

**UZAK İNFRARED (FIR) İŞINLARININ  
İŞLENMEMİŞ İÇ YER FISTIĞININ FİZİKSEL  
KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK  
KALİTESİNE ETKİSİ**

**ESMA ESER**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman**

**Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ**

**MERSİN**

**HAZİRAN - 2012**

Esma ESER tarafından Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ danışmanlığında hazırlanan “Uzak İnfrared (FIR) Işınlarının İşlenmemiş İç Yer Fıstığının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesine Etkisi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ



Prof. Dr. Mahir TURHAN



Prof. Dr. Ayla ÖZER



Doç. Dr. Nüzhet TÜRKER



Yrd. Doç. Dr. Sedat SAYAR



Yukarıdaki Jüri kararı fen bilimleri enstitüsü yönetim kurulu' nun 04/09/2012 tarih ve 2012.1.6..... / 4.66. Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. A. Murat GİZİR

Enstitü Müdürü



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı fikir ve sanat eserleri kanunu hükümlerine tabidir.

## UZAK İNFRARED (FIR) IŞINLARININ İŞLENMEMİŞ İÇ YER FISTIĞININ FİZİKSEL, KİMYASAL ve MİKROBİYOLOJİK KALİTESİNE ETKİSİ

Esmâ ESER

### ÖZ

Gelişen teknoloji ile gıdaların mikrobiyal yükünün düşürülmesi amaçlı kullanılan bir çok yeni koruma yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerde ortak olarak amaç, mikrobiyal açıdan güvenli, yüksek kalitede gıda elde edilmesidir. Bu çalışmada uzak infrared ışınlarının işlem görmemiş, iç yer fıstığının doğal ortamında bulunan mikroorganizmaların azaltılması, bu işlem sağlanırken de fiziksel ve kimyasal özelliklerde görülen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada öncelikli olarak mikrobiyolojik analizlerde kullanılacak olan homojenizasyon yöntemi belirlenmiştir. Daha sonra başlangıç mikroorganizma yükü toplam mezofilik aerobik bakteri açısından  $10^{4,85}$  -  $10^{5,07}$  kob/g aralığında olan örneklerin mikrobiyal yükü infared ışınları ile hedeflenen  $10^4$  kob/g düzeyine 150, 200, 250, 300, 350 ve  $400^{\circ}\text{C}$ ' de sırasıyla, 240, 150, 60, 50, 45, 25 saniyelik işlem süreleri ile düşürülmüştür. Başlangıçta mikrobiyal yükleri toplam maya küf sayısı açısından  $10^{3,64}$  -  $10^{4,31}$  kob/g aralığında olan örneklerin mikrobiyal yükleri ise; hedeflenen  $10^3$  kob/g düzeyine 150, 200, 250, 300, 350 ve  $400^{\circ}\text{C}$ ' de sırasıyla, 300, 200, 80, 90, 60, 45 saniyelik işlem süreleri ile düşürülmüştür. Mikrobiyal açıdan azalma sağlanırken fiziksel ve kimyasal kalite özellikleri altında incelenen yüzey sıcaklığı, nem içeriği, renk parametreleri, tekstürel özellikleri ve peroksit sayısı ve asitlik ile yağ asitleri bileşiminde önemli bir değişim olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İnfrared, Yüzey Pastörizasyonu, Yer fıstığı

**Danışman:** Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği  
Ana Bilim Dalı

**EFFECT OF FAR INFRARED (FIR) RADIATION ON PHYSICAL,  
CHEMICAL and MICROBIOLOGICAL QUALITY OF RAW PEANUT  
KERNELS**

**Esmâ ESER**

**ABSTRACT**

Novel preservation methods are being used for microbial load reduction of food materials with the developing technology recently. The main objective of these novel methods are obtaining microbiologically safe high quality foods. Far infrared treatment of foods is one among these novel preservation methods. The aim of this study was to determine the effect of far infrared treatment on the physical and chemical properties of raw peanut kernels during reduction of natural microflora. Prior to treatment, the type of homogenization method to be used for microbiological analysis was determined. Then, the peanut samples containing  $10^{4,85}$ -  $10^{5,07}$  cfu/g in terms of total mesophylic aerobic bacteria counts were treated with far infrared radiation at 50 °C temperature increments between 150-400 °C for time intervals of 240, 150, 60, 50, 45, 25 seconds respectively to achieve a targeted load of  $10^4$  cfu/g. Furthermore, total mould and yeast load of peanut samples having  $10^{3,64}$ -  $10^{4,31}$  cfu/g were reduced to  $10^3$  cfu/g applying far infrared radiation using the same temperature increments between 150-400 °C for time intervals of 300, 200, 80, 90, 60, 45 seconds respectively. A significant reduction of surface microbial loads of peanut samples were obtained while the physical and chemical properties investigated such as surface temperature, moisture content, color, textural properties and oil quality remained unchanged.

**Key words:** Infrared, surface pasteurization, peanut

**Advisor:** Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ, University of Mersin, Department of Food Engineering

## **TEŞEKKÜR**

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında büyük emeği olan, bilimsel ve manevi açıdan her an desteğini ve teşviklerini gördüğüm ve ayrıca deneyimlerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı danışman hocam, Prof.Dr. H. İbrahim EKİZ' e teşekkür eder, sonsuz saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bana emeği geçen ve tez çalışmalarım sırasında her birinin büyük katkılarını gördüğüm değerli bölüm hocalarıma ve yüksek lisans tez çalışmalarımı sürdürdüğüm Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü' ne,

BAP-FBE-GM (EE) 2011-6 YL nolu yüksek lisans tez projesi ile destekleyen ME.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' ne,

Tez çalışmam sırasında bilgi ve deneyimlerini paylaşan sevgili hocam, Dr. S. Belgin ERDOĞDU' ya, başta lisans öğrenimimden itibaren yanımda olan çok kıymetli dostum Ziyet BOZ olmak üzere, bölümümüzde öğrenim gören, manevi anlamda desteklerini esirgemeyen bütün çalışma arkadaşlarıma,

Laboratuvar çalışmalarım da yardımlarına başvurduğum Uzman Selen ÇALIŞKANTÜRK ve Teknisyen Yasemin TANKUŞ' a, Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi' ne (MEİTAM) ve Uzman Cihan GEÇGEL' e,

Üzerimde en büyük emek sahibi olan sevgili Annem Nevin ESER ve Babam Ramazan ESER' e, bugüne dek göstermiş oldukları sonsuz özveri, sabır, güven ve destekten dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	İ
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2.KAYNAK ARAŞTIRMALARI.....</b>	<b>3</b>
2.1.YER FISTIĞI.....	3
2.1.1.Yer Fıstığında Bulunan Besin Öğeleri .....	4
2.1.2.Yer Fıstığı'nın Gıda ve Diğer Sanayi Alanlarında Kullanımı .....	6
2.1.3.Türkiye ve Dünya' da Yer Fıstığı Üretimi ve Verimi.....	6
2.1.4.Yer Fıstığı Yetiştirilmesi ve İşleme Teknolojisi.....	11
2.1.4.1.Ekim .....	11
2.1.4.2.Hasat .....	11
2.1.4.3.Harman .....	11
2.1.4.4.Kurutma .....	12
2.1.4.5.Temizleme .....	12
2.1.4.6. Tavlama .....	12
2.1.4.7.Kabuk kırma.....	12
2.1.4.8.Seperatör ile son ayırma .....	13
2.2 .MİKROORGANİZMALAR .....	13
2.2.1. <i>Escherichia coli</i> .....	13
2.2.2. <i>Salmonella</i> .....	14
2.2.3.Küfler ve Aflatoksin.....	15
2.2.4.Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri.....	18

2.2.5.Yer fıstığının Doğal Mikroflorası .....	19
2.3.ELEKTROMAGNETİK SPEKTRUM ve İNFRARED IŞINIMI.....	20
2.3.1.Elektromagnetik Spektrum.....	20
2.3.2.İnfrared Işınımı .....	21
<b>3.MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>25</b>
3.1.MATERYAL .....	25
3.1.1.Yer Fıstığı .....	25
3.1.2.Kimyasal Maddeler, Besiyerleri, Cam Malzemeler, Alet ve Ekipmanlar ....	25
3.1.2.1.Kimyasal maddeler.....	25
3.1.2.2.Besiyerleri.....	25
3.1.2.3.Cam malzemeler.....	26
3.1.2.4.Alet ve ekipmanlar .....	26
3.2.YÖNTEM.....	26
3.2.1.Uzak İnfrared Işın Uygulamaları .....	26
3.2.1.1.Ayarlanan infrared tünel iç sıcaklığında tünelden geçen yer fıstığı örneklerinde yüzey sıcaklığının tespiti.....	28
3.2.2.Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	29
3.2.2.1.Boyut ölçümü ve sınıflandırma.....	29
3.2.2.2.Küresellik tayini .....	29
3.2.2.3.Yoğunluk tayini.....	30
3.2.2.4.Gözeneklilik değerinin belirlenmesi .....	30
3.2.2.5.Yer fıstığı örneklerinde nem analizi.....	30
3.2.2.6. Yer fıstığı yağının kalite özelliklerinin belirlenmesi.....	31
3.2.2.6.1.Peroksit sayısı tayini.....	32
3.2.2.6.2.Serbest yağ asitliği tayini.....	32
3.2.2.6.3.Yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi .....	33
3.2.2.7.Yer fıstığı örneklerinde aflatoksin analizi .....	34
3.2.2.8.Yer fıstığı örneklerinde doku ölçüm (tekstür) analizi .....	35
3.2.2.9.Yer fıstığı örneklerinde renk ölçümü .....	37
3.2.3.Doku Ölçüm Ve Renk Ölçüm Analizlerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi .....	39
3.2.4.Mikrobiyolojik Analizler.....	39
3.2.4.1.Numunelerdeki Doğal Mikrofloranın Belirlenmesi.....	39
3.2.4.1.1.Toplam mezofilik aerobik bakteri analizi .....	39
3.2.4.1.2.Toplam küf maya analizi.....	40
3.2.4.1.3.Koliform, fekal koliform, E. coli aranması .....	40

3.2.4.1.4 <i>Salmonella</i> aranması .....	41
3.2.4.2.Mikrobiyal yükün belirlenmesinde farklı homojenizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması .....	42
3.2.4.2.1.Vorteks çalkalayıcı ile homojenizasyon.....	42
3.2.4.2.2.Stomacher parçalayıcı ile homojenizasyon .....	42
3.2.4.2.3.Tezgah üstü öğütücü ile homojenizasyon .....	42
3.2.4.3.Uzak İnfrared Uygulamasının Yer fıstığı Örneklerinin Doğal Mikroflorasındaki Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri ve Toplam Maya Küf Populasyonuna Etkisinin Belirlenmesi .....	43

## **4.BULGULAR VE TARTIşMA .....** 45

### **4.1.YER FISTIğI ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ.....** 45

4.1.1.Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi .....	45
4.1.1.1.Sınıflandırma ve boyut ölçümü, eşdeğer çap ve küresellik analizi, yoğunluk ve gözeneklilik analizi.....	45
4.1.1.1.1.Sınıflandırma ve boyut ölçümü .....	45
4.1.1.1.2.Eşdeğer çap ölçümü ve küresellik tayini .....	46
4.1.1.1.3.Yoğunluk ve gözeneklilik tayini.....	46
4.1.1.2.Farklı yer fıstığı örneklerinde nem içeriklerinin belirlenmesi .....	46
4.1.2.Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi.....	47
4.1.2.1.Yer fıstığı yağının kalite özelliklerinin belirlenmesi.....	47
4.1.3.1.Mikrobiyolojik özelliklerin belirlenmesi.....	48
4.1.3.2.Yer fıstığı örneklerinin doğal mikroflorasının incelenmesi.....	48

### **4.2.UZAK İNFRARED UYGULAMASININ YER FISTIğİNİN FİZİKSEL KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ .....** 49

4.2.1.Uzak İnfrared Uygulamasının Yer Fıstığının Fiziksel Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi.....	49
4.2.1.1.Nem içeriğine etkisi.....	49
4.2.2.Uzak İnfrared Uygulamasının Yer Fıstığının Kimyasal Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi.....	53
4.2.2.1.Peroksit sayısına etkisi .....	53
4.2.2.2.Serbest yağ asitleri miktarı ve asit sayısına etkisi.....	54
4.2.2.3.Yer fıstığı yağının yağ asidi bileşimi üzerine etkisi.....	56
4.2.3.Uzak İnfrared Uygulamasının Yer Fıstığının Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi.....	57
4.2.3.1.Numunelerin başlangıç mikrobiyal yüklerinin belirlenmesinde farklı homojenizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması.....	57



4.2.3.2.Uzak infrared uygulamasının yer fıstığı örneklerinin doğal mikroflorasındaki toplam mezofilik aerobik bakteri populasyonuna etkisinin belirlenmesi.....	61
4.2.3.3.Uzak infrared uygulamasının yer fıstığı örneklerinin doğal mikroflorasındaki toplam maya küf populasyonuna etkisinin belirlenmesi .....	61
4.2.3.3.1.Başlangıç mikrobiyal yükleri birbirinden farklı olan örneklerin bulundukları toplam küf maya sayısı üzerine uzak infrared ışınlarının etkisinin belirlenmesi.....	63
4.2.4.FIR Uygulaması ile Yer Fıstığı rneklerinin Yüzey Sıcaklıklarındaki Değişim .....	66
4.2.5.FIR Uygulaması ile Yer Fıstığı rneklerinin Renk Parametrelerindeki Değişim .....	67
4.2.5.1.FIR uygulamasının L* değerine etkisi .....	68
4.2.5.2.FIR uygulamasının a* değerine etkisi .....	69
4.2.5.3.FIR uygulamasının b* değerine etkisi.....	69
4.2.5.4.FIR uygulamasının C (kroma) değerine etkisi.....	70
4.2.5.5.FIR uygulamasının h° değerine etkisi .....	71
4.2.5.6.Renk lm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi .....	75
4.2.6.FIR Uygulaması ile Yer Fıstığı rneklerinin Dokusal zelliklerindeki Değişim .....	79
4.2.6.1.Doku lm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	84
4.2.7.Yer Fıstığının Nem İçeriği, Yüzey Sıcaklığı Renk Parametreleri, Dokusal zellikleri ve Mikroorganizma Sayısının İlişkilendirilmesi.....	88
4.2.7.1.Mikroorgaizma sayısı ile nem içeriği arasındaki ilişki .....	88
4.2.7.2.Mikroorganizma sayısı ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	89
4.2.7.3.Mikroorganizma sayısı ile renk arasındaki ilişki .....	90
4.2.7.4.Mikroorganizma sayısı ile tekstürel özellikler arasındaki ilişki .....	92
4.2.7.5.Nem içeriği ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki .....	95
4.2.7.6.Renk parametreleri ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	95
4.2.7.7.Yüzey sıcaklığı ile tekstürel özellikler arasındaki ilişki.....	99
4.2.7.8.Mikroorganizma sayısının, nem içeriği ve yüzey sıcaklığı ile ilişkisi ....	101
4.2.7.9.Mikroorganizma sayısının yüzey sıcaklığı ve a* değeri ile ilişkisi .....	102
4.2.7.10.Mikroorganizma sayısının yüzey sıcaklığı ve tekstürel özellikleri ile ilişkisi.....	104

## **5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 109**

## **KAYNAKLAR..... 115**

## **ZGEMİş VE ESERLER LİSTESİ..... 122**

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1. Yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde ölçüm yapılan tünel içi ayarlanan sıcaklıklar ve bu sıcaklıklara ait FIR uygulama süreleri .....	28
Çizelge 3.2. Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasındaki nem içeriklerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.....	31
Çizelge 3.3. Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasındaki tekstürel özelliklerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.....	36
Çizelge 3.4.Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasındaki renk parametrelerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.....	38
Çizelge 3.5.Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasında mikrobiyal yüklerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.....	44
Çizelge 4.1.Yer fıstığı örneklerinin 100 gramında bulunan tane sayısına göre sınıflandırılması. ....	45
Çizelge 4.2.Yer fıstığı örneklerinin ait oldukları sınıfa göre üç ana kesitin (boy- genişlik-kalınlık) uzunlukları. ....	45
Çizelge 4.3.Yer fıstığı örneklerinin ait oldukları sınıfa göre eşdeğer çapları ve % küresellik değerleri. ....	46
Çizelge 4.4.Yer fıstığı örneklerinin ait oldukları sınıfa göre, yoğunluk ve % gözeneklilikleri. ....	46
Çizelge 4.5.TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardında belirtilen mikrobiyolojik kriterler.....	48
Çizelge 4.6.TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardına göre yer fıstığı örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizlerin sonuçları. ....	49
Çizelge 4.7.300° C' de 60, 120, 180 ve 240 s. uzak infrared ışınlarına maruz bırakılan yer fıstığı tanelerinden elde edilen yağlarda yağ asidi bileşimi.....	57
Çizelge 4.8.FIR uygulanmış ve uygulanmamış yer fıstığı örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri aranmasında farklı homojenizasyon yöntemleri kullanılması sonucu elde edilen mikroorganizma sayıları.....	58
Çizelge 4.9.FIR uygulanmış ve uygulanmamış yer fıstığı örneklerinde toplam küf maya aranmasında farklı homojenizasyon yöntemleri kullanılması sonucu elde edilen mikroorganizma sayıları.....	59
Çizelge 4.10.150° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi.....	76
Çizelge 4.11.200° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi .....	76
Çizelge 4.12.250° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi .....	77

Çizelge 4.13.300° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi .....	77
Çizelge 4.14.350° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi .....	78
Çizelge 4.15.400° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi .....	78
Çizelge 4.16.150° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	86
Çizelge 4.17.200° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	86
Çizelge 4.18.250° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	87
Çizelge 4.19.300° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	87
Çizelge 4.20.350° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	87
Çizelge 4.21.400° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	87

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Dellihay ve arkadaşlarının yaptıkları araştırmada ev gömüsünden çıkarılmış, yaklaşık 7600 yıl öncesine ait olduğu düşünülen yer fıstığı kabuğu parçası .....	3
Şekil 2.2. 1992 – 2010 yılları arasında Türkiye’de yer fıstığı üretimi. ....	7
Şekil 2.3. 1992 – 2010 yılları arasında Dünya yer fıstığı üretiminde lider ülkeler ve Türkiye’ nin durumu.....	9
Şekil 2.4. 1992 – 2010 yılları arasında Dünya yer fıstığı üretiminde lider ülkeler ve Türkiye’ nin verimi.....	9
Şekil 2.5.1990 – 2009 yılları arasında Türkiye’ nin yer fıstığı ihracat rakamları. ....	10
Şekil 2.6.1990 – 2009 yılları arasında Türkiye’ nin yer fıstığı ithalat rakamları .....	10
Şekil 2.7.Elekromagnetik dalga spektrumu .....	20
Şekil 2.8. IR radyasyonun absorblanması .....	22
Şekil 3.1. Yer fıstığı örneklerinin FIR tünel fırından geçirilmesi.....	27
Şekil 3.2. Yer fıstığı örneklerinin FIR tünel çıkış bölgesine yakın üst noktadan infrared kamera ile fotoğraflanması. ....	28
Şekil 3.3.Yer fıstığı örneklerinin üç ana boyutunun (L-W-T) ölçümü .....	29
Şekil 3.4.Yer fıstığı örneklerinin tekstür cihazına yerleştirilmesi .....	36
Şekil 3.5.Yer fıstığına ait tipik bir kuvvet deformasyon eğrisi.....	37
Şekil 3.6. Tane örneklerin 50 mm, öğütülen örneklerin 10 mm’ lik optik Hunter Lab küvetlerinde renk analizi .....	38
Şekil 3.7. Yer fıstığı örneklerinin homojenizasyonunda kullanılan farklı yöntemler. ....	43
Şekil 4.1. Yer fıstığında tespit edilen yağ asitleri. ....	47
Şekil 4.2. Farklı başlangıç nem içeriğine sahip yer fıstığı örneklerinde 200-300-400 °C’ de FIR uygulama süresine bağlı nem miktarındaki azalma.....	51
Şekil 4.3. 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C İnfrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR ışınlar maruz bırakılma sürelerine bağlı olarak nem içeriklerinde görülen değişim.....	52
Şekil 4.4. 300 °C’ de ifrared uygulaması ile peroksit sayısında görülen değişim.....	53
Şekil 4.5. 300 °C’ de ifrared uygulaması ile asitlikte görülen değişim.....	54
Şekil 4.6.Farklı sıcaklıklarda uygulanan infrared işleminin yer fıstığı yüzeyinde bulunan mezofilik aerobik mikroorganizma popülasyonuna etkisi.....	62
Şekil 4.7. Farklı sıcaklıklarda uygulanan infrared işleminin yer fıstığı yüzeyinde bulunan küf popülasyonuna etkisi. ....	62
Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda uygulanan infrared işleminin başlangıç mikrobiyal yükü $10^{5,9}$ - $10^{6,02}$ kob/g olan yer fıstığı örneklerinin yüzeyinde bulunan küf popülasyonuna etkisi.....	63

Şekil 4.9. 150, 200 ve 250 °C' de uygulanan infrared işleminin başlangıç mikrobiyal yükleri birbirinden farklı olan yer fıstığı örneklerinin yüzeyinde bulunan küf populasyonuna etkisi.....	64
Şekil 4.10. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıklarında görülen değişim .....	67
Şekil 4.11. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin parlaklıklarında (L*) görülen değişim .....	68
Şekil 4.12. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin kırmızılıklarında (a*) görülen değişim.....	69
Şekil 4.13. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin sarılıklarında (b*) görülen değişim. ....	70
Şekil 4.14. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin renk doygunluklarında (C*) görülen değişim. ....	71
Şekil 4.15. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin renk tonlarında (h°) görülen değişim. ....	72
Şekil 4.16. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslendikten sonra tane ve öğütölmüş halde analiz edilen yer fıstığı örneklerinin renk doygunluklarında (C*) görülen değişim.....	73
Şekil 4.17. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslendikten sonra tane ve öğütölmüş halde analiz edilen yer fıstığı örneklerinin renk tonlarında (h°) görülen değişim. ....	74
Şekil 4.18. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerini kırmak için uygulanması gereken kuvvette görülen değişim. ....	80
Şekil 4.19. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerini kırmak için harcanması gereken işte görülen değişim. ....	81
Şekil 4.20. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerini 5 mm boyunca ezmek için harcanması gereken işte görülen değişim. ....	82
Şekil 4.21. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin kırılma kuvvetlerinde görülen değişimin toplu gösterimi.....	83
Şekil 4.22. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin kırılmaları için harcanması gereken işte görülen değişimin toplu gösterimi. ....	83
Şekil 4.23. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin 5 mm ezilmeleri sırasında harcanan işte görülen değişimin toplu gösterimi. ....	84
Şekil 4.24. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin nem içeriği ve bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı arasındaki ilişki.....	88
Şekil 4.25. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin nem içeriği ve bulundurdıkları toplam küf maya sayısı arasındaki ilişki.....	89

Şekil 4.26. 150, 200, 250 ve 300°C’ de infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve bulundurdukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı arasındaki ilişki.....	90
Şekil 4.27. 150, 200, 250 ve 300°C’ de İnfrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve bulundurdukları toplam küf maya sayısı arasındaki ilişki. ....	90
Şekil 4.28. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve a* değeri arasındaki ilişki. ....	91
Şekil 4.29. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam küf maya sayısı ve a* değeri arasındaki ilişki.....	91
Şekil 4.30. Farklı sıcaklıklarda FIR uygulanan yer fıstığı örneklerinin bulundurdukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet arasındaki ilişki.....	92
Şekil 4.31. Farklı sıcaklıklarda FIR uygulanan yer fıstığı örneklerinin bulundurdukları toplam küf maya sayısı ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet arasındaki ilişki. ....	92
Şekil 4.32. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve kırılmaları için harcanması gereken iş arasındaki ilişki.....	93
Şekil 4.33. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdukları toplam küf maya sayısı ve kırılmaları için harcanması gereken iş arasındaki ilişki.....	93
Şekil 4.34. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve 5 mm ezilmeleri sırasında harcanması gereken iş arasındaki ilişki.....	94
Şekil 4.35. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve 5 mm ezilmeleri sırasında harcanması gereken iş arasındaki ilişki.....	94
Şekil 4.36. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve nem içeriklerinde görülen değişim.....	95
Şekil 4.37. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve parlaklıklarında görülen değişim.....	96
Şekil 4.38. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve kırmızılıklarında görülen değişim .....	96

Şekil 4.39. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve sarılıklarında görülen değişim. ....	97
Şekil 4.40. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve renk doyunluklarında görülen değişim. ....	98
Şekil 4.41. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve renk tonlarında görülen değişim. ....	98
Şekil 4.42. Farklı tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet arasındaki ilişki. ....	100
Şekil 4.43. Farklı tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için harcanması gereken iş arasındaki ilişki. ....	100
Şekil 4.44. Farklı tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve 5 mm ezilmeleri sırasında harcanması gereken toplam iş arasındaki ilişki. ....	100
Şekil 4.45. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklığı ve % nem içerikleri ile toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki. ....	101
Şekil 4.46. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklığı ve % nem içerikleri ile toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki. ....	102
Şekil 4.47. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ve kırmızılıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki. ....	103
Şekil 4.48. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam küf maya sayıları ve kırmızılıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki. ....	103
Şekil 4.49. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet ile bulundukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki. ....	104
Şekil 4.50. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet ile bulundukları toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki. ....	105

- Şekil 4.51. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları sırasında harcanan iş ile bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki..... 106
- Şekil 4.52. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları sırasında harcanan iş ile bulundurdıkları toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki..... 106
- Şekil 4.53. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve 5 mm sıkıştırılmaları sırasında harcanan toplam iş ile bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki..... 107
- Şekil 4.54. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve 5 mm sıkıştırılmaları sırasında harcanan toplam iş ile bulundurdıkları toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki..... 108



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a*	: Kırmızılık
b*	: Sarılık
BGB	: Brilliant green bile broth
c	: Mikroorganizma sayısı "m" ile "M" arasında bulunabilecek maksimum numune sayısı
C*	: Kroma(doygunluk)
DNA	: Deoksi ribo nükleik asit
EHEC	: Enterohemorajik
EMS	: En muhtemel sayı
FAO	: Food and Agriculture Organization
FID	: Flame Ionization Dedector
FIR	: Uzak infrared
GC	: Gaz Kromatografisi
h°	: Hue(renk tonu)
HPLC	: Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
IR	: İnfrared
J	: Joule
kob/g	: Koloni oluşturan birim/gram
L	: Uzunluk
L*	: Parlaklık
LST	: Lauryl sulfate broth
M	: "c" sayıda numunede bulunabilecek maksimum mikroorganizma sayısı
m	: Tüm numunelerde bulunabilecek maksimum mikroorganizma sayısı
MIR	:Orta infrared
MR-VP	: Metir red voges proskauer
n	: Numune sayısı
N	: Newton
NIR	: Yakın infrared
O/L	: Oleik asit/Linoleik asit oranı
PCA	: Plate count agar
PDA	: Potato dextrose agar
RNA	: Ribo nükleik asit
RVS	: Rappaport vassiliadis soy broth
TPS	: Tamponlanmış peptonlu su
TW	: Tryptone water
T	: Kalınlık
W	: Genişlik

## **1. GİRİŞ**

Teknolojinin hızla gelişmesi ve bu gelişmelerin gıda sanayinde de kullanım alanı bulması ile gıdaların mikrobiyal yükünü düşürerek, raf ömrünün uzamasını sağlayan bir çok yeni teknik uygulanmaya başlamıştır. İnfrared ışınlarının kullanımı bunlardan biri olup, gıdaların kurutulması, haşlanması, pişirilmesi, kavrulması, çözdürülmesi, pastörizasyonunda yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Gıda işlemede konvansiyonel ısıtma sistemleri ile infrared ışınları karşılaştırıldığında, infrared ışınlarının, ısıtma işlemi sırasında ortamı değil ürünü hedef alması, böylece daha az enerji sarfiyatı ile daha etkin bir ısıtma sağlaması, ve sistemin kolay kontrol edilebilir olması gibi olumlu yönlerinin olduğu bilinmektedir. Ayrıca infrared ışınlarının gıda içerisine nüfuz etme yetileri sınırlı olduğu için, gıdaların içerdikleri besin öğeleri yüksek oranda korunabilmektedir. İnfrared ışınlarının belirtilen bu özelliklerinden dolayı gıda işlemede, besin değeri yüksek, kaliteli ve güvenli gıda üretiminde oldukça hızlı ve enerji sarfiyatı düşük bir teknik olmasıyla geniş kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde yer fıstığı üretimi yalnızca birkaç ilimizle sınırlı kalmıştır. Üretimi yapılan fıstığın önemli bir bölümü ise çerezlik olarak tüketilmekte, gıda sanayinde ve sanayinin diğer alanlarında yeterince kullanım alanı bulamamaktadır. Bu nedenle Türkiye, dünya yer fıstığı üretiminde oldukça geri sıralarda yer almaktadır. Yer fıstığı tarımının ve işlenmesinin genellikle aile işletmecileri tarafından, küçük ölçekte yapılması bu durumu açıklamaktadır. Yer fıstığı ekiminde ve hasat edilmesinde teknolojik tarım makinelerinin kullanılmaması da bir diğer neden olarak gösterilebilir.

Hasattan sonra mikrobiyal gelişimin önüne geçebilmek için fıstıkların nem içeriklerinin hızlı bir şekilde istenen düzeye (yaklaşık %7) düşürülmesi zorunludur. Bu amaçla bazen kurutma makineleri kullanılsa da hiçbir masraf gerektirmemesi nedeniyle genellikle açık alanda kurutma tercih edilmektedir. Kontrolsüz şekilde 6-10 gün süre ile tarlada bekletilen fıstıklarda mikroorganizma gelişimi hızlanarak depolama süresinde buna bağlı sorunlarla karşılaşmaktadır. İlerleyen dönemlerde ise yer fıstığında asıl problem olarak nitelendirilen aflatoksin oluşumu kaçınılmaz

olmaktadır. Her yıl yüksek aflatoksin varlığının tespit edildiği tonlarca ürün gümrüklerden iade edilmekte ve bu durum ülke ekonomisine büyük zarar vermektedir. Bu kayıpların kullanılacak basit ve etkili tekniklerle önüne geçilmesi ile sadece ekonomik olarak değil, sağlık açısından da önemli kazanımlar sağlanacaktır.

