



**Mısır ve Buğday Silajlarında Aerobik Stabilite Süresince
Mikrobiyal Kompozisyondaki Değişikliklerin Termal
Kamera Görüntüleme Tekniğı ile Değerlendirilmesi**

Özge ÜNAL

**Yüksek Lisans Tezi
Zootekni Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Fisun KOÇ

Tekirdağ-2017

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MISIR VE BUĞDAY SİLAJLARINDA AEROBİK STABİLİTE SÜRESİNCE
MİKROBİYAL KOMPOZİSYONDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN TERMAL KAMERA
GÖRÜNTÜLEME TEKNİĞİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Özge ÜNAL

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. FİSUN KOÇ

TEKİRDAĞ – 2017

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Fisun KOÇ danışmanlığında, Özge ÜNAL tarafından hazırlanan “Mısır ve Buğday Silajlarında 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. M. Levent ÖZDÜVEN

İmza :

Üye: Yrd. Doç. Dr. Serdar GENÇ

İmza :

Üye: Doç. Dr. Fisun KOÇ (Danışman)

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MISIR VE BUĞDAY SİLAJLARINDA AEROBİK STABİLİTE SÜRESİNCE MİKROBİYAL KOMPOZİSYONDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİM TERMAL KAMERA GÖRÜNTÜLEME TEKNİĞİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Özge ÜNAL

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fisun KOÇ

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 kütesinin 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 alıcı bir işlemdir.

Araştırmanın materyalini 75 günlük fermantasyon dönemi sonrasında açılan mısır ve buğday balya silajları oluşturmuştur. Silaj örnekleri her muamele grubunda 3'er tekerrür olmak üzere 7-8 °C, 24-25°C ve 32-33°C sıcaklıklarda aerobik stabilite testine tabi tutulmuşlardır. Aerobik stabilitenin 0., 1., 4., 6. 12. ve 15. günlerinde silaj örneklerinde kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelere ilişkin analizler yürütülmüştür. Aynı zamanda, T200 IR marka termal kamera ile 1 m mesafeden silaj örneklerinde her muamele grubunda görüntüleme yapılarak değerlendirme sonuçları kaydedilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler ThermaCAM software programında değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, termal kamera görüntüleme tekniğinin saha şartlarında silajların aerobik stabilitesini değerlendirmede pratik bir yöntem olarak değerlendirilebileceği yönündedir.

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

2017, 36 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

THERMAL IMAGING CAMERA TECHNICAL EVALUATION ON MICROBIAL COMPOSITION OF CHANGES DURING OF THE AEROBIC STABILITY OF CORN AND WHEAT SILAGE

Özge ÜNAL

Namık Kemal University

Graduate School of Naturel and Applied Sciences

Department of Animal Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fisun KOC

Aerobic stability (silos life), and from the pop-upremainsintact as a silage warming is defined as the length of time. Aerobic stability is a complex process, the microbial composition of the ensiled product, fermentation characteristics, forage and silage mass temperature affects intensity losses that may occur. Because the evaluation of microbiological and chemical quality of the working face of a silage during the feed-out phase would require many samples, expensive laborand equipment, qualified personnel, and time consuming laboratory analyses, a simple method is necessary to accurately and quickly assess silage quality.

The material of the study consisted of corn and wheat bale silages after 75 days fermentation period. Silage samples in each treatment group, including three replications 7-8°C, 24-25°C and 32-33°C temperature and were subjected to an aerobic stability test. Aerobic stability at 0, 1, 4, 6, 12 and 15 in the silage analysis on samples taken 15 days to be recurrence chemical and microbiological parameters were carried out. At the same time, making the T200 IR imaging brand evaluation results in each treatment group at 1 m from the silage samples were recorded with a thermal imaging camera. The data obtained was then evaluated in ThermaCAM software program. The results show that thermal camera imaging technique offers prospects as a practical method for assessing the aerobic stability of silages on farm.

Key Words; Aerobic stability, silage temperature, microbial composition, thermal imaging camera technical

2017, 36 page

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
RESİM DİZİNİ	vii
1. GİRİS	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1. Aerobik Dönem	2
2.1.2. Fermantasyon Dönemi	3
2.1.3. Stabil Dönem.....	3
2.1.4. Yemleme Dönemi	4
2.2. Termal Kameralar ve Kullanım Alanları	5
2.2.1. Kızılötesi(Infared/IR) Termagrofi.....	6
2.2.2. Kızılötesi Film ve Termografi Arasındaki Fark	7
2.2.3. Termografinin Avantajları	7
2.2.4. Termografinin Kısıtlamaları ve Dezavantajları	8
2.2.5. Termal Kameralarda Sıcaklık	8
2.2.6. Termal Kameralarda Renkler	9
2.2.7. Termal Kameraların Çalışma Prensibi.....	9
2.2.8. Termal Kameraların Hayvancılıkta Kullanımı.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Silaj Materyali.....	13
3.1.2. Deneme Materyalinin Hazırlanması.....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Silaj Kalitesi Belirlenmesi İçin Kullanılan Yöntemler.....	13
3.2.1.1. pH Analizleri.....	13
3.2.1.2. SÇK Analizi.....	14
3.2.1.3. NH ₃ -N Analizi.....	14
3.2.1.4. Laktik Asit Analizi.....	14
3.2.1.4.1. Standart Eğrinin Oluşturulması.....	15
3.2.1.4.1.2. Hesaplama.....	15
3.2.1.5. Mikrobiyolojik Analizler.....	15
3.2.1.6. Aerobik Bozulmaya Dirence İlişkin Analizler.....	16
3.2.1.7. İstatiksel Analizler.....	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	17
4.1. pH.....	17
4.2. KM.....	17
4.3. SÇK.....	18
4.4.LA.....	18
4.5. NH ₃ -N.....	19
4.6. <i>Clostridial</i> aktivite.....	20
4.7. Maya.....	21
4.8. Küf.....	22
4.9. KM Kaybı.....	23
4.10. Termal Kamera Görüntüleme.....	27
5. SONUÇ	30
6. KAYNAKLAR	31

ÖZGEÇMİŞ	35
TEŞEKKÜR	36



ÇİZELGE DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Termal kamera kullanım alanları	6
Çizelge 4. 1. Mısır silajlarının aerobik dayanıklılık testi sonuçları	25
Çizelge 4. 2. Buğday silajlarının aerobik dayanıklılık testi sonuçları	26
Çizelge 4. 3. Mısır silajlarının aerobik stabilite süresince sensor verilerine ilişkin ortalama değerler.....	28
Çizelge 4. 4. Buğday silajlarının aerobik stabilite süresince sensor verilerin ilişkin ortalama değerler.....	29



ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Termal kamera ile hayvanlarda görüntü elde edilmesi	10
Şekil 2.2. Koyunda termal kamera görüntüleme ile 5°C’de görüntü elde edilmesi	10
Şekil 2.3. Termografi ile hayvanlarda ağrı yerlerinin belirlenmesi	11



RESİM DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Resim 4.1. Aerobik stabilitenin 0.,12.ve 15. günlerinde farklı ortamlarda depolanan mısır silajlarının termal kamera görüntüleri.....	27
Resim 4.2. Aerobik stabilitenin 0.,12.ve 15. günlerinde farklı ortamlarda depolanan buğday silajlarının termal kamera görüntüleri.....	28



SİMGELER DİZİNİ

KM	: Kuru madde
TM	: Taze materyal
LAB	: Laktik asit bakterileri
SÇK	: Suda çözünebilir karbonhidratlar
CFU	: Koloni oluşturan birim
IR	: Kızılötesi dalga boyu
NH ₃ -N	: Amonyâğa bağlı nitrojen
LA	: Laktik asit
LED	: Light emitting diode (ışık yayan diyot)

1. GİRİŞ

Fermantasyon sürecini takiben silaj kitlesi açıldığında, anaerobik koşullar aerobik koşullara dönüşür. Aerobik koşullar altında, açım öncesi oksijen yokluğu nedeniyle inaktif durumda olan mikroorganizmalar çoğalmaya başlar. Bu durumda 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 ve mikrobiyal kompozisyona ilişkin değişimlerden yararlanılmaktadır. Yemleme döneminde silaj kalitesinin mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerle değerlendirilmesi kalifiye personel, ekipman ve laboratuvar gerektirirken, aynı zamanda pahalı ve zaman alıcı bir uygulamadır.

Termal kameralar, kızılötesi dalga boyu (Infrared/IR) spektrumunda, ekipmanla doğrudan temas gerçekleştirilmeksizin sıcaklık modellerini algılayan cihazlardır (Düzgün ve Erman 2009). Son derece düşük sıcaklık farklarını algılayabilir ve bu farkları gerçek zamanlı video görüntüsü olarak dönüştürüp monitörde izlenmesini sağlarlar. Termal kameralar elektrikli ekipmanları ve süreç ekipmanlarını denetlemek, sağlık, savunma, veterinerlik, endüstriyel, çevre, gıda tarım ve sivil birçok alanda kullanılmaktadır (Manickavasagan ve ark. 2006, Gowen ve ark. 2010, Manickavasagan ve ark. 2010; Vadivambal ve Jayas 2011; Addah ve ark. 2012)).

Bu çalışmada, farklı ortam sıcaklıklarında aerobik stabilite süresince mısır ve buday silajlarının kimyasal ve mikrobiyolojik kompozisyona ilişkin parametrelerle takip edilmiştir. Aynı zamanda termal kamera ile silajların fotoğrafları kaydedilerek silo yüzeyindeki sıcaklık dağılımı belirlenerek mikrobiyal kompozisyon ile 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

Herhangi bir bitkisel materyalden kaliteli bir silaj elde edebilmek için materyalin silolanmasından itibaren silo içerisinde meydana gelen olayların çok iyi bilinmesi gereklidir. Bu konu kaliteli silaj elde edilmesi açısından çok önemlidir. Silolama işlemi, birbirini zicirleme olarak izleyen 4 ana döneme ayrılabilir. Bu dönemler sırasıyla: aerobik, fermantasyon, stabil ve yemleme dönemleridir (Woolford 1984).

2.1. Aerobik Dönem

Silajı yapılacak olan bitkisel materyalinin parçalanıp siloya girmesiyle birlikte bikide hiç arzulanan iki önemli aktivite görülür. Bunlar solunum ve proteolizdir. Her iki olay da silo içerisinde aynı zamanda başlar ve devam eder. Solunum olayı sırasında siloda ve bitki bünyesinde kalan oksijen kullanılarak bitkinin içerdiği şekerler parçalanmay başlar. Bu parçalanma sonucunda silo içerisinde karbondioksit ve su açığa çıkar, sıcaklık artmaya başlar. Proteoliz olayı sırasında ise bitki bünyesinde bulunan proteaz enzimleri bitkideki proteinleri başta amino asitler ve amonyak olmak üzere, peptid ve amidlere parçalarlar (McDonald ve ark. 1991). Proteolize bağlı olarak protein parçalanmasının yüksek düzede olduğu silajları tüketen süt sığırlarının süt veriminde ise düşme görülmektedir (Kung ve Huber 1983).

