Görüntüleme Tekniği ile Değerlendirilmesi” konulu Yüksek Lisans Tez çalışmalarında; deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Fisun KOÇ’a, laboratuvar çalışmalarında ve istatistiki analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Yük. Ziraat Mühendisi Sayın Berrin OKUYUCU’ya, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm diğer hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tekirdağ, 2019

Abdurrahman ERDOĞAN
Ziraat Mühendisi