Sonuç olarak daha kaliteli, güvenli ve raf ömrü uzun ürünler elde edilmesinde infrared ışınları kullanımıyla, yer fıstıklarının yüzey mikrobiyal yükleri hızlı bir şekilde düşürülerek, ilerleyen depolama sürelerinde görülebilecek mikrobiyal bozulmaların ve toksin üretiminin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. İnfrared uygulamasının yer fıstıklarının mikrobiyal yükü üzerine olan etkisinin yanında, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde neden olduğu değişikliklerin de belirlenmesi ile infrared işlemden sonra erezlik olarak veya fıstık yağı ve ezmesi üretimi şeklinde değerlendirilecek olan fıstıkların fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

Bu tez çalışmasında işlem görmemiş i yer fıstıklarının doğal mikroflorasında bulunan mikroorganizma sayılarının infrared ışınları ile azaltılması, bu sırada yer fıstıklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinde görülen değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

### 2.1.YER FISTIĞI

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea L.*) baklagiller familyasından tek yıllık, yazlık, bir yağ bitkisi olup, meyveleri toprak altında yetişmektedir. Bezelye, bakla ve fasulye ile aynı aileden gelmektedir. Ancak bu baklagillerden meyvelerinin toprak içinde yetişmesiyle ayrılmaktadır. Yerfıstığı, havanın serbest azotunu toprağa bağlayarak, kendisinden sonra ekilecek bitkiye azot ve organik maddece zengin, kabartılmış ve yabancı otlardan temizlenmiş bir toprak bırakmaktadır. [Önemli 1990; Kadiroğlu, 2008].

Profesor Dillehay ve ekibindeki bir grup antropolog, Peru’ da bulunan Andes Vadisi’ nde yaptıkları araştırmada ev gömülerinde, yaklaşık 7600 yıl öncesine ait yer fıstığı kalıntılarına rastlamıştır. Güney Amerika kökenli olan bu bitki, Amerika'nın keşfedilmesinin ardından İspanyol ve Portekizli tüccarlar tarafından 16. yüzyılda Avrupa'ya getirilmiş, buradan Afrika ve Asya kıtalarına daha sonra da Pasifik Adaları’ na götürülmüştür [Dillehay vd., 2007; Kadiroğlu, 2008].



Şekil 2.1. Dillehay ve arkadaşlarının yaptıkları araştırmada ev gömüsünden çıkarılmış, yaklaşık 7600 yıl öncesine ait olduğu düşünülen yer fıstığı kabuğu parçası [Dillehay vd., 2007].

### 2.1.1. Yer Fıstığında Bulunan Besin Öğeleri

B vitamini açısından oldukça zengin olan yer fıstığının bileşimini, ortalama %25 protein, %46 yağ, %16 karbonhidrat ve %5 mineral maddeler oluşturmaktadır. 100 gram yer fıstığından alınan enerjinin yaklaşık 590 kcal olduğu belirtilmektedir [Taşkaya, 2007; Sousa vd., 2011]. Özdemir vd. (2003) yer fıstığının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırdıkları çalışmada, Adana ve Antalya’ da yetiştirilen farklı yer fıstığı örneklerinin yağ, protein, kül ve nem içerikleri gibi bazı temel özelliklerini belirlemiştir. Bu çalışmada, örneklerin %27 - 29 protein, % 43 – 49 yağ, % 2 kül ve yaklaşık % 3,7 nem içeriğine sahip olduklarını belirtilmektedir.

Yer fıstığının da bir üyesi olduğu baklagiller ailesinde, proteinler temel bileşen olarak bilinmektedir. Yer fıstığının protein içeriği yaklaşık olarak % 30 olarak belirtilmektedir [Duranti, 1997]. Yer fıstığı proteinlerinin kalitesinin araştırıldığında ise protein kalitesi hakkında bilgi veren, toplam tüketilen protein miktarında yer fıstığı proteinlerinin kapladığı dilimin bir göstergesi olan protein etkinliği oranı ve bağıl besleyici değer özelliklerinin çok yüksek olmadığı belirtilmektedir [Friedman, 1996]. Sousa vd. (2011), yaptıkları bir çalışmada, yer fıstığının amino asit bileşimini belirlemiştir. Buna göre esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitler olarak gruplandırma yapılarak, esansiyellerin miktarını toplam 374,3, esansiyel olmayanlarınkini ise 625,9 mg amino asit/g protein olarak belirlemişlerdir.

Yer fıstığı % 45-55 yağ içeriğine sahip bir yağ bitkisidir. Yer fıstığından elde edilen yağ, açık sarı renkli, kendine has tat ve kokuya sahip bir yağ olup, yapısında fosfolipid ve yağ dışı unsurları çok az miktarda içerdiğinden dolayı rafinasyonu oldukça kolaydır. Yer fıstığı yağının yağ asidi bileşiminin yaklaşık % 80’ lik kısmını oleik ve linoleik asit oluşturmaktadır. Yer fıstığı yağı oleik asit/linoleik asit oranı açısından oksidatif stabilitesi yüksek olan yağlardan biri olarak belirtilmektedir. [Gümüskesen, 1999].

Hammond vd., (1997) yer fıstığının yağ asidi bileşimini belirledikleri çalışmada, çeşitli yer fıstığı örneklerinde % 8,2- 15,1 aralığında palmitik asit, % 1,1- 7,2 stearik asit, % 31,5-60,2 oleik asit, % 19,9-45,4 linoleik asit, % 0,8 -3,2 araşidik asit, % 0,6-2,5 eikosenoik asit, % 1,8-5,4 behenik asit ve % 0,5 – 2,5 lignoserik asit bulunduğunu tespit etmiştir.

Mineral maddeler açısından zengin olan yer fıstığında zdemir vd. (2003) düzenleyici ve yapı onarıcı besin maddeleri olarak bilinen minerallerinden çinko, fosfor, bakır, demir ve magnezyumun tespitini yapmış, yer fıstığının çinko ve fosfor açısından zengin olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmaya benzer olarak Sousa vd. (2011) yer fıstığı ile badem ve kaju fıstığının besin öğelerinin karşılaştırmasını yaptıkları çalışmalarında örneklerdeki kalsiyum, demir, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor, çinko ve selenyum miktarlarını belirlemişlerdir. Yer fıstığının mineral madde içeriği badem ve kaju fıstığı ile karşılaştırıldığında; fosfor, potasyum, sodyum, çinko ve selenyum miktarlarının diğerlerine göre oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir.

Yer fıstığının beslenme açısından oldukça önemli besin öğelerinden olan diyet lifi açısından da zengin olduğu bilinmektedir. Diyet lifi bileşikleri, sindirim sistemi üzerine olumlu etkileri ve kabızlığı önlemesi nedeniyle oldukça önem taşımaktadır. Suda çözünmeyen diyet lifleri tokluk hissini arttırma özelliği gösterirken suda çözünen diyet lifleri ise vücutta fermente olarak yararlı birçok maddeye dönüşmektedir. Yaklaşık % 13 karbonhidrat içeren yer fıstığında % 5 toplam diyet lifi (% 1,36 suda çözünen, % 3,84 suda çözünmeyen) bulunmaktadır [Sousa vd., 2011].

Kornsteiner vd. (2006) ilerinde yer fıstığının da bulunduğu on farklı yemiş örneğinde bulunan tokoferoller, karotenoidler ve toplam fenolik bileşiklerin miktarlarını araştırmıştır. Bu çalışmadan yer fıstığının önemli miktarda E vitamini içerdiği belirtilmektedir. Ayrıca toplam fenolik bileşik içeriği gallik asit cinsinden belirtildiğinde yer fıstığının (420 mg gallik asit/100 gram) diğer yemişler arasında oldukça st sıralarda olduğu göze çarpmaktadır.

### 2.1.2. Yer Fıstığının Gıda ve Diğer Sanayi Alanlarında Kullanımı

Dünya' nın birçok ülkesinde yoğun olarak üretimi yapılan yer fıstığı insan beslenmesinde, hayvancılıkta ve sanayinin çeşitli dallarında geniş olarak kullanım alanı bulmasına rağmen Türkiye' de çoğunlukla çerezlik olarak tüketilmektedir.

Yer fıstığı yağı yemeklik olarak katı ve sıvı halde kullanıldığı gibi, balık konserveçiliğinde, bisküvi, pasta, şekerleme ve sabun yapımında da kullanılmaktadır. Yer fıstığından yağ çıkarıldıktan sonra geriye kalan küspe, hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, bir baklagil bitkisi olduğu için, bitki kısımları da çok değerli bir hayvan yemi olarak bilinmektedir. Yer fıstığı tohumlarının çıkarılmasıyla kalan kabuk yakacak olarak, sunta yapımında, yem dolgu maddesi olarak ve toprağa gübre şeklinde verilerek kullanılmaktadır [Gümüşkesen, 1999; Önemli, 1990].

Yer fıstığı proteini sentetik lif elde edilmesinde, renkli kaplama maddeleri yapımında kullanılırken, yer fıstığı unu mobilyacılıkta, tutkal yapımında ve yangın söndürme sıvılarının elde edilmesinde kullanılmaktadır [Önemli, 1990].

Ülkemizde yer fıstığı yetiştiriciliğinin sınırlı olması, genellikle küçük aile işletmeleri tarafından üretimin yapılması ve dolayısıyla tarım tekniğinin gelişmemiş olması ve yağ endüstrisinde yeterince yer alamaması üretimi yapılan yer fıstığının genellikle çerezlik olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Aile işletmeciliğinden büyük işletmeciliğe ve makineli tarıma geçilmesi halinde yağ sanayine doğru bir yönelme olması ile birlikte ekim alanlarının ve üretimin artacağı düşünülmektedir.

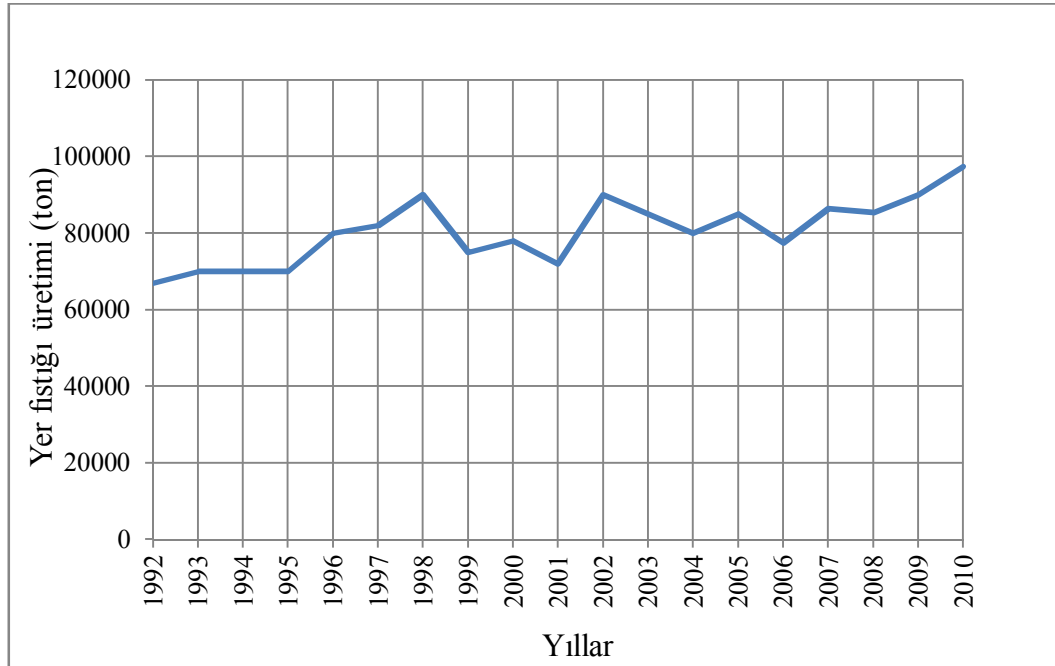
### 2.1.3. Türkiye ve Dünya' da Yer Fıstığı Üretimi ve Verimi

Yer fıstığı sıcak iklim bitkisi olmasından dolayı, Türkiye' de en fazla Akdeniz ve Ege Bölgesi' nde yetiştirilmektedir. İlk olarak 1940' lı yıllarda Anamur ve Silifke' de tarımı başlamıştır. Bugün ise Osmaniye başta olmak üzere Mersin, Antalya, Kahramanmaraş, Aydın ve Muğla illerinde tarımı yapılmaktadır. [Kaçmaz, 2006; Uçkun 2006]. Şekil 2.2.' de 1992 ve 2010 yılları arasında Türkiye' de üretimi yapılan yer fıstığı miktarı ton olarak belirtilmiştir. Gıda ve Tarım Kuruluşu (FAO

Food and Agriculture Organization)' ndan alınan verilere göre her geçen yıl üretimde az miktarda da olsa bir artış olduğu görülmektedir [Anonim a, 2012].

Dünya yer fıstığı üretiminde, üretiminin yarısından fazlası Çin ve Hindistan tarafından karşılanmaktadır. Şekil 2.3.' de 1992 – 2010 yılları arasında üretimde lider ilk beş ülke ve Türkiye' nin yer fıstığı üretim miktarı gösterilmektedir. [Anonim a, 2012]. Üretimde ilk sırayı Çin alırken, bu ülkeyi sırasıyla Hindistan, Nijerya, ABD ve Endonezya izlemektedir.

Türkiye ise Dünya yer fıstığı üretimi içerisinde yalnızca % 0,3 paya sahiptir. [Anonim a, 2012]. Ülkemizde 90 yıllık bir süreden beri yer fıstığı üretimi yapılmasına rağmen ekim, hasat ve harman teknolojisinin yeterince gelişmiş olmaması ve bu yüzden yağ sanayinde değerlendirilememesi üretim artışını sınırlayan en önemli faktör olarak gösterilmektedir [Kaçmaz, 2006].



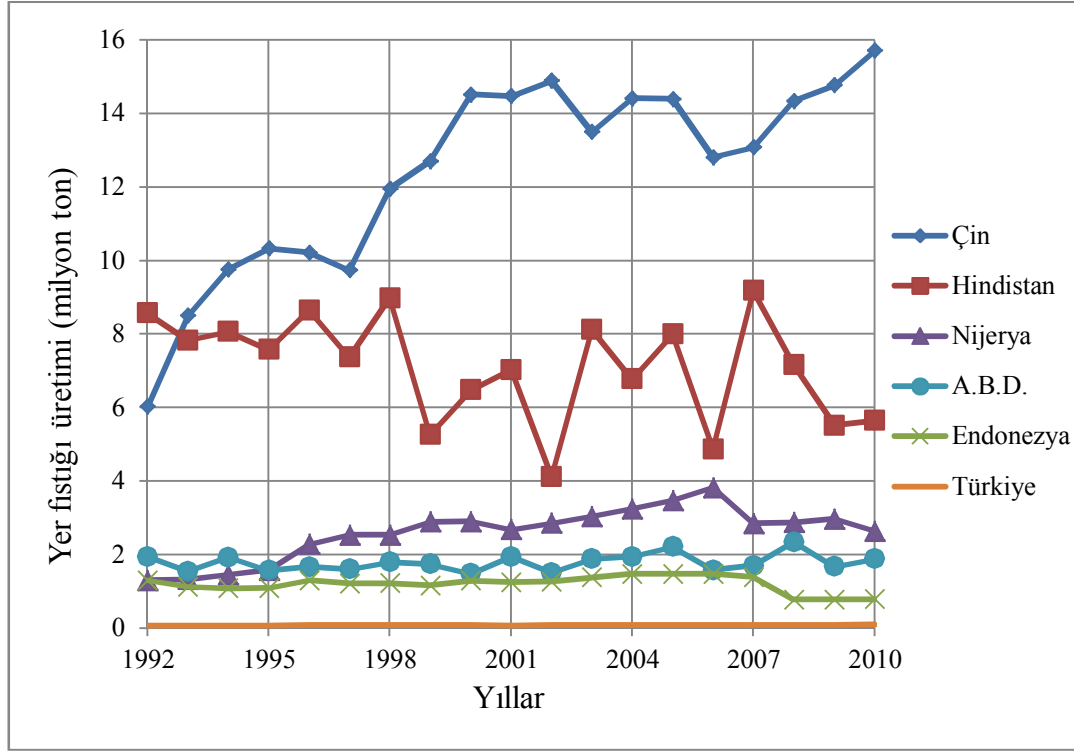
Şekil 2.2. 1992 – 2010 yılları arasında Türkiye'de yer fıstığı üretimi.



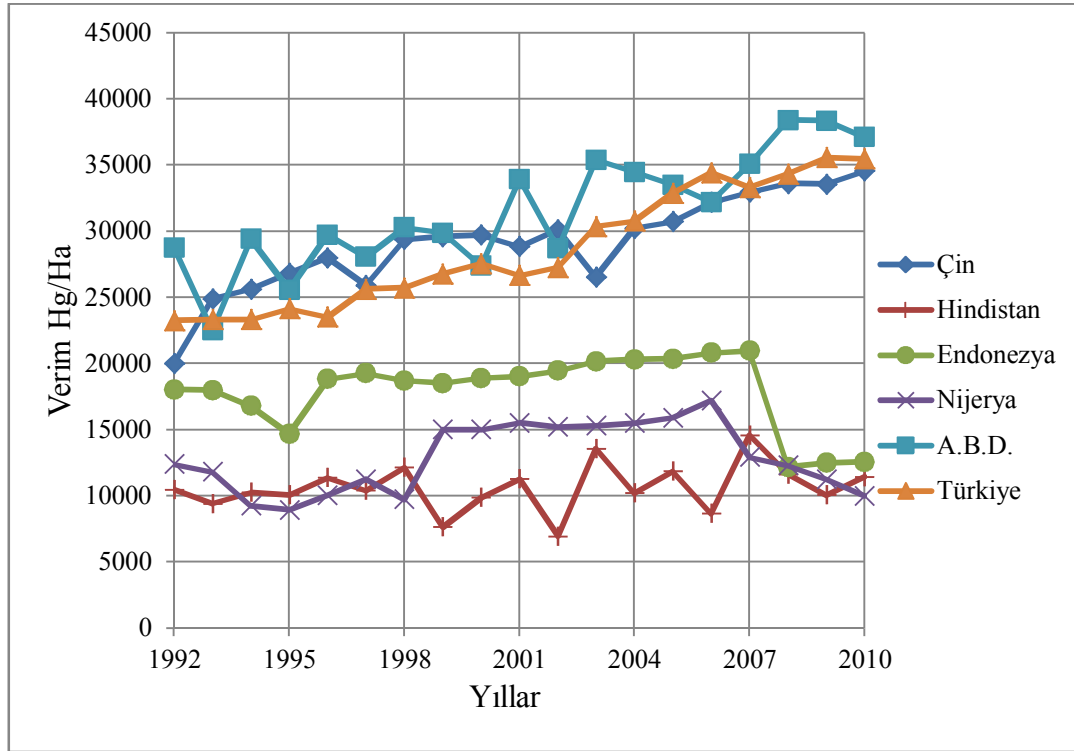
Şekil 2.4.' de 1992 – 2010 yılları arasında üretimde ilk beşi oluşturan ülkelerin ve Türkiye' nin yer fıstığı verimi gösterilmektedir. Türkiye'nin dünya üretiminden aldığı pay çok düşük olmasına rağmen hektar başına verimi oldukça yüksektir [Anonim a, 2012; Kadiroğlu, 2008].

Yer fıstığı Dünya' da tropik ve subtropik iklimin hakim olduğu bölgelerde yaygın olarak üretilmektedir. Dünya yer fıstığı üretiminin % 68'i Asya, % 24' ü Afrika, % 8'i Amerika, % 0,11'i Avustralya ve % 0,03' ü Avrupa kıtasında yapılmaktadır. Üretimde lider olan ilk iki ülke Çin ve Hindistan olup yalnızca bu iki ülke, dünya yer fıstığı üretiminin yarısını oluşturmaktadır. Yer fıstığının Dünya' ya yayıldığı Amerika Kıtası' nda yapılan üretim ise Asya ve Afrika' da sonra üçüncü sıradadır [Anonim a, 2012].

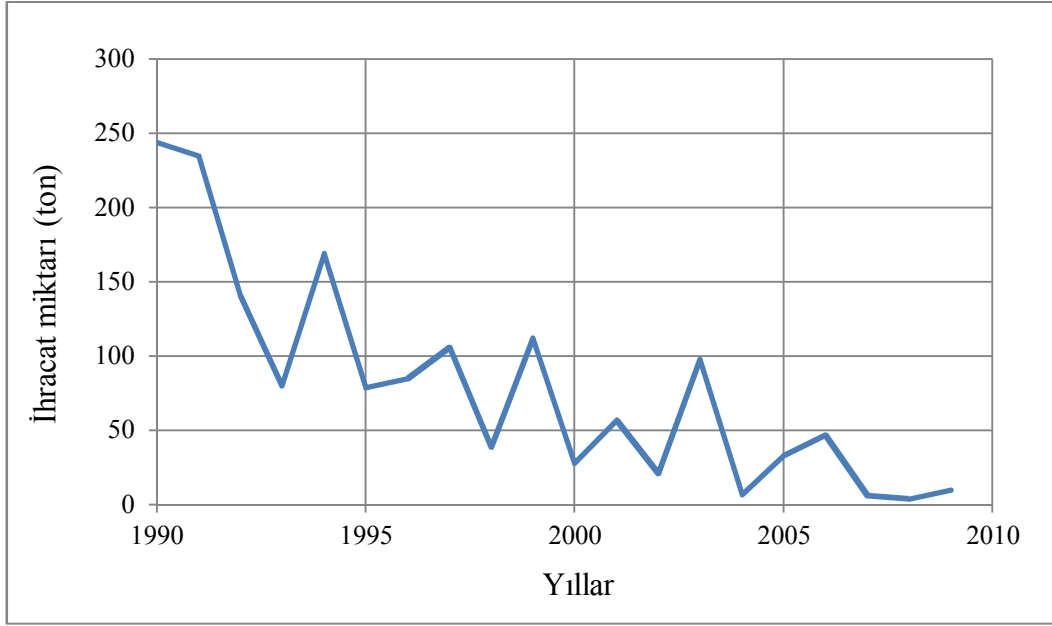
Türkiye'nin yer fıstığı ticaretindeki önemi çok azdır. 1990 – 2009 yılları arasındaki rakamlara bakıldığında dışa satımda her geçen yıl gerileme olduğu Şekil 2.5.' de gösterilmektedir. 1990' lı yıllarda ihracat miktarı 250 tonu bulurken, 2000' li yıllarda bu değer 50 tonun altındadır [Anonim a, 2012]. Şekil 2.6.' da verilen 1990-2009 yılları arasındaki, Türkiye' ye ait ithalat rakamları incelendiğinde, yalnızca 2005 yılında diğer yıllara göre yaklaşık olara 7 kat daha fazla ithalat yapıldığı görülmektedir [Anonim a, 2012]. 1990 ve 2010 yılları arasındaki ithalat ve ihracat rakamları değerlendirildiğinde, Türkiye' nin yer fıstığı ticaretinde aktif bir şekilde rol almadığı görülmektedir. Buna sebep olarak üretimi yapılan ürünün ülke içinde tüketildiği gösterilmektedir.



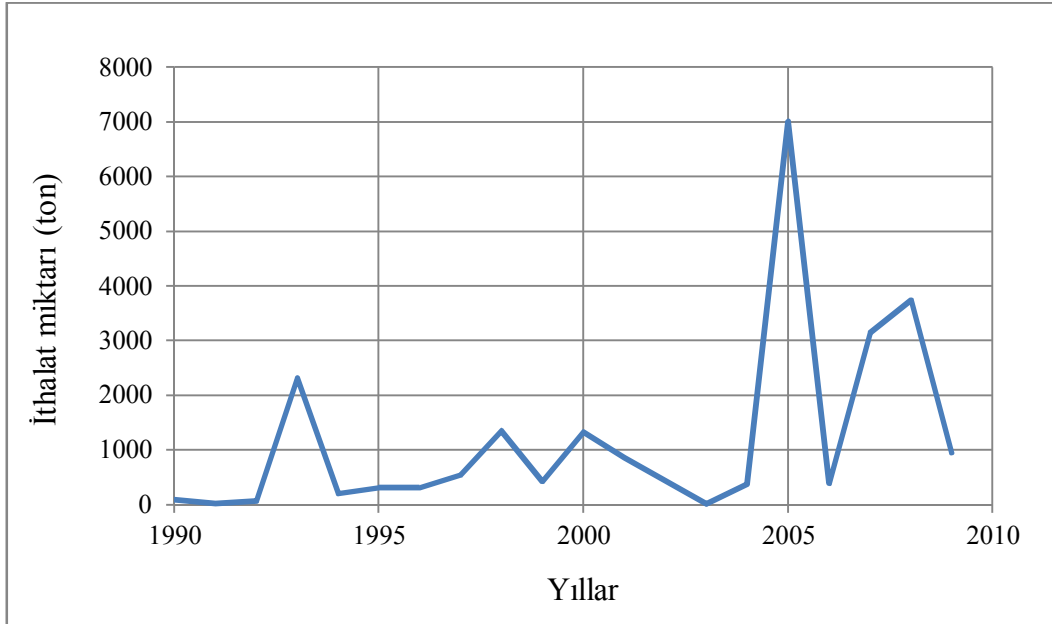
Şekil 2.3. 1992 – 2010 yılları arasında Dünya yer fıstığı üretiminde lider ülkeler ve Türkiye' nin durumu.



Şekil 2.4. 1992 – 2010 yılları arasında Dünya yer fıstığı üretiminde lider ülkeler ve Türkiye' nin verimi.



Şekil 2.5. 1990 – 2009 yılları arasında Türkiye’ nin yer fıstığı ihracat rakamları.



Şekil 2.6. 1990 – 2009 yılları arasında Türkiye’ nin yer fıstığı ithalat rakamları.

#### 2.1.4. Yer Fıstığı Yetiştirilmesi ve İşleme Teknolojisi

##### 2.1.4.1. Ekim

Ekim zamanının belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerden biri toprak sıcaklığı olmaktadır. Yer fıstığı ekimine başlanabilmesi içi toprak sıcaklığının 13 C' nin üzerinde, çimlenme için ise uygun sıcaklığın 25 C olması gerekmektedir. Ana rn olarak tarımı yapılacağında Nisan ayının ortasından Mayıs ayının ortasına kadar, ikinci ürün olarak ise Haziran ayı sonuna kadar ekiminin yapılması gerekmektedir. 5 aylık bir süre sonunda fıstıklar olgunlaşıp, hasat edilmektedir [Kadiroğlu, 2008].

##### 2.1.4.2. Hasat

Yer fıstığı işlenmesinde ilk basamak hasat işlemi olup, olgunlaşmış yer fıstığı tanelerinin toplanması ile başlamaktadır. Yer fıstığı tarımı konusunda gelişmiş ülkelerde hasat için özel yer fıstığı hasat makineleri kullanılmaktadır. Türkiye' de ise yer fıstığı hasadı genel olarak söküm pullukları ile yapılmaktadır. Bunlarla yer fıstıkları kapsülleri ile birlikte topraktan sklmekte, toprakta kalan fıstıklar ise işçiler tarafından elle toplanmaktadır. Fazla iş gücüne ihtiyaç duyulan bu yöntemle yapılan tarım, ekim alanlarının genişlemesini zorlaştırmaktadır [Anonim c; Kadiroğlu, 2008].

##### 2.1.4.3. Harman

Ülkemizde yer fıstığı harmanı, büyük oranda insan gücü ile yapılmaktadır. Fıstıklar tarladan söküldükten sonra kapsüller elle tanelenip, kuruma amaçlı 7-10 gün kadar bekletilmektedir. Sap ve yapraklar kuruduktan sonra kapsüller saplarından ayrılmaktadır. Daha sonra toprak kk tane ve bitki kalıntılarından temizlenen yer fıstıkları kurumaya bırakılmaktadır. Harmanlama sonrasında kapsülleri kurutarak nemin % 8' e kadar düşmesini sağlayan kombine harman makineleri de kullanılmaktadır [Anonim c; Kadiroğlu, 2008].

#### .1.4.4. Kurutma

Hasat edilen yer fıstığı taneleri yaklaşık olarak % 50 rutubet içermektedir. Bu nedenle hasat sonrasında elde edilen üründe mikrobiyal gelişimi önlemek için kurutma işleminin yapılması gerekmektedir. Yer fıstığının depolanma süresinin uzatılabilmesi için nem içeriğinin % 7- 10 aralığına düşürülmesi gerekmektedir. Ancak tarlada açık sistem kurutma koşullarında nem içeriğinin bu seviyeye düşürülmesi kolay olmamaktadır. Kurutma makinesi bulunduran fıstık işletmeleri nemli veya yağışlı havalarda da nem içeriği istenilen düzeye düşürülebilmektedir. Ancak bu tip kurutucuların kullanılmasında püskürtülecek hava sıcaklığının, özellikle tohumluk olarak kullanılacak fıstıklarda 45 °C' yi geçmemesi gerekmektedir [Anonim c; Kadiroğlu, 2008].

#### 2.1.4.5. Temizleme

Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra yer fıstığı kapsülleri elle ayıklanarak içindeki zayıf tanelerin ve yabancı maddelerin ayrımı yapılmaktadır. Daha sonra temizleme makinelerinde, yer fıstıkları kalan taş, sap, yaprak vb. yabancı maddelerden aerodinamik özellikleri ve boyut özelliklerine göre ayrılmaktadır [Kaçmaz, 2006].

#### 2.1.4.6. Tavlama

Temizleme ünitesinden sonra kabuklu yer fıstıklarından kabukların ayrılmasını kolaylaştırmak bu sırada iç yer fıstığının zarar görmesini engelleme amaçlı olarak tavlama işlemi yapılmaktadır. Bu sırada yer fıstıkları kontrollü bir şekilde ıslatılarak nem içeriği % 5-10 arasında olacak şekilde arttırılmaktadır [Kaçmaz, 2006].

#### 2.1.4.7. Kabuk kırma

Tavlama işleminden sonra yer fıstıkları, kabuklarından ayırma amaçlı olarak kabuk kırma makinesine taşınmaktadır. Üç aşamalı kırma işleminde ilk olarak bütün karışımda en büyük boyutlardaki yer fıstıkları kırılmaktadır. Bir boy küçük olan fıstıklar iç fıstıklardan eleklerle ayrılarak ikinci aşamada kırılırken, daha küçük boyutlara sahip olanlar ise üçüncü aşamada kırılmaktadır [Kaçmaz, 2006].

#### 2.1.4.8. Seperatör ile son ayırma

Kabuk kırma makinesinde kırılmayan fıstıklar, iç yer fıstıklar ile birlikte seperatöre alınmaktadır. Burada elek ve fan yardımıyla kabuklu fıstıklar karışımdan ayrılarak tekrar kırma makinesine gönderilmektedir [Kaçmaz, 2006].

Yapılan bu işlemlerin sonrasında kapsüllerinden ayrılmış, kabuksuz iç yer fıstığı elde edilmektedir. Daha sonra iç yer fıstıkları, gıda sanayinde kavrulmuş çerez, fıstık ezmesi veya yer fıstığı yağı olarak kullanılmak üzere uygun şekilde işlenmektedir.