Bitki bünyesinde bulunan şekerlerin kaybı silolama tekniği açısından son derece önemlidir. Çünkü silolanan bir materyal siloda laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik asit tarafından korunur. Laktik asit bakterileri, laktik asit üretebilmek için temel kaynak olarak bitkilerde bulunan şekerleri kullanırlar. Silo içerisinde sıcaklığın aşırı miktarda yükselmesi (42 - 44°C nin üzeri) durumunda Maillard ve Browning reaksiyonları meydana gelir. Maillard reaksiyonunda, bitkideki şekerler ve proteinlerin serbest amino grupları birleşerek polimerler oluştururlar. Bu polimerler, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve asit deterjanda çözünmeyen nitrojen (ADIN) olarak adlandırılırlar.

Browning reaksiyonunda ise, bitki bünyesindeki şekerler ve amino asitler birleşerek lignine benzeyen kahverengi bir yapı oluştururlar (Pitt 1990). Her iki reaksiyon sonucunda da silajın protein, sellüloz ve diğer besin maddelerinin sindirilebilirlikleri önemli düzeyde azalır.

Aerobik dönemde oluşan başlıca kayıplar, bitkisel materyalin siloya getirilip silo kapatılıncaya kadar havanın oksijeni ile temas ettiği dönemdeki kayıplardır. Çünkü silo genellikle bir partide gelen bitkisel materyal ile doldurulup kapatılamaz. Silonun doldurulup kapatılması bazen uzun sürebilir. Bu nedenle silo mümkün olan en kısa sürede doldurulmalı ve bu süre 2 günü geçmemelidir. Aksi takdirde bu sürenin uzaması halinde silajda görülen kayıp oranında çok fazla artış olur.

Aerobik dönemde görülen kayıplar ancak silolanacak materyalin siloya kısa sürede doldurularak, iyi bir şekilde sıkıştırılıp, kapatılması ile önlenebilir (Woolford 1999).

2. 2. Fermantasyon Dönemi

Silo içerisinde hiç oksijen kalmayıp anaerobik koşullar elde edildiğinde, silolanan materyalde bazı değişiklikler olmaya başlar. Öncelikle materyalin parçalanması sırasında zarar görmeyen bitki hücrelerinin silo içerisinde parçalanmaya başlamasıyla birlikte bitki suyu serbest hale geçer. Bu olay su içeriği yüksek olan bitkilerde birkaç saat içinde başlarken, su içeriği düşük olan bitkilerde ise bir ya da birkaç gün içinde başlar (Filya 2001).

Bitki suyunun serbest kalması sonucu, silolanan materyalin parçalanması sırasında açığa çıkan bitki enzimlerine ilave olarak bir miktar daha enzim açığa çıkar ki bu enzimler bitki bünyesindeki polisakkaritleri parçalayarak laktik asit bakterilerinin laktik asit üretbilmesi için gerekli olan şekerleri sağlarlar. Bunun yanı sıra proteolitik enzimler ise proteolisis aktivitesini gerçekleştirerek proteinlerin parçalanmasına neden olurlar.

Fermantasyon döneminin başlarında görülen silo suyu çıkışı istenmeyen bir unsur olup silajda kuru madde kaybına yol açar. Silolanacak materyalin kuru madde düzeyi şayet %30' un altına düşmezse silo suyu akışı genellikle herhangi bir sorun yaratmaz. Ancak materyalin kuru madde (KM) düzeyi düştükçe, silo suyu çıkışı artmaktadır (Filya 2001).

2.3. Stabil Dönem

Laktik asit bakterilerinin aktif gelişimini izleyen devrede bitkisel materyal siloda stabil döneme girer. Şayet silo iyi kapatılmışsa ve pH düşüyse bu dönemde çok az bir biyolojik aktivite görülür. Ancak bir kısım şekerin serbest kalmasıyla hemisellülozlar çok düşük oranda da olsa kimyasal parçalanmaya uğrayabilirler. Eğer suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) yetersizliğinden

dolayı aktif fermantasyon durursa, laktik asit bakterileri (LAB) hemisellüloz parçalanması sonucu serbest kalan şekerleri fermente ederek az bir oranda pH düşüşüne neden olurlar (Ashbell 1994). Stabil dönem sırasında silaj kalitesini etkileyen diğer bir temel faktör de silonun hava (oksijen) geçirgenliğidir.

Siloya giren oksijenin aerobik mikroorganizmalar tarafından kullanılması (mikrobiyal solunum yoluyla), silolanan materyalde maya ve küf popülasyonunun artmasına, silaj kuru maddesi kaybına ve materyalin ısınmasına yol açar. *Listeria monocytogenes* türü patojenler düşük düzeyde oksijen girişine maruz silolarda sorun yaratmazken, KM içeriği oldukça düşük olan silajlarda ve yüksek düzeyde oksijen girişine maruz silolarda ise büyük bir risk oluştururlar (Donald ve ark. 1993). Bu dönemde görülen aerobik kayıplar yalnızca silonun geçirgenliği ile değil aynı zamanda silajın, yoğunluğu ile de ilgilidir. Eğer silo iyi kapatılmadan bırakılırsa özellikle yoğun bir şekilde oksijen girişine maruz kalan üst yüzeyde büyük ölçüde bir kuru madde kaybı olur (Bolsen ve ark. 1993). Bu kayıplar ise silolanan materyalin yüzeyinin polietilen bir örtü ile örtülmesiyle azaltılabilir (Dickerson ve ark. 1992). Oksijen, polietilen örtüden ancak çok küçük bir oranda geçebilir. Bunun yanı sıra silo duvarlarının pürüzsüz olmasına ve polietilen örtüde delik veya herhangi bir açıklık bulunmamasına çok dikkat edilmelidir. Aksi takdirde silo duvarlarındaki çatlaklar ve polietilen örtüdeki delikler veya açıklıklar siloda oksijen oranının artmasına neden olurlar ki buda silajın bozulması anlamına gelir.

2. 4. Yemleme Dönemi

Yemleme dönemi, silajın hayvanların beslenmesinde kullanılmak üzere silodan alınmaya başlandığı dönemdir. Silo açıldığı zaman silaj yüzeyi yoğun bir oksijen girişine maruz kalır. Yemleme dönemi sırasında, aerobik mikroorganizmalar silajdaki şekerleri, laktik ve asetik asit gibi fermantasyon ürünlerini ve SÇK tüketerek büyük miktarda KM besin maddeleri kaybına neden olurlar. Bu çözünebilir komponentler solunum olayı ile parçalanmaya uğrarlar. Bunun sonucunda silo içerisinde karbondioksit ve su açığa çıkar, sıcaklık artar. Maya ve küfler silajdaki aerobik bozulmada çoğunlukla başrolü oynayan mikroorganizmalardır (Woolford 1999).

Ancak bazı hallerde *Enterobacteriaceae* ve *Bacillus* cinsleri de aerobik bozulmaya neden olabilirler (Muck ve Pitt 1993, Woolford 1999). Maya ve küfler silajda yüksek oranda sindirilebilir besin maddeleri kaybına neden olmalarının yanı sıra ayrıca bazı küf türleri, mikotoksinler ve

diğer bazı toksik bileşikler üretirler. Bunun sonucunda ise çiftlik hayvanları ve insanların sağlığı olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Wilkinson 1999). Silo açıldıktan sonra yemleme dönemindeki mikrobiyal aktivite, stabil dönem sırasında siloya oksijen girdiğinde görülen mikrobiyal aktiviteye benzer. Ancak iki dönem arasında görülen temel farklılık, stabil dönemde mikroorganizmalar siloya sızan oksijeni kullanırlarken, yemleme döneminde ise silaj yüzeyinden sınırsız miktarda oksijen girişi olur ve buda mikroorganizmaların çok hızlı bir şekilde büyümesini sağlar. Pahlow (1991) bu durumda silajın içerdiği maya ve bakteri popülasyonunun her 1 g silajda 10^7 - 10^8 cfu (koloniform ünite) düzeyine ulaşırken, küf miktarının da 10^6 - 10^7 cfu düzeyine ulaştığını bildirmektedir. Sonuçta silaj ısınmaya başlar, şekerler ve fermantasyon ürünleri gibi sindirilebilir maddeler süratle parçalanırlar. Silajın ısınması için gereken zaman; silajın içerdiği aerobik mikroorganizma sayısı, silajın yemlemeden önce oksijene maruz kaldığı süre, silaj fermantasyon karakteristikleri ve çevre sıcaklığı gibi bazı faktörlere bağlıdır. İşletme koşullarında, yemleme döneminde görülen KM kaybı büyük ölçüde amanejman ile ilgilidir. Bu konuda işletme koşullarında yapılan çalışma sayısı çok az olup, laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarda, silaj sıcaklığının çevre sıcaklığından her 8-12 °C daha yüksek olması halinde, her gün yaklaşık %1.5-3.0 oranında kuru madde kaybı olduğu saptanmıştır (Woolford 1984).

Silolanan materyalin iyi bir şekilde doldurulup kapatılması halinde silaj yüzeyinden oksijen girişi en aza indirilebilir. Sonuçta, yemleme oranı ve silaj yoğunluğu; yemlemeden önce silajın oksijene maruz kaldığı sürenin uzunluğu, silajın açık kaldığı süre ve yemleme dönemi esnasında silajın sıcaklığı ile çok yakından ilgilidir.

2.5. Termal kameralar ve kullanım alanları

Termal kameralar, çeşitli sektörlerde kullanılan, alanların ya da parçaların normalin üzerindeki sıcaklıklarını ya da soğukluklarını ölçebilen tanı cihazlarıdır. Bu cihazla normalde çıplak gözle görünmeyen sorunları tespit edilebilir. Bu cihazlar nesnelere yayılan termal enerjiyi ölçmeye yarayan lenslerden ve algılayıcılardan oluşur. Termal kamera, kızılötesi dalga boyu (Infrared/IR) spektrumunda, ekipmanla doğrudan temas gerçekleştirilmeksizin sıcaklık modellerini algılayan cihazdır. Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir. Ciddi sonuçlara yol açabilen ve insanların göremediği problemleri en iyi tespit eden cihazlar termal kameralardır (Düzgün ve Erman 2009).

Termal kamera canlıları, vücutlarının çıkardığı ısı sayesinde görür. Kısaca canlıların yaydığı vücut ısısından yararlanarak hareketlerini tespit edip yerlerini belirleyen kameralardır. Termal kamera son derece düşük sıcaklık farklarını algılayabilir ve bu farkları gerçek zamanlı video görüntüsü olarak dönüştürüp monitörde izlenmesini sağlar. Tam gece görüşü ve benzer zor uygulamalar için en uygun üründür. Sıcak nesnelerin görüntülerini elde etmek için iki tür termal kamera vardır. Bu iki tür kamera arasındaki fark sensörlerin yapılarından ileri gelir. Birinci grup kameralar uzun dalga infrared de çalışan ve soğutulmayan sensörler ile donatılmıştır. Diğer grup ise kriyojeni soğutma tekniği ile soğutulan sensörlerden oluşur. Bu kameralar ile orta dalga ve uzun dalga bantların her ikisinde de görüntü elde edilebilir. Termal kameralar elektrikli ekipmanları ve süreç ekipmanlarını denetlemek, sağlık, savunma, veterinerlik, endüstriyel, çevre, gıda tarım ve sivil birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır (Manickavasagan ve ark. 2006, Gowen ve ark. 2010, Manickavasagan ve ark. 2010, Vadivambal ve Jayas 2011). (Çizelge 2.1’de termal kameraların birkaç uygulama alanı verilmiştir.