## 2.2 . MİKROORGANİZMALAR

Yer fıstığı, toprak altı bitkisi olmasından ve hasat işleminden sonra açık havada, kontrolsüz bir şekilde kurutulmasından dolayı, ekimden hasat zamanına kadar toprak, su ve hava kökenli mikroorganizmalarla kontamine olabilmektedir.

TSE tarafından yayınlanan TS 13232 nolu “İşlenmiş Yer Fıstığı” standardında, yer fıstığında, fekal bulaşının göstergesi olan *Escherichia coli* ile gıda örneklerinde hiçbir şekilde bulunmasına izin verilmeyen *Salmonella* kontrollerinin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, yer fıstığında sağlık açısından son derece tehlikeli olan toplam aflatoksin ve aflatoksin oluşumuna sebep olan küfler ile ilgili limitler verilmiştir.

### 2.2.1. *Escherichia coli*

*Enterobacteriaceae* familyası, koliform bakteriler grubu, fekal koliformlar alt grubunun bir üyesi olan *E. coli* gram negatif, fakültatif anaerob, sporsuz, çubuk şeklinde, gaz oluşturan bir bakteridir. İlk olarak 1885 yılında Alman araştırmacı Thedor Escherich tarafından çocuk dışkılarından izole edilmiştir. Su ve çeşitli gıdalarda fekal kontaminasyon indikatörü olarak belirtilen *E. coli*' nin patojen suşlarının belirlenmesi ve *E. coli* suşlarının salgınlara sebep olmasından dolayı gıdalarda patojen mikroorganizma olarak değerlendirilmeye başlanmıştır [Halkman ve Doğan, 1998]. *E.coli*' nin patojen suşları ishal, idrar yolları enfeksiyonu, menenjit,

septisemi gibi bir çok hastalığa sebep olabilmektedir. *E.coli* suşları içerisinde en ciddi boyutta tehkile oluşturan enterohemorajik *E.coli* (EHEC) olup, gıda kaynaklı enfeksiyonlara sebep olarak çoğu zaman ölümlerle sonuçlanabilen vakalara yol açan O157:H7 serotipini içermektedir. Bu serotipin optimum gelişimi 37° C ve pH 7,2' de olmaktadır [Erdoğdu, 2011].

Sonuç olarak doğrudan veya dolaylı olarak, dışkı ile kontamine olmuş tüm gıdalar *E. coli* enfeksiyonu potansiyeli oluşturmaktadır. Bu gıdalar arasında özellikle salatalar, yeterince ısıtılmış işlem görmemiş gıdalar, içme suları, çeşitli et ve et ürünleri, pastörize edilmemiş sütler ve bazı peynir çeşitleri, taze sıkılmış meyve suları ile çeşitli baharatlar sayılabilmektedir [Erdoğdu, 2011; Halkman ve Doğan, 1998].

### 2.2.2. *Salmonella*

TS 13232 nolu "İşlenmiş Yer Fıstığı" standardında bulunmasına müsade edilmeyen diğer bir mikroorganizma grubu *Salmonella* olarak belirtilmektedir. *Salmonella* cinsinin sadece insanlar veya sadece hayvanlar ve hem insan hem de hayvanlarda hastalık etmeni olan bir çok türü bulunmaktadır. İlk olarak *Salmonella choleraesuis* türü, 1886 yılında Daniel Elmer Salmon tarafından izole edilmiştir [Doğan 1993].

Bilinen 2000 kadar serotipi bulunan *Salmonella* da *E. coli* gibi Enterobacteriaceae familyasının üyesi olup koliform bakterilerin baskın olduğu gıdalarda rastlanmaktadır [Doğan, 1993]. Mezofil bir mikroorganizma olan *Salmonella* optimum 35-37 °C, pH 6,5- 7,5 ile aw 0,95-0,99 aralığndaki gıdalarda üreyebilmektedir [Erdoğdu, 2011].

Tipik bir gıda enfeksiyonu olarak bilinen salmonellosise neden olan *Salmonella*, gıda mikrobiyolojisi açısından büyük önem taşımaktadır. Salmonellosis vakaları, belirli sayıda mikroorganizmanın mideyi aşarak, bağırsaklara ulaşması halinde görülmektedir. Midenin 1-2 civarında olan oldukça düşük pH düzeyine mikroorganizmaların direnç gösterebilmesi, tüketilen gıdada sayılarının çok fazla olduğu anlamına gelmektedir. Ancak *Salmonella'* nın gıdalarda çok düşük miktarda bulunması durumunda dahi, bu gıdalar riskli olarak kabul edilmektedir ve tüketilmesine izin verilmemektedir. *Salmonella'* ya en çok hayvansal gıda

ürünlerinde rastlanmaktadır. Bu gıdalar kümes hayvanları eti, kırmızı et ve ürünleri, su ürünleri, yumurta ürünleri, dondurma, süt tozu ve krema olarak sıralanabilir. [Doğan, 1993].

### 2.2.3. Küfler ve Aflatoksin

Yer fıstığında en önemli sorun olarak bilinen aflatoksin problemi ortamda gelişen toksin oluşturan küflerin varlığından kaynaklanmaktadır. TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığına ait standartta üçlü örnekleme planı ile örneklerde bulunabilecek küf sayısı ile ilgili alt ve üst limitler belirtilmiştir.

Hava, su, toprak ve organik maddeler üzerinde yaygın olarak bulunan fungusların ökaryot, heterotrof mikroorganizmalar oldukları bilinmektedir. Küfler miselyum oluşturan çok hücreli funguslar olarak tanımlanırken mayalar tek hücreli ve genelde miselyum oluşturmeyen yapılar olarak bilinmektedir. Maya ve küfler oldukça geniş pH aralığında (pH 2 - 9), depolama sıcaklığında 10-35 ve su aktivitesinde 0,85 üreyebilmektedir. Maya ve küfler pekçok gıda maddesinde sorun oluştururken, üzerinde bulunan maya küf sayısı, üretim teknolojisi gereği açık hava ile teması fazla olan ve yıkama işlemi yapılmaksızın öğütülerek paketlenen gıdalar açısından önemli bir kalite kriteri olarak görülmektedir [Özkaya ve Kuleaşan, 2000].

Bir gıdanın küflerle kontaminasyonu, yalnızca meydana getirdikleri bozulmalar, besin değerindeki kayıplar, tanelerin çimlenme özelliğinde görülen azalmalar nedeniyle değil, aynı zamanda gıdalarda bulunan fungusların gelişme sürecini tamamladıktan sonra salgıladıkları toksik metabolitler (mikotoksinler) nedeniyle de oldukça önemli olmaktadır [Tunail, 2000].

Mikotoksinler yüksek toksisiteli *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* cinsi küflerin oluşturdukları sekonder metabolitler olarak bilinmektedir. Mikotoksinler gıdalarda ekim, hasat, hasat sonrası toplama, taşıma aşamalarında oluşurken, bu gıdaların proses edilmesinden sonra da ortamda kalabilmektedir [Albores vd., 2004]. Mikotoksinlerden en kuvvetli toksik etkiye sahip olan aflatoksinler, ilk defa 1960 yılında İngiltere’de 100000 hindi ve ördek yavrusunun ölümüne sebep olan “Hindi X” hastalığı ile ortaya çıkmıştır. Araştırmalar sonucunda, hindilere yedirilen Brezilya



kaynaklı yerfıstığı küspesinden izole edilen küfler *Aspergillus flavus* olarak isimlendirilmiş ve bu küf türlerinin ürettiği toksinlere de “aflatoksin” adı verilmiştir. Aynı dönemde Uganda’da görülen benzer bir hastalığa neden olan yer fıstıklarından *A. flavus* izole edilmiş ve yer fıstıkları üzerinde floresans veren maddelerin aflatoksin olduğu tespit edilmiştir [Çalışkan, 2003]. *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* tarafından üretilen aflatoksinler, fındık, yer fıstığı, kırmızı biber, incir gibi gıdalarda oldukça sık görülmektedir [Karaca ve Nas, 2009].

Aflatoksinlerin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> olmak üzere dört temel fraksiyonu bulunmaktadır. İnce tabaka kromatografisinde ayırımları sağlandıktan sonra UV ışınları altında B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> mavi, G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> ise yeşil floresan vermeleri nedeniyle bu şekilde isimlendirilmiştir [Özkaya ve Temiz 2003]. Bunlardan en toksik etkiye sahip olanın aflatoksin B<sub>1</sub> olduğu bilinmektedir [Albores vd., 2004]. İnsan ve hayvan sağlığı açısından son derece tehlikeli olan bu toksinlerin gıda ve yemlerde oluşumunun önlenmesi zorunludur. Bu amaçla hammaddenin tarlada gelişimi, hasat edilmesi, depolanması, taşınması, bir ürüne işlenmesi aşamalarında küf kontaminasyonunun engellenmesi veya en aza indirilmesi büyük önem taşımaktadır. Gıdaların aflatoksinlerle kontamine olmalarının önüne geçilemediği durumlarda, bu toksinlerin ortamdan uzaklaştırılması ve detoksifikasyonu amaçlı bir çok araştırma yapılmaktadır [Özkaya ve Temiz 2003].

Aflatoksinler ısıya dayanıklı bileşikler olarak bilinmektedir. Yalnızca ısı uygulamaları ile detoksifikasyonu sağlanamamaktadır, ancak ısıl işlem uygulamaları ile birlikte asidik veya bazik ortam oluşturularak aflatoksin seviyesi amaçlı etkin bir şekilde azaltılmaktadır [Karaca ve Nas, 2009].

Mısır tanelerinden niktamalizasyon işlemi ile tortilla ekmeği üretiminde aflatoksin düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmada taneler, belirli oranda su, ve kalsiyum hidroksit ile muamele edilmiş, ardından 85 °C’ de 35 dk. pişirdikten sonra maserasyon sıvısı ayrılarak, taneler 14 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra tortilla hamuru hazırlanarak, elde edilen hamur 270 °C’ de pişirilmiştir. Baz ile muamele edilerek hazırlanan tortilla ekmeğinde aflatoksin düzeylerinde azalma sağlandığı belirlenmiştir. Başlangıçta mısır tanelerinde 678.3 ± 4.1 µg/kg olan

aflatoksin miktarı hamur hazırlandıktan sonra  $95.0 \pm 3.0$  µg/kg, tortilla üretimi tamamlandıktan sonra ise  $46.3 \pm 2.3$  µg/kg şeklinde azaltılmıştır [Albroes vd., 2004].

Aflatoksinlerin inaktivasyonu konusunda Moreau vd. (2011) darbeli ışık uygulamalarının kullanılabilirliğini araştırdıkları bir çalışmada, hazırlanan aflatoksin çözeltilisine 8 kez ışınlama yaparak her ışınlamada aflatoksin düzeyinin değişimini incelemiştir. 8. ışınlamanın sonunda başlangıçtaki aflatoksin seviyesinin % 92 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Aflatoksinlerin ozonlama uygulamaları ile detoksifikasyonuna yönelik yer fıstıklarında yapılan bir çalışmada aflatoksinle kontamine edilmiş fıstıklar, 13 ve 21 mg/L derişimdeki ozon gazı ile 24, 48, 72 ve 96 saat muamele edilerek, toplam aflatoksin ve aflatoksin B<sub>1</sub> miktarındaki değişim incelenmiştir. Sonuç olarak zamanla detoksifikasyon etkisinin arttığı görülmüştür. Ayrıca, 21 mg/L derişimde yapılan işlem 13 mg/L' ye göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. 96 saat sonunda toplam aflatoksin miktarında % 30, aflatoksin B<sub>1</sub> miktarında % 25 azalma sağlanmıştır [Alencar vd., 2012].

Gamma ışınları kullanılarak mısır, nohut ve yer fıstığı tanelerinde bulunan aflatoksin miktarının azaltılmasına yönelik yapılan çalışmada 1, 2, 4, 6 kGy radyasyon uygulaması ile yer fıstığında aflatoksin miktarında sırası ile % 30, 39,1, 60,9 ve 75,2 oranında azalma sağlanabilmiştir [Aziz ve Muossa, 2004].

Yer fıstığı, kahve gibi kavrulmuş halde tüketilen gıdalarda aflatoksin miktarının kavurma işlemi ile düşürülebildiği belirtilmektedir. Doğal olarak aflatoksinle kontamine edilmiş yer fıstıklarının 150 °C' de 30 dakika süre ile kavrulmaları sonrasında toplam aflatoksin miktarında % 30- 45 , aflatoksin B<sub>1</sub> miktarında ise % 48 – 61 oranında azalma sağlandığı belirlenmiştir [Kabak, 2009].

Aflatoksinin gıdalardan uzaklaştırılması ile ilgili olarak araştırılan farklı yöntemler, belirli derecelerde başarılı olmalarına rağmen yeterli detoksifikasyon düzeylerini sağlayamamaları, besin öğelerinde kayıplara neden olmaları ve yüksek

maliyet gerektirmeleri gibi önemli dezavantajlara sahiptir. Bu tekniklere alternatif olarak tehlikeli kimyasalların kullanılmadığı, gıda ve yemlerin besin değerlerini koruyarak, yenilebilme özelliklerinde önemli kayıplara neden olmayan biyolojik detoksifikasyon yöntemleri popüler hale gelmiştir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan biyolojik yöntemlerden biri fermantasyon işlemi sırasında mikotoksinlerin giderilmesidir. [zkaya ve Temiz 2003].

Aflatoksin, uygulanan kurutma şekli, üretim tekniği ve uygun olmayan depolama şartlarından kaynaklanmakta oluşumundan sonra ise detoksifikasyonu kolay olmamaktadır. Aflatoksin oluşumunun önüne geçilmesi için hızlı kurutma tekniklerinin kullanılması, depolama koşulları, üretim teknikleri, ambalajlama ve satış koşullarının iyileştirilmesi gerekmektedir [alışkan 2003].

#### 2.2.4. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri

TS 13232 nolu standartta yer fıstığında yapılması gereken mikrobiyolojik analizlerde değinilmemiş olsa da gıdalarda genel hijyenin bir göstergesi olarak nitelendirilen toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı büyük önem taşımaktadır.

Bir gıda ürününde mikroorganizma bulunup bulunmaması yani gıdanın mikrobiyolojik kalitesi indikatör mikroorganizmanın varlığı test edilerek tayin edilebilir. Gıdalarda indikatör mikroorganizma çok fazla sayıda bulunması bu ürünün insanlar tarafından tketelemeyecek kadar bozuk olduğu anlamına gelmektedir. İndikatör bakterilerin varlığının az olması gıdada patojen mikroorganizma bulunamadığını göstermemekle birlikte bu indikatör bakterilerin bulunmaması da gıdanın tamamen mikrobiyolojik açıdan güvenli olduğu anlamına gelmemektedir. Bu sebepten dolayı gıdalarda indikatör bakteriler ile birlikte toplam aerobik mezofil bakteri sayısının da tespitinin yapılması gerekmektedir [Harley ve Prescott, 1993; Kaçar 2005]. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, gıdalarda mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesinde indikatör olarak kullanılmaktadır. Mikrobiyolojik analizlerde belirlenmesi gereken gelişim gösteren bakterilerin türü yerine toplam sayıları olmaktadır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı ile gıda hammaddeleri,

yardımcı maddeleri, ambalaj materyali, işletme koşulları, işlem sonrası depolama ve taşıma koşulları ile ilgili bilgi edinilebilmektedir [Doğan ve Tükel, 2000].

#### 2.2.5. Yer fıstığının Doğal Mikroflorası

Yer fıstığında doğal olarak bulunan mikroorganizmaların tespit edilmesine yönelik çalışmalar incelendiğinde yoğunluklu olarak küflere rastlandığı görülmektedir.

Hasat öncesinde mikroorganizmalar toprak ve havadan yer fıstığına bulaşmaktadır. İşlenmesi sırasında ise hava, kullanılan alet ve ekipman ile su bulaşı kaynağı olabilmektedir. Yer fıstığı gibi kabuklu gıdalar etraflarında bulunan kapsül sayesinde mikroorganizmalardan bir miktar korunabilmektedir. Çiğ yer fıstıkları hasat edilmeden hemen önce  $10^{3-4}$  kob/g düzeyinde mikroorganizma içerebilmektedir. Bu mikroorganizmaların arasında *Bacillus* ve *Clostridium* sporları, *Leuconostoc*, *Pseudomonas* ve *Micrococcus* cinsi patojen bakteriler bulunabilmektedir. Düşük su aktivitesinden dolayı yer fıstığında bakteri gelişimi sınırlı iken küfler daha yaygın bir şekilde gelişim göstererek aflatoxin adı verilen bir toksinin üretilmesine sebep olmaktadır [Ray, 2000].

Taze yer fıstığının mikroflorasının incelendiği Nijerya' da yapılan bir çalışmada örneklerde az miktarda *Aspergillus flavus*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Macrophomina phaseolina*, türlerine ve *Fusarium* ile *Rhizopus* cinsi küflere rastlanmıştır. Yer fıstığının mikroflorası ile ilgili geniş bir bilgi verilen 1969 yılında yapılan 5 yıl süren bir diğer çalışmada 400 örnekten mikroorganizma izolasyonu yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda en sık rastlanan mikroorganizma türünün *Aspergillus niger* olduğu belirtilmiştir. Diğer rastlanan türler ise *Aspergillus flavus*, *Penicillium foicolum*, *Penicillium purprogenum* ve *Fusarium solani* olarak belirlenmiştir [Anonim d, 2012].

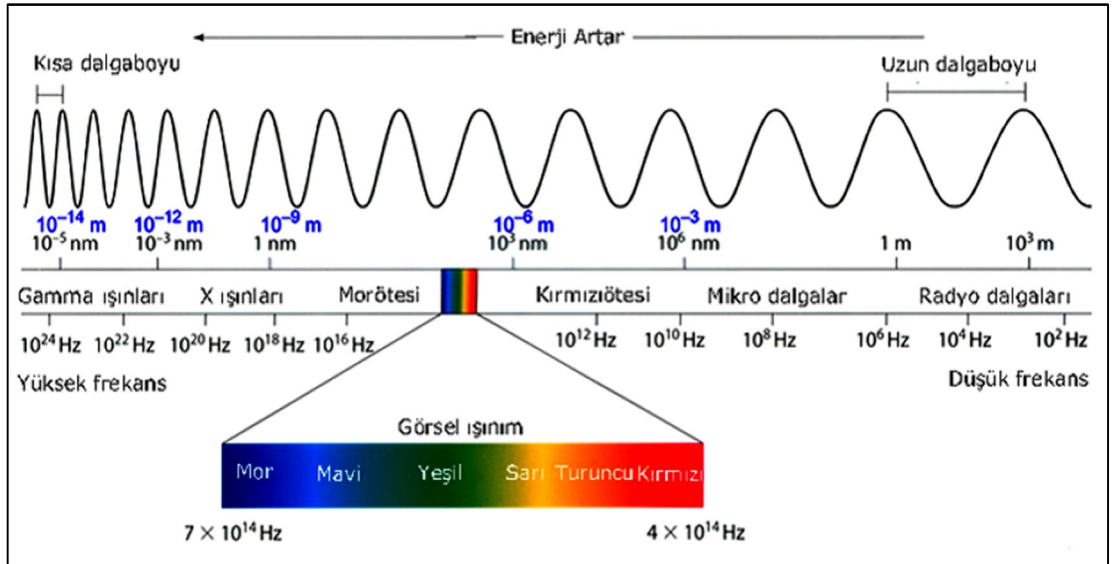
Yer fıstığında hasattan sonra yapılan ilk işlem, doğal koşullar altında güneş ışığındaki kurutma olmaktadır. Ancak kurutma hızlı ve etkin bir şekilde yapılmadığında, daha sonraki proses, taşıma ve depolama aşamalarında uygun koşullar sağlandığında mikroorganizmaların sayı ve tür olarak artış göstererek, mikotoksin oluşturması kaçınılmaz hale gelmektedir.

## 2.3. ELEKTROMAGNETİK SPEKTRUM ve İNFRARED IŞINIMI

### 2.3.1. Elektromagnetik Spektrum

Elektromagnetik dalgalar, sahip oldukları frekans ve dalga boyuna göre tanımlanmakta ve boşlukta ışık hızı ile yayılmaktadır. Elektromagnetik dalgaların frekans ve dalga boyları arasında ters orantılı bir ilişki olup belirli bir noktadan birim zamanda geçen dalga sayısı arttıkça, dalga boyunun kısaldığı bilinmektedir.

Elektromagnetik spektrumda dizilim gösteren elektromagnetik radyasyonlar, farklı dalga boylarındaki elektromagnetik dalgalar tarafından oluşturulup, farklı mekanizmalarla üretilmektedir. Spektrumda yer alan en kısa dalga boyuna sahip gamma ışınları, nükleer reaksiyonlar sonucu üretilirken, X ışınları metallerin yüksek enerjiye sahip elektronlarla bombardımanı sonucu elde edilmektedir. İnfrared, görünür bölge ve ultraviole ışınlarının bir kısmı kapsayan aralıkta ise ısıl radyasyonun etkin olduğu ve ısının madde molekül, atom ve elektronlarından enerji yayımını şeklinde açığa çıktığı belirtilmiştir [Erdoğan, 2011]. Şekil 2.7.' de elektromagnetik spektrumda yer alan elektromagnetik radyasyonlar gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Elektromagnetik dalga spektrumu [Erdoğan, 2011].

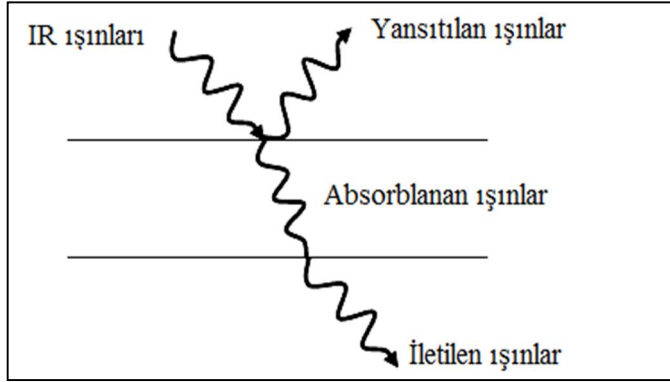
### 2.3.2. İnfrared Işınımı

Isı kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon olarak isimlendirilen üç temel mekanizma ile materyallere iletilmektedir. Gıda işlemede kondüksiyon ve konveksiyon mekanizmalarını temel alan ısı işlemler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İnfrared ışınları gıda işlemede kurutma amaçlı kullanılan en eski yöntem olan güneş ışınlarının ve infrared lambaların kullanımı ile uygulama bulmaktadır. Son yıllarda infrared ışınlarından uzun dalga boyuna sahip uzak infrared ışınları ile ısıtma konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Ayrıca gıdaların yaygın kullanılan yöntemlere göre daha yüksek ısı transfer katsayısından dolayı daha hızlı ve daha ekonomik bir teknik olan infrared ışınları ile işlenmesiyle organoleptik özellikleri ve besin değeri yüksek oranda korunan gıdalar elde edilebildiği belirtilmektedir [Sakai ve Mao, 2006]. İnfrared ısıtma yüksek ısı transfer kapasitesi, hızlı ısıtma sağlanması, prosesin kolay kontrol edilebilmesi, ortamdaki havanın ısıtılmasına gereksinim duyulmaması, ekipmanların fazla yer kaplamaması, homojen ısı dağılımı sağlanması, vitaminlerin uygulama sırasında korunabiliyor olması gibi birçok olumlu özelliğinden dolayı gıda proseslerinde pişirme, kurutma, kavurma, haşlama ve pastörizasyon amaçlı olarak geniş bir kullanım alanı bulmaktadır [Krishnamurthy, 2006].

Güneşin ısıtma etkisinden büyük oranda sorumlu olan infrared ışınları, elektromagnetik spektrumda görünür bölge ve mikrodalga ışınları arasında kalan bölgede yer almaktadır. İnfrared ışınları dalga boyuna göre yakın infrared (NIR), orta infrared (MIR) ve uzak infrared (FIR) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bu ışınların dalga boyu uzunlukları ise sırasıyla; 0,75-1,4 µm, 1,4-3 µm ve 3-1000 µm olarak gruplandırılmıştır [Jun vd., 2010].

İnfrared ışınları termal enerjiye sahiptir, ancak ışınların bir materyale temas etmesi durumunda, moleküllerin mekanik titreşiminin sağlanmasıyla sahip oldukları enerji ısı olarak açığa çıkmaktadır. IR ışınlarının absorblanmasıyla moleküllerin titreşimi hızlanmakta böylece sıcaklık artışı gerçekleşmektedir. [Erdoğan, 2011]. Gıda materyali infrared ışınlarına maruz kaldığında, Şekil 2.8.' de gösterildiği gibi bu ışınların bir kısmı absorblanıp, bir kısmı yansıtılıp saçılırken, kalan bölümü ise

iletilmektedir [Krishnamurthy vd., 2008]. İnfrared ışınlarının geri yansıtılması dalga boyuna bağlı olarak değişmektedir. Dalga boyu uzunluğu 1,25  $\mu\text{m}$ ' den küçük olan kısa infrared ışınlarının yaklaşık % 50' si geri yansıtılırken bu oran uzak infrared ışınları için % 10 olarak belirtilmektedir [Krishnamurthy, 2006].



Şekil 2.8. IR radyasyonun absorblanması [Krishnamurthy vd., 2008 b].

Gıdaların yapısında bulunan su, IR ışınlarından en fazla etkilenen bileşendir. Ancak su ile birlikte yapıdaki proteinler, yağlar ve karbonhidratlar gibi diğer polimerler de IR ışınlarından etkilenmektedir. IR ışınlarının etkisiyle su molekülünde bulunan  $-\text{OH}$  bağlarında simetrik ve asimetric gerilmeler ile deformasyon titreşimleri oluşmaktadır. Gıda materyallerinde bulunan  $-\text{NH}$ ,  $-\text{CO}$ ,  $-\text{OH}$  ve  $\text{C}=\text{C}$  grupları da IR ışınlarından etkilenmektedir. Gıda materyallerinde bulunan bu bileşenlerin absorbladıkları IR enerji miktarının belirlenebilmesi ile ortamda bulunan suyun uzaklaştırılması durumunda hedeflenen diğer gıda bileşenlerinin seçimli olarak ısıtılabilmesi mümkün olmaktadır [Staack, 2008].

Endüstride yaygın bir şekilde, infrared ışın kaynağı olarak paneller, quartz tüpler ve seramik lambalar kullanılmaktadır [Anonim e, 2012]. Isıtma, pişirme ve kurutma işlemlerinde kullanılan bu ışın kaynaklarının sahip oldukları ısı akısı şiddeti, yüzey sıcaklığı ve dalga boyları farklılık göstermektedir. Kısa dalga boyuna sahip ışın kaynaklarında yüzey sıcaklıkları 2000  $^{\circ}\text{C}$  üzerinde, orta dalga boyunda 700-1150  $^{\circ}\text{C}$  aralığında ve uzun dalga boyuna sahip ışın kaynaklarında 800  $^{\circ}\text{C}$ ' nin altında olmaktadır [Erdoğan, 2011]. 3-1000 mm dalga boyuna sahip uzak infrared ışınlarının (FIR), gıdalarda bulunan su ve organik materyaller tarafından kolaylıkla

absorblanmasından dolayı etkin bir pastörizasyon yöntemi olarak kullanılabilceği düşünülmektedir [Sawai, 2000].

Gıdaların infrared ısıtma ile işlenmesine yönelik yapılan çalışmaların yanında, patojenlerin inaktivasyonu üzerine etkinliğinin araştırıldığı çalışmalar azınlıkta kalmıştır. Ancak yapılan bazı çalışmalarda FIR ışınlarının gıda materyalleri tarafından iyi bir şekilde absorblanabilmesi ile hücrelerin yapısındaki hücre duvarı, DNA, RNA, ribozom ve protein kısımlarına zarar verilerek, mikrobiyal inaktivasyonun sağlandığı belirtilmektedir [Krishnamurthy, 2006].

İnfrared ısıtma katı ve sıvı haldeki gıdalarda bakterilerin, bakteri sporlarının, mayaların ve küflerin inaktivasyonunda kullanılmaktadır. İnfrared ile ısıtmanın mikrobiyal azalmayı sağlamadaki etkinliği IR kaynağının gücü, pik dalga boyu ve bant genişliği ile gıda materyali, gıdanın sıcaklığı, kalınlığı, bulundurduğu mikroorganizma çeşitleri ve bu mikroorganizmaların hangi gelişim evresinde oldukları gibi özelliklerine bağlı olarak değişmektedir [Krishnamurthy vd., 2010].

Staack vd. (2007) orta ve uzun dalga boyuna sahip IR ısıtma kaynaklarının güçlerindeki farklılığın, kırmızı toz biber üzerinde bulunan *Bacillus cereus* sporları üzerine olan etkisinin araştırdıkları çalışmada, su aktivitesi değeri 0,96 ya ayarlanmış örneklerde orta dalga boyunda 5 log spor/g, kısa dalga boyunda ise 6 log spor/g düzeyinde azalma sağlandığı belirtilmektedir.

Hamanaka vd. (2006) farklı dalga boyuna (950, 1100 ve 1150 nm) sahip infrared ısıtma kaynakları kullanımının, petri kabına ekimi yapılan *Bacillus subtilis* sporlarının inaktivasyonundaki etkisini belirledikleri çalışmada, kısa dalga boyunda uygulanan infrared işlemleri ile mikrobiyal yükte daha fazla azalma gözlenmiştir.

Kısa dalga boyuna sahip infrared ışınlarının sahip olduğu enerji uzun dalga boyuna göre yüksek olmasına ve buna bağlı olarak mikrobiyal inaktivasyonun sağlanmasında daha etkili olmasına karşın, gıda maddelerinin temel bileşenleri olan su ve organik maddeler ile çoğu mikroorganizmanın 3-1000 µm aralığındaki dalga boyundaki FIR ışınlarını daha iyi absorbladıkları belirtilmektedir. Bu noktada gıdalarda bulunan mikroorganizmaların seçimli olarak ısıtılması ile mikrobiyal yükte



önemli azalmalar sağlanırken, ısıya duyarlı bileşenlerin kaybının önlenebileceği düşünülmektedir [Erdoğan, 2011].

Krishnamurthy, (2006) sütte bulunan *Staphylococcus aureus*' un infrared ile azaltılması amaçlı yaptığı çalışmada sıcaklık artışı ile mikrobiyal yükte daha fazla azalma sağlanabildiğini belirtmiştir. İnfrared ile 3, 5, 7 ml süt örneklerinin 4 dakika boyunca 536 °C' de muamelesi sonucu sırasıyla 2,96, 2,96, 1,66 log kob/ml' lik bir azalma kaydetmiştir. Aynı işlem 619 °C' de gerçekleştirildiğinde ise 8,41, 8,41, 3,45 log kob/ml azalma sağlanmıştır. Düşük sıcaklık, kısa süre ve fazla hacimle yapılan işlemlerde mikrobiyal azalma en az olmuştur. İnfrared ışınlarının penetrasyon gücü zayıf olduğundan gıda örneğinin yüzeyine ve yüzeyden yalnızca birkaç milimetre altına etki edebilmesinden dolayı örnek hacminin artırılması, düşük mikroorganizma inaktivasyonu ile sonuçlanmıştır. Bu çalışmaya benzer olarak Staack vd. (2008) kırmızı toz biberde *B. cereus*' un inaktivasyonu amaçlı IR ışınlarının kullanımının araştırıldığı çalışmalarında, farklı su aktivitesi değerlerinde (0.5, 0.8 ve 0.96), 1, 3, 8 mm derinlikte sıcaklık ölçümleri yapılmış ve sıcaklıklar arasında 0.5 ve 0.8 su aktivitesi değerlerinde önemli farklar olduğu belirtilmiştir. Ancak su aktivitesi 0.96 olduğunda yüzey sıcaklığı ile 1,3 ve 8 mm derinde ölçülen sıcaklıklar arasında daha az fark oluşmuştur. Bu durum yüksek su aktivitesi değerlerinde örneklerin IR ışınlarını daha iyi absorblayabilmeleri ile açıklanmaktadır.

IR ışınlarına bakterilerin, mayaların ve küflerin göstermiş oldukları direnç, yapısal özelliklerinde ve bileşimlerinde görülen farklılıktan dolayı aynı olmamaktadır. Genel olarak spor formlar vejetatif forma göre daha dirençlidir. IR ile hem spor formların hem de vejetatif hücrelerin inaktivasyonu mümkün olmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada buğday taneleri 2 kW güçte 30 s IR ışınlarına maruz bırakıldıktan sonra 4 saat soğutma işlemi yapılmış, ardından tekrar 30 s süre ile IR uygulaması yapılmıştır. Bu sayede ilk aşamada vejetatif formdaki mikroorganizmaların inaktivasyonu ve bununla birlikte spor formda olanların vejetatif forma geçmesi sağlanmış, ikinci işlemle de kalan vejetatif hücreler azaltılmıştır. Bu şekilde kısa sürede kesikli şekilde yapılan uygulama ile kalite parametrelerindeki değişim en aza indirilmiştir [Krishnamurthy vd., 2010].

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. MATERYAL**

##### **3.1.1. Yer Fıstığı**

Yer fıstığı örnekleri 2010 ve 2011 yılında yer fıstığı hasatından sonra Kasım ayında Osmaniye’ de bulunan iki farklı yer fıstığı işletmesinden ve bir yerel satıcıdan olmak üzere üç farklı yerden temin edilmiştir. Yer fıstığı örnekleri herhangi bir ön işleme tutulmamış kabuklu ve iç yer fıstıklarıdır. Ayrıca 2012 yılı Mart ayında Mersin’ de işlenmiş yer fıstığı üretimi yapılan bir işletmeden ön işlem görmemiş iç yer fıstığı temin edilmiştir. Kullanılan yer fıstığı örnekleri Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarındaki 4 °C soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir.

##### **3.1.2. Kimyasal Maddeler, Besiyerleri, Cam Malzemeler, Alet ve Ekipmanlar**

###### **3.1.2.1. Kimyasal maddeler**

Tartarik asit (Merck 1.00802), Etil alkol (Merck 1.00983), Kovacks ayracı (Merck 1.09293), N- hekzan (merck 1.04391.2500), Sodyum hidroksit (Merck 1.06462.1000), Metanol (Merck 1.06009.2500), Sodyum klorür (Riedel-de Haën 13423), Nitrik asit (Riedel-de Haën 07006), Potasyum bromür (Merck 1.04905.0500), Potasyum klorür (Merck 1.04936.1000), Monopotasyum fosfat (Merck 1.04873), Fenol ftalein (Merck 1.07233.0500), İyot (Merck 1.04761.0100), Potasyum iyodür (Riedel-de Haën 03124), Potasyum hidroksit (BHD AnalaR 1813), Etanol (Merck 1.00986.2500), Soydam tiyosülfat penta hidrat (Merck 6513.2500), Nişasta (Merck 1253), Dietil eter ( Carlo erba 447522), Asetik asit (Riedel-de Haën 27225), Kloroform (Riedel-de Haën 24216).

###### **3.1.2.2. Besiyerleri**

Plate Count Agar (Merck 1.05463), Potato Dextrose Agar (Merck1.10130), Casein Peptone (Merck 1.07213), Brilliant Green Bile Broth (Merck 1.05454), EC Broth (Merck 1.10765), Lauritl Sulfate Broth (Merck 1.10266), Tryptone Water (Merck1.10859), Tamponlanmış Peptonlu Su (Merck 1.03915), Rappaport Vassiliadis Soy Broth (Merck 1.07700), Singlepath Salmonella Test Kiti (Merck 1.04140)

### 3.1.2.3. Cam malzemeler

Petri kutusu (9 mm×100 mm), deney tüpleri, durham tüpleri, nem tayin kapları, çeşitli hacimlerde erlen, mezür, büret, balon, balonjoje ve pipetler.

### 3.1.2.4. Alet ve ekipmanlar

Gaz Kromatografisi Cihazı (GC Agilent, 7890A), Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi Cihazı (HPLC Agilent 1200 Series), Coring Cell Türevlendirme Cihazı (Coring System Diagnostix, GmbH), Tekstür Ölçüm Cihazı (Texture Analyzer, Ta-Xt2i, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK), Hunterlab Color Quest Xe Renk Ölçüm Cihazı (Hunter Lab., Hunter Associates Laboratory, Reston, Va., USA), FIR Tünel Fırın, Soğuk Pres Yağ Sıkma Makinesi (Koçmaksan KMS 10, Tek Kafa, İzmir), İnkübatör, 3-50° C sıcaklık aralığında çalışabilen (FOC 225 I, VELP Scientifica, İtaly), Pastör Fırını, 20-220° C sıcaklık aralığında çalışabilen (Memmert, Germany), Ekim Kabini (Daihan, Lab Tech, Korea), Otoklav (Hirayama, Hve-25, Japan), İnfrared Kamera (FLIR İ50, Boston, Ma, USA), Öğütücü, (IKA, Werke, M-20, Germany), Stomacher Parçalayıcı (Interscience Bag Mixer, France), Vorteks Çalkalayıcı (IKA, Werke, Ks1, Kg, Germany), Su banyosu (Memmert WB, Germany), Terazî, 0,001 gram duyarlılıkta, ölçüm aralığı: 0,02-420 (Shimadzu Tw4231, Kyoto, Japan), Otomatik Pipetler 20-200µl Ve 100-1000µl aralıklarına ayarlanabilir (Biohit Plc., Laippatie, Helsinki, Filland), Dijital Kumpas (Newman Digital Caliper, Ct, Usa ), Desikatör

## 3.2. YÖNTEM

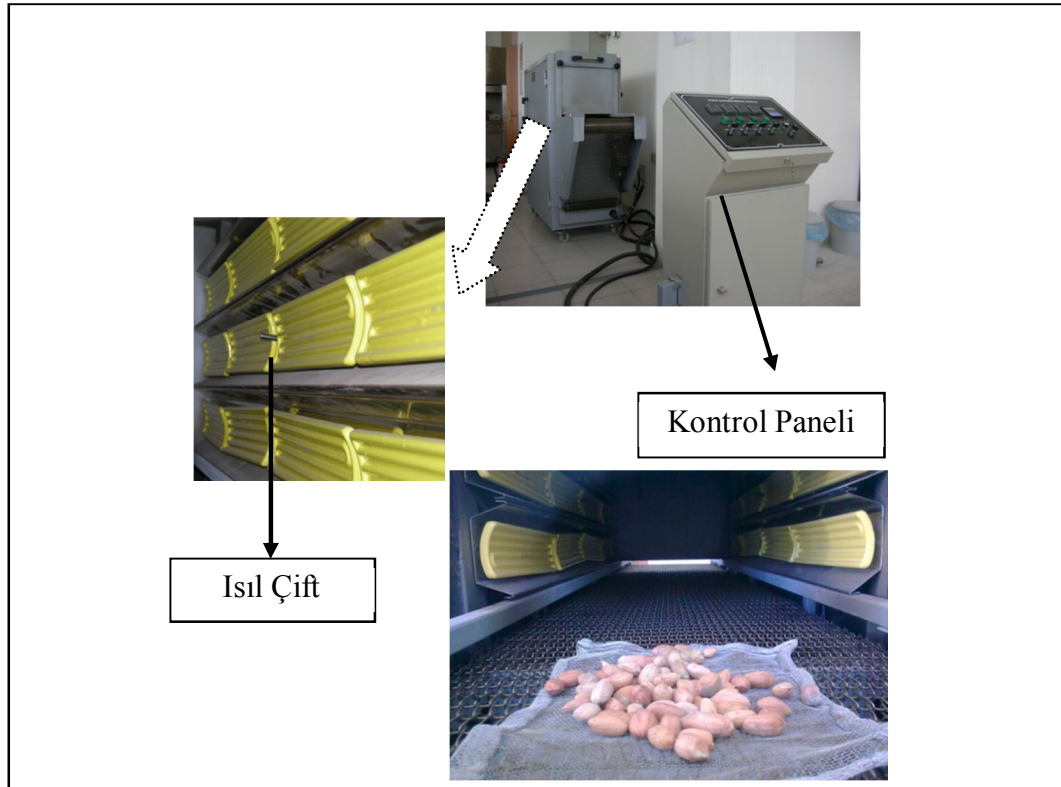
### 3.2.1. Uzak İnfrared Işın (FIR) Uygulamaları

Bu tez çalışması kapsamında uzak infrared ışınlarının yer fıstığı örneklerinin mikrobiyal yüküne ve kalite özelliklerine etkisini belirlenmesi amaçlı, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde bulunan infrared tünel fırın kullanılmıştır. Tünel içerisinde uzak infrared ışın kaynağı olarak 48 adet seramik lamba bulunmaktadır. Bu lambalar 650 W gücünde olup, maksimum 553 °C yüzey sıcaklığına kadar ayarlanabilmektedir Lambalar tünel fırının yan duvarlarına montajlanmıştır. İnfrared enerjisinin yansıtılması amacıyla tünel iç

duvarları alüminyumla kaplanmıştır. Tünel içerisindeki lambaların sıcaklık kontrolleri lamba yüzeyine yakın yerlere yerleştirilmiş olan ısı çiftleri ile yapılmaktadır [Erdoğan, 2011].

Yer fıstığı örnekleri uzak infrared tünel fırından, tel delikli bir levhanın üzerine yerleştirilerek geçirilmiştir. Örneklerin tünel içinde kalış süresi ve istenilen sıcaklık parametreleri fırının kontrol ünitesinden ayarlanıp, hareketli palet yardımıyla örnekler tünel fırına beslenmiştir. İnfrared tünel fırın sistemi Şekil 3.1.' de gösterilmiştir.

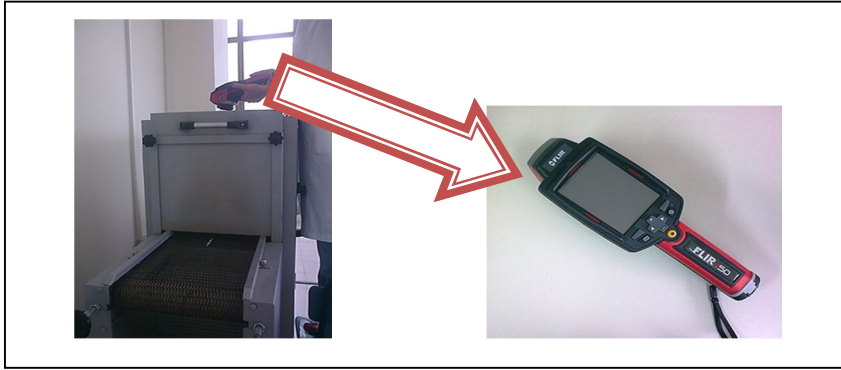
Bu çalışmada yapılan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerde çalışılacak olan tünel iç sıcaklıkları ve yer fıstığı örneklerinin tünel içerisinde kalma süreleri, yapılan gözlem, nem ve renk analizleri sonuçları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık süre eşleşmeleri Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yer fıstığı örneklerinin FIR tünel fırından geçirilmesi.

### 3.2.1.1. Ayarlanan infrared tünel iç sıcaklığında tünelden geçen yer fıstığı örneklerinde yüzey sıcaklığının tespiti

Yer fıstığı örnekleri petri kutularının içerisinde infrared tünele beslenmiştir. Yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları Şekil 3.2’ de gösterildiği gibi infrared tünel fırınının çıkış bölgesine yakın, üst kısımda bulunan açıklıktan infrared kamera (FLIR İ50, Boston, MA, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları Çizelge 3.1.’ de verilen fırın iç sıcaklıklarında ve belirtilen sürelerde ölçülmüştür.



Şekil 3.2. Yer fıstığı örneklerinin FIR tünel çıkış bölgesine yakın üst noktadan infrared kamera ile fotoğraflanması.

Çizelge 3.1. Yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde ölçüm yapılan tünel içi ayarlanan sıcaklıklar ve bu sıcaklıklara ait FIR uygulama süreleri.

	Uzak İnfrared Tünel Fırın İç Sıcaklıkları			
	150°C	200°C	250°C	300°C
Fırın İçerisinde Örneklerin Kalış Süreleri (sn)	30	30	30	30
	60	60	50	50
	95	95	60	60
	140	140	108	100
	210	165	140	120
	245	205	205	150
	305	250	240	180
	395	300	305	200
	660	395		250

### 3.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

#### 3.2.2.1. Boyut ölçümü ve sınıflandırma

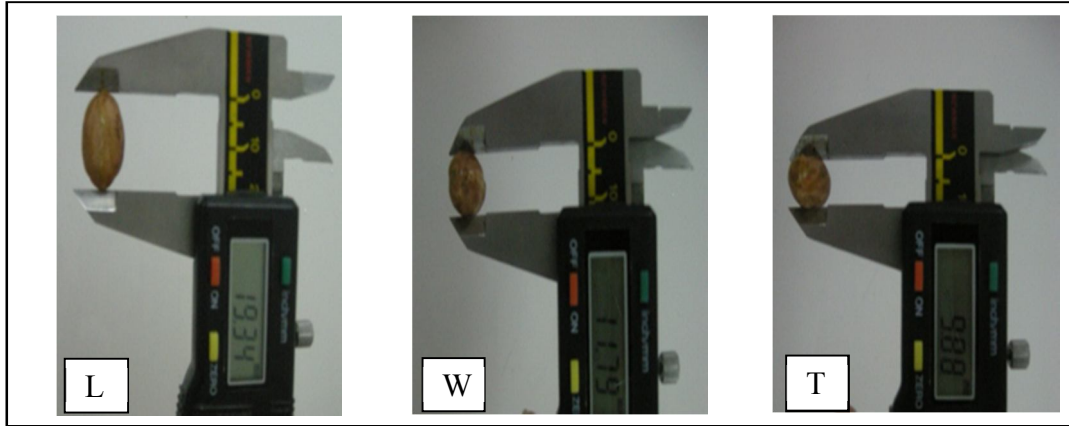
Üç farklı boyuttaki yer fıstığı örneklerinden rastgele seçilen yüzer tanesinin üç ana kesitinden boyut ölçümü dijital kumpas (NEWMAN Digital Caliper, Ct, USA) ile Şekil 3.3’ de gösterildiği gibi yapılmıştır. Bu ölçümler sonrasında örneklere ait eşdeğer çap değerleri milimetre cinsinden aşağıdaki Eşitlik 3.1. yardımıyla belirlenmiştir [Aydın, 2007]. Ayrıca yerfıstığı örneklerinin 100 tane ağırlıkları ve 100 gramındaki tane sayıları üç paralel olarak belirlenerek sınıflandırılmıştır.

$$D_{eş} = (L \times W \times T)^{1/3} \quad (3.1)$$

L: uzunluk (mm)

W: genişlik (mm)

T: kalınlık (mm)



Şekil 3.3. Yer fıstığı örneklerinin üç ana boyutunun (L-W-T) ölçümü.

#### 3.2.2.2. Küresellik tayini

Bir tanenin küre şekline ne kadar benzediğinin bir ölçüsü olan küresellik değeri aşağıda verilen Eşitlik 3.2.’ ye göre hesaplanmıştır [Aydın, 2007].

$$\phi = \frac{(L \times W \times T)^{1/3}}{L} \quad (3.2)$$

### 3.2.2.3. Yoğunluk tayini

Yer fıstığı örneklerinin ağırlıklarının hacimlerine oranlanması ile hesaplanmıştır. Tanelerin gerçek yoğunlukları sıvı taşıma yöntemi esas alınarak belirlenmiştir. Bu yöntemle göre 50 gram yer fıstığı, içerisinde 100 ml su bulunan 500 ml' lik bir mezüre atılmış, hacimde meydana gelen değişim mezürden okunmuştur. Bu esnada tanelerin absorbladıkları su miktarının önemsiz olduğu kabul edilmiştir. Tanelerin yığın yoğunlukları ise, 100 gram fıstığın, 6 cm çapında ve 500 ml hacmindeki mezürde kapladıkları hacimden hesaplanmıştır [Sayar, 2003].

### 3.2.2.4. Gözeneklilik değerinin belirlenmesi

Yığın gözeneklilik değeri ( $\epsilon$ ), tane yoğunluğu ( $\rho_t$ ) ve yığın yoğunluğu ( $\rho_y$ ) değerlerine bağlı olarak hesaplanabilen, Eşitlik 3.3.' den bulunmuştur [Aydın, 2007].

$$\epsilon = \frac{\rho_t - \rho_y}{\rho_t} \times 100 \quad (3.3)$$

### 3.2.2.5. Yer fıstığı örneklerinde nem analizi

Yer fıstığı örneklerinin içerdiği nem miktarı TS 3075 nolu standarda göre yapılmıştır [Anonim, 2001]. Analiz aynı özellikteki numuneden en az 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yer fıstığı örneklerinin konulacağı nem tayin kapları sabit tartıma getirildikten sonra daraları belirlenmiştir. Daha sonra yer fıstığı örneklerinden bir miktar alınıp öğütülmüştür (IKA Werke, -20, Germany). Homojen bir şekilde parçalanmış örnekler 4 mm' lik elekten geçirilerek, yaklaşık 50 gram olacak şekilde nem tayin kaplarına tartım yapılmıştır. Bu kaplar  $103 \pm 2$  °C'ye ayarlanmış etüve (Mettler, Germany) yerleştirilip kurumaya bırakılmıştır. 2 saat sonunda ilk tartımlar kaydedilmiştir. Daha sonra her saat başı tartım alınmaya devam edilmiştir. Örneklerdeki ağırlık değişimi  $\pm 0,05$  gram olana dek işleme devam edilmiştir. Sabit tartıma gelen örneklerin nem ve uçucu madde içeriği aşağıda verilen Eşitlik 3.4.' ten hesaplanmıştır:

$$\text{Nem miktarı} = \frac{(M_1 - M_2)}{(M_1 - M_0)} \times 100 \quad (3.4)$$

Burada:

$M_0$  = Boş tartım kabının ağırlığı, g

$M_1$  = İçinde deney numunesi bulunan kabın, kurutma işleminden önceki ağırlığı, g

$M_2$  = İçinde deney numunesi bulunan kabın, kurutma işleminden sonraki ağırlığı, g

Uzak infrared ışınlarının yer fıstığı örneklerinin farklı sıcaklık ve süre uygulamaları ile nem içeriklerinde görülen değişimin belirlenmesinde Çizelge 3.2.' de verilen eşlemeler kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasındaki nem içeriklerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.

	Uzak İnfrared Tünel Fırın İç Sıcaklıkları					
	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
Fırın İçerisinde Örneklerin Kalış Süreleri (sn)	0	0	0	0	0	0
	180	150	120	90	70	45
	360	300	240	180	140	90
	540	450	360	270	210	150

#### 3.2.2.6. Yer fıstığı yağının kalite özelliklerinin belirlenmesi

İnfrared işleminin peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yer fıstığı taneleri 300° C fırın sıcaklığında infrared tünele beslenmiştir. İşlem görmeyen ve 1, 2, 3 ve 4 dakika uzak infrared ışınlarına maruz bırakılan örneklerden öncelikle soğuk pres yağ sıkma makinesi (Koçmaksan KMS 10, İzmir) kullanılarak yağ elde edilmiştir. Elde edilen yağ örneklerinde bulunan aktif oksijenin bir ölçüsü olarak belirtilen peroksit sayısının ve serbest yağ asitliğinin uzak infrared ışın uygulamaları ile değişimi belirlenmiştir. Ayrıca yer fıstığı örneklerinin uzak infrared uygulaması öncesinde ve sonrasında gaz kromatografisi cihazı ile yağ asitleri kompozisyonu belirlenmiştir.



### 3.2.2.6.1. Peroksit sayısı tayini

AOAC 965.33 yöntemine göre yapılan analizde yaklaşık  $5 \pm 0,05$  gram yağ örneği bir erlene alınmış ve üzerine 30 mL asetik asit (Riedel-de Haën 27225), kloroform (Riedel-de Haën 24216) karışımı (3:2, hacim:hacim) eklenerek çalkalanmıştır. Doymuş potasyum iyodür (Riedel-de Haën 03124) çözeltisinden 0,5 ml eklenen karışımın ağzı kapatılarak  $60 \pm 1$  saniye karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra karışıma 30 mL destile su ilave edilerek karıştırılmıştır. Bürete alınan 0,01 M sodyum tiyosülfat (Merck 6513.2500) ile erlendeki koyu turuncu renkte olan karışım amber rengini alana dek titrasyona devam edilmiştir. İndikatör olarak erlene mavileştirilmiş nişasta (Merck 1253) çözeltisinden 1 ml eklenerek, gri renk rakı beyazı rengini alana kadar büretteki sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. Aynı işlem yağ olmadan tanık tayin için yapılmıştır. Elde edilen sarfiyatlar aşağıda verilen Eşitlik 3.5. kullanılarak kilogram başına aktif oksijenin milieşdeğeri cinsinden peroksit sayıları belirlenmiştir [Anonim, 1969].

$$P = \frac{1000(V-V_0)c}{m} \quad (3.5)$$

V: örnek sodyum tiyosülfat sarfiyatı (ml)

$V_0$ : tanık deneydeki sodyum tiyosülfat sarfiyatı (ml)

c: Kullanılan sodyum tiyosülfatın molaritesi (mol/L)

m: Kullanılan yağ örneğinin kütlesi (g)

### 3.2.2.6.2. Serbest yağ asitliği tayini

Yer fıstığı örneklerinde serbest yağ asitliği analizi ISO 729 nolu standarda göre yapılmıştır. 5 gram yağ örneği bir erlene tartılıp, üzerine nötürleştirilmiş 100 ml etanol (Merck 1.00986.2500)-diethyl eter (Carlo erba 447522) karışımı (1:1, hacim:hacim) eklenmiştir. İndikatör olarak fenol ftalein (Merck 1.07233.0500) eklenmiştir. 0,01 M etanollü potasyum hidroksit (BHH AnalaR 1813) ile 30 saniye kalıcı açık pembe renk oluşana dek titrasyon yapılmış, harcanan potasyum hidroksit çözeltisinin miktarı kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlardan % oleik asit

olarak serbest yağ asitlerinin miktarı aşağıda verilen Eşitlik 3.6 kullanılarak belirlenmiştir [Anonim, 1988].

$$\text{Serbest yağ asitleri} = \frac{V \times c \times 5,61}{m} \quad (3.6)$$

Burada;

V: harcanan etanollü potasyum hidroksitin miktarı (ml)

c: kullanılan etanollü potasyum hidroksitin molaritesi (mol/L)

m: kullanılan yağ örneğinin kütlesi (g)

#### 3.2.2.6.3. Yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi

300° C' de 1, 2, 3 ve 4 dak infrared tünelden geçirilen örneklerde uygulanan infrared işleminin yer fıstığı yağının metil ester bileşimi üzerine etkisi belirlenmiştir. Analizler Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi' nde yapılmıştır. Örnek hazırlama işleminden sonra gaz kromatografisi cihazı (GC Agilent, 7890 A) kullanılarak, yer fıstığı bileşimindeki yağ asitleri % olarak belirlenmiştir.

*Örnek hazırlama:* Küçük, ağzı kapaklı deney tüplerine, yağ örneklerinden yaklaşık 250 mg tartım yapılmıştır. Tüplerin üzerine 1 M derişimde hazırlanan sodyum metoksit (sodyum klorür (Riedel-de Haën 13423) ve metanol (Merck 1.06009.2500) ile hazırlanmış) çözeltilisinden 1 mL eklenerek 40 °C' ye ayarlanan su banyosunda (Memmert WB, Germany) 1 saat süre ile bekletilmiştir. Bu süre sonunda örneklerin üzerine 1 mL su eklenerek karışması sağlanmıştır. Daha sonra her tüpe 2 mL n- hekzan (Merck 1.04391.2500) aktarılıp, 5 dakika süre ile bekletilerek, faz ayrımının görülmesi sağlanmıştır. Son olarak üst fazdan alınan örnekten gaz kromatografisi cihazına enjeksiyon yapılmıştır. Yapılan analiz sonrasında yer fıstığında bulunan yağ asitlerinin oranı % olarak belirlenmiştir.

*Kromatografik koşullar:*

Dedektör: FID (Alev İyonlaştırma Dedektörü)

Kolon: DB-23

Taşıyıcı gaz: Helyum

Akış hızı 2 mL/dak-33 psi

Enjektör sıcaklığı: 250 °C

Dedektör sıcaklığı: 260 °C

Split oranı: 40

GC ısıtma programı: 50° C de 1 dak bekleddikten sonra sıcaklık 25 °C/dak hızla artırılarak, 175 °C' ye yükseltilmiştir. Daha sonra 4 °C/dak hızla 230 °C' ye ulaşıp burada 10 dakika tutulmuştur.

3.2.2.7. Yer fıstığı örneklerinde aflatoksin analizi

Bu tez çalışmasında aflatoksin analizi iki farklı yerden temin edilen yer fıstıklarında yapılmıştır. Kullanılan fıstık örneklerinden ilki soğuk hava deposunda depolanması sırasında yüzeyde küf gelişiminin oluşmaya başladığı torbadan, diğeri ise yüzeyde gözle görülebilir düzeyde mikroorganizma gelişiminin olmadığı torbalardan alınmıştır. Aflatoksin analizi Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi' nde AOAC 999.07 metodu kullanılarak yapılmıştır. Analizde yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı (Agilent 1200 series) kullanılmıştır.

Örnek hazırlama kısmı ekstraksiyon, afinite kolondan geçirilmesi ve türevlendirme aşamalarından oluşmaktadır. 50±0,1 gram yer fıstığı örneğine 4 gram sodyum klorür (Riedel-de Haën 13423) ve 100 mL distile su ilave edilerek 1 dakika boyunca homojen olacak şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra 150 mL metanol (Merck 1.06009.2500) ilave edilerek 2 dakika karıştırılmıştır. Elde edilen karışım filtre kağıdından geçirilip süzüntü bir şişede toplanmıştır. Bu süzüntüden 5 mL alınarak üzerine 15 ml PBS (fosfat tampon tuz) çözeltisi aktarılmıştır. Daha

sonra afinite kolondan 10 mL 2-3 mL/dk hızda PBS çözeltisi geçirilmiştir. Ardından elde edilen süzüntü afinite kolondan geçirilmiştir. HPLC cihazına enjeksiyon yapılarak aflatoksin miktarları belirlenmiştir [Anonim, 1999].

*PBS çözeltisi:* 0,20 g potasyum klorür KCl (Merck 1.04936.1000), 0,20 g potasyum di hidrojen fosfat  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (Merck 1.04873), 1,16 g susuz sodyum fosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) ve 8 g sodyum klorür (Riedel-de Haën13423) karıştırılıp 900 mL saf suda çözündürüldükten sonra, pH 7,4 olacak şekilde 0,1 M HCl veya NaOH ile ayarlanarak hazırlanmıştır.

*Kromatografik koşullar:*

Dedektör: Florasans dedektörü

Dalga boyu: 360-440 nm

Kolon: 25 cm uzunluğunda  $\text{C}_{18}$  kolon

Fırın sıcaklığı: 30° C

Akış hızı: 1 mL/dk

Mobil faz: [Su: asetonitril: metanol (6:2:3)]

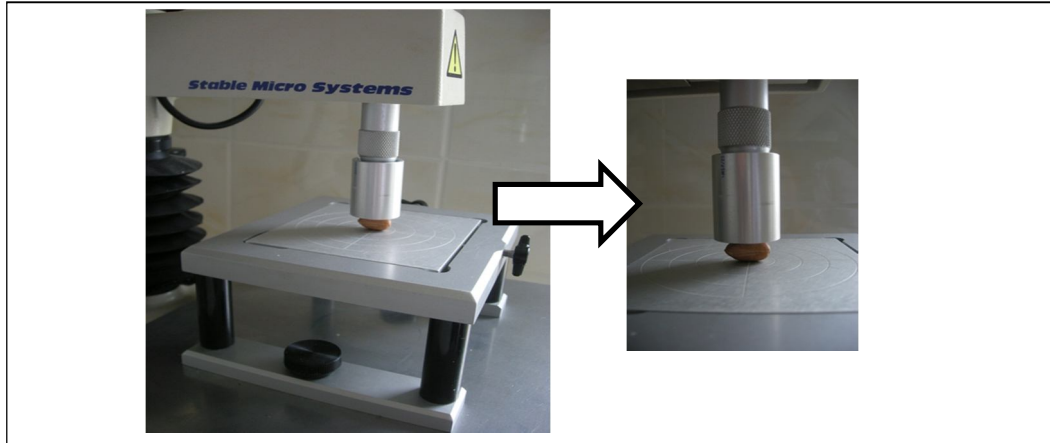
#### 3.2.2.8. Yer fıstığı örneklerinde doku ölçüm (tekstür) analizi

Bu çalışmada yer fıstığı örneklerinin tekstürel özellikleri üzerine FIR uygulamasının etkisi, tekstür ölçüm cihazı (Texture Analyzer, TA-XT2i, Stable Micro System, Ltd., Surrey, UK) ile belirlenmiştir. Tekstür analizi için tünelden çıkan örneklerin sıcaklıklarının, ortamla nem alışverişine izin verilmeden, ortam sıcaklığına düşmesi beklenmiştir. Daha sonra 25 mm alüminyum silindir sıkıştırma probu kullanılarak analizlere başlanmıştır. Prob hareket ederken kaymalarını önlemek için örnekler, Şekil 3.4.' de gösterildiği gibi alt tabla ile prob arasına sıkıştırılmıştır. Test hızı 1 mm/s ve probun örneğe temasından sonra katetmesi gerekli mesafe 5 mm olarak programlandırılmıştır. Ölçümler her örnek grubu için 20 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonunda örneklere ait kuvvet-deformasyon (N-mm) eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerden örneklere ait ilk pik kırılma değeri N cinsinden, bu ilk pikin altında kalan alan ise ilk kırılmayı

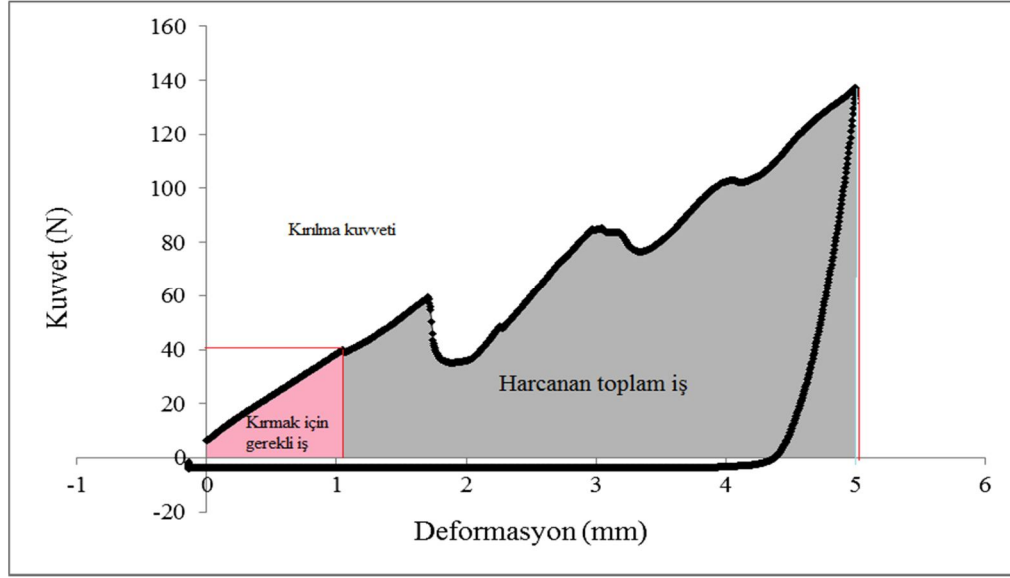
sağlamak için yapılan işi joule cinsinden hesaplanmıştır. Ayrıca örneklerin 5 mm sıkıştırılması sırasında harcanan toplam iş elde edilen grafiklerden hesaplanmıştır. Şekil 3.5.' de yer fıstığına ait bir kuvvet deformasyon eğrisi verilmiştir. Çizelge 3.3.' de gösterilen koşullarda uzak infrared tünel fırından geçirilen yer fıstığı örneklerinin dokusal özellikleri incelenmiştir.