Çizelge 2.1. Termal kamera kullanım alanları

Savunma	Nesne tanımlama , keşif yapma vb.
Sağlık	Damar tıkanıklıklarının tespiti, mamografi, kırık bölge tespiti vb.
Endüstriyel	Motorlar, dağıtım merkezleri, trafolar vb.
İnşaat	Çatı rutubeti kontrolü, hava sızıntısı vb.
Çevre	Yer altı kaynaklarının bulunması, kirlilik kontrolü vb.
Veterinerlikte	Hayvan sağlığı, üreme vb.
Tarım	Ürün kalitesi , gıda güvenliği

2.2.1. Kızılötesi (Infrared/IR) Termografi

Termografi kavramı “sıcaklık resmi” anlamına gelen kelimelerin köklerinden elde edilmiştir. 1800’li yıllarda güneş ışığı ile deneyler gerçekleştirmiş olan Alman gökbilimci Sir William Herschel, termografinin kökeni ile onurlandırılabilir (Alan 2012). Hassas, civalı bir termometreden yararlanan Herschel, bir prizma içerisinden güneş ışığını geçirerek ve her rengin sıcaklığını ölçtüğü yerlere, çeşitli renklere termometreyi tutarak, kızılötesi ışınımı keşfetti. Herschel dışarı, kırmızı ışığın

ötesine “dark heat” (karanlık ısı) olarak isimlendirdiği bir alana hareket ettiği zaman sıcaklığın arttığını belirledi. “Dark heat” şu anda kızılötesi ısı olarak bilinen ve elektromanyetik ışınım olarak kabul edilen, elektromanyetik spektrum bölgesiydi .

Kızılötesi termografi ışınımı ve bununla ilişkili olarak yüzey sıcaklığını algılamak ve ölçmek üzere, elektronik optik cihazlar kullanma bilimidir. Işınım, ışıyan enerji (elektromanyetik dalgalar) doğrudan bir iletim ortamı olmaksızın hareket ederken ortaya çıkan ısı hareketidir. Modern kızılötesi termografi, ışınımı algılamak ve ölçmek ve bunu denetlenen yapı veya ekipmanın yüzey sıcaklığı ile ilişkilendirmek üzere, elektronik optik cihazlar kullanılarak uygulanır. İnsanlar kızılötesi ışınımı her zaman algılayabilmişlerdir. İnsan derisindeki sinir uçları, $\pm 0.009^{\circ}\text{C}$ (0.005°F)’ye kadar küçük sıcaklık farklarına cevap verebilmektedir (Alan 2012).

İnsanlar ısıyı algılamada fiziksel sınırlamalara sahip oldukları için, ısıya karşı aşırı hassas mekanik ve elektronik cihazlar geliştirmişlerdir. Bu cihazlar, sayısız uygulamaya ilişkin termal denetlemelere yönelik olarak herkesçe kabul edilmektedir. Termografi, termal görüntüleme veya termal video, kızılötesi görüntülemenin bir çeşididir. Termografik kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümündeki (yaklaşık 900-14000 nanometre) elektromanyetik ışınımı tespit ederler ve bu ışı- nımdan resimler oluştururlar. Kızılötesi ışınım sıcaklıklarına göre tüm cisimlerden salınır. Kara cisim ışıması kanununa göre, termografi görünür aydınlatma olmadan cisimlerin görünebilmesini sağlar. Bir cisim tarafından salınan ışınımın miktarı sıcaklık arttıkça artar, bu yüzden termografi sıcaklıktaki farkları görmemizi sağlar. Termografik bir kamera tarafından görüntülendiklerinde, sıcak cisimler daha soğuk arka planların yanında oldukça göze çarparlar. Böylece insanlar ve diğer sıcakkanlı hayvanlar gündüz veya gece rahatlıkla görülebilir hale gelir (Alan 2012).

2.2. 2. Kızılötesi Film ve Termografi Arasındaki Fark

Kızılötesi film 250°C ve 500°C sıcaklıkları arasında hassas iken, termografi yaklaşık olarak -50°C ’nin altı ve 2000°C ’nin üstündeki sıcaklıklarda hassastır. Bu yüzden kızılötesi filmde bir cismi göstermek için o cisim 250°C ’sıcaklığın üzerinde olmalıdır veya en azından bu kadar sıcak olan bir cisimden gelen ışımayı yansıtıyor olmalıdır.

2.2.3. Termografinin Avantajları

Büyük bir alanın sıcaklığını karşılaştırmak için görünür bir resim elde edilir,
Hareket eden hedefler eşzamanlı görüntülenebilir,
Bozulmanın ilk aşamasında olan bileşenler bulunabilir,

Diğer yöntemler için ulaşılamaz veya tehlikeli alanlar ölçülebilir.

2.2.4.Termografinin Kısıtlamaları ve Dezavantajları

Kaliteli kameralar pahalıdırlar ve kolayca hasar görürler,
Elde edilen resimleri doğru şekilde yorumlamak tecrübeli kişiler için bile zor olabilir,
Salınım güçleri dolayısıyla, doğru sıcaklık ölçümleri çok zordur,
Çoğu kamera $\pm 2\%$ veya daha kötü doğruluğa sahiptirler,
Kızılötesi görüntüleme eğitim almak ve yeterli kalmak zaman alır.

2.2. 5.Termal Kameralarda Sıcaklık

Termal kameralar görüntü oluşturabildikleri belli bir sıcaklık aralığına sahiptirler. Her sıcaklık değerinde farklı IR yayılımlar olduğu ve her IR yayılımının farklı dalga boyuna sahip olmasından dolayı da bu objektifler belli sıcaklık aralıklarında görüntü verebilirler. Bu kameralarda kullanılan objektifler çok küçük sıcaklık farklarını yakalayabilen ($0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ gibi) ve bu farklılıktan görüntü oluşturabilen özelliklerdedir.

Isıl kızılötesi görüntüleyiciler kızılötesi dalga boyundaki enerjiyi görünür ışık video ekranına dönüştürürler. 0° Kelvin'in üzerindeki tüm cisimler ısıl kızılötesi enerji yayarlar bu yüzden pasif olarak tüm objeleri ortam ışığından bağımsız olarak görebilirler. Bununla beraber, birçok ısıl görüntüleyici sadece -50°C ' den daha sıcak cisimleri görebilirler. Isıl ışınımın spektrumu ve miktarı cismin yüzey sıcaklığına güçlü şekilde bağlıdır. Bu da ısıl kameranın bir cismin yüzey sıcaklığını görüntülemesini mümkün kılar. Bununla birlikte, diğer etkiler, bu tekniğin doğruluğunu kısıtlayan ışınımı etkiler. Örneğin ışınım sadece cismin sıcaklığına bağlı değildir, aynı zamanda cismin salım gücünün de bir fonksiyonudur. Ayrıca ışınım etraftaki cisimlerden gelir, cisimden yansır ve cismin ışınımıyla yansıyan ışınım atmosferin soğurmasından da etkilenir.

Kızılötesi ışın -273°C sıcaklığın üzerindeki her nesnenin yaydığı sıcaklığı alabilir. Kızılötesi ışını insan gözü göremez ama termal bir kamera görebilir. Yayıdıkları sıcaklığın miktarını göstermek için nesnelerin fotoğraflarını çekebilir. Bu tür resimler nesnenin sıcaklık düzeyini harita renkleriyle gösterir. Kask üzerinde kullanılmak üzere dizayn edilmiş olan termal kameralar daha yüksek sıcaklıklarda da çalışabilir. İtfaiyeciler için üretilmiş olup, yoğun dumanlı ve kapalı ortamlarda yangın kaynağına kolayca ulaşma imkanı sağlar.

2.2.6. Termal Kameralarda Renkler

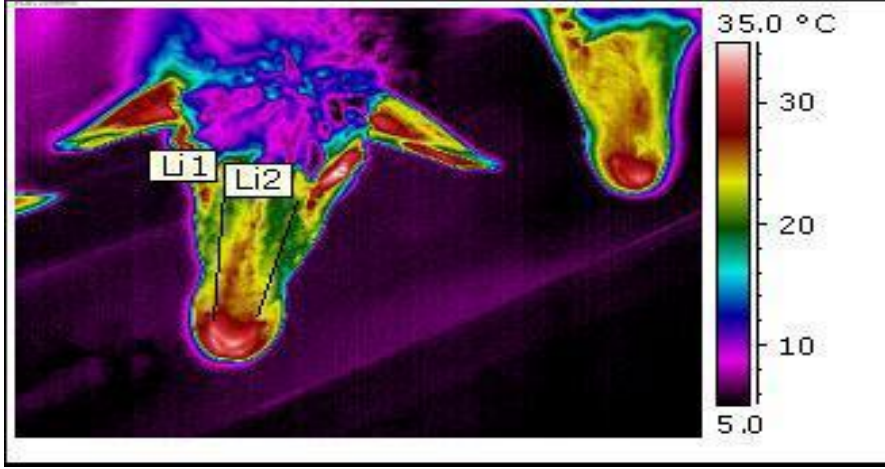
Termal kamerayla çekilen ısı fotoğrafları çok sıcak noktaları açık renkle, soğuk noktaları ise koyu renkle göstererek problemin kaynağını kolayca bulmada yardımcı olur. Termal kameralar ortamın durumunu siyah - beyaz veya renkli gösterirler. Beyaz ısı yayan nesnelere, siyah nesnelere renkli olarak gösterdiği durumlarda ise ortam sıcaklığına göre maviden sarıya kırmızı rengi kullanarak geçer. Mavi en soğuk, sarı ise en sıcak bölgeleri gösterir. Resimler olağanüstü bir renk tayfına sahip, sıcak ve soğuk bölgeler tamamen belirgin durumdadır. Sıcak bölgeler, sıcak renkler (sarı, turuncu, kırmızı) ile temsil edilmektedir, soğuk noktalar ise soğuk renkler (yeşil, mavi) tarafından temsil edilmektedir. Geçişler ve renk dağılımları modelden modele farklı olabilir.

2.2.7. Termal Kameraların Çalışma Prensibi

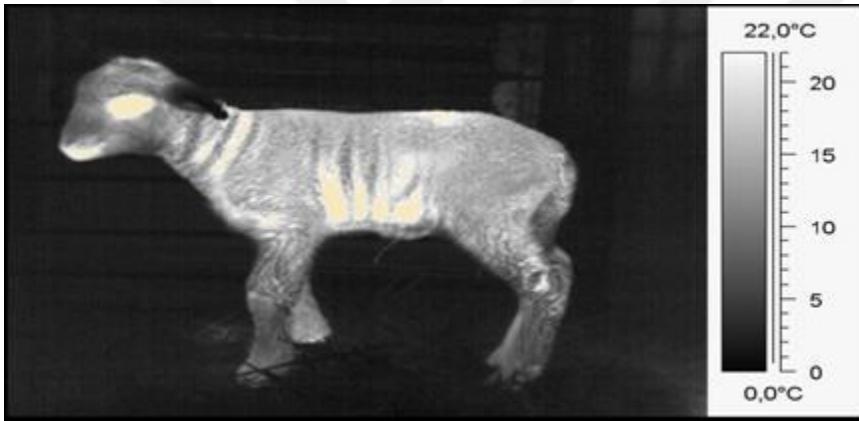
Hedeften yayılan IR enerji özel IR mercekler tarafından toplanır ve dönen bir ayna üzerine düşürülür. Bu ayna, IR radyasyonu, dedektör üzerine düşürür. Dedektör üzerine düşen bu enerji dedektör yüzeyinden elektron sökülmesine neden olur. Böylece ışık, elektrik sinyaline dönüştürülmüş olur. Bu elektrik sinyalleri bir ön yükselteç ve son yükselteçten geçirilerek yükseltir ve bir LED (light emitting diode) dizini üzerine düşürülerek görünür ışığa dönüştürülür. Bu görünür ışığın şiddeti gelen IR sinyalinin şiddetine bağlı olarak değişir. Bir takım optik aparatlar kullanılarak LED dizininin çıkışı ya bir film üzerine kaydedilir ya da bir televizyon kamerası yardımıyla gerçek görüntüye dönüştürülür.

2.2.8. Termal kameraların Hayvancılıkta Kullanımı

Termal görüntüleme veterinerlikte tanı amaçlı kullanılan invazif olmayan bir yöntemdir (Palmon ve ark. 1997; Hovinen ve ark. 2008). Hayvanların hasarlı doku ve organlarının normalden farklı ısı yaydığını gösteren bu yöntem ile hastalıklı bölge belirlenebilmektedir. Kızılötesi termal kamera, deri kılcal damarlarındaki kan akımının oluşturduğu ısı ve kızılötesi ışımayı algılamaktadır. Gelişmiş bir teknoloji olan termografi sayesinde hayvanların derileri üzerinde oluşan vücut ısı bilgileri renkli resimler halinde gösterilir (Palmon ve ark. 1997; <http://users.bigpond.net> 19.01.2009).



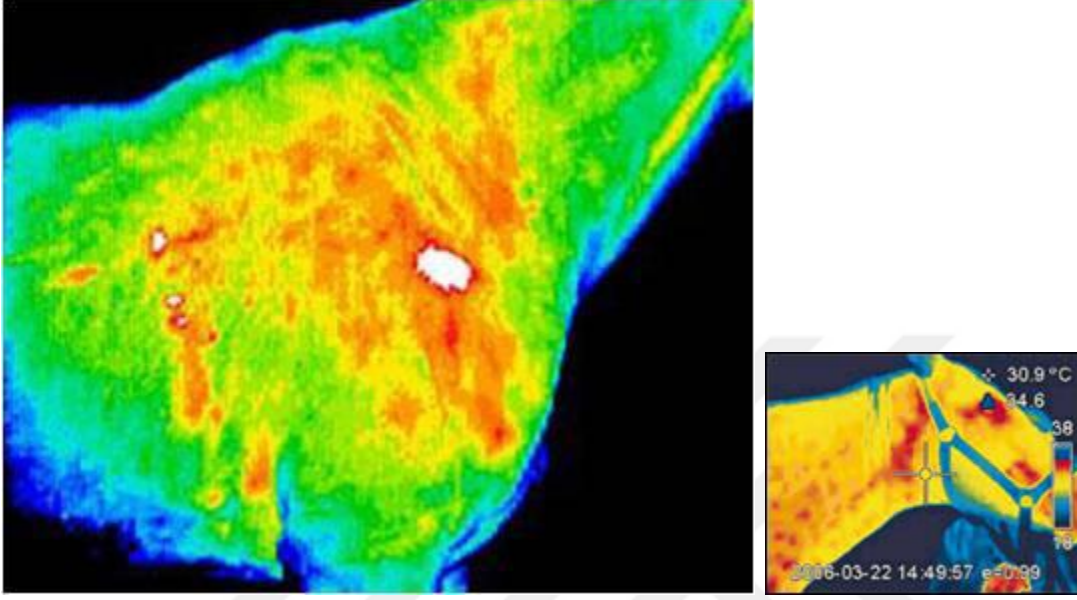
Şekil 2. 1. Termal kamera ile hayvanlarda görüntü elde edilmesi (Morgante ve ark. 1987)



Şekil 2.2. Koyunda termal görüntüleme ile 5°C'de görüntü elde edilmesi (Knizkova ve Kunc 2007)

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, ısısız denge, 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; Palmon ve ark. 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 rehabilitasyon sırasında iyileşme süreçlerini izlemek için tercih edilmektedir (<http://www.paintreatmentcenter.net> 12.01.2009; Hovinen ve ark. 2008). At'a düşük kan akımı

olarak boyun venası bir tromboz nedeniyle visualised ve ikili thoracolumbal radiculopati tanısı koyma imkanı sunar (Polk ve Postow 1996).



Şekil 2.3. Termografi ile hayvanlarda ağrı yerlerinin belirlenmesi (<http://www.paintreatmentcenter.net.12.01.2009>)

Hurnik ve arkadaşlarının (Hurnik ve ark. 1984) yaptığı çalışmada Holstein-Friesian sütçü ineklerinin sağlığının bozulduğunu termal kameralarla tespit edilmiştir. Termal kamera kullanarak hayvanlardaki enfeksiyon ve mantar oluşumuyla dokularda meydana gelen tahribat gözlemlenmiştir. Aynı araştırmacılar yaptıkları diğer çalışmada ineklerde östrus ve başlangıç döneminde vücut yüzeylerindeki sıcaklık farkını saptamışlardır.(Knizkova ve Kunc 2007, Hurnik ve ark. 1985, Hurnik ve ark. 1984)

Çevresel ısı değişimleri ile tavuklar üzerinde yapılan çalışmalarda deri ısısı değişimi izlenebilmektedir. Tavuklarda 1-6 hafta dönemlerindeki gözlemler sonucu derinin ince olduğu bölgelere göre kalın olan bölgelerinin daha soğuk olduğu ve son haftalara doğru ısı artışının giderek arttığı sonucu bulunmuştur (Cangar ve ark. 2008).

Domuzlarla ilgili yapılan çalışmada termal kamera ile ayak bileği kemiğinde sıcaklık değişimine bağlı olarak hastalık ilişkisi ekranda gözlemlenebilmiştir (Knizkova ve Kunc 2007, Laughmiller ve ark. 2001).

Anestezik koyunlarda sıcaklık değişimine bağlı olarak gonodal soğumanın olup olmadığı termal kameralar ile belirlenebilmiştir. Bu amaçla koyunlara 6 saat boyunca her 15 dakikada bir sıcaklık ölçümü yapılarak genomlarda soğuma saptanmıştır (Knizkova ve Kunc 2007, Goillot 1975, Capraro ve ark. 2008).

Hayvan modellerinde heparin ve iskeminin kombinasyonu kolleteral gelişimini ve fonksiyonunu arttırdığı gösterilmiştir. Benzer olarak köpeklerde kolleteral gelişimin farmakolojik arttırımı heparin bağlayan vasküler endotelyal büyüme faktörü ile sağlanmıştır (Şirel ve ark. 2001, Palmon ve ark. 1997).

Köpeklerdeki subepikardial kolaterallere karşı insan kalbinde kolletral sistem subendokarda yoğun aę oluşturur. Bu damarların histolojik yapısı anormal bir şekilde ince duvarlı arterlerden oluşmuştur. Makroskopik olarak görülebilen bağlantılı büyük damarlar normal arter duvar yapısına sahiptir. Fakat sıklıkla geniş subintimal proliferasyon gösterir (Hurnik ve ark. 1984, Dunbar ve ark. 2009).

Sütçü ineklerde mastitisin erken tanısında termal görüntüleme oldukça önemlidir. Termal kameralar ile meme derisindeki sıcaklık değişimi gözlenebilmektedir (Knizkova ve Kunc 2007; <http://www.inframed.com.tr/index.asp?cid=18&id=17.01.2009> ; Hovinen ve ark 2008). Isı artışına neden olan hastalıklarda termal görüntüleme bölgesel duyarlılığı saptamada kullanışlı bir yöntemdir ve sütçü ineklerde klinik mastisis ve diğer hastalıklarla ilgili sıcaklık değişiminin saptanmasında kullanılmaktadır (Dunbar ve ark. 2009, <http://www.inframed.com.tr/index.aspcid=18&id=4> (17.01. 2009); <http://users.bigpond.net> (19.01.2009), Hovinen ve ark. 2008).

Termografi ile klinik semptomlardan önce ve sonra büyükbaş hayvanlarda ayak ve ağızdaki hastalık belirtileri değerlendirilebilmektedir (Habash 2002). Başlangıçta termal görüntüleme ayak sıcaklığı artışıyla hayvanlarda ısı artışı oluşturan enfeksiyon oluşumunu göstermektedir. İneklerde aşı yapılarak belirli sıcaklıklarda virüsün olmadığı bu sıcaklığın üzerinde ise ayaklarda kabarcık oluşumu gözlemlenmiştir. Aşı yapılan hayvanlarda ise enfeksiyon olmadığı tespit edilmiştir. Bu yöntem hayvanlarda enfeksiyonların belirlenmesi bakımından da önem taşımaktadır (<http://www.inframed.com.tr/index.asp?cid=18&id=4> (17.01. 2009), Habash 2002; Hovinen ve ark 2008).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. SİLAJ MATERYALİ

Çalışmanın bitkisel materyalini süt olum döneminde hasat edilen ve fermantasyonun 75. gününde açılan mısır ve buğday balya silajları oluşturmuştur.

3.1.2. DENEME MATERYALLERİNİN HAZIRLANMASI

Yetmiş beş günlük fermantasyon dönemi sonrasında mısır ve buğday balya silajları açılarak elde edilen silaj örneklerinin bir bölümü aerobik dayanıklılığın belirlenmesi amacıyla laboratuvar koşullarına getirilmiştir. Bu dönem süresince her muamele grubunda 3'er tekerrür olmak üzere silaj örnekleri 7-8 °C, 24-25 °C ve 32-33 °C sıcaklıklarda aerobik stabilite testine tabi tutulmuşlardır. Aerobik stabilitenin 0., 1., 4., 6. 12. ve 15. günlerinde örnekler üzerinde pH, KM, SÇK NH₃-N (amonyağa bağlı nitrojen), LA (laktik asit), KM kaybı, *clostridial* aktivite, maya ve küf sayımları ve gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, T200 IR marka termal kamera ile 1 m mesafeden silaj örneklerinde her muamele grubundan 3 tekerrürlü olmak üzere görüntüleme yapılarak değerlendirme sonuçları kaydedilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler ThermaCAM software programında değerlendirilmiştir

3.2. YÖNTEM

3.2.1. SİLAJ KALİTESİ BELİRLENMESİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

Araştırmada kullanılan mısır ve buğday silajlarında aerobik stabilite süresince pH, KM, SÇK, LA, NH₃-N, KM kaybı 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 örneklere 125 ml saf su ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 1 saat süre ile zaman zaman

kariştirilerek tutulmuştur. Daha sonra örnekler süzölmüş ve elde edilen süzökte pH metre aracılığı ile okuma gerçekteştirilmiştir (Anonymous 1986).