Çizelge 3.3. Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasındaki tekstürel özelliklerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.

	Uzak İnfrared Tünel Fırın İç Sıcaklıkları					
	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
Fırın İçerisinde Örneklerin Kalış Süreleri (sn)	0	0	0	0	0	0
	60	50	40	30	25	25
	120	100	80	60	50	45
	180	150	120	90	70	65
	240	200	160	120	90	85
	300	250	200	150	120	100
	360	300				
	420	350				
	480					
	540					



Şekil 3.4. Yer fıstığı örneklerinin tekstür cihazına yerleştirilmesi.



Şekil 3.5. Yer fıstığına ait tipik bir kuvvet deformasyon eğrisi.

### 3.2.2.9. Yer fıstığı örneklerinde renk ölçümü

Yer fıstığı örneklerine FIR uygulamasının etkisinin belirlenmesinde Hunter Lab renk ölçüm cihazı (Hunter Lab Color Quest XE, Hunter Associates Laboratory, Reston, Va, USA) kullanılarak numunelere ait  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca  $C^*$  (chroma-doygunluk) ve  $h^\circ$  (hue angle- renk tonu) değerleri Eşitlik 3.7. ve 3.8.' den hesaplanmıştır.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.7)$$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.8)$$

Bu çalışmada yer fıstığı örnekleri infrared tünel fırından Çizelge 3.4.' teki sıcaklık-süre eşlemelerine göre geçirildikten sonra Hunter Lab kolorimetresinde renk analizi yapılmıştır. Yer fıstığı örnekleri tane ve öğütülmüş olmak üzere iki şekilde analiz edilmiştir. Tane örneklerin renk ölçümlerinde Şekil 3.6.' da gösterilen 50 mm' lik küvet (Hunter Lab, Glass, Light Path 13857320), öğütülmüş örneklerin ölçümlerinde ise 10 mm' lik küvet (Hunter Lab, Glass,

Light Path 13857340) kullanılmıştır. Ölçümler tane yer fıstıkları için 10, öğütülmüş yer fıstıkları için 3 tekrarlı yapılmıştır.

Çizelge 3.4. Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasındaki renk parametrelerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.

	Uzak İnfrared Tünel Fırın İç Sıcaklıkları					
	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
Fırın İçerisinde Örneklerin Kalış Süreleri (sn)	0	0	0	0	0	0
	60	50	40	30	25	25
	120	100	80	60	50	45
	180	150	120	90	70	60
	240	200	160	120	90	85
	300	250	200	150	120	100
	360	300	240	180	140	125
	420	350	280	210	160	150
	480	400	320	240	180	175
	540	450	360	270	210	200



Şekil 3.6. Tane örneklerin 50 mm, öğütülen örneklerin 10 mm' lik optik Hunter Lab küvetlerinde renk analizi.

### 3.2.3. Doku Ölçüm ve Renk Ölçüm Analizlerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Yapılan doku ve renk ölçüm analizlerinin sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 20 software programı kullanılmıştır. Uzak infrared uygulamasının yer fıstıklarının renk ve dokusal özelliklerinde IR uygulaması ve süresine bağlı olarak görülen değişimin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının belirlenmesinde ise varyans analizi yapılarak, çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey testi kullanılmıştır.

### 3.2.4. Mikrobiyolojik Analizler

#### 3.2.4.1. Yer fıstığı örneklerinde doğal mikrofloranın belirlenmesi

TS 13232 numaralı işlenmiş yer fıstığı standardına göre yapılması gereken analizler olarak, fekal bulaşımın göstergesi olan *E. coli* analizi, gıdalarda hiçbir şekilde bulunmasına izin verilmeyen *Salmonella* analizi, toprakla direkt teması söz konusu gıdalarda miktarı önemli olan toplam maya küf analizi belirlenmiştir. Ancak bu analizlerin yanında genel olarak gıdalarda hijyen kontrolü amacıyla yapılan toplam mezofilik aerobik bakteri (toplam canlı) sayımının da yapılması gerekmektedir.

##### 3.2.4.1.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri analizi

Analiz edilecek yer fıstıklarından yaklaşık 10 gram steril bir kabın içerisinde tartılarak içerisinde 90 mL steril kazein peptonlu su (% 0,1g/L), (Merck 1.07213) bulunan 250 mL hacmindeki erlene aktarılmıştır. Daha sonra erlen, dairesel hareketlerde 1400 1/dk hız ile dönmekte olan çalkalayıcının (IKA, Werke, Ksl, Kg, Germany) başlığına yerleştirilmiş ve 1 dk boyunca çalkalanmıştır. Hazırlanan seri dilüsyonların her birinden 0,1 mL en az iki paralel olacak şekilde, içerisinde steril Plate Count Agar (PCA) (Merck 1.05463) bulunan petrilere yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 37°C ye ayarlanmış inkübatörde (FOC 225I, Velp Scientifica, İtaly) 24-48 saat süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi bitiminde uygun sayım aralığındaki petrilere



sayım sonuçları elde edilmiştir. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra örneklerdeki mezofilik aerobik bakteri sayısı belirlenmiştir [Halkman, 2005].

#### 3.2.4.1.2. Toplam küf maya analizi

Analiz edilecek yer fıstıklarından yaklaşık 10 gram steril bir kabın içerisinde tartılarak, içerisinde 90 mL steril kazein peptonlu su (% 0,1g/L) bulunan 250 mL hacmindeki erlene aktarılmıştır. Daha sonra erlen, dairesel hareketlerde 1400 1/dk hız ile dönmekte olan çalkalayıcının başlığına yerleştirilmiş ve 1 dk boyunca çalkalanmıştır. Ardından seri dilüsyonlar hazırlanarak, dilüsyonların her birinden 0,1 mL en az iki paralel olacak şekilde, içerisinde steril Potato Dextose Agar (PDA) (Merck 1.010130) besiyeri bulunan petrilere yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır.

Bu besiyeri hazırlanırken gıda örneğinde bulunan bakteri gelişimini baskılama amaçlı olarak %10' luk tartarik asit (Merck 1.00802) çözeltilisinden 11,1 mL/L olacak şekilde asitlendirme yapılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 30°C ye ayarlanmış inkübatörde 4-5 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi bitiminde uygun sayım aralığındaki petrilere sayım sonuçları elde edilmiştir. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra örnekteki toplam maya küf sayısı belirlenmiştir [Halkman, 2005].

#### 3.2.4.1.3. Koliform, fekal koliform, E. coli aranması

Bu çalışmada koliform, fekal koliform ve *E. coli* analizleri En Muhtemel Sayı (EMS) yöntemine göre yapılmıştır. Yaklaşık 3 kg' lık yer fıstığı örneği homojen olarak karıştırılmış ve 5 farklı noktadan onar gram örnek ayrı ayrı steril tartım kaplarına alınmıştır. Örnekler vorteks çalkalayıcıda karıştırılarak seri dilüsyonları hazırlanmıştır.  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  lük dilüsyonlardan gaz çıkışının belirlenmesi amacıyla içerisinde durham tüpleri bulunan ve 9 mL steril LST(Lauryl Sulfate Tyryptose) Broth (Merck 1.10266) besiyeri içeren deney tüplerine 3 paralelli olarak ekim yapılmıştır. 37° C'de 48 saat süren inkübasyondan sonra bulanıklık ve gaz oluşumu görülen tüpler pozitif olarak değerlendirilmiş ve şüpheli koliform olarak nitelendirilmiştir. Daha sonra pozitif tüplerden eş zamanlı olarak BGB (Brillant Green Bile) broth (Merck 1.05454) ve EC broth (Merck 1.10765) besiyerlerine

öze ile ekimler yapılmıştır. İçerisinde durham tüpleri bulunan BGB broth besiyerine aktarım yapılan türler 30°C de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gaz oluşumu görülen tüplerde koliform bakteri varlığı doğrulanmıştır. İçerisinde durham tüpleri bulunan, öze ile LST broth besiyerinden aktarım yapılmış EC broth besiyeri ise 44,5°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra bulanıklık ve gaz oluşumu görülen tüpler pozitif olarak değerlendirilmiş ve EMS tablolarından pozitif tüp sayısına göre fekal koliform bakteri sayısı belirlenmiştir.

Bu işlemlerin sonrasında *E. coli* varlığının belirlenmesi için pozitif çıkan EC broth içeren tüplerden, Tryptone Water besiyeri bulunduran tüplere öze ile ekimler yapılmıştır. 44,5° C deki 24 saatlik inkübasyondan sonra bulanıklık gözlenen tüplere indol testi yapılmıştır. Bu teste göre TW (Tryptone Water) (Merck 1.10859) içeren pozitif tüplere kovaks ayracı (Merck 1.09293) damlatıldığında tüp üst yüzeyinde vişne çürüğü renkli zar oluşumu görülen tüpler *E. coli* pozitif olarak değerlendirilmiştir [Halkman, 2005].

#### 3.2.4.1.4. *Salmonella* aranması

*Salmonella* analizi Singlepath *Salmonella* test kiti (Merck 1.04140) kullanılarak yapılmıştır. Yer fıstığı örneklerinden 25 gram steril bir kaba tartılıp, içerisinde 225 mL steril tamponlanmış peptonlu su (Merck 1.03915) bulunan 500 mL'lik bir erlene aktarılmıştır. 37°C'de 18 saat inkübasyona bırakılan ön zenginleştirme besiyerinden 0,1 mL kültür, içerisinde 10 mL steril RVS Broth (Merck 1.07700) besiyeri bulunan deney tüpüne aktarılmıştır. Deney tüpü 41,5°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda RVS kültüründen 2 mL örnek, içi boş steril ince çeperli bir deney tüpüne aktarılmıştır. 15 dakika kaynar su banyosunda tutulan tüp daha sonra oda sıcaklığına soğutulmuştur. Bu tüpten Singlepath *Salmonella* kitine 160µL kültür damlatılmıştır. 20 dakikalık bekleme süresinden sonra kit üzerinde bulunan T belirteçi kırmızı olarak gözlemlendiğinde örnekte *Salmonella* varlığı doğrulanmıştır. Bu yöntemle örnekteki *Salmonella* kalitatif olarak belirlenmektedir [Halkman, 2005].

### 3.2.4.2. Mikrobiyal yükün belirlenmesinde farklı homojenizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması

Bu tez çalışması kapsamında üç farklı homojenizasyon yönteminin (vortex çalkalayıcı, stomacher parçalayıcı ve öğütücü) mikrobiyolojik analiz sonuçları üzerindeki etkisi ve homojenizasyon işlemlerinin uygulamadaki pratikliği karşılaştırılmıştır. Yer fıstığı örneklerinin kullanılan homojenizasyon yöntemine göre parçacıkların fiziksel durumu Şekil 3.7.' de verilmiştir. Bu üç ayrı yöntemle homojenizasyon işlemi yapılan fıstık örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam maya küf sayıları tespit edilmiştir. Bu yöntemler ayrıca 250 °C ve 150 sn, uzak infrared tünel fırından geçirilen yer fıstığı örneklerinin mikrobiyolojik analizlerinde de karşılaştırılmıştır.

#### 3.2.4.2.1. Vorteks çalkalayıcı ile homojenizasyon

Yaklaşık 10 gram yer fıstığı örneği steril bir kabın içerisinde tartılarak, içerisinde 90 mL steril (% 0,1g/L) kazein peptonlu su çözeltisi bulunan erlene aktarılmıştır. Daha sonra erlen, dairesel hareketli 1400 1/dk hız ile dönmekte olan çalkalayıcının başlığına yerleştirilmiş ve 1 dk boyunca karıştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlemin ardından seri dilüsyonlar hazırlanıp, ekimler yapılmıştır.

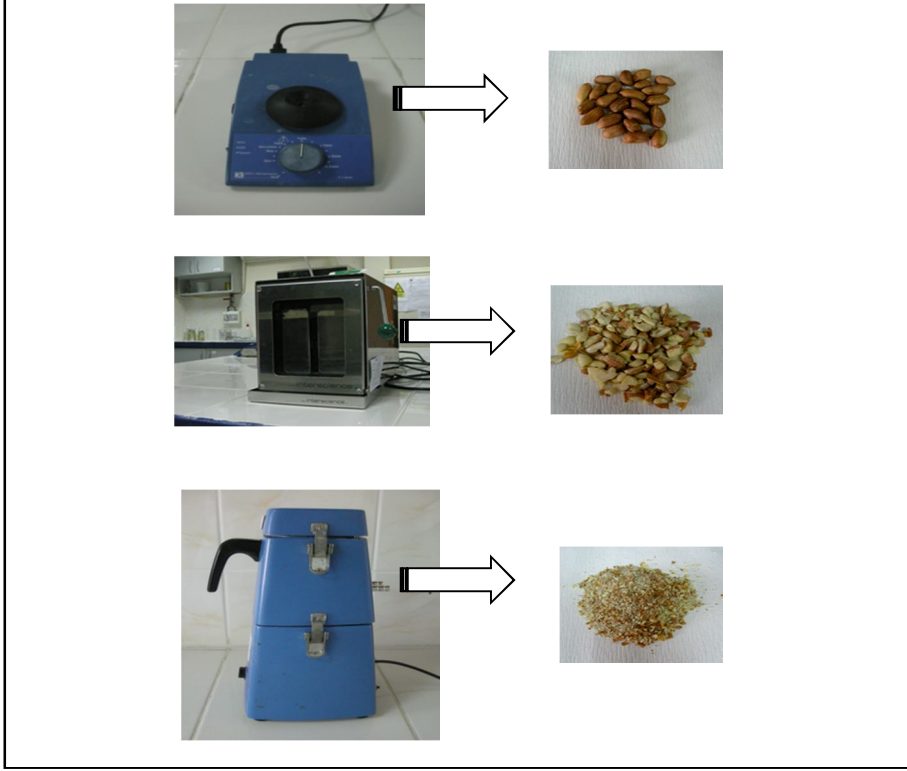
#### 3.2.4.2.2. Stomacher parçalayıcı ile homojenizasyon

Yaklaşık 10 gram yer fıstığı örneği, steril bir kap içerisine tartılmıştır. Yer fıstığı örneklerine 90 mL steril kazein peptonlu su eklenerek steril stomacher torbasına aktarılmıştır. Stomacher parçalayıcı (Interscience Bag Mixer, France) ile 30 s boyunca örneklerin ezilmesi sağlanmıştır. Stomacher torbasının filtresinden geçen süzütüden seri dilüsyonlar hazırlanıp, ekimler yapılmıştır.

#### 3.2.4.2.3. Tezgah üstü öğütücü ile homojenizasyon

Yer fıstığı örnekleri tezgah üstü öğütücüde (IKA, Werke, M-20, Germany) 10 saniye süre ile parçalanmıştır. Öğütülmüş yer fıstıklardan 10 gram steril bir tartım kabında tartıldıktan sonra içerisinde 90 mL steril kazein peptonlu su çözeltisi bulunan erlene aktarılmıştır. Örnek alımı sırasında pipet uçlarında tıkanmayı önlemek için iri partiküllerin dibe çökmesi beklenmiştir. Bu karışımdan alınan 1

mL hacimdeki örnek, içerisinde 9 mL steril kazein peptonlu su bulunan deney tüpüne aktarılmıştır. Seri dilüsyonlar hazırlanıp, ekimler yapılmıştır.



Şekil 3.7. Yer fıstığı örneklerinin homojenizasyonunda kullanılan farklı yöntemler.

### 3.2.4.3. Uzak İnfrared Uygulamasının Yer fıstığı Örneklerinin Doğal Mikroflorasındaki Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri ve Toplam Maya Küf Populasyonuna Etkisinin Belirlenmesi

Soğuk hava deposunda bulunan örnek torbasının içinden steril koşullarda 200 gram örnek alınarak, numunelerin oda sıcaklığına ulaşması beklenmiştir. Daha sonra örnekler uzak infrared tünel fırınına beslenmiştir. Farklı tünel sıcaklığı ve sürelerde, taşıyıcı tel levha üzerinde tünelden geçirilmiştir. Tünel çıkışında örnekler boş steril petri kutusuna alınmıştır. Bu örneklerden 10 gram numune tartılıp, 90 mL steril dilüsyon sıvısına aktarılmış, karışım 1400 1/dk hızda vorteks çalkalayıcı ile homojenize edilmiştir. Hazırlanan seri dilüsyonlardan toplam mezofilik aerobik bakterilerin sayısının belirlenmesi için PCA besiyerine, toplam maya küf sayısının belirlenmesi için PDA besiyerine ekim yapılmıştır.

İnkübasyon sıcaklık ve süreleri ise toplam mezofil aerob bakterilerin gelişimi için 37°C’de 24-48 saat iken, maya ve küflerin gelişimi için 4-5 gün olarak belirlenmiştir. FIR işleminin yer fıstığı örneklerinin mikrobiyal yüküne etkisinin belirlenmesinde çalışılan sıcaklık-süre eşlemeleri Çizelge 3.5.’te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Yer fıstığı örneklerinin FIR işlemi öncesi ve sonrasında mikrobiyal yüklerinin belirlenmesi sırasında ayarlanan fırın iç sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda uygulanan süreler.

	Uzak İnfrared Tünel Fırın İç Sıcaklıkları					
	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
Fırın İçerisinde Örneklerin Kalış Süreleri (sn)	0	0	0	0	0	0
	60	50	40	30	25	25
	120	100	80	60	50	45
	180	150	120	90	70	60
	240	200	160	120	90	85
	300	250	200	150	120	100
	360	300	240	180	140	125
	420	350	280	210	160	150
	480	400	320	240	180	175
	540	450	360	270	210	200

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

##### 4.1. YER FISTIĞI ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

###### 4.1.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

###### 4.1.1.1. Sınıflandırma ve boyut ölçümü, eşdeğer çap ve küresellik analizi, yoğunluk ve gözeneklilik analizi

###### 4.1.1.1.1. Sınıflandırma ve boyut ölçümü

İç yer fıstığı örnekleri, TS 310 “Yer fıstığı (kabuklu ve iç)” standardında belirtildiği gibi 100 gramdaki tane sayısına göre sınıflandırılmıştır (Anonim, 1987). Bu sınıflandırmaya göre 100 gramda tane sayısının fazlalığı, o örnek grubunun daha küçük ve cılız tanelerden oluştuğunu göstermektedir. Çizelge 4.1.’ de üç farklı boyuttaki yer fıstığı örnekleri sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.1. Yer fıstığı örneklerinin 100 gramında bulunan tane sayısına göre sınıflandırılması.

	Ekstra	Sınıf I	Sınıf III
100 gramdaki tane sayısı	86	123	153

Üç farklı boyuttaki iç yer fıstığı örneklerinden rastgele seçilen yüzer tanesinin üç ana kesitinden boyut ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler sonrasında örneklerin her bir kesit uzunluğu belirlenip, Çizelge 4.2.’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Yer fıstığı örneklerinin ait oldukları sınıfa göre üç ana kesitinin (boy-genişlik-kalınlık) uzunlukları.

Ekstra			Sınıf I			Sınıf III		
L (mm)	W(mm)	T(mm)	L(mm)	W(mm)	T(mm)	L(mm)	W(mm)	T(mm)
19,88± 1,60	10,88± 0,72	9,76± 0,78	18,20± 1,40	9,39± 0,53	8,52± 0,60	15,94± 1,75	8,72± 0,49	8,19± 0,56

#### 4.1.1.1.2. Eşdeğer çap ölçümü ve küresellik tayini

Yer fıstıklarının boyut ölçümlerinden elde edilen veriler yardımıyla örneklerin eşdeğer çap ( $D_{eş}$ ) uzunlukları hesaplanmış ve tanelerin ne kadar küre şekline benzediklerinin bir ölçüsü olan küresellik ( $\phi$ ) analizi yapılmıştır. Çizelge 4.3.' de her sınıfa ait yer fıstığı örneklerinin, hesaplanan  $D_{eş}$ ,  $\phi$  değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yer fıstığı örneklerinin ait oldukları sınıfa göre eşdeğer çapları ve % küresellik değerleri.

	Ekstra	Sınıf I	Sınıf III
$D_{eş}$ (mm)	12,80±0,47	11,32±0,38	10,42±0,50
$\phi$ (%)	64,71±4,57	62,43±3,91	65,87±5,13

#### 4.1.1.1.3. Yoğunluk ve gözeneklilik tayini

Üç sınıfa ait yer fıstığı tanelerinin gerçek yoğunlukları ve yığın yoğunlukları ile gözeneklilik değerleri belirlenmiştir. Çizelge 4.4' de sonuçlar verilmiştir. Sonuçlara göre tanelerin eşdeğer çapı büyüdükçe porozite değerinde azalma görülmektedir.

Çizelge 4.4. Yer fıstığı örneklerinin ait oldukları sınıfa göre, yoğunluk ve % gözeneklilikleri.

	Ekstra	Sınıf I	Sınıf III
Gerçek yoğunluk ( $kg/m^3$ )	917,2±10,9	844,9±15,9	753,4±25,3
Yığın yoğunluğu ( $kg/m^3$ )	566,8±4,8	544,5±3,6	545,3±12,5
Gözeneklilik (%)	38,2±0,6	35,5±0,6	27,6±1,1

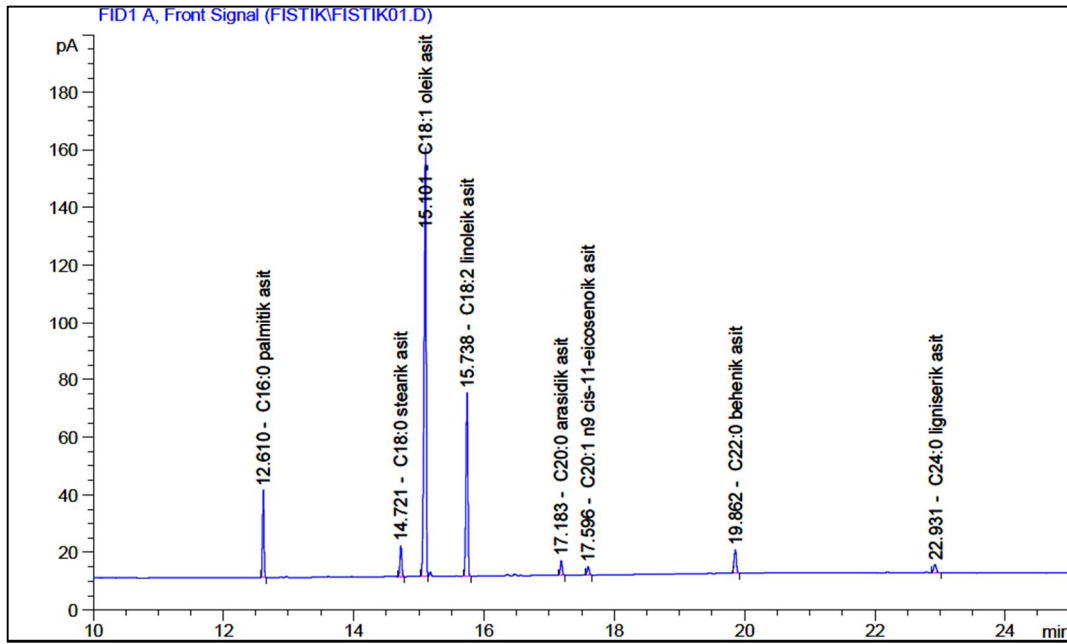
#### 4.1.1.2. Farklı yer fıstığı örneklerinde nem içeriklerinin belirlenmesi

Bu çalışmada FIR ışınlarının yer fıstığı örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi araştırılmadan önce hammaddenin sahip olduğu özellikler incelenmiştir. Örneklerden birincisi üreticiden kabuklu olarak alınmış, analiz öncesinde tane ve kabuklar birbirinden ayrılmıştır. İkinci örnek ise yer fıstığı işletmesinden iç yer fıstık olarak temin edilmiştir. Bu örneklerin başlangıç nem içerikleri sırası ile % 12,102±0,237 ve 7,076±0,268 olarak tayin edilmiştir.

#### 4.1.2. Kimyasal zelliklerin Belirlenmesi

##### 4.1.2.1. Yer fıstığı yağının kalite özelliklerinin belirlenmesi

Bu çalışmada kullanılan yer fıstıklarının yağı soğuk pres yağ sıkma makinesi ile elde edilmiştir. Elde edilen yağda peroksit ile asit sayısı ve % oleik asit cinsinden asitliği belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucu kullanılan yer fıstığı örneklerinin yağının peroksit sayısı değeri  $2,25 \pm 0,62$  milieşdeğer gram/kg (meq/kg), asit sayısı  $0,46 \pm 0,026$  mg KOH/g yağ olarak tespit edilmiştir. Asitliği oleik asit cisinden  $0,23 \pm 0,013$  olarak belirlenmiştir. Yer fıstığının yağ asitleri bileşimi ise % 8,41 palmitik asit, % 3,60 stearik asit, % 57,75 oleik asit, % 22,58 linoleik asit, % 1,84 araşidik asit, %1,1 cis 11 eikosenoik asit, % 3,27 behenik asit ve % 1,22 lignoserik asitten oluşmaktadır. Yağ asitlerinin yaklaşık % 80' lik kısmını oleik ve linoleik asitlerin oluşturduğu belirlenmiştir. şekil 4.1.' de yer fıstığı yağının yağ asitleri kromatogramı verilmiştir.



şekil 4.1. Yer fıstığında tespit edilen yağ asitleri.



#### 4.1.3. Mikrobiyolojik Özelliklerin Belirlenmesi

##### 4.1.3.1. Yer fıstığı örneklerinin doğal mikroflorasının incelenmesi

Gıdaların mikrobiyolojik analizlerinde en önemli aşamalardan biri örnekleme işlemidir. Özellikle katı gıdalardaki homojen olmayan dağılım nedeniyle analiz edilecek örneğin tüm kitleyi temsil edebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla mikrobiyolojik analizlerde örneklemenin nasıl yapılması ve sonuçların nasıl değerlendirilmesi konusunda yardımcı olan üç sınıflı örnekleme planları kullanılmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü' nün yayımlamış olduğu TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardında, örneklerde bulunması muhtemel mikroorganizma ve mikroorganizma grupları ile bunlar için belirlenmiş mikrobiyolojik kriterler üç sınıflı örnekleme planına göre Çizelge 4.5. 'de verilmiştir (Anonim, 2006).

Çizelge 4.5. TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardında belirtilen mikrobiyolojik kriterler.

Özellikler	Değerler			
	n	c	m	M
<i>Escherichia coli</i> *	5	1	< 3	9
<i>Salmonella</i>	10	0	25 gramda bulunmamalı	
Küf	5	2	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^4$
Aflatoksin (B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +G <sub>1</sub> +G <sub>2</sub> ) µg/kg en çok	10			

\*EMS çizelgesine göre(kob/g)

n: Numune sayısı

c: Mikroorganizma sayısı “m” ile “M” arasında bulunabilecek maksimum numune sayısı

m: Tüm numunelerde bulunabilecek maksimum mikroorganizma sayısı

M: “c” sayıda numunede bulunabilecek maksimum mikroorganizma sayısı

Bu tez çalışmasında yer fıstığı örneklerinde mikroorganizma varlığının ve miktarının belirlenmesi amacıyla toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam küf, *E.coli*, *Salmonella* analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6 ' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardına göre yer fıstığı örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizlerin sonuçları.

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (kob/g)	$10^{3,69} - 10^{5,39}$ kob/g
Toplam maya küf (kob/g)	$10^{2,65} - 10^{5,73}$ kob/g
<i>Salmonella</i> (kob/g)	Saptanmadı
<i>E. coli</i> (EMS/g)	Saptanmadı
Koliform Bakteri (EMS/g)	2-11 EMS/g
Fekal koliform (EMS/g)	Saptanmadı
Aflatoksin	5,59 ppb G <sub>2</sub>

#### 4.2. UZAK İNFRARED UYGULAMASININ YER FISTIĞININ FİZİKSEL KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Yer fıstığı örneklerine ait toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam maya küf sayılarında uzak infrared ışın uygulaması ile azalma sağlanırken, diğer yandan infrared ışınlarının örneklerin fiziksel ve kimyasal kalitesine etkisi bu bölümde incelenmiştir.