3.2.1.2. SÇK Analizi

Başlangıç ve silaj örneklerinde SÇK analizi Anonymous (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 absorbans değeri 620 nm'de 30 dakika içerisinde spektrofotometre aracılığı ile okunmuştur. Örnek ve kör denemeler sonrası tespit edilen absorbans değerlerine denk gelen mg glikoz değerleri arasındaki farklılık 500 katsayısı ile çarpılmıştır. Sonuç, 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 (Anonymous 1986) göre gerçekteştirilmiştir. 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. LA Analizi

Laktik asit miktarlarının tespitinde Koç ve Coşkuntuna (2003)'nın bildirdikleri spektrofotometrik yönteme 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 kariştirildikten 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 çözülden 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'eri okunarak saptanmıştır. Elde edilen örneklerin KM miktarlarına bölünmüş ve silajların %KM'de % LA içerikleri saptanmıştır.

3.2.1.5. Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada silaj örneklerinde LAB, *clostridial* aktivite, 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. Örneklerle ait LAB sayımları 30 °C sıcaklıkta 3 günlük, maya ve küfler için 30 °C sıcaklıkta 5 günlük inkübasyon dönemlerini takiben gerçekleştirilmiştir (Seal ve ark. 1990). Örneklerde *clostridial* sporlar için ekim ortamı (Clostridial Medium) (Jonsson 1990) metoduna göre yapılmıştır.

Örneklerde saptanan LAB, maya ve küf sayıları ve *clostridial* sporlar 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 15 gün süreyle (hobo pentant data logger) takip edilmiştir (Chen ve ark., 1994). Silajlardaki görsel küflenmenin saptanmasında ise Filya ve ark., (2000) tarafından geliştirilen değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem silajların küflenme durumlarını görsel olarak 1'den 5'e kadar olan sayılarla değerlendirilmesidir. 1: hiç küf içermeyen bir silaj. 2: noktalar halinde çok az düzeyde küf içeren bir silaj. 3: noktalar halinde yüzeye yayılmış bir şekilde küf içeren bir silaj. 4: yüzeyi kısmen küf ile kaplı, bölge bölge küflenmiş yüzeyleri olan silaj. 5 yüzeyi tamamen küf ile kaplı, ağır bir kokuya sahip ve partikülleri birbirine yapışmış bir silaj. Bu değerlendirmeler üç kişi tarafından yapılmakta ve daha sonra üçünün ortalaması alınmaktadır.

3.2.1.7. İstatiksel Analizler

Araştırma Tesadüf Parsellerinde 3x5 faktöriyel deneme desenine göre planlanmıştır. Her bir muamele grubunda gün ve sıcaklığın etkilerini ortaya koymak için, veriler varyans analiz tekniğine göre değerlendirilmiş, gruplar arasındaki farklılığın önemli bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır (Statistica for the Windows Operating System, 1999; Stat Soft, Inc., Tulsa, OK, USA).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde mısır ve buğday silajlarının aerobik stabilite dönemi içerisinde uygulamalardan hangi ölçülerde etkilendiği konuya ilişkin diğer araştırma sonuçları ile birlikte tartışılmaya çalışılmıştır.

4.1. pH

Mısır silajlarında aerobik stabilite başlangıcında pH değeri 3.40 olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite dönemi sonunda ise farklı depolama sıcaklıklarında; pH değeri 7-8 °C de 3.75, 24-25 °C 'da 5.76 ve 32-33 °C da ise 6.00 değerine yükselmiştir (Çizelge 4.1).

Buğday silajlarında ise aerobik stabilite başlangıcında pH değeri 3.44 iken, aerobik stabilitenin 15. gününde; pH değeri 7-8 °C de 3.45, 24-25°C 'da 3.45 ve 32-33°C da ise 6.78 değerine yükselmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda mısır ve buğday silajlarında sıcaklık, aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu pH değeri üzerinde ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1; Çizelge 4.2).

Silaj kalitesine etki eden temel faktörlerden birisi, fermantasyonun erken aşamasında ortam pH'ındaki düşüş hızıdır. Silolanın kitlenin pH'ının olabildiğince çabuk bir şekilde 4.2-4.0'in altına düşmesi arzu edilir (Polat ve ark. 2005).

4.2. KM

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında KM değeri %30.83 iken farklı depolama sıcaklıklarında ise 7-8 °C 'da %28.97, 24-25 °C 'da %27.65, 32-33 °C 'da %29.42 değerine düşmüştür (Çizelge 4.1).

Buğday silajlarında ise aerobik stabilite başlangıcında KM değeri 28.06 iken farklı depolama sıcaklıklarında ise 7-8 °C'de %31.96, 24-25 °C'de %32.56, 32-33 °C'de ise %40.21 değerine yükselmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda mısır silajlarında sıcaklık ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonunun KM değeri üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0.05$). Sadece

aerobik stabilite süresi KM değeri üzerinde ($p<0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Buğday silajlarında ise sıcaklık, aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu KM değeri üzerinde ($p<0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

4.3. SÇK

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında SÇK değeri 10.0 g/kg KM olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilite dönemi sonunda ise, farklı depolama sıcaklıklarında 7-8 °C 'da 3.11 g/kg KM, 24-25 °C 'da 2.44 g/kg KM, 32-33 °C 'da 2.88 g/kg KM değerinde düştüğü görülmüştür (Çizelge 4.1).

Aerobik stabilite başlangıcında buğday silajlarında SÇK değeri 9.85 g/kg KM olarak tespit edilmiştir. Buğday silajlarında farklı depolama sıcaklıklarında ise; SÇK değeri 7-8 °C de 3.33, 24-25 °C 'da 2.44 ve 32-33 °C da ise 3.56 değerine düşmüştür (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme açısından mısır ve buğday silajlarında sıcaklık, aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu SÇK değeri üzerinde ($p<0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1; 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 ve buğday silajlarında aerobik stabilitenin erken dönemlerinden itibaren aerobik bozulmanın gerçekleştiği özellikle 6. günden itibaren bu kayıpların arttığını söyleyebiliriz.

4.4. LA

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında LA 10.90 % KM olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilitenin 15. gününde mısır silajlarında LA değeri farklı depo-

lama sıcaklıkları olan 7-8 °C 'da 2.88 % KM, 24-25 °C'da 2.94 % KM, 32-33 °C 'da 0.74 % KM değerine düşmüştür (Çizelge 4.1).

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında buğday silajlarında LA 10.00 % KM olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilitenin 15. gününde buğday silajlarında LA değeri farklı depolama sıcaklıkları olan 7-8 °C de 0.03 % KM, 24-25 °C 'da 1.32 % KM ve 32-33 °C da ise 0.58 % KM değerine düşmüştür (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme açısından mısır silajlarında sıcaklık LA değeri üzerinde ($p>0.05$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu LA değeri üzerinde ($p<0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Buğday silajlarında ise sıcaklık, aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu LA değeri üzerinde ($p<0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

4.5. 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). Bu nedenlerle NH₃-N oluşumu protein parçalanma düzeyini gösteren önemli bir parametredir.

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında NH₃-N 0.35 g/kg KM olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilitenin 15. gününde mısır silajlarında NH₃-N değeri farklı depolama sıcaklıkları olan 7-8 °C 'da 0.24 g/kg KM, 24-25 °C'da 0.24 g/kg KM, 32-33 °C 'da 0.19 g/kg KM değerinde gözlenmiştir (Çizelge 4.1).

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında buğday silajlarında NH₃-N 0.30 g/kg KM olarak tespit edilmiştir. Aerobik stabilitenin 15. gününde buğday silajlarında NH₃-N değeri farklı depolama sıcaklıkları olan 7-8 °C'da 0.65 g/kg KM; 24-25 °C'da 0.66 g/kg KM; 32-33 °C 'da 0.96 g/kg KM değerine yükselmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme açısından mısır ve buğday silajlarında sıcaklık, aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu NH₃-N değeri üzerinde ($p<0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1; 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 2007).

4.6. CLOSTRİDİAL AKTİVİTE

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında *clostridial* aktivite tespit edilmemiştir. Farklı depolama sıcaklıklarında ise bu değer aerobik stabilite süresi sonunda 7-8 °C 'da 4.03 cfu/g, 24-25 °C 'da 4.04 cfu/g, 32-33 °C 'da 4.04 cfu/g değerinde görülmüştür (Çizelge 4.1).

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında buğday silajlarında *clostridial* aktivite tespit edilmemiştir. Buğday silajlarında ise *clostridial* aktivite değeri farklı depolama sıcaklıkları olan 7-8 °C 'da 0.0 cfu/g, 24-25 °C 'da 0, 0 cfu/g 32-33 °C 'da 1.96 cfu/g değerine yükselmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme açısından mısır ve buğday silajlarında sıcaklık, aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu *clostridial* aktivite değeri üzerinde (p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1; Çizelge 4.2).

Bu grup bakteriler *Clostridium* cinsine ait ve gram pozitif türlerdir. Birçok tür genellikle zorunlu anaerobik olmakla birlikte, O₂ varlığına toleransları da oldukça değişkendir. *Clostridia* bakterileri enerjilerini karbondhidrat ve protein gibi organik fermentasyon bileşiklerden sağlar. Silaj içerisinde en sık *C. tyrobutyricum*, *C. butyricum*, *C. sporogenes* ve *C. bifermentansgibi clostridia* türleri görülür. Bunlardan ilk ikisi zayıf proteolitik, son ikisi de yüksek proteolitik özellik gösterir. Proteolitik özelliği zayıf olan türler karbondhidratları fermente ederken, yüksek proteolitik özellik gösterenler proteinleri fermente ederler. Karbondhidrat fermentasyonunda butirik asit ve asetik asit son ürün olarak üretilirken, protein fermentasyonunda bu asitlere ilave olarak etanol, isobutirik asit, isovalerik asit NH₃ ve amin üretimi de gerçekleşir. Proteolitik özellik gösterenler genellikle pH seviyesi 5'in altına indiğinde faaliyet göstermezken, *C. tyrobutyricum* türü pH 4.2 seviyesinde bile faaliyet gösterebilir. Silaj içerisinde clostridial fermentasyonu önlemek için, yüksek kuru maddede silolama yapmak, tam havasızlığı sağlayarak pH seviyesinin hızlı bir

şekilde ve yeteri kadar düşmesini sağlamak veya başlangıçta silaja asit ilavesi yapmak gibi bazı önlemler alınabilir

4.7. MAYA

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında maya değeri 1.95 cfu/g tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresi sonunda bu değer 7-8 °C de 3.78 cfu/g, 24-25°C 'da 4.87 cfu/g ve 32-33 °C da ise 5.11 cfu/g değerine yükselmiştir (Çizelge 4.1).

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında buğday silajlarında maya değeri 2.88 cfu/g tespit edilmiştir. Aerobik stabilite süresi sonunda bu değer 7-8 °C de 3.98 cfu/g, 24-25°C 'da 4.12 cfu/g ve 32-33°C da ise 3.93 cfu/g değerine yükselmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme açısından mısır silajlarında sıcaklık ve sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu maya değeri üzerinde ($p<0.001$) düzeyinde, aerobik stabilite süresi ise ($p<0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Buğday silajlarında sıcaklık maya değerinde ($p>0.05$) düzeyinde önemsiz, aerobik stabilite süresi ($p<0.01$) düzeyinde önemli, sıcaklık aerobik stabilite interaksyonu ise ($p<0.02$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Mayalar fakültatif anaerobik, ökaryotik, heterotrofik ve tomurcuklanma ile yayılan mikroorganizmalardır. Mayalar silaj yapımı sırasında, özellikle aerobik solunum döneminde, anaerobik fermentasyon döneminin başlangıcında ve aerobik besleme döneminde faaliyet gösterirler. Her ne kadar silajın aerobik bozulmasından birinci derecede mayalar sorumlu olsalar da, anaerobik şartlar altında da bir çok maya türü glikoz, maltoz ve sukroz gibi şekerleri öncelikle etanol ve karbondioksite, az miktarda da diğer alkollere (örneğin propanol, 2-butanediol, pentanol v.d.) ve asetat, propiyonat ve bütrat gibi bazı uçucu yağ asitlerine fermente ederler. Aerobik şartlar altında mayalar laktik asidi okside ederek ortamın pH seviyesini yükseltir ve silajı bozacak diğer istenmeyen mikroorganizmaları da aktif hale gelmeleri için tetiklerler. Hem aerobik hem de anaerobik şartlardaki maya aktivitesi silaj kalitesi bakımından arzu edilmeyen fermentasyon olarak kabul edilir. Çünkü bu fermentasyon tiplerinde yüksek miktarda kuru madde kaybı gerçekleşir, silaj kötü kokmaya başlar ve bu kötü koku sütte de kendini açıkça gösterir. Ayrıca mayalar silajın ae-

robik bozulmasını başlatan mikroorganizmaların en önemlisi olarak kabul edilir (Kızılışımşek ve ark. 2016)

Mayalar anaerobik şartlarda ayrıca laktat üretimi de gerçekleştirirler. Genellikle çok asidik ortama dayanamaları da *Candida*, *Hansenula*, *Saccaromyces* ve *Torulopsis* cinslerine ait türlerin bazılarının asit dayanımı yüksektir. Silaj yapımının ilk aşamalarında, özellikle de ilk haftada, mayaların sayısı 10^7 kob g^{-1} silaj seviyelerine kadar çıkabilir. Depolama süresi ilerledikçe sayılarında önemli azalmalar görülür. Silajın dinlenme dönemi olan depolama evresinde mayaların hayatta kalması, anaerobik şartların devamlılığına, silajın pH seviyesine, organik asitlerin konsantrasyonuna ve maya türüne bağlı olarak değişir (Kızılışımşek ve ark. 2016)

4.8. KÜF

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında küf tespit edilmediği görülmüştür. Farklı depolama sıcaklıklarında ise bu değer aerobik stabilite süresi sonunda 7-8 °C'de 0 cfu/g, 24-25°C'da 4.11 cfu/g ve 32-33 °C'da ise 3.54 cfu/g değerine yükselmiştir (Çizelge 4.1).

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında buğday silajlarında küf tespit edilmediği görülmüştür. Farklı depolama sıcaklıklarında ise bu değer aerobik stabilite süresi sonunda 7-8 °C'de 2.30 cfu/g, 24-25°C'da 2.88 cfu/g ve 32-33°C'da ise 2.56 cfu/g değerine yükselmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiksel değerlendirme açısından mısır silajlarında sıcaklık küf değeri üzerinde ($p>0.05$) düzeyinde önemsiz, aerobik stabilite süresi ($p<0.05$) düzeyinde önemli, sıcaklık aerobik stabilite etkisi küf değeri üzerinde ($p<0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Buğday silajlarında sıcaklık ve sıcaklık aerobik stabilite etkisi küf değeri üzerinde ($p>0.05$) düzeyinde önemsiz, aerobik stabilite süresi ($p<0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

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*, *Arthriniun*, *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, düşük miktarının artması, hormonal dengesizlik ve bağırsıklık 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 g kg⁻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 2001). Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde benzer sonuçlara ulaşılırken buğday ve mısır silajlarında özellikle sıcaklığın küf popülasyonları üzerinde etkili olmaması dikkat çekicidir. Aerobik stabilite süresi ise mikrobiyal kompozisyon üzerinde etkili olmuştur.

4.9. KM KAYBI

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında mısır silajlarında KM kaybı tespit edilmemiştir. Farklı depolama sıcaklıklarında ise bu değer aerobik stabilite süresi sonunda 7-8 °C de % 0.68, 24-25 °C 'da % 4.55 ve 32-33°C da ise % 14.31 değerine yükselmiştir (Çizelge 4.1).

Araştırma materyalinde aerobik stabilite başlangıcında buğday silajlarında KM kaybı tespit edilmemiştir. Farklı depolama sıcaklıklarında ise bu değer aerobik stabilite süresi sonunda;7-8 °C de % 1.92, 24-25 °C 'da % 5.79 ve 32-33°C da ise % 21.68 değerine yükselmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiki değerlendirme açısından mısır ve buğday silajlarında sıcaklık, aerobik stabilite süresi ve sıcaklık aerobik stabilite interaksiyonu KM kaybı değeri üzerinde (p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1; Çizelge 4.2).

Silajın ısınması için gereken zaman; silajın içerdđi aerobik mikroorganizma sayısı, silajın yemlemeden önce oksijene maruz kaldđı süre, silaj fermantasyon karakteristikleri ve çevre sıcaklığı gibi bazı faktörlere bağlıdır. İşletme koşullarında, yemleme döneminde görülen kuru madde kaybı büyük ölçüde amenajman ile ilgilidir. Bu konuda işletme koşullarında yapılan çalışma sayısı çok az olup, laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarda, silaj sıcaklığının çevre sıcaklığından her 8-12 °C daha yüksek olması halinde, her gün yaklaşık % 1.5-3.0 oranında kuru madde kaybı olduğu saptanmıştır (Woolford 1984).



Çizelge 4.1. Mısır silajlarının aerobik dayanıklılık testi sonuçları

Sıcaklık	Günler	pH	KM%	SÇK g/kg KM	LA % KM	NH ₃ -N g/kg KM	Clostridia ¹	Maya ¹	Küf ¹	KM kaybı (%)	Görsel küflenme
	0.	3.40	30.83				0	1.95	0	-	-
7-8°C	1.	3.37f	29.91abcd	10.00a	9.11c	0.61ab	1.86i	3.65ef	0.00c	0.03f	1
	4.	3.39f	29.44abcd	10.00a	8.47e	0.53abc	1.96h	3.98de	2.15abc	0.42f	1
	6.	3.39f	28.60abcd	10.00a	6.28f	0.44bcd	3.38b	5.11a	0.00c	0.12f	1
	12.	3.42f	26.81d	4.67cd	6.17f	0.31cde	3.36b	3.86def	1.15c	0.37f	1
	15.	3.75e	28.97abcd	3.11defg	2.88h	0.24de	4.03a	3.78def	0.00c	0.68f	1
24-25°C	1.	3.38f	28.37abcd	2.00g	10.16b	0.61ab	1.55j	4.01cde	1.00c	0.31f	1
	4.	3.41f	31.60a	2.22fg	8.81d	0.53abc	2.34e	3.38f	1.15c	0.96f	1
	6.	3.44f	28.11bcd	3.33defg	6.04f	0.44bcd	2.32e	4.25cd	0.00c	1.22ef	1
	12.	3.61e	28.38abcd	4.22cde	5.30g	0.31cde	3.04c	3.51ef	3.48ab	4.11cd	2
	15.	5.76c	27.65cd	2.44efg	2.94h	0.24de	4.04a	4.87ab	4.11a	4.55cd	2
32-33°C	1.	3.40f	30.17abc	7.11b	12.68a	0.45bcd	2.04g	5.14a	1.50bc	0.80f	1
	4.	3.43f	30.99ab	5.78bc	9.37c	0.58ab	2.87d	5.11a	0.00c	3.13de	1
	6.	4.02d	29.58abcd	3.97cdef	8.61de	0.44bcd	2.17f	4.53bc	0.00c	5.26c	2
	12.	6.27a	29.07abcd	3.43defg	1.32i	0.30cde	4.04a	5.08a	0.00c	9.62b	4
	15.	6.00b	29.42abcd	2.88defg	0.74j	0.19e	4.04a	5.11a	3.54ab	14.31a	5
<i>P</i>											
SEM		0.126	0.300	0.440	0.505	0.028	0.131	0.121	0.288	0.632	
Sıcaklık		0.001	Ö.D	0.001	Ö.D	0.001	0.001	0.001	Ö.D	0.001	
Gün		0.001	0.05	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.005	0.001	
Sıcaklık x Gün		0.001	Ö.D	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	

¹ log₁₀cfu/g TM; KM. Kuru madde, SÇK: Suda çözünebilir karbonhidrat; LA: laktik asit, NH₃-N: Amonyaga bağlı nitrojen