##### 4.2.1. Uzak İnfrared Uygulamasının Yer Fıstığının Fiziksel Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

###### 4.2.1.1. Nem içeriğine etkisi

FIR uygulamasının öncesi ve sonrasında örneklerde nem analizi yapılmıştır. Bu kapsamda fıstık üretimi yapan üreticiden (Örnek 1) ve fıstık işleme ve satımı yapan firmadan (Örnek 2) temin edilen iki farklı yer fıstığı örneği kullanılmıştır. Örnek 1 ve Örnek 2 olarak isimlendirilen örneklerin başlangıç nem içerikleri sıra ile kapsüllerinden analiz öncesinde ayrılan yer fıstığında %  $12,102 \pm 0,237$  ve işletmeden iç yer fıstığı olarak alınan örneklerde %

7,076±0,268 olarak tespit edilmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan infrared işlemi ile örneklerin nem içeriklerinde, uygulama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak azalmalar olduğu görülmüştür. Şekil 4.2.' de 200-300-400° C' de farklı sürelerde uygulanan FIR işlemi ile ayrı yerlerden temin edilen başlangıç nem içerikleri birbirinden farklı yer fıstığı örneklerinin nem içeriğinde görülen değişim gösterilmiştir. Bu grafikten nem içeriği fazla olan örneklerde su kaybının daha hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Gıdaların kurutulması sırasında kuruma süresi uzadıkça gıdada bulunan serbest su miktarı azalmaktadır. Bu azalma ürün denge nem içeriğine ulaşana kadar devam etmektedir. Su içeriği düştükçe buharlaşma daha zor olmaktadır. Aşağıdaki şekilde başlangıç nem içerikleri birbirinden farklı olan örneklerin 200°C, 300 °C ve 400°C' de 450, 270 ve 150 s sürelerde uzak infrared uygulaması sonrasında uzaklaştırılabilecek serbest su miktarının büyük çoğunluğunun örneklerden ayrıldığı görülmektedir.

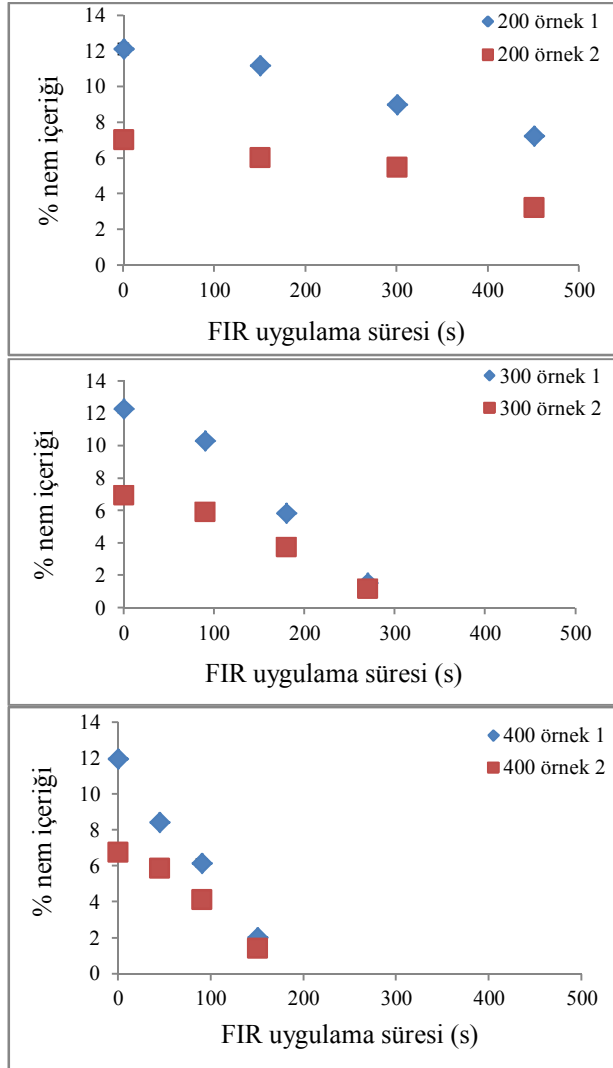
TS 310 nolu işlem görmemiş kabuklu ve iç yer fıstığı standardında iç yer fıstığı'nın nem içeriği maksimum % 7 olması gerektiği belirtilmektedir. TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardına göre ise örneklerin nem içeriği ile ilgili herhangi bir alt limit verilmezken, en fazla % 5 olması gerektiği belirtilmiştir.

Başlangıç nem içeriği % 7,076±0,268 olan yer fıstığı örneklerinde FIR uygulamasının nem içeriğine etkisi 6 farklı tünel sıcaklığında incelenmiştir. Şekil 4.3.' de 150, 200, 250, 300, 350 ve 400° C' de FIR uygulaması ile birlikte başlangıç nem içeriği % 7,076±0,268 olan ürünlerin nem içeriklerindeki azalma gösterilmektedir. Örneklerin nem içeriğinin 350 °C'de 210 saniye süren işleme % 0,58' e kadar düştüğü görülmektedir. İnfrared işleminin yer fıstığı örneklerinin nem kayıpları üzerine etkileri incelendiğinde 150 °C' de 540 s ve 400 °C' de 150 s işlem ile örneklerin nem içeriğinde sırasıyla % 42 ve % 92 oranında azalma olduğu ortaya çıkmıştır.

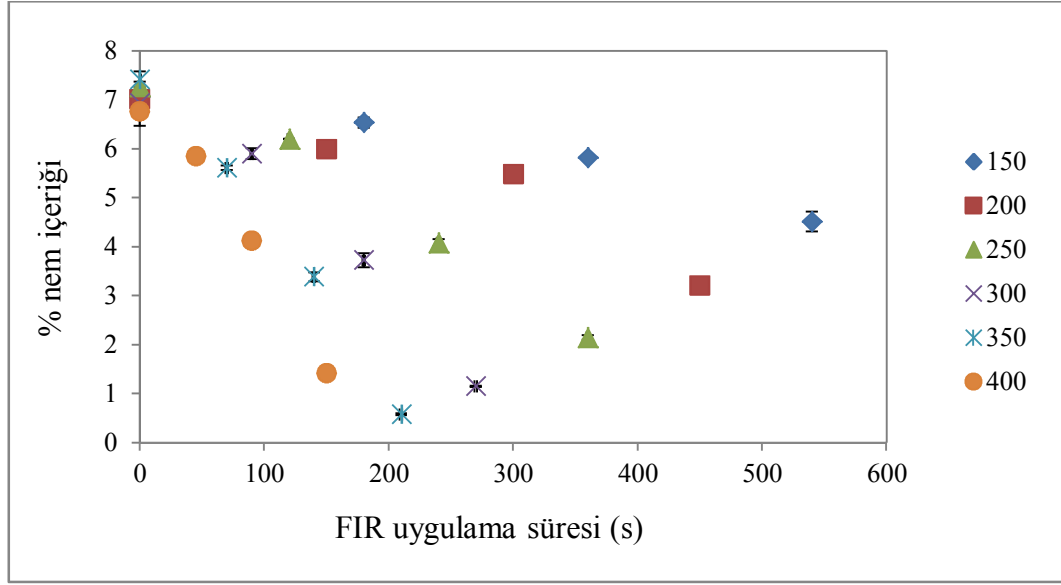
Erdoğdu ve Ekiz' in (2011) tane kimyonun kalitesi üzerine FIR ışınlarının etkisini araştırdıkları çalışmada örnekler 200, 250 ve 300 °C ayarlanmış FIR tünel fırından belirli sürelerde geçirildikten sonra nem ve ağırlık kaybı ölçümleri yapılmış, başlangıçta % 6-7 aralığında olan nem içeriğinin 200, 250 ve 300 °C' de

sırasıyla 330 s , 220 s, 160 s' lik FIR işlemleri ile %2' nin altına düşürüldüğü belirtilmiştir.

Staack vd. (2008), infrared işleminin toz biberin mikrobiyal yükünü düşürücü etkinliğini belirledikleri ve işlemin kalitede üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında uzak infrared ışınlarından daha güçlü olan, yakın (11 kW/m<sup>2</sup>) ve orta (5 kW/m<sup>2</sup>) şiddette infrared ışınlarını kullanmıştır. Bu çalışmada infrared uygulaması öncesi ve sonrasında örneklerin tartımı alınarak su kayıpları belirlenmiştir. İnfrared işleminin toz biberin ağırlık kaybı üzerine etkisi incelendiğinde 9 dakikalık işlem ile örneklerde var olan suyun % 40-95' lik diliminin uzaklaştırılabildiği belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Farklı başlangıç nem içeriğine sahip yer fıstığı örneklerinde 200, 300, 400 °C' de FIR uygulama süresine bağlı nem miktarındaki azalma.



Şekil 4.3. 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR ışınlar maruz bırakılma sürelerine bağlı olarak nem içeriklerinde görülen değişim.

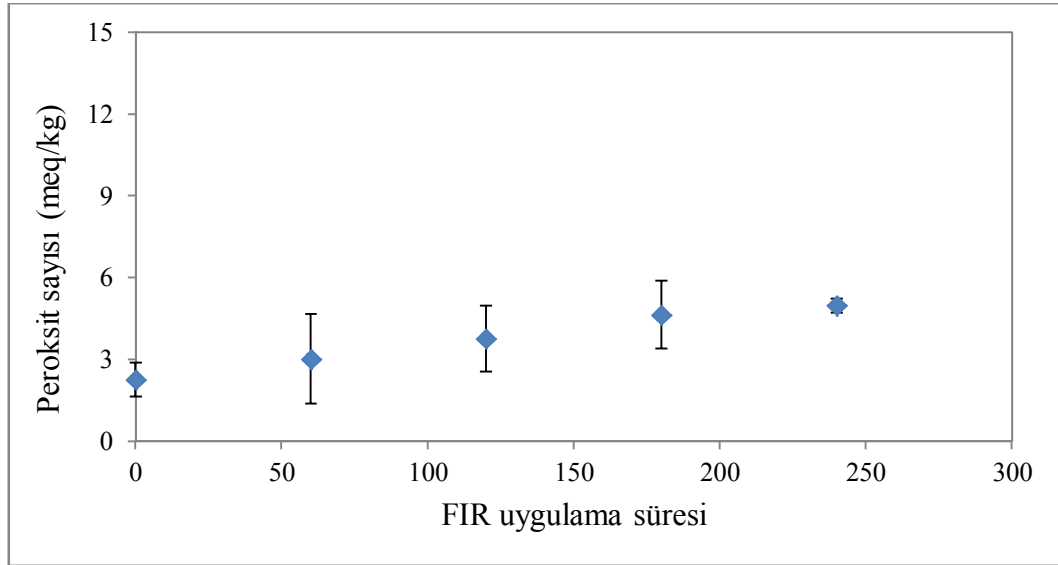
İnfrared ışınları nem içeriğini hızlı bir şekilde düşürerek zamandan ve enerjiden büyük bir tasarruf sağlaması açısından gıdalarda kurutma proseslerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğu infrared kurutmanın klasik konvansiyonel kurutma yöntemleriyle karşılaştırılması ve kombine kullanımları üzerinedir. Bu konuya örnek olarak Hebbar vd. (2004) patates ve havuçların kurutulmasında, infrared kurutma, sıcak havada kurutma ve bu iki yöntemin kombinasyonunun kullanıldığı ve bu yöntemlerin birbiriyle karşılaştırdıkları çalışmalarında, infrared ile kurutmanın, kuru sıcak havada kurutmaya göre daha etkin bir kuruma sağladığını belirlemişlerdir. İnfrared ve sıcak hava uygulamasının birlikte kullanıldığı kombine sistemde ise en etkili sonuçlar alınmıştır. Bu yöntemle kuruma süresinde ve enerji tüketiminde ise önemli azalmalar olduğu belirtilmiştir.

Yer fıstığı tesislerine kurulacak bir infrared ünitesi ile hasattan sonra ürünlerin nem içeriğinin hızlı bir şekilde düşürülerek raf ömrünün uzatılabileceği düşünülmektedir.

## 4.2.2. Uzak İnfrared Uygulamasının Yer Fıstığına Kimyasal Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

### 4.2.2.1. Peroksit sayısına etkisi

Gıdaların depolanması ve işlenmesi sırasında görülebilecek en önemli kimyasal bozulmalardan biri yağ oksidasyonudur. Yağların oksidasyonu ile oluşan hidroperoksitlerin miktarını belirleyen peroksit sayısı, oksidasyon düzeyi ile ilgili bilgi vermektedir [Yavuz, 2008]. FIR işleminin yer fıstığı yağının peroksit sayısındaki değişimin belirlenmesi amacıyla örnekler 300 °C sıcaklığa ayarlanmış FIR tünel fırına 60, 120, 180 ve 240 saniyelik sürelerde kalacak şekilde beslenmiştir. Tünelden geçirilen yer fıstığı tanelerinden elde edilen bu yağlarda bulunan peroksit sayısı üç paralelli olarak tayin edilerek infrared ışınlarının etkisi incelenmiştir. Şekil 4.4.' de peroksit sayısındaki değişim görülmektedir.

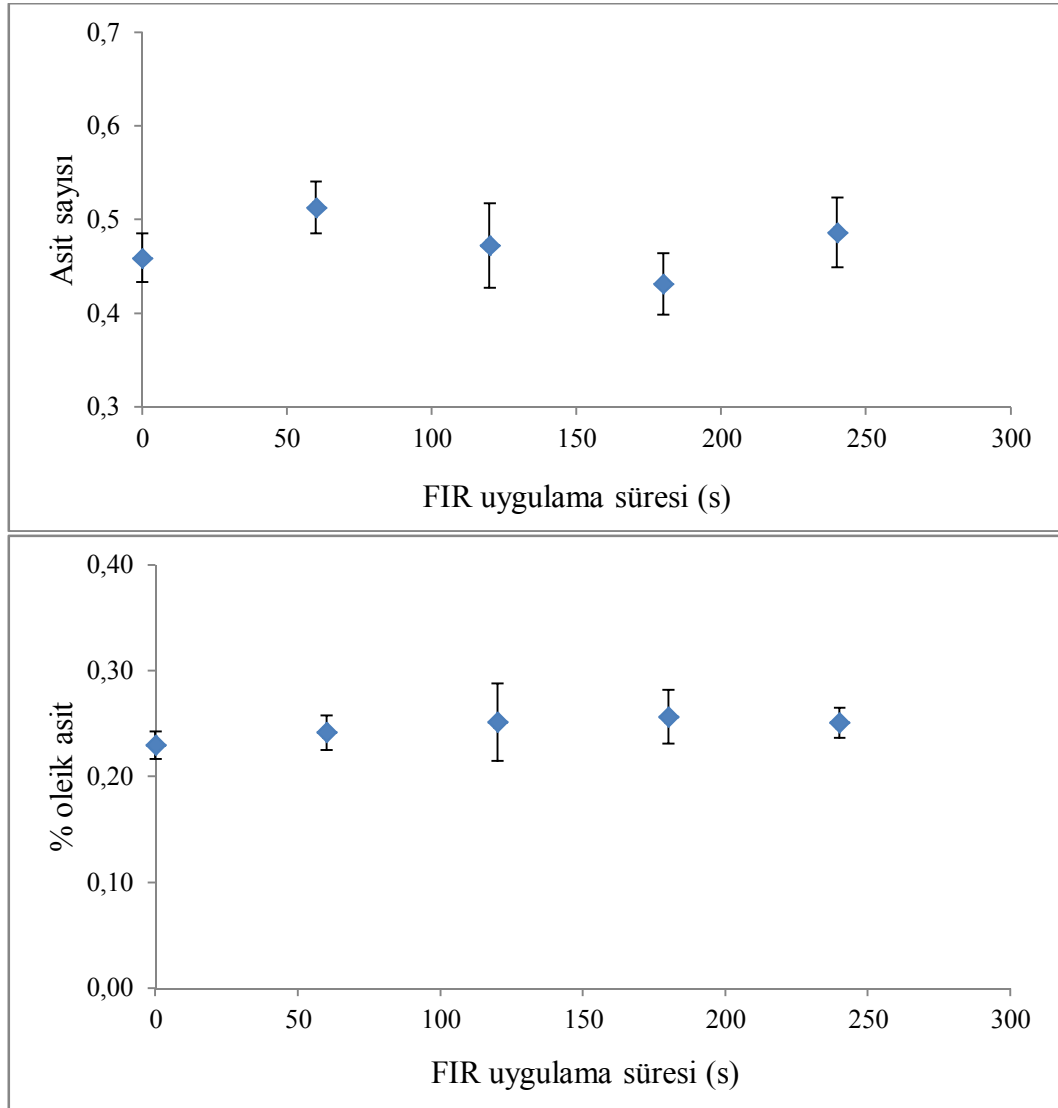


Şekil 4.4. 300 °C' de infrared uygulaması ile peroksit sayısında görülen değişim.

Başlangıçta  $2,25 \pm 0,62$  meq/ kg olan peroksit sayısı 240 s işlem sonunda  $4,96 \pm 0,26$  meq/ kg olarak tespit edilmiştir. TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardında peroksit sayısının en fazla 10 meq/ kg olması gerektiği bildirilmiştir. İnfrared uygulaması ile peroksit sayısında görülen artış limitler dahilinde olup, yer fıstığı yağının kalitesinde önemli bir değişime yol açmamaktadır.

#### 4.2.2.2. Serbest yağ asitleri miktarı ve asit sayısına etkisi

Yağlarda bulunan serbest yağ asitlerinin toplamı oleik asit yüzdesi olarak, asit sayısı ise 1 gram yağın nötürleşmesi için gerekli olan potasyum hidroksitin mg olarak ağırlığı şeklinde belirtilmiştir. Bu çalışmada 300 °C sıcaklığa ayarlanmış infrared tünel fırında 60, 120, 180 ve 240 saniye süre ile kalan yer fıstığı tanelerinden elde edilen yağda asit sayısı ve serbest yağ asitleri miktarı (% oleik asit cinsinden) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.5.' de görüldüğü gibi infrared uygulamasının yer fıstığı yağının asitliğine önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.5. 300 °C' de infrared uygulaması ile asitlikte görülen değişim.

Türk Gıda Kodeksi' nde verilen Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği' ne göre (2012/29) eşitli bitkisel yağların fiziksel ve kimyasal olarak taşması gereken özelliklere yer verilmiştir [Anonim b, 2012]. Bu tebliğe göre asit sayısı rafine yağlarda en çok 0,6 mg KOH/g yağ, soğuk preslenmiş ve natürel yağlarda ise 4 mg KOH/g yağ olması gerekmektedir. Peroksit sayısı ise rafine yağlarda en çok 10 meq O<sub>2</sub>/kg yağ, soğuk preslenmiş ve natürel yağlarda 15 meq O<sub>2</sub>/kg yağ olarak sınırlandırılmıştır. Yer fıstığı yağının özelliklerinin incelendiği çalışmada soğuk presleme ile elde edilen yer fıstığı yağının zellikleri Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği' ne göre değerlendirildiğinde hem peroksit sayısının hem de asit sayısının belirlenen limitler altında olduğu belirlenmiştir.

Yer fıstığı yağının özelliklerinin belirlenmesi amaçlı bir çalışmada, zcan ve Seven (2003), yer fıstığı tanelerinden elde edilen yağda yaptıkları analizler sonrasında kullanılan iki farklı tür fıstıkta peroksit sayısı değerini sırasıyla 1,99 ve 2,09 olarak belirlemişlerdir. % oleik asit cinsinden asitlik ise 0,93 ve 0,98 olarak tespit edilmiştir.

Makeri vd. (2011) yer fıstığı tanelerinin 80, 100, 120, 140 ve 160 C' de 20 dakika kavrulmasından sonra yağı ekstrakte edilmiş iki farklı örneklerde serbest yağ asitleri ve peroksit sayısında görülen değişimi incelemiştir. İşlem görmemiş örneklerde serbest yağ asitleri miktarı başlangıçta 0,30 ve 0,45 olarak belirlenmiştir ancak işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak bu değerlerde artma olduğu belirtilmektedir. 160 C' de 20 dakika kavrulan örneklerde asitlik sırası ile % 1,30 ve 1,80 seviyesine çıkmıştır. Aynı çalışmadan peroksit sayısı değişimi belirlenmiş, başlangıçta 1,50 ve 2 milieşdeğer gram (meq)/kg olarak tespit edilen peroksit sayısı, 160 C' de 20 dakika kavurma ile 2,40 ve 3,20 meq/kg seviyesine yükseldiği belirlenmiştir.

Zeng vd. (2009), vurgulu elektrik alan uygulamasının yer fıstığı yağının özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada, 20, 30, 40 ve 50 kV/cm gücünde yapılan uygulama ile peroksit sayısı ve asit sayısında görülen değişim araştırıldığında, peroksit sayısının 4,8 meq/kg' dan 11,5 meq/kg seviyesine kadar yükseldiği, asit sayısında ise 0,58 mg KOH/g' dan 0,71 mg KOH/g' a doğru bir artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir. 100 gün süre ile depolanan yağ



rneklerinde doymuş ve doymamış yağ asitlerinin uygulanan vurgulu elektrik alan işleminden etkilenmesi araştırıldığında ise doymamış yağ asitlerinde bu depolama süresinin sonunda bir miktar artma olduğu belirlenmiştir.

Megahed (2001), yer fıstığının mikrodalga ile kavrulması işleminin, fıstıklardan elde edilen yağın kalite özelliklerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, 2450 MHz gücünde 2,3,4 ve 5 dakika fıstıkları kavurduktan sonra, yağı ekstrakte etmiştir. Yağ rneklerinin asit ve peroksit sayılarında mikrodalga uygulama süresine bağlı artış olduğu belirlenmiştir. Başlangıçta 0,56 mg KOH/g olan asit sayısının 5 dakika kavurma ile 5,05 mg KOH/kg olduğu, peroksit sayısının ise 1,03 meq/kg' dan 3,08 meq/kg' a yükseldiği belirlenmiştir.

#### 4.2.2.3. Yer fıstığı yağının yağ asidi bileşimi üzerine etkisi

Yer fıstığının yağ asitleri bileşimi gaz kromatografisi cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan analiz sonrasında yer fıstığının % 8,41 palmitik asit, % 3,60 stearik asit, % 57,75 oleik asit, % 22,58 linoleik asit, % 1,84 araşidik asit, %1,1 cis 11 eikosenoik asit, % 3,27 behenik asit ve % 1,22 lignoserik asit içerdiği tespit edilmiştir. Yağ asitleri bileşimine ifreded uygulamasının etkisi araştırıldığında ise izelge 4.7.' den, 300 C' de 60, 120, 180 ve 240 saniyelik uygulama ile bileşimde önemli bir değişime neden olmadığı görülmüştür.

Türk Gıda Kodeksi' nde verilen Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği' nde yer fıstığı yağında bulunan her bir yağ asidi için toplam yağ asitleri yüzdesi olarak alt ve st limitler belirtilmiştir. Bu tebliğer göre yer fıstığı yağında palmitik asit % 8-14, stearik asit % 1-4,5, oleik asit % 35-69, linoleik asit % 12-43, araşidik asit % 1-2, eikosenoik asit 0,7-1,7, behenik asit 1,5-4,5 ve lignoserik asit % 0,5-2,5 arasında olmalıdır. Bu çalışmada elde edilen yer fıstığı yağlarının yağ asitleri kompozisyonunun verilen limit aralığında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. 300° C’ de 60, 120, 180 ve 240 s. uzak infrared ışınlarına maruz bırakılan yer fıstığı tanelerinden elde edilen yağlarda yağ asidi bileşimi.

Yağ asidi		FIR uygulama süresi (s)				
		0	60	120	180	240
Palmitik	16:0	8,41±0,007	8,45±0,005	8,39±0,011	8,51±0,003	8,39±0,006
Stearik	18:0	3,60±0,001	3,66±0,006	3,74±0,004	3,68±0,005	3,72±0,001
Oleik	18:1	57,75±0,003	57,55±0,008	57,81±0,016	57,80±0,007	58,35±0,009
Linolek	18:2	22,58±0,009	22,52±0,003	22,24±0,014	22,49±0,005	22,13±0,005
Araşidik	20:0	1,84±0,001	1,89±0,006	1,91±0,003	1,86±0,005	1,85±0,003
Eikosenoik	20:1	1,10±0,004	1,10±0,009	1,10±0,012	1,08±0,003	1,06±0,001
Behenik	22:0	3,27±0,007	3,36±0,006	3,36±0,013	3,20±0,008	3,15±0,005
Lignoserik	24:0	1,44±0,007	1,47±0,015	1,47±0,013	1,38±0,002	1,34±0,018

#### 4.2.3. Uzak İnfrared Uygulamasının Yer Fıstığıının Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

##### 4.2.3.1. Numunelerin başlangıç mikrobiyal yüklerinin belirlenmesinde farklı homojenizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması

Gıdaların mikrobiyolojik analizinde sağlıklı sonuç alınmasında en kritik aşamalar örnekleme ve örneğin dilüsyon sıvısına aktarılıp içerdiği mikroorganizma sayısının buldukları gıdadan dilüsyon sıvısına geri kazanımını maksimum oranda sağlanmasını amaçlayan homojenizasyondur. Gıdalarda homojenizasyon işlemi geçtiğimiz yıllarda, içerisinde steril dilüsyon sıvısı bulunan şişelerde veya tezgah üstü ya da el blenderları ile yapılırken, bu sistemlerin bir sonraki kullanım için sterilizasyon gerektirmesi ve bu işlemin oldukça zahmetli olması nedeniyle ilerleyen teknoloji ile alternatif homojenizasyon yöntemleri önerilmiştir. Ultrasound uygulamaları, vorteks karıştırıcıların kullanımı, su püskürtme yöntemi bu amaçla kullanılan tekniklerden bazılarıdır. Ancak daha sonra bu yöntemlerin de rutin ve sık analiz yapan laboratuvarlarda pratik olmadıkları düşünülerek örneklerin steril torbalara aktarılıp, cihazda bulunan pedalların gıdaya seri

darbeler uygulayarak örneğin ezilmesi prensibine dayanan stomacher cihazı kullanılmaya başlanmıştır. [Sharpe ve Jackson, 1972].

Sıvı örneklerde çoğu zaman basitçe yapılabilen homojenizasyon işlemi katı gıdalarda önem taşımaktadır. Mikrobiyolojik analizlerde en sık kullanılan homojenizasyon yöntemleri yüzeyden yıkama sıvısına mikroorganizma geçişinin sağlandığı vorteks çalkalayıcı ile homojenizasyon, stomacher parçalayıcıların ve tezgah üstü blender cihazlarının kullanımı ile yapılan homojenizasyon işlemleridir. Örneğin peynir, et, sebze gibi gıdalar için en uygun homojenizasyon yöntemi parçalamaya dayalı olan stomaching yöntemi iken yüzey bulaşısının söz konusu olduğu gıdalarda ise çalkalama yöntemi yeterli olmaktadır [Doğan, 1993].

Çalışmanın bu kısmında, 250° C – 150 s infrared işlemi uygulanan ve infrared uygulanmayan yer fıstığı örneklerinin içerdiği toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam maya küf sayıları farklı homojenizasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Homojenizasyon, vorteks karıştırıcıda çalkalama, stomacher cihazı ile parçalama ve tezgah üstü bir öğütücüde öğütme işlemleri ile yapılmıştır. Vorteks çalkalayıcıda örneklerin yüzeyinde bulunan mikroorganizmaların dilüsyon sıvısına geçişi sağlanmıştır. Çalkalama işlemi ile örneklerde fiziksel bir hasar söz konusu olmamıştır. Stomacher cihazında yapılan 30 saniyelik homojenizasyon işleminde yer fıstıklarında belli miktarda parçalanma olmuştur. 10 saniyelik öğütme işleminde ise örneklerin boyutu küçültülmüştür. Homojenizasyon işleminden sonra uygun besiyerlerine ekimler yapılmış ve gerekli inkübasyon sürelerinin sonrasında örnekten geri kazanımı yapılan mikroorganizma sayıları belirlenmiştir (Çizelge 4.8. ve 4.9).

Çizelge 4.8. FIR uygulanmış ve uygulanmamış yer fıstığı örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri aranmasında farklı homojenizasyon yöntemleri kullanılması sonucu elde edilen mikroorganizma sayıları.

	Vorteks çalkalayıcı	Stomacher parçalayıcı	Öğütücü
IR uygulanmamış (log N)	5,30±0,23	5,39±0,50	5,01±0,37
250° C – 150 sn FIR (log N)	4,24±0,22	4,67±0,68	4,73±0,67

Çizelge 4.9. FIR uygulanmış ve uygulanmamış yer fıstığı örneklerinde toplam küf maya aranmasında farklı homojenizasyon yöntemleri kullanılması sonucu elde edilen mikroorganizma sayıları.

	Vorteks çalkalayıcı	Stomacher parçalayıcı	Öğütücü
IR uygulanmamış (log N)	5,92±0,23	7,01±0,38	6,19±0,26
250° C – 150 sn FIR (log N)	3,56±0,52	3,93±0,54	3,82±0,58

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde stomacher parçalayıcı ile yapılan işlem sonrası elde edilen sonuçlar bir miktar yüksek çıkmakla beraber homojenizasyon yöntemleri arasında önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Ayrıca örneklerde bulunan mikroorganizmaların büyük bölümünün tane yüzeyinde olduğu vorteks çalkalayıcı ile yapılan işlemin sonuçlarının diğer yöntemlerin sonuçları ile yakınlığından anlaşılmaktadır.

Küf maya sonuçları (Çizelge 4.9) değerlendirildiğinde ise vorteks çalkalama işleminde belirlenen mikroorganizma yükünün daha az olduğu görülmektedir. Diğer yöntemlerde bu değerlerin daha yüksek çıkması, küflerin sahip olduğu misellerin gıda üzerinde kırılan ve hasar gören noktalardan iç kısımlara doğru yayılması ve parçalamaya dayalı homojenizasyon işlemleri sırasında iç kısımdaki misellerin de dilüsyon sıvısına geçmesinin bir sonucu olduğu tahmin edilmektedir. Stomacher parçalayıcı kullanıldığında, örneklerdeki mikroorganizmaların dilüsyon sıvısına geçişinin diğer yöntemlerle yapılan homojenizasyon işlemlerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Öğütücü kullanımında yer fıstıklarının parçalanması sırasında mikroorganizmaların da bir bölümünün zarar görmesinden dolayı tespit edilen mikroorganizma sayısı stomacher ile yapılan homojenizasyon yönteminden daha azdır.

Farklı homojenizasyon yöntemlerinin kullanıldığı toplam mezofilik aerobik bakteri analizlerinin sonrasında 250 °C’ de 150 saniyelik infrared işlemi, vorteks çalkalama işlemi ile homojenize edildiğinde mikroorganizmaların % 20’ lik, stomacher cihazında parçalama yöntemi ile % 13,36’ lık, öğütücü ile parçalama yöntemi ile % 5,59’ luk azalma sağlandığı belirlenmiştir.