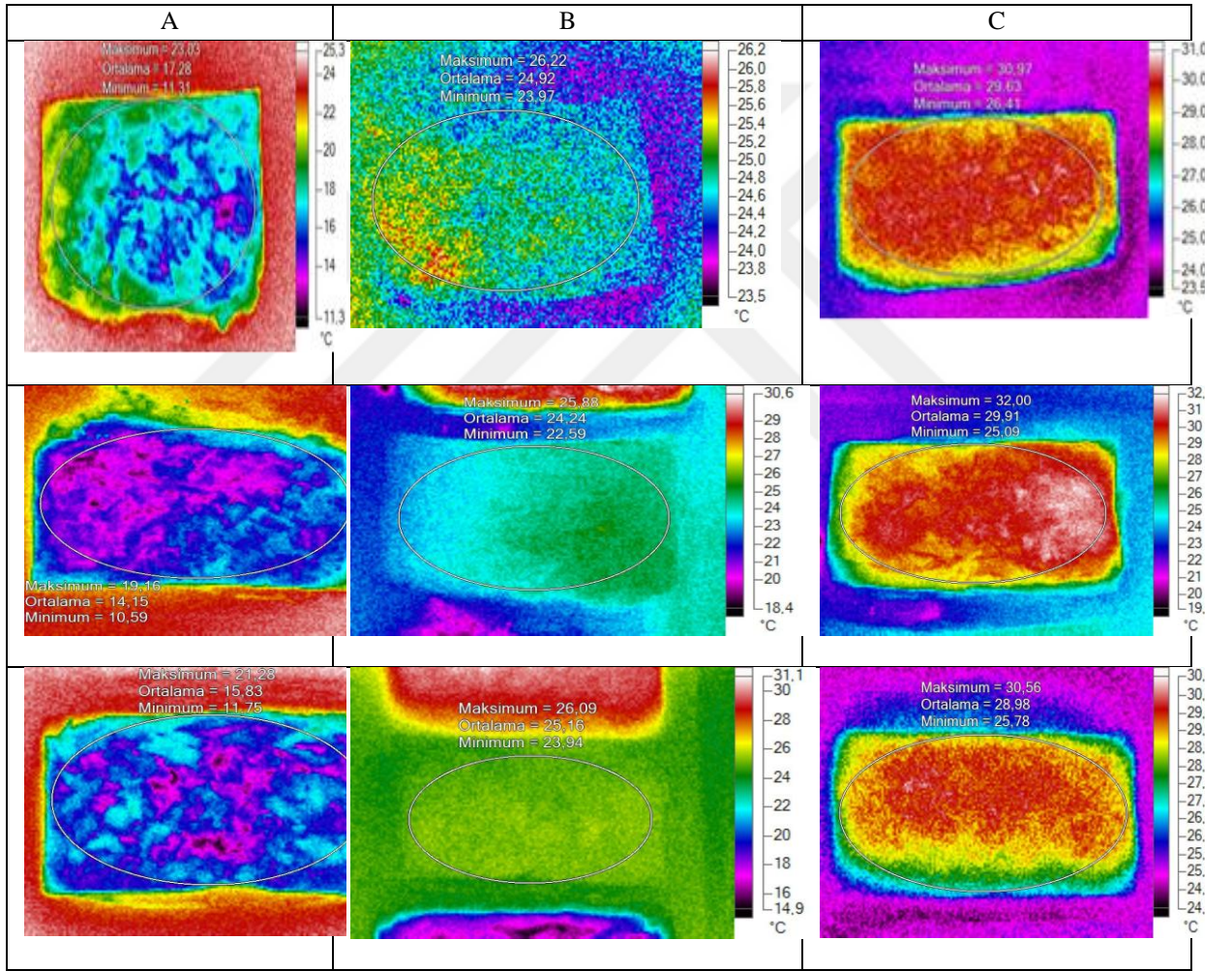
Çizelge 4. 2. Buğday silajlarının aerobik dayanıklılık testi sonuçları

Sıcaklık	Günler	pH	KM%	SÇK g/kg KM	LA % KM	NH ₃ -N g/kg KM	Clostridia ¹	Maya ¹	Küf ¹	KM kaybı (%)	Görsel küflenme
	0.	3.44	28.06	9.85	10.0		0	2.88	0	-	-
7-8°C	1.	3.44c	32.15cd	4.67e	9.98a	0.71c	1.55g	3.73fg	0.00c	0.00h	1
	4.	3.46c	31.64cd	4.22g	5.56f	0.99b	0.00h	3.94efg	0.00c	0.05h	1
	6.	3.46c	31.78cd	4.22g	3.68i	1.33a	3.66a	5.07a	0.00c	0.09h	1
	12.	3.44c	30.39d	3.56i	3.45j	1.18a	1.55g	3.66g	2.24a	0.44gh	1
	15.	3.45c	31.96cd	3.33j	0.03n	0.65cd	0.00h	3.98defg	2.30a	1.92efgh	1
24-25°C	1.	3.46c	32.02cd	11.78a	8.63d	0.37e	1.55g	3.73fg	0.00c	0.27gh	1
	4.	3.47c	33.42bc	9.56b	7.51e	0.59cd	0.00h	4.77ab	0.00c	1.08fgh	1
	6.	3.46c	30.69d	4.44f	4.43h	0.34e	3.66a	4.24cde	0.00c	2.86efg	1
	12.	3.48c	32.77bcd	3.78h	1.75k	0.99b	1.55g	3.80efg	2.98a	3.65def	1
	15.	3.45c	32.56cd	2.44k	1.32l	0.66cd	0.00h	4.12def	2.88a	5.79cd	1
32-33°C	1.	3.46c	31.90cd	9.33c	9.07b	1.22a	1.55g	3.68fg	1.00b	0,80gh	1
	4.	3.44c	32.70bcd	6.00d	8.90c	0.50de	0.00h	4.55bc	0.00c	4,06de	1
	6.	3.46c	33.31bc	4.67e	4.85g	0.74c	2.30c	4.40bcd	0.00c	6,81c	1
	12.	4.02b	35.20b	4.22g	3.61i	0.69c	0.00h	3.86efg	2.84a	13,115b	1
	15.	6.78a	40.21a	3.56i	0.58m	0.96b	1.96e	3.93efg	2.56a	21,68a	1
<i>P</i>											
SEM		0.092	0.324	0.394	0.478	0.046	0.171	0.081	0.242	0.828	
Sıcaklık		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	Ö.D	Ö.D	0.001	
Gün		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Sıcaklık x Gün		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	Ö.D	0.001	

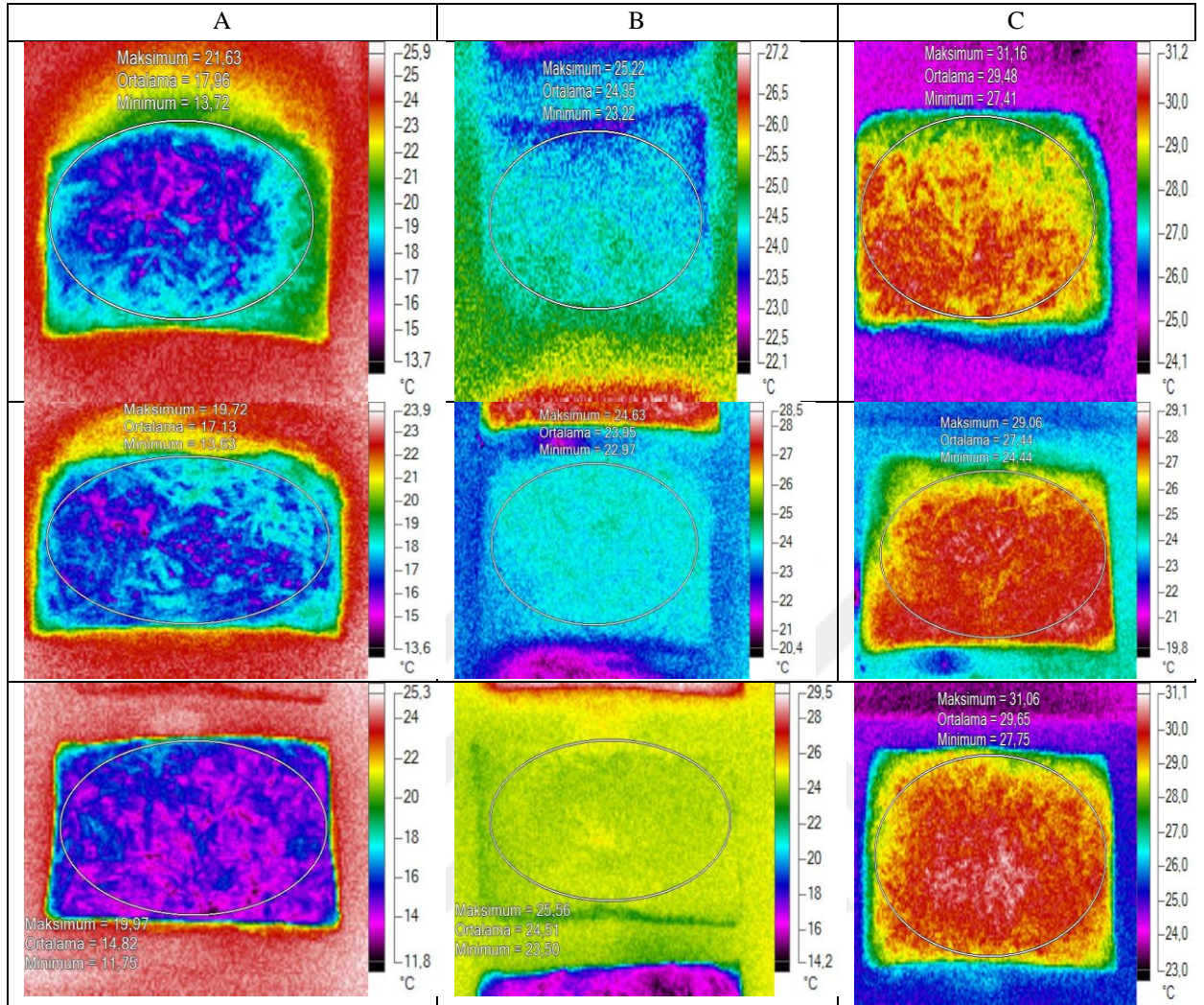
¹log₁₀cfu/g TM; KM. Kuru madde, SÇK: Suda çözünebilir karbonidrat; LA: laktik asit, NH₃-N: Amonyaga bağlı nitrojen

4.10. TERMAL KAMERA GÖRÜNTÜLEME

Araştırma materyaline ilişkin termal kamera görüntüleri Resim 4.1 ve Resim 4.2'de verilmiştir. Aerobik stabilitenin 0. 12. ve 15. gününe ait mısır ve buğday silajlarının termal kamera görüntüleri (Resim 4.1 ve Resim 4.2)'de gösterilmiştir. Aerobik stabilitenin 0., 1., 4., 6. 12. ve 15. günlerinde silajların termal kamera görüntüleri ve mikrobiyal kompozisyona ilişkin değerlendirme sonuçları dikkate alındığında benzerlikler yakalamak mümkün olmuştur. Benzer sonuçlara sıcaklık sensörleri ve termal kamera görüntüleri arasında da benzerlikler göstermiştir (Çizelge 4.3; Çizelge 4.4).



Resim 4. 1. Aerobik stabilitenin 0., 12. ve 15. günlerinde farklı ortamlarda depolanan mısır silajlarının termal kamera görüntüleri. A sütunu : 7-8 °C; B sütunu: 24-25°C; C sütunu: 32-33°C.



Resim 4.2. Aerobik stabilitenin 0., 12. ve 15. günlerinde farklı ortamlarda depolanan buğday silajlarının termal kamera görüntüleri. A sütunu : 7-8 °C; B sütunu: 24-25°C; C sütunu: 32-33°C.

Çizelge 4.3. Mısır silajlarının aerobik stabilite süresince sensör verilerine ilişkin ortalama değerler

Sıcaklık	Aerobik bozulma (gün)	Sıcaklık Max	Sıcaklık Min	Sıcaklık Ort
7-8°C	5	13.65	1.58	8.40
24-25°C	-	26.29	22.56	24.74
32-33°C	19	34.87	32.39	33.31

Çizelge 4.4. Buğday silajlarının aerobik stabilite süresince sensör verilerine ilişkin ortalama değerler

Sıcaklık	Aerobik bozulma (gün)	Sıcaklık Max	Sıcaklık Min	Sıcaklık Ort
7-8°C	6	14.00	1.51	8.46
24-25°C	-	26.10	22.62	24.37
32-33°C	20	33.74	31.77	33.43



5. SONUÇ

Silolanan kitlede gerçekleşen anaerobik fermantasyonun genel ilkeleri değerlendirildiğinde, kullanım aşamasındaki tüm silajlar için aerobik bozulmanın kaçınılmaz olduğu ortaya çıkmaktadır. Besleme pratiği ve etkinliği bakımından önem taşıyan nokta, bu yolla gerçekleşecek kayıpların nasıl en aza indirilebileceğidir. Silonun boşaltımında uygun tekniklerin kullanımı ve etkin yemlik amenajmanının yanı sıra silaj materyalinin aerobik bozulmaya karşı direncini artıracak uygulamalar bu anlamda ilk akla gelen önlemler olarak gözükmektedir.