Küf analizlerinin sonrasında ise 250 °C’ de 150 saniyelik İnfrared işleminin, vorteks çalkalama işlemi ile homojnize edildiğinde mikroorganizmaların % 39,86’ lık, stomaching yöntemi ile % 43,94’ lük, öğütücü ile parçalama yöntemi ile % 38,29’ luk azalma sağladığı belirlenmiştir.

Kullanılan homojenizasyon yöntemleri birbiriyle karşılaştırıldığında mikroorganizma sayıları arasında önemli bir fark görülmemiştir. Bu nedenle homojenizasyon işlemleri vorteks çalkalayıcı ile gerçekleştirilmiştir.

Dickson (1990), sığır etlerinde *Listeria monocytogenes* aranmasında farklı homojenizasyon yöntemlerinin karşılaştırdığı çalışmasında blender ve stomacher yöntemlerini kullanılmıştır. 0,5-5 dk arasında değişen homojenizasyon sürelerinde mikroorganizma sayıları belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda homojenizasyon süreleri ve kullanılan homojenizasyon yöntemleri arasında *L. monocytogenes* geri kazanımında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Seo vd. (2003), yumurtalardan *Salmonella enteritidis* geri kazanımında blender, stomacher yöntemleri ile karıştırma ve elle masajla homojenizasyon yöntemlerini karşılaştırmıştır. Başlangıçta inokule edilen mikroorganizma sayıları birbirinden farklı olan örnekler 37 °C’ de 24 ve 48 saat inkübasyona bırakılmış bu sürelerden sonra ekimler yapılmıştır. Homjenizasyon yöntemi olarak karıştırma ve elle masaj yama yöntemleri seçildiğinde elde edilen mikroorganizma sayılarının blending ve stomachinge göre daha az oldukları tespit edilmiştir. Buna neden olarak ise yumurtada bulunan albümin proteininin antimikrobiyal özelliği stomaching ve blending yöntemleri ile daha fazla ortaya çıkmaktadır. Bir diğer sebep olarak ise blender gibi cihazlarda kesme geriliminden ve cihazın ısınmasından dolayı mikroorganizmaların bir bölümünün hasar görmüş olabileceği gösterilmektedir.

#### 4.2.3.2.Uzak İnfrared uygulamasının yer fıstığı örneklerinin doğal mikroflorasındaki toplam mezofilik aerobik bakteri popülasyonuna etkisinin belirlenmesi

TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardında genel hijyen ve sanitasyon kurallarına ne kadar uyulup uyulmadığının bir göstergesi olan toplam mezofilik aerobik bakteri düzeyi açısından bir ölçüt bulunmamaktadır. Ancak Kayode vd. (2011), yer fıstığı'nın kimyasal özellikleri ve mikrobiyal kalitesini inceledikleri çalışmalarında, yer fıstığı'nın da ait olduğu bakliyat grubu ürünlerde bulunmasına izin verilen toplam mezofil aerobik bakteri sayısının  $1 \times 10^4$  kob/g olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Başlangıçta toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı  $10^{4,83} - 10^{4,94}$  kob/g aralığında olan yer fıstığı örneklerinde mikroorganizma sayısı belirtilen  $10^4$  kob/g düzeyine 150-200-250-300-350-400 °C' de sırası ile 240, 150, 60, 50, 45, 25 saniyelik infrared uygulaması ile indirilmiştir. Ayrıca uzak infrared işlemi ile bütün uygulama sıcaklıklarında değişken sürelerde toplam mezofilik aerobik bakteri açısından sterilizasyon sağlanabilmiştir. Şekil 4.6. 'da bu sürelerin 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C için sırasıyla 540, 450, 200, 150, 160, 125 saniye olduğu görülmektedir.

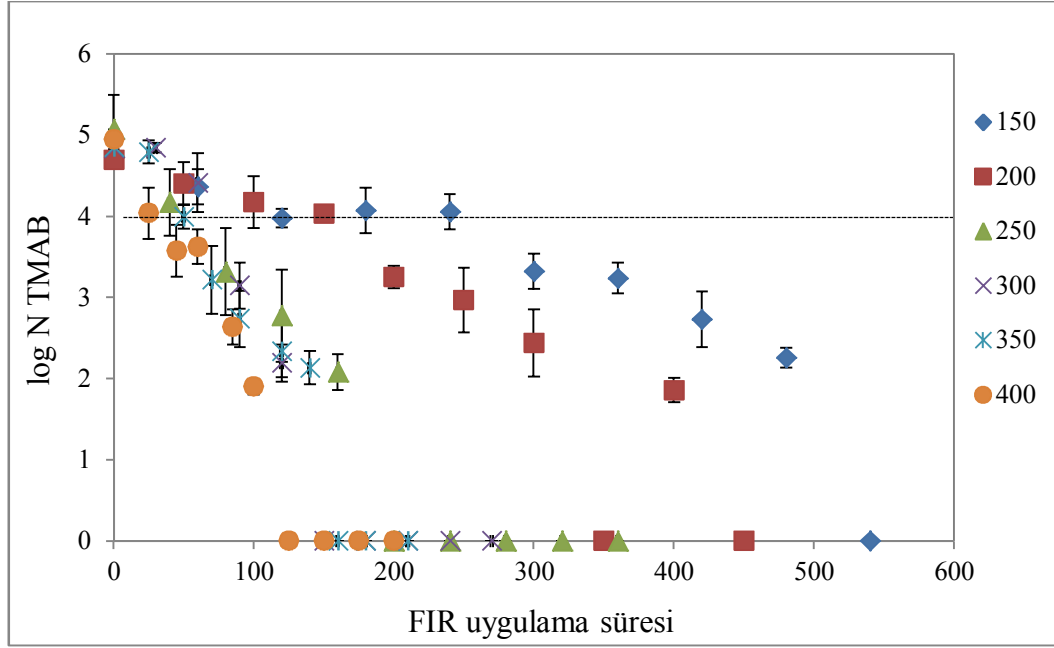
#### 4.2.3.3.Uzak İnfrared uygulamasının yer fıstığı örneklerinin doğal mikroflorasındaki toplam maya küf popülasyonuna etkisinin belirlenmesi

Yer fıstığı örneklerinin mikrobiyal yükü üzerine uzak infrared ışınlarının etkisinin araştırıldığı bu bölümde farklı başlangıç mikrobiyal yüklerine sahip yer fıstığı örnekleri kullanılmıştır.

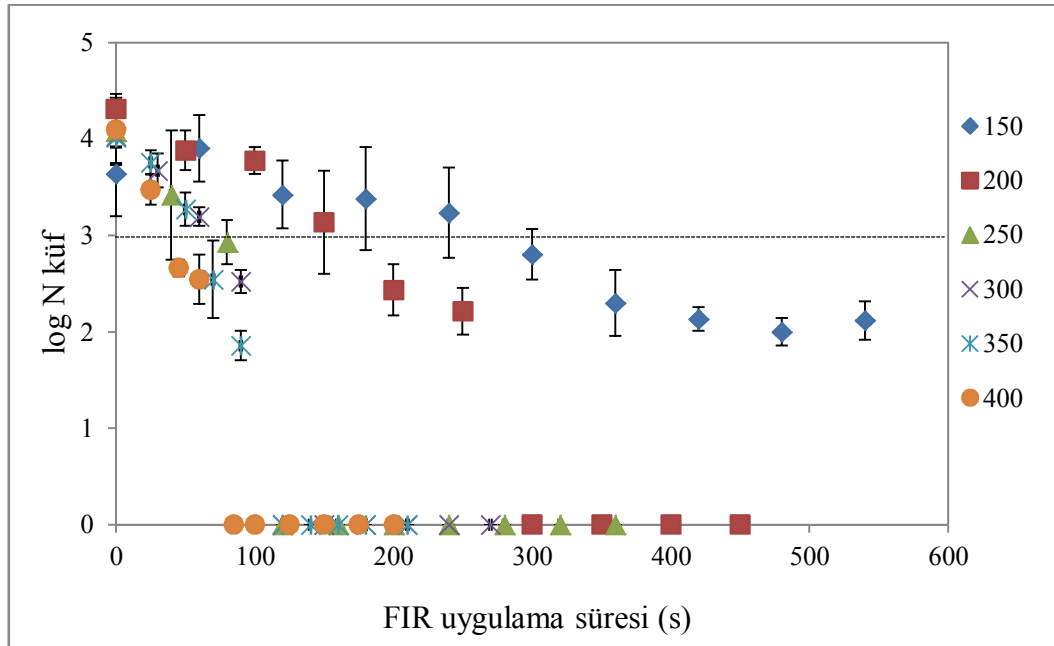
TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardında verilen üç sınıflı örnekleme planına göre örneklerde bulunabilecek mikroorganizma sayıları verilmiştir. Bu standarda göre örneklerde bulunabilecek toplam küf  $10^3$  kob/g düzeyine indirilmesi gerekmektedir.

Mikroorganizma sayısı başlangıçta  $10^{3,64} - 10^{4,31}$  kob/g aralığında olduğunda standartta belirtilen  $10^3$  düzeyine, 150-200-250-300-350-400 °C tünel

sıcaklıklarında sırası ile 300, 200, 80, 90, 60, 45 saniyelik infrared uygulaması ile düşürüldüğü Şekil 4.7.' de görülmektedir. Ayrıca uzak infrared işlemi ile 150 °C' de 540 saniyelik infrared işlem sonucu mikroorganizma sayısı sıfırlanamazken, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C tünel sıcaklıklarında sırasıyla 300, 125, 125, 125, 80 saniyede toplam maya küf açısından sterilizasyon sağlanabilmiştir.

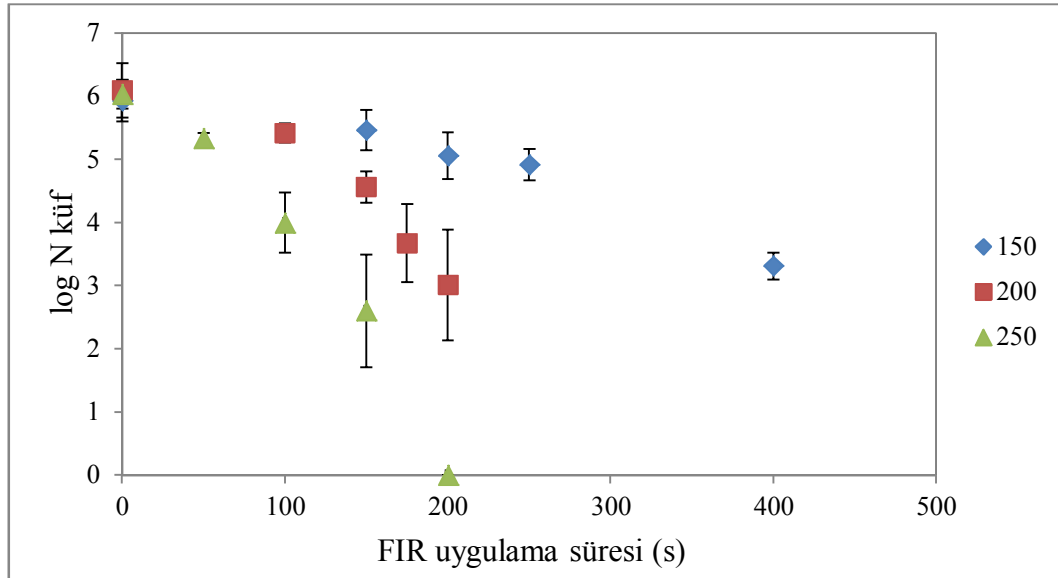


Şekil 4.6. Farklı sıcaklıklarda uygulanan infrared işleminin yer fıstığı yüzeyinde bulunan mezofilik aerobik mikroorganizma popülasyonuna etkisi.



Şekil 4.7. Farklı sıcaklıklarda uygulanan infrared işleminin yer fıstığı yüzeyinde bulunan küf popülasyonuna etkisi.

Başlangıç doğal mikroflorasında bulunan küf maya popülasyonu  $10^{5,9}$  -  $10^{6,02}$  kob/g düzeyinde olan örnekler ise 150, 200 ve 250 °C' de değişik sürelerde infrared tünel fırına beslenmiş, örneklerin mikrobiyal analizleri yapıldıktan sonra elde edilen sonuçlar Şekil 4.8.' de gösterilmiştir. TS 13232 nolu standartta yer fıstığı örneklerinde bulunabilecek mikroorganizma sayısının  $10^3$  kob/g düzeyinde olması gerektiği göz önüne alındığında, hedeflenen seviyeye 150, 200 ve 250 °C' de sırasıyla 400, 200 ve 150 saniyelik infrared işlem süreleri ile ulaşılabildiği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda 250 °C' de 200 saniye süre uygulama ile mikrobiyal yükün sıfırlandığı görülmektedir.



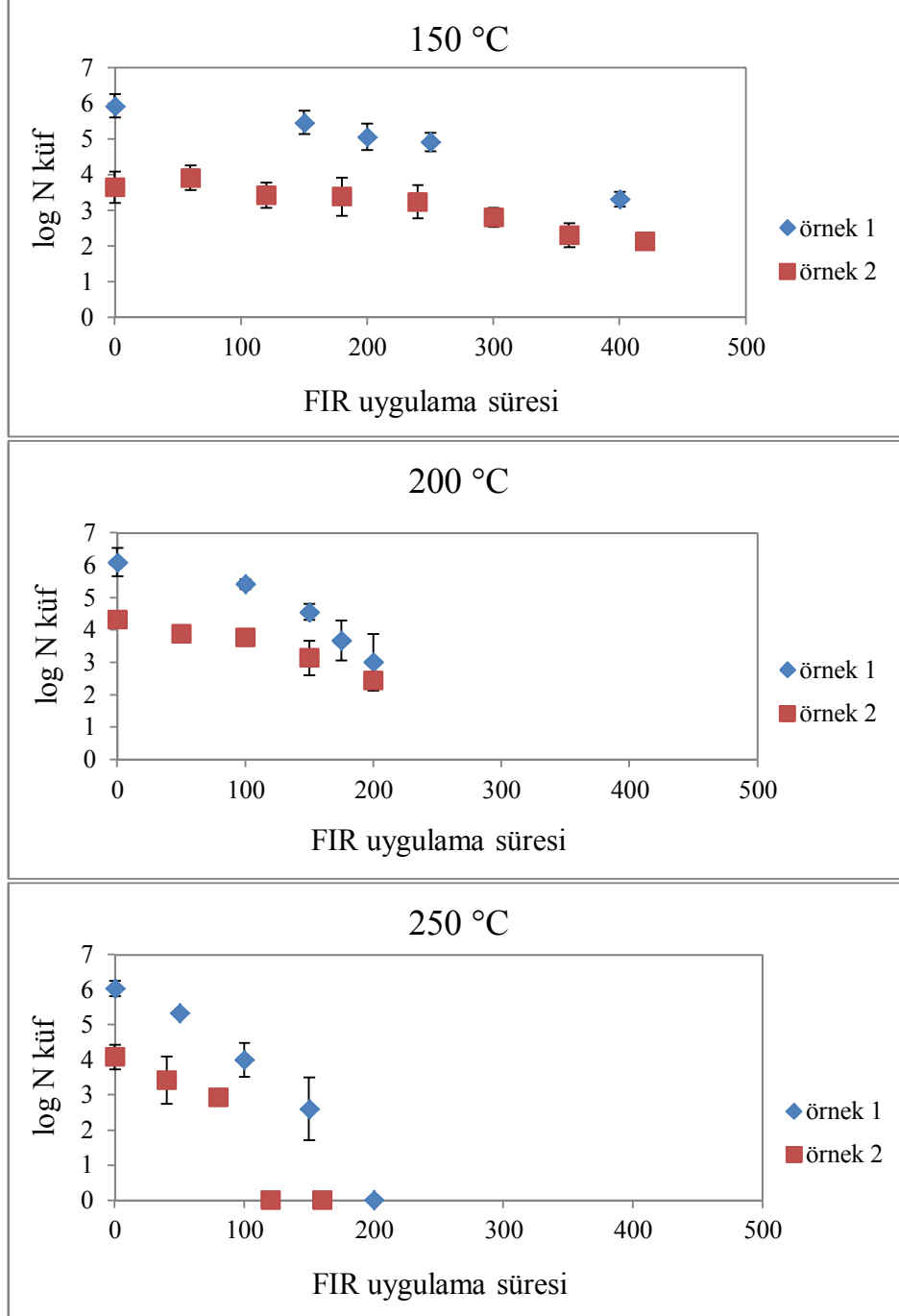
Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda uygulanan infrared işleminin başlangıç mikrobiyal yükü  $10^{5,9}$  -  $10^{6,02}$  kob/g olan yer fıstığı örneklerinin yüzeyinde bulunan küf popülasyonuna etkisi.

#### 4.2.3.3.1. Başlangıç mikrobiyal yükleri birbirinden farklı olan örneklerin buldukları toplam küf maya sayısı üzerine uzak infrared ışınlarının etkisinin belirlenmesi

Bu bölümde başlangıç mikroorganizma düzeyleri yaklaşık  $10^4$  kob/g ve  $10^6$  kob/g olan iki farklı yerden temin edilen yer fıstığı örneklerinin toplam küf maya popülasyonu üzerine infrared işleminin etkisi araştırılmıştır. 150, 200 ve 250 C' de farklı sürelerde FIR ışınlarına maruz bırakılan örneklerdeki mikrobiyal azalma Şekil 4.9.' da gösterilmiştir. Kullanılan üç ayrı tünel fırın sıcaklığında farklı



başlangıç mikrobiyal yüklerine sahip örneklerde FIR ışıklarının mikrobiyal yükü fazla olan örnek üzerine azaltıcı etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. 150, 200 ve 250 °C' de uygulanan infrared işleminin başlangıç mikrobiyal yükleri birbirinden farklı olan yer fıstığı örneklerinin yüzeyinde bulunan küf popülasyonuna etkisi.

Yapılan çalışma ile uzak infrared ışınları ile yer fıstığının yüzeyinde bulunan mikroorganizmaların sayısının etkin bir şekilde azaltıldığı belirlenmiştir. İnfrared uygulamaları mikrobiyal açıdan güvenli ve besin değeri açısından yüksek kalitede ürün elde edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bingöl vd. (2011), *Pediococcus* ile  $10^8$  kob/g düzeyinde kontamine edilmiş çiğ bademin pastörizasyonunda infrared ışınlarının azaltıcı etkisini belirledikleri çalışmada bademlerin yüzey sıcaklıklarının 100, 110 ve 120° C' ye hızlı bir şekilde yükseltilmesinden sonra 70, 80 ve 90 ° C' de 5 dakika ile 60 dakika arasında değişen farklı süre kombinasyonlarında bekletilmesi şeklinde yaptıkları işleme mikroorganizma sayısında uygulanan ilk sıcaklık derecesine ve bekleme sıcaklık ve sürelerine bağlı olarak önemli azalmalar sağlandığını belirtmiştir.

Yang vd. (2010), bademin kavrulmasında IR ışınları ile örneklerin sıcaklığını hızlı bir şekilde istenilen sıcaklığa ulaşmasını sağladıktan sonra sıcak hava kurutucuda kavrulması yöntemlerini kullanırken, diğer yandan bu işlemin *Pediococcus* türlerinden biri olan *Enterococcus faecium* üzerine etkisi araştırmıştır. Başlangıçta  $10^{8,55}$  kob/g mikroorganizma içeriğine sahip örneklerin mikrobiyal yükünde infrared işlemi ile kavrulmuşluk derecesine göre açık renkli örneklerde 130, 140 ve 150 °C' de sırası ile 2,19, 2,91, 2,82 kob/g azalma sağlanmıştır. Orta kavrulmuş örneklerde bu azalma 130, 140 ve 150 °C için sırasıyla 2,94, 3,21, 4,12 kob/g azalma ve son olarak kavrulma derecesi en fazla olduğunda 130, 140 ve 150 °C için sırasıyla 3,56, 4,35, 4,53 kob/g azalma sağlanmıştır. Çalışmada infared ve sıcak hava kavurma yöntemlerinin kombinasyonu ile yapılan kavurma işleminde en fazla mikrobiyal azalmanın sağlandığı belirtilmiştir.

Erdoğdu ve Ekiz (2011), 200, 250 ve 300 °C' lik tünel sıcaklıklarında FIR ışınlarının kimyon taneleri üzerindeki toplam mezofil aerobik bakteri sayısı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, farklı başlangıç mikrobiyal yüklerine sahip kimyonlarda  $10^{4,7}$  kob/g ve  $10^{5,6}$  kob/g olarak belirlenen mikroorganizma sayısının 300, 250, ve 200 °C tünel sıcaklıklarında sırası ile 1,83, 2,63 ve 4,83 ve 2,12, 3,40, 5,35 dakikalık işleme  $10^4$  kob/g seviyesine düştüğünü belirlemiştir. Benzer olarak karabiber taneleri üzerine infrared ışınlarının etkileri

araştırıldığında ise 300 ve 350 °C fırın sıcaklığında sırasıyla 4,5 ve 3,5 dakika bırakılan örneklerde mikrobiyal yük  $10^7$  kob/g seviyesinden, baharat tebliğinde belirtilen  $10^4$  kob/g limit değerine düşürülmüştür.

Staack vd. (2008), orta ve yakın infrared ışınları ile farklı su aktivitesi değerlerine ayarlanmış (0,50, 0,80, 0,96) kırmızı toz biber örneklerinin yüzeyinde doğal olarak bulunan toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine etkilerini belirledikleri çalışmada, 0,50 su aktivitesine sahip toz biber örneklerinde herhangi bir azalma sağlanamazken, su aktivitesi arttıkça mikrobiyal azalmadaki etkinliğin de arttığı belirtilmiştir. Bu durumun yüksek su aktivitesinde örneklerin infrared ışınlarını daha iyi absorblamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Huang (2004), *Listeria monocytogenes* ile kontamine edilmiş sosislerin, infrared ışınları kullanılarak yüzey pastörizasyonundaki etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, yüzey sıcaklıklarının 70, 75 ve 80 °C' ye ulaşması ile pastörizasyonu sağlamıştır. Başlangıçta inoküle edilen mikroorganizma sayısı  $10^{6,4}$  kob/g iken, yüzey sıcaklığı 70, 75 ve 80 °C olduğunda sırasıyla mikroorganizma sayısında sırasıyla 3,5, 4,3 ve 4,5 logaritmik azalma sağlanmıştır. Ancak mikrobiyal azalmanın yanında infrared uygulaması ile örneklerin renginde bir miktar farklılık oluştuğu belirtilmiştir.

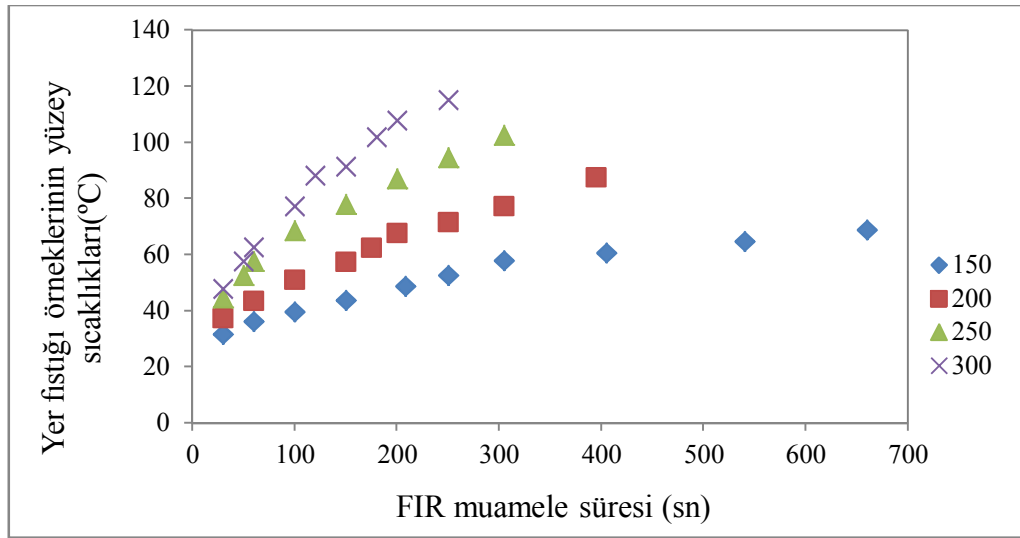
Krishnamurthy vd. (2008) farklı hacimlerdeki (3, 5 ve 7 mL) sütte, *Staphylococcus aureus* inaktivasyonu amaçlı iki farklı lamba sıcaklığında (536, 619) 1,2 ve 4 dakika süren infrared işlemi ile mikrobiyal yükte 0,1 ile 8,41 log kob/mL aralığında azalma sağlamıştır. Sağlanan azalmanın infrared uygulama sıcaklığı ve sürelerindeki artışla doğru orantılı, örnek hacmi ile ters orantılı olarak değiştiği belirtilmiştir.

#### 4.2.4. FIR Uygulaması ile Yer Fıstığı Örneklerinin Yüzey Sıcaklıklarındaki Değişim

İnfrared enerjisi katı gıdaların yüzeyinden absorlanmaktadır. Gıdaların iç kısımlarına penetrasyon gücünün oldukça sınırlı olmasından dolayı yüzeyde hızlı bir sıcaklık artışı gerçekleşmektedir. Yüzey sıcaklığındaki artışa bağlı olarak gıda materyallerinin içerisine ısı kondüksiyonla iletilmektedir. Katı gıdaların ısı

iletkenliği düşük olduğundan kondüksiyonla ısı iletimi çok yavaş gerçekleşmektedir. Katı gıdaların infrared ışınları ile muamelesi sonrasında enerji yüzeyde toplanarak yüzey sıcaklıklarının hızlı bir şekilde artmasına neden olur. Bu sekilde yüzey bulaşısının söz konusu olduğu gıdalarda yüzeydeki mikrobiyal yük azaltılırken gıdanın i kısımlarındaki besin öğeleri büyük lde korunmaktadır. [Huang, 2004].

Bu tez çalışmasında uzak infrared tünel fırınına beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklık dağılım profilleri infrared kamera yardımı ile belirlenmiştir. Yer fıstıklarının tünelin çıkış noktasına yakın bir bölgede st kısmındaki açıklıktan görüntüleri alınmış ve yüzey sıcaklıkları belirlenmiştir. şekil 4.10.' da 150-200-250-300°C tünel sıcaklıklarında, yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıklarında zamana bağlı bir artış olduğu görülmektedir.



şekil 4.10. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıklarında görülen değişim.

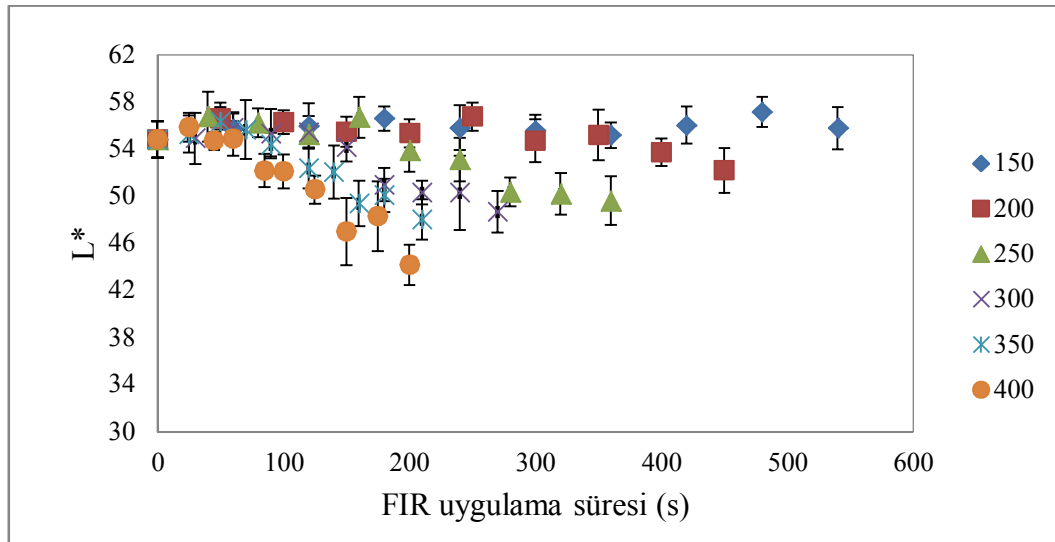
#### 4.2.5. FIR Uygulaması ile Yer Fıstığı rneklerinin Renk Parametrelerindeki Değişim

Yer fıstığı ülkemizde genellikle kavrulmuş ve çeşitli çeşni maddeleri ile kaplanmış erezlik fıstık olarak kullanım alanı bulmaktadır. Kavurma işlemi sırasında örneklerde önemli miktarda renk değişimi gözlenmektedir. İnfrared uygulaması yüzeyde ısı birikimi nedeniyle geleneksel kavurma yöntemleri gibi örneklerin renklerinde bir takım farklılıklar oluşmasına neden olabilir.

Bu çalışmada örnekler 150-200-250-300-350-400 C’ de farklı sürelerde infrared işlemine maruz bırakılmış ve infrared öncesi ve sonrasındaki renk parametrelerinin değişimi incelenmiştir. Yer fıstığı örneklerinde incelenen renk özellikleri parlaklığı simgeleyen ve 0 ile 100 arasında değer alan L\* değeri, kırmızılık ve yeşillik arasındaki renklerin sayısal olarak ifade edilmesinde kullanılan a\* değeri ve son olarak sarılık ve mavilik arasındaki renklerin sayısal olarak ifade edilmesinde kullanılan b\* değeridir. Ayrıca C\* ve h değerlerinin değişimi de incelenmiştir.