Termal kamera görüntüleme tekniği askeri alanda, endüstride, inşaat sektöründe, veteriner hekimliğinde, tıpta kısaca sıcaklığın ve ısının olduğu her alanda yaygın olarak kullanım alanı bulmuştur. Bu anlamda, saha koşullarında silaj yüzey sıcaklıklarını tespit ederek, aerobik stabilitenin erken döneminde bozulmanın boyutlarını belirleyebilmek, silaj amenajmanını geliştirmek termal kameralarla mümkün olabilir. Kullanıldığı uygulama alanları zaman içinde daha da artacak olan bu teknik, teknolojik gelişmeleri de arkasına alarak ilerleyen zamanda özellikle saha koşullarında pratik bir yöntem olarak kullanılabilir.

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.
- Alan A (2012). Termografi ve Veteriner Hekimliğinde Kullanımı, *Erciyes Üniv Vet Fak Derg* 9 (12) 133-140.
- Akyıldız AR (1984). *Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu*. Ankara, 236 s.
- Anonymous (1986). TNT, RDX, HMX, and 2,4-DNT in waste water and groundwater liquid chromatographic method first action. In: *Changes in methods*. *J Assoc Off Anal Chem* 69:366-367.
- Ashbell G (1994). *Basic Principals of Preservation of Forage. By-Products and Residues - Silage or Hay*. The Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet-Dagan, Israel. No. 1664-E.
- Bolsen KK, JT Dickerson BE Brent, RN Sonon, BS Dolke, CJ Lin, JE Boyer (1993). Rate and Extent of Top Spoilage in Horizontal Silos. *J. Dairy Sci.* 76: 2940-2962.
- Cangar O, Aerts JM, Buyse J, Berckmans D (2008). Quantification of the spatial distribution of surfacetemperatures of broilers. *Poult Science*, 87(12): 2493-9.
- Capraro GA, Coughlin BF, Mader TJ, Smithline HA (2008). Testicular cooling associated with testicular torsion and its detection by infrared thermography: an experimental study in sheep. *180(6)*: 2688-93.
- 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
- Coskuntuna L, Koç F (2003). Effects of Organic Acid on Silage Fermentation and Aerobic Stability of Wet Brewer's Grain at Different Temperatures. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16 (No 5) 2010, 651-658.
- Dickerson IT, G Ashbell, KK Bolsen, BE Brent, L Pfaff, Y Niwa (1992). Losses From Top Spoilage in Horizontal Silos in Western Kansas. In: *Kansas Agric. Exp. Sla. Rpt. of Prog.* 651. Kansas State University, Manhattan, pp. 131-134.
- Donald S, DR Fenlon, B Seddon (1993). The Influence of Oxygen Tension on the Growth of *Listeria monocytogenes* in Grass Silage. In: *Proc. 10th Silage Res. Conf.* Dublin City University, Dublin, Ireland, pp. 18-19.
- Düzgün D, Erman M (2009). Termal Kameraların Veteriner Hekimlikte Kullanımı. *TUBAV Bilim Dergisi* .2(4), 468-475.
- Filya I, G Ashell, Y Hen, ZG Weinberg (2000). The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 88: 39-46.

- Filya İ (2001). Silaj Teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir.
- Filya İ, Sucu E (2007). Bazı biyolojik ve kimyasal katkı maddelerinin mısır, sorgum ve buğday silajlarının fermentasyon, mikrobiyal flora ve aerobik stabilite üzerine etkileri. IV. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 24-28 Haziran 2007, Bursa.
- Goillot CC (1975). Airborne thermography or infrared remote sensing. *Bibl Radiology*, (6): 237-48.
- Gowen AA, Tiwari BK, Cullen PJ, McDonnell K, O'Donnell CP (2010). Applications of thermal imaging in food quality and safety assessment (review). *Trends Food Sci. Technol.* 21: 190-200.
- Habash RWY (2002). *Electromagnetic fields and radiation, human bioeffects and safety*. New York, Marcel Dekker, 167-173.
- Hovinen M, Siivonen J, Taponen S, Hänninen L, Pastell M, Aisla AM, Pyörälä S (2008). Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *Journal Dairy Science*, 91(12): 4592-8
- <http://users.bigpond.net> (19.01.2009).
- <http://users.bigpond.net> (19.01.2009).
- <http://www.paintreatmentcenter.net>.12.01.2009
- <http://www.infrared.com.tr/index.asp?cid=18&id=4> (17.01. 2009).
- Hurnik JF, De Boer S, Webster AB (1984). Detection of health disorder in dairy cattle utilizing a thermal infrared scanning technique, *J. Anim. Sci*, 64: 1071-1073.
- Hurnik JF, Webster AB, De Boer S (1985). An investigation of skin temperature differentials in relation to estrus in dairy cattle using a thermal infrared scanning technique. *J. Anim. Sci*, 61: 1095-1102.
- Jonsson A (1990). Enumeration and confirmation of *Clostridium tyrobutyricum* in silages using neutral red, d-cycloserine, and lactate dehydrogenase activity. *J. Dairy Sci.* 73:719-725.
- Kızıışimşek M, Erol A, Ertekin İ, Dönmez R, Katrancı B (2016). Silaj mikro florasının birbirleri ile ilişkileri, silaj fermentasyonu ve kalitesi üzerine etkileri. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19(2),136-140.
- Knizkova I, Kunc P (2007). Application of infrared thermography in animal production. *J. of Fac. of Agric., Omu*, 22 (3): 329-336.
- Koc F, Coskuntuna L, Coskuntuna A, Ozduven ML, Samlı H.E (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.

- Kung L Jr, JT Huber (1983). Performance of High Producing Dairy Cows in Early Lactation Fed Protein of Varying Amounts, Sources and Degradability. *J. Dairy sci.* 66:227.
- Lacey J (1989). Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. *J. Appl. Bacteriol.* 67: 11-25.
- Laughmiller JA, Spire MF, Dritz SS, Fenwick BW, Hosni MH, Hogge SB (2001). Relationship between mean surface temperature measured by use of infrared thermography and ambient temperature in clinically normal pigs and pigs inoculated with *Antinobacillus Pleuropeumobia*. *Am.J. Vwt.Res.* 62: 676-681.
- Palmon LU, Foshager MC, Parantainen H, Everson LI, Cunningham B (1997). Ruptured or intact: what can linear echos silicone breast implants tell us. *American Journal of Radiology*, 168: 1595-1598.
- Manickavasagan A, Jayas DS, White NDG, Jian F (2006). Thermal imaging of a stored grain silo to detect a hot spot. *Appl. Eng. Agric.* 22: 891-897.
- Manickavasagan A, Jayas DS, White NDG, Paliwal J (2010). Wheat class identification using thermal imaging. *Food Bioprocess Technol.* 3: 450-460.
- McDonald P, AR Henderson, SJE Heron (1991). *The Biochemistry of Silage* (2nd.ed.). Chalcombe Publ., Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK.
- Dunbar MR, Johnson SR, Ryan JC, McCollum M (2009). Use of infrared thermography to detect thermographic changes in mule deer (*Odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot and mouth disease. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 40(2): 296-301.
- Morgante M, Giancesella M, Cannizzo C, D'Alterio G, Stelletta C (1987). Correlation between haematic levels of trace elements in high performing dairy cows calves with neuromuscular diseases, *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 109, 318-320.
- Muck RE, RE Pilt (1993). Progression of Aerobic Deterioration Relative to the Silo Face. In: *Proc. 10th Silage Res. Conf. Dublin City University Dublin, Ireland.* pp. 38-39.
- 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
- Pahlow G (1991). Role of Microflora in Forage Conservation. In: G. Pahlow and H. Honig (eds). *Forage Conservation Towards 2000.* Inst. Grassl. Forage Res., Braunschweig, Germany. pp. 26-36.
- Pitt RE (1990). *Silage and Hay Preservation.* Cornell University Coop. Ext. Bul. No. NRAES-5, Ithaca, NY.
- Polat C, Koc F, Özdüven ML (2005). The effects of lactic acid bacteria and lactic acid bacteria+enzyme mixture silage inoculants on maize silage fermentation and nutrient digestibility in lambs. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 2(1): 13-22.

- Polk C, Postow E (1996). Handbook of biological effect of elektromagnetic effect, CRC Pres LLC, USA, 189-198.
- 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.
- Statistics for the Windows Operating System (1999) Stat Soft Inc., Tulsa, OK, USA.
- Şirel D, Akgül E, Bayaroğulları H, Sarpel Y (2001). Synovial hemangioma of the knee. Official Journal of the Turkish Society of Radiology, 7(1), 131-134.
- Uriarte ME (2001). Aerobic Stability of Corn Silage. Kansas State University Unpublished Ph.D. Thesis. Manhattan.
- Vadivambal R, Jayas DS (2011). Applications of thermal imaging in agriculture and food industry _ A review. Food Bioprocess Technol. 4: 186-199.
- Wilkinson JM, Davies DR (2012). The aerobic stability of silage: Key finding and recent developments. Grass and Forage Science , 68: 1-19.
- Wilkinson JM (1999). Silage and Health. In. Proc. 12th International Silage Conference, Uppsala, Sweden. 67-83.
- Woolford MK (1984). The Chemistry of Silage. In: The Silage Fermentation. New York: Marcel Decker. pp. 71–132.
- Woolford MK (1990). The Detrimental Effects of Air on Silage. J. Appl. Bacteriol. 68: 101–116.

ÖZGEÇMİŞ

02/12/1991 yılında İstanbul'un Fatih ilçesinde doğdum. İlkokulu Silivri Gazi İlköğretim Okulu'nda , ortaokulu Silivri Hasan Özvarnalı İlköğretim Okulu'nda ve Lise öğrenimimi Silivri Lisesi'nde tamamladım. 2010-2014 yılları arasında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni bölümünde lisans eğitimimi tamamladım. 2014 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladım.



TEŞEKKÜR

“Mısır ve buğday silajlarında aerobik stabilite süresince mikrobiyal kompozisyondaki değişikliklerin termal kamera görüntülenme tekniği ile değerlendirilmesi” isimli Yüksek Lisans Tez Çalışmasını bana öneren, çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen, değerli Hocam Sayın Doç. Dr. Fisun KOÇ a, çalışmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen Doç Dr. M. Levent ÖZDÜVEN hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Yüksek Lisans eğitimine başladığım andan, Yüksek Lisansımın bitimine kadar desteğini esirgemeyen sevgili annem Nurdan ÜNAL ve babam Atilla ÜNAL'a teşekkür ederim.

Ocak 2017

Özge ÜNAL

Ziraat Mühendisi