#### 4.2.5.1. FIR uygulamasının L\* değerine etkisi

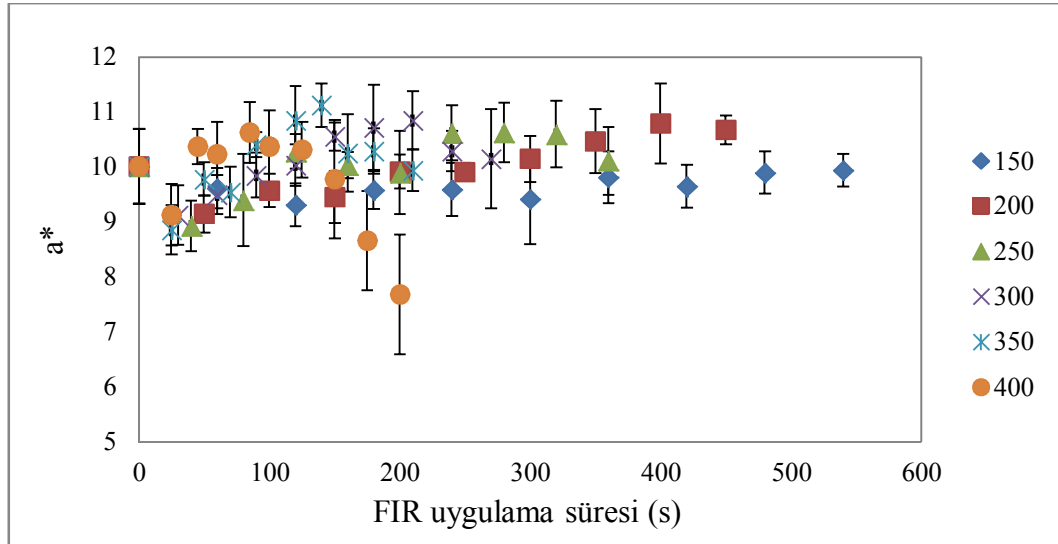
0-100 aralığında değişkenlik gösteren L\* değerinde 0 siyah, 100 beyaz rengi temsil etmektedir. Bu çalışmada yer fıstıklarında Hunter Lab cihazı kullanılarak yapılan ölçümler sonrasında örneklerin parlaklıklarının uygulanan infrared işlemi ile azaldığı görülmektedir. Şekil 4.11.’ de farklı infrared tünel sıcaklıklarında, parlaklık özelliklerinde görülen değişim gösterilmiştir. Bu grafiğe göre 150 C tünel fırın sıcaklığında örneklerin parlaklıklarının 540 saniyelik işlemden çok fazla etkilenmediği söylenebilir. Ancak fırın sıcaklığı 200, 250, 300, 350, 400 C’ ye ayarlandığında yer fıstığı örneklerinin parlaklıkları sırasıyla 350., 160., 120., 70., 60. saniyeye kadar değişmezken ilerleyen sürelerde belirgin olarak azalmaktadır. Başlangıçta 54-58 aralığında olan L\* değeri 400 C’ de 200 saniye uygulanan uzak infrared işlemi ile 44’ e kadar düşmüştür.



Şekil 4.11. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin parlaklıklarında (L\*) görülen değişim.

#### 4.2.5.2. FIR uygulamasının a\* değerine etkisi

İnfrared uygulama süresine bağlı olarak a\* değerinde bütün sıcaklıklarda artma olduğu görülmektedir. a\* değeri en fazla 350 C’ de 140 saniyelik işlem sonrasında 11,1172 değerine kadar çıkmıştır. Ayrıca Şekil 4.12.’ de gösterilen grafik incelendiğinde belli srelerden sonra kırmızılığın göstergesi olan a\* değerinde görülen artış yerini azalmaya bıraktığı görülmektedir. 150 ve 200 C’ de uygulanan maksimum srelere kadar a\* değeri sürekli artmaktadır. Ancak 250-300-350-400 C’ de sırasıyla 320., 210., 140. ve 125. saniyelere kadar görülen artma eğilimi bu srelerden sonra aksine azalmaya başlamıştır. Belirtilen bu zaman aralıklarında örneklerin yüzeyinde kararmalar oluşmaktadır.

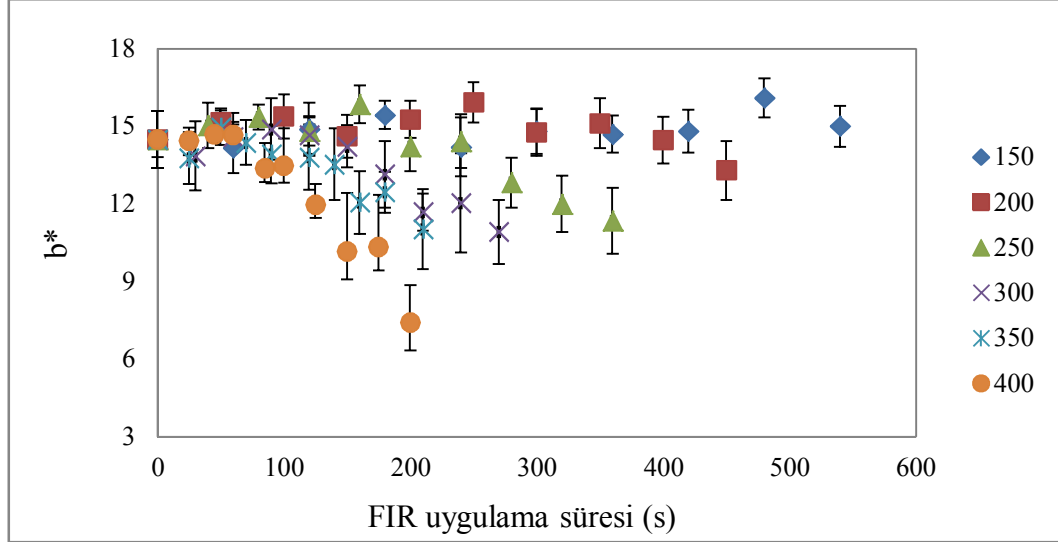


Şekil 4.12. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin kırmızılıklarında (a\*) görülen değişim.

#### 4.2.5.3. FIR uygulamasının b\* değerine etkisi

Bu çalışmada uygulanan uzak infrared işleminden b\* değerinin etkilendiği Şekil 4.13.’ de gösterilmektedir. Uygulama süresine bağlı olarak başlangıçta 14-16 aralığında belirlenen b\* değerinde bütün sıcaklıklarda belirli işlem sürelerine kadar değişim olmazken, infrared ışınlarına maruz kalma süresi uzadığı b\* değerinde azalmalar olduğu görülmüştür. 150 C’ de 540 saniyelik işlem sonrasında b\* değerinde önemli bir değişim olmazken, 200, 250, 300, 350 ve 400 C’ de sırasıyla 400, 160, 120, 100 ve 60 saniyelik işlem sürelerine kadar etkilenmeyen b\* değeri verilen bu srelerden sonra azalmaya başlamıştır.

Minimum  $b^*$  değeri 400 °C de 200 saniye boyunca tünel fırın içerisinde kalan örnekten elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin sarılıklarında ( $b^*$ ) görülen değişim.

Chukwumah vd. (2009) 27 farklı yer fıstığı çeşidinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametrelerini inceledikleri çalışma sonucunda ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla  $43,81 \pm 0,78$ ,  $18,66 \pm 0,43$ ,  $19,26 \pm 0,47$  olarak belirlenmiştir.

Yer fıstıklarında yapılan bu çalışmaya benzer olarak Bingöl vd. (2011), çiğ bademin infrared ile pastörizasyonu işleminin renk parametreleri üzerine etkisini araştırdıklarında,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin uygulanan infrared işleminden etkilenmediğini belirtmiştir.

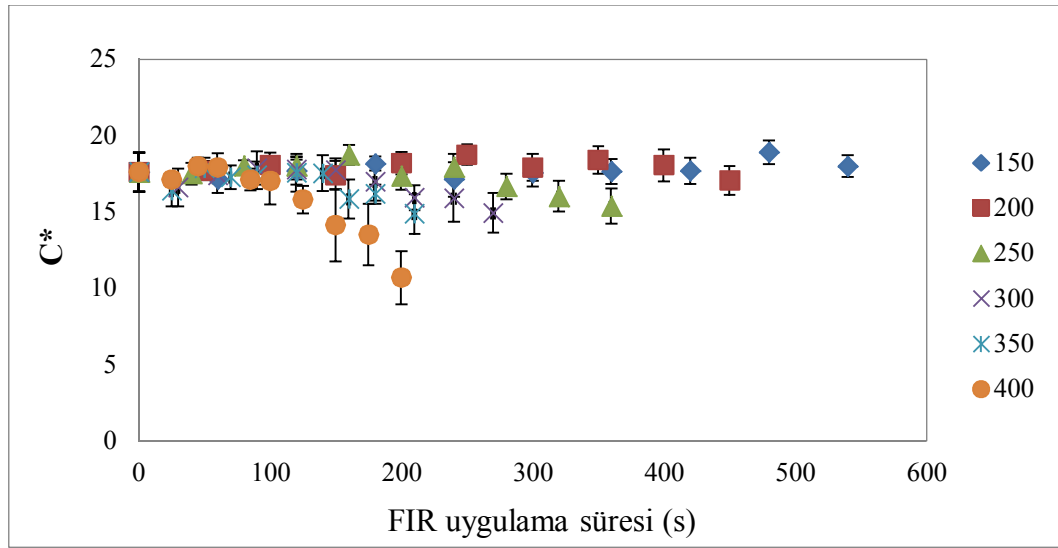
#### 4.2.5.4. FIR uygulamasının C (kroma) değerine etkisi

Uygulanan infrared işleminin örneklerin  $C^*$  değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır.  $C^*$  değeri ışığın belirli bir dalga uzunluğunda yansıma miktarı yoğunluk, koyuluk veya genellikle “doyguluk” olarak bilinmektedir.

Yer fıstığı örneklerinin renk doygunlukları ile ilgili sayısal bilgi veren  $C^*$  değerinin bu çalışmada uygulanan uzak infrared işleminden etkilendiği belirlenmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 4.14.’ de verilmiştir. İnfrared işlemine maruz bırakılmamış örneklerde 17 civarında değişen  $C^*$  değerinde bütün

sıcaklıklarda belirli işlem sürelerine kadar değişim olmazken, infrared ışınlarına maruz kalma süresi uzadıkça C\* değerinde azalmalar olduğu görülmüştür.

150 °C’ de 540 saniyelik işlem sonrasında C\* değerinde belirgin bir değişim olmamıştır. Ancak, 200-250-300-350-400 °C’ de sırasıyla 400, 160, 120, 100 ve 60 saniyelik işlem sürelerine kadar önemli bir değişim olmayan C\* değerinde, belirtilen bu sürelerden sonra azalma olduğu görülmüştür.



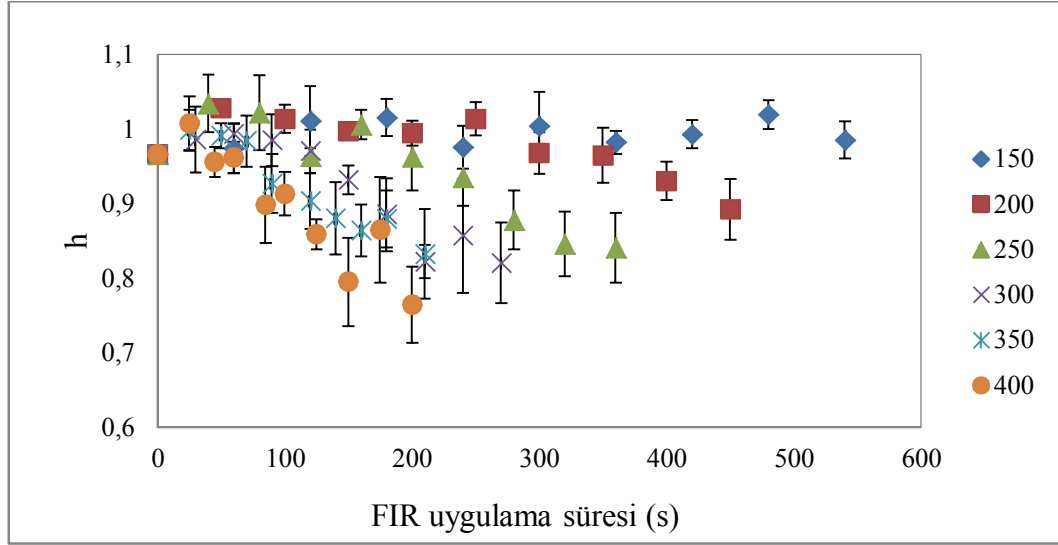
Şekil 4.14. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin renk doygunluklarında (C\*) görülen değişim.

#### 4.2.5.5. FIR uygulamasının h° (hue angle) değerine etkisi

Işık bir cisim tarafından belli bir dalga uzunluğunda absorblanması sırasında renk olarak adlandırılan etki algılanır. Duyusal olarak, algılanan bu özellik “renk tonu” olarak bilinmektedir.

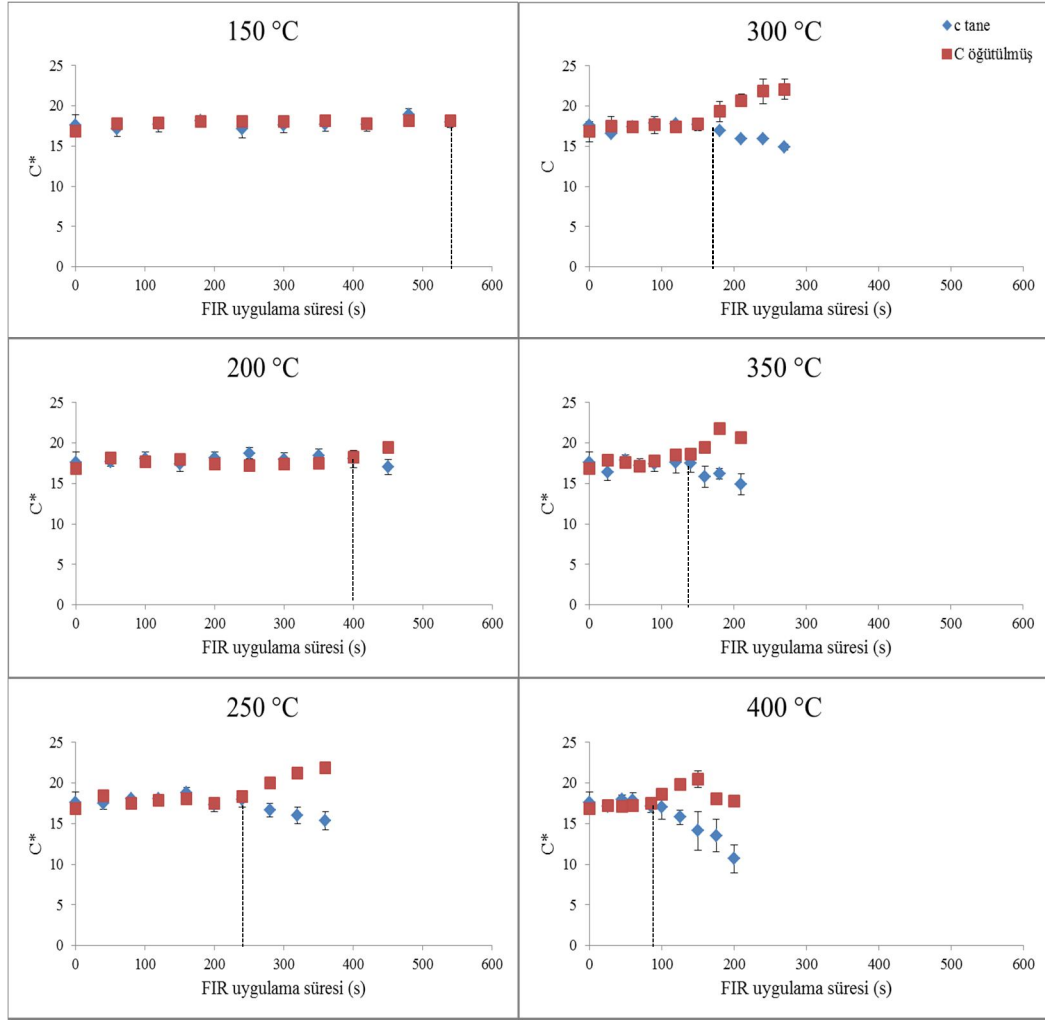
Bu çalışmada yer fıstığı örneklerinin renk tonu ile ilgili sayısal bilgi veren h° değerinin uygulanan uzak infrared işleminden etkilendiği belirlenmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 4.15.’ de gösterilmiştir. Artan infrared uygulama süresi ile h° değerinde azalmalar olduğu görülmüştür. 150 °C’ de 540 s. işlem sonrasında dahi h° değerinde belirgin bir değişim olmazken, 200, 250, 300, 350, 400 °C’ lerde sırasıyla 250, 160, 120, 70 ve 60 saniyelik işlem sürelerine kadar etkilenmeyen h° değeri verilen bu sürelerden sonra azalmaya başlamıştır.



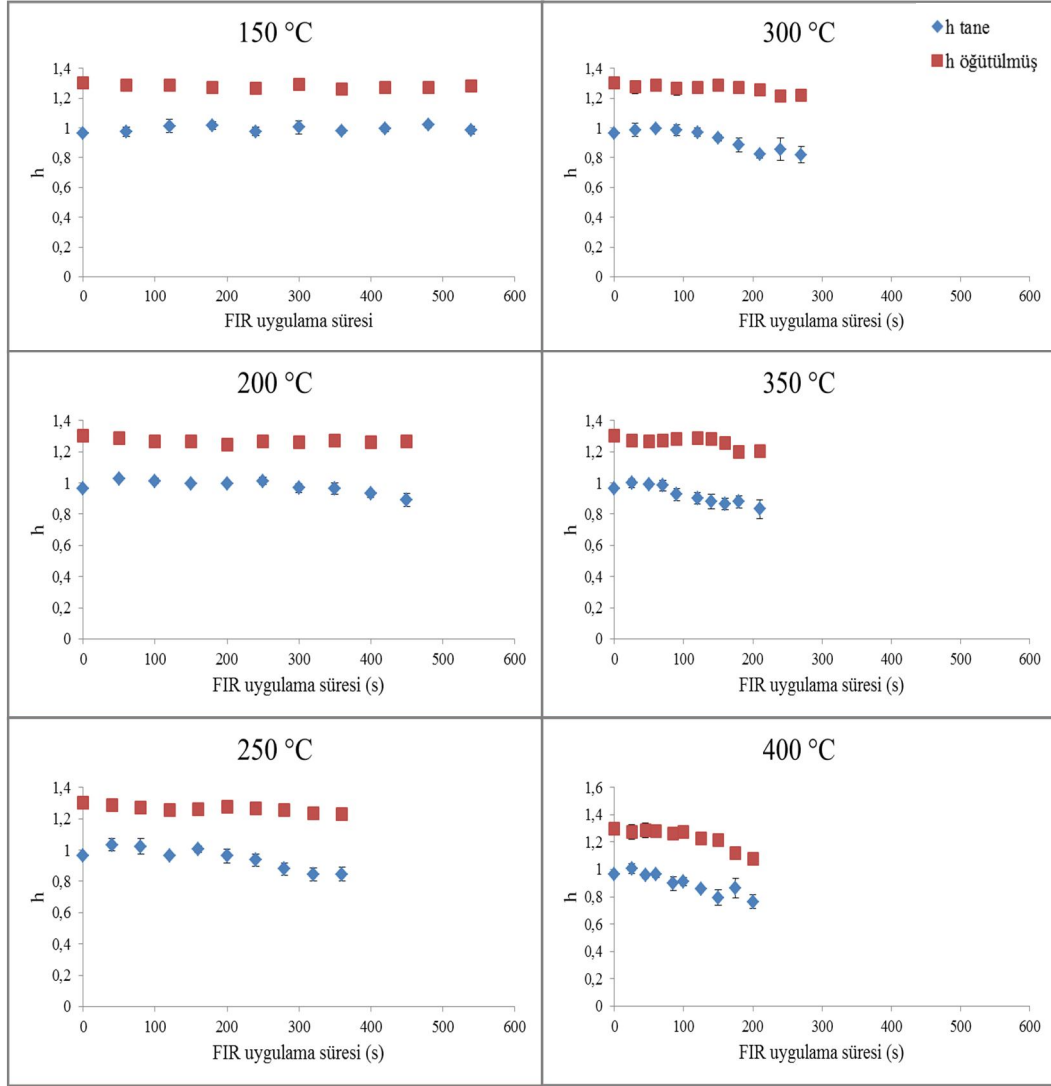


Şekil 4.15. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin renk tonlarında ( $h^\circ$ ) görülen değişim.

Tane ve öğütülmüş olarak renk ölçümü yapılan örneklerin  $C^*$  değerindeki değişim Şekil 4.16.' da,  $h^\circ$  değerindeki değişim Şekil 4.17' de verilmiştir. Bu sonuçlara göre tane ve öğütülmüş örneklerin renk doygunlukları ve renk tonlarında 150 °C' de 540 s.' lik işlemde bile herhangi bir değişme olmadığı, 200, 250, 300, 350, 400 °C' de etkilenmenin sırasıyla 400, 240, 150, 120, 85 s. işlem süresinden sonra başladığı görülmektedir. Ayrıca tane ve öğütülmüş örneklerinin  $C^*$  değerlerinin ortalamadan sapmaları incelendiğinde öğütülmüş örneklerin daha homojen bir yapıda olmasından dolayı öğütülen örneklerde sapmanın daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslendikten sonra tane ve öğütülmüş halde analiz edilen yer fıstığı örneklerinin renk doygunluklarında (C\*) görülen değişim.



Şekil 4.17. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslendikten sonra tane ve öğütülmüş halde analiz edilen yer fıstığı örneklerinin renk tonlarında ( $h^{\circ}$ ) görülen değişim.

#### 4.2.5.6. Renk lm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

150, 200, 250, 300, 350 ve 400° C’ de farklı uzak infrared uygulama sürelerinden sonra yer fıstığı tanelerinin renk parametrelerinde (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°) görülen değişim IBM SPSS Statistics 20 software programı ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan analizler sonrasında 150° C’ de farklı sürelerde uzak infrared uygulamasının L\*, a\*, b\*, C\* ve h° değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime sebep olmadığı grlmştir (izelge 4.10) . 200° C’ de farklı sürelerde uzak infrared uygulamasının L\*, a\*, b\*, C\* ve h° değerlerinde kısa işlem sürelerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime olmadığı grlmştir. Çizelge 4.11. incelendiğinde 350 saniye ve daha uzun sürelerde FIR uygulaması yapılan örneklerde renk parametrelerinde değişmeler olduğu görülmektedir. 250° C’ de farklı sürelerde uzak infrared uygulamasının L\*, b\*, C\* ve h° değerlerinde kısa işlem sürelerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime olmadığı grlmştir. Çizelge 4.12. incelendiğinde 240 saniye ve daha uzun sürelerde FIR uygulaması yapılan örneklerde renk parametrelerinde değişmeler olduğu görülmektedir. 300° C’ de farklı sürelerde uzak infrared uygulamasının L\*, a\*, b\*, C\* ve h° değerlerinde kısa işlem sürelerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime olmadığı grlmştir. Çizelge 4.13. incelendiğinde 180 saniye ve daha uzun sürelerde FIR uygulaması yapılan örneklerde renk parametrelerinde değişmeler olduğu görülmektedir. 350° C’ de farklı sürelerde uzak infrared uygulamasının L\*, a\*, b\* ve h° değerlerinde kısa işlem sürelerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime olmadığı grlmştir. Çizelge 4.14. incelendiğinde 140 saniye ve daha uzun sürelerde FIR uygulaması yapılan örneklerde renk parametrelerinde değişmeler olduğu grlmştir. C\* değerinde ise FIR uygulaması ve uygulama süresine bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. 400° C’ de farklı sürelerde uzak infrared uygulamasının L\*, a\*, b\*, C\* ve h° değerlerinde kısa işlem sürelerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime olmadığı grlmştir. 125 saniye ve daha uzun sürelerde FIR uygulaması yapılan örneklerde renk parametrelerinde değişmeler olmuştur.

Çizelge 4.10. 150° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi.

150°C' de FIR uygulama süresi (s)	L*	a*	b*	C*	h°
0	54,7918 <sup>a</sup>	10,0055 <sup>a</sup>	14,4755 <sup>a</sup>	17,5981 <sup>a</sup>	0,9656 <sup>a</sup>
60	55,6930 <sup>ab</sup>	9,6990 <sup>ab</sup>	14,1700 <sup>a</sup>	17,1300 <sup>a</sup>	0,9737 <sup>ab</sup>
120	55,9411 <sup>ab</sup>	9,3078 <sup>b</sup>	14,8867 <sup>ab</sup>	17,5763 <sup>a</sup>	1,0103 <sup>bcd</sup>
180	55,5773 <sup>ab</sup>	9,5727 <sup>a<sup>b</sup></sup>	15,4255 <sup>ab</sup>	18,1601 <sup>ab</sup>	1,0151 <sup>cd</sup>
240	55,8006 <sup>ab</sup>	9,5831 <sup>ab</sup>	14,1875 <sup>a</sup>	17,1276 <sup>a</sup>	0,9754 <sup>abc</sup>
300	55,5908 <sup>ab</sup>	9,4150 <sup>ab</sup>	14,7958 <sup>a</sup>	17,5547 <sup>a</sup>	1,0042 <sup>abcd</sup>
360	55,1645 <sup>ab</sup>	9,8045 <sup>ab</sup>	14,6818 <sup>a</sup>	17,6568 <sup>ab</sup>	0,9819 <sup>abcd</sup>
420	56,0208 <sup>ab</sup>	9,6442 <sup>ab</sup>	14,8058 <sup>a</sup>	17,6728 <sup>ab</sup>	0,9929 <sup>abcd</sup>
480	57,1362 <sup>b</sup>	9,8877 <sup>ab</sup>	16,0908 <sup>b</sup>	18,8895 <sup>b</sup>	1,0194 <sup>d</sup>
540	55,7646 <sup>ab</sup>	9,9315 <sup>ab</sup>	14,9969 <sup>ab</sup>	17,9925 <sup>ab</sup>	0,9851 <sup>abcd</sup>

Çizelge 4.11. 200° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi.

200°C' de FIR uygulama süresi (s)	L*	a*	b*	C*	h°
0	54,7918 <sup>bc</sup>	10,0055 <sup>bcd</sup>	14,4755 <sup>ab</sup>	17,5981 <sup>abc</sup>	0,9656 <sup>c</sup>
50	56,6108 <sup>c</sup>	9,1408 <sup>a</sup>	15,1483 <sup>bc</sup>	17,6933 <sup>abc</sup>	1,0278 <sup>d</sup>
100	56,2780 <sup>c</sup>	9,5650 <sup>abc</sup>	15,3660 <sup>bc</sup>	18,1031 <sup>abc</sup>	1,0134 <sup>d</sup>
150	56,4627 <sup>bc</sup>	9,4455 <sup>ab</sup>	14,6073 <sup>b</sup>	17,3962 <sup>abc</sup>	0,9966 <sup>cd</sup>
200	55,3233 <sup>bc</sup>	9,9100 <sup>bcd</sup>	15,2483 <sup>bc</sup>	18,1882 <sup>abc</sup>	0,9941 <sup>cd</sup>
250	56,7358 <sup>c</sup>	9,9017 <sup>bcd</sup>	15,9092 <sup>c</sup>	18,7436 <sup>c</sup>	1,0134 <sup>d</sup>
300	54,6977 <sup>bc</sup>	10,1385 <sup>cde</sup>	14,7577 <sup>bc</sup>	17,9115 <sup>abc</sup>	0,9680 <sup>c</sup>
350	55,1983 <sup>bc</sup>	10,4600 <sup>de</sup>	15,1075 <sup>bc</sup>	18,3874 <sup>bc</sup>	0,9644 <sup>bc</sup>
400	53,7083 <sup>ab</sup>	10,7792 <sup>d</sup>	14,4592 <sup>ab</sup>	18,0408 <sup>abc</sup>	0,9302 <sup>b</sup>
450	52,1831 <sup>a</sup>	10,6677 <sup>d</sup>	13,2877 <sup>a</sup>	17,0541 <sup>a</sup>	0,8923 <sup>a</sup>

Çizelge 4.12. 250° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi.

250°C' de FIR uygulama süresi (s)	L*	a*	b*	C*	h°
0	54,7918 <sup>bc</sup>	10,0055 <sup>bc</sup>	14,4755 <sup>c</sup>	17,5981 <sup>cde</sup>	0,9656 <sup>bc</sup>
40	56,7392 <sup>c</sup>	8,9233 <sup>a</sup>	15,0308 <sup>cd</sup>	17,4930 <sup>cd</sup>	1,0341 <sup>d</sup>
80	56,2291 <sup>c</sup>	9,3909 <sup>ab</sup>	15,3400 <sup>cd</sup>	18,0084 <sup>de</sup>	1,0217 <sup>d</sup>
120	55,2393 <sup>bc</sup>	10,2750 <sup>c</sup>	14,7914 <sup>cd</sup>	18,0111 <sup>de</sup>	0,9635 <sup>bc</sup>
160	56,6809 <sup>c</sup>	10,0273 <sup>bc</sup>	15,8391 <sup>d</sup>	18,7499 <sup>e</sup>	1,0059 <sup>cd</sup>
200	53,8583 <sup>b</sup>	9,8917 <sup>bc</sup>	14,2075 <sup>c</sup>	17,3294 <sup>cd</sup>	0,9622 <sup>bc</sup>
240	53,1025 <sup>b</sup>	10,6100 <sup>c</sup>	14,4167 <sup>c</sup>	17,9127 <sup>de</sup>	0,9352 <sup>b</sup>
280	50,3608 <sup>a</sup>	10,6167 <sup>c</sup>	12,8158 <sup>b</sup>	16,6551 <sup>bc</sup>	0,8780 <sup>a</sup>
320	50,1764 <sup>a</sup>	10,5907 <sup>c</sup>	11,9907 <sup>ab</sup>	16,0132 <sup>ab</sup>	0,8458 <sup>a</sup>
360	49,6073 <sup>a</sup>	10,1027 <sup>bc</sup>	11,3427 <sup>a</sup>	15,2063 <sup>a</sup>	0,8407 <sup>a</sup>

Çizelge 4.13. 300° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi.

300°C' de FIR uygulama süresi (s)	L*	a*	b*	C*	h°
0	54,7918 <sup>b</sup>	10,0055 <sup>bcd</sup>	14,4755 <sup>cd</sup>	17,5981 <sup>d</sup>	0,9656 <sup>de</sup>
30	54,8958 <sup>b</sup>	9,1197 <sup>a</sup>	13,8408 <sup>cd</sup>	16,5901 <sup>bcd</sup>	0,9861 <sup>de</sup>
60	55,7867 <sup>b</sup>	9,4883 <sup>ab</sup>	14,5750 <sup>cd</sup>	17,3931 <sup>cd</sup>	0,9937 <sup>e</sup>
90	55,2858 <sup>b</sup>	9,8458 <sup>abc</sup>	14,8858 <sup>d</sup>	17,8587 <sup>d</sup>	0,9848 <sup>de</sup>
120	55,4200 <sup>b</sup>	10,0325 <sup>bcd</sup>	14,6517 <sup>cd</sup>	17,7648 <sup>d</sup>	0,9699 <sup>de</sup>
150	54,1775 <sup>b</sup>	10,5475 <sup>bcd</sup>	14,2167 <sup>cd</sup>	17,7053 <sup>d</sup>	0,9317 <sup>cd</sup>
180	50,9642 <sup>a</sup>	10,7158 <sup>de</sup>	13,1358 <sup>bc</sup>	16,9737 <sup>bcd</sup>	0,8851 <sup>bc</sup>
210	50,2879 <sup>a</sup>	10,8386 <sup>e</sup>	11,6757 <sup>ab</sup>	15,9352 <sup>abc</sup>	0,8222 <sup>a</sup>
240	50,2631 <sup>a</sup>	10,2831 <sup>cde</sup>	12,0354 <sup>ab</sup>	15,8742 <sup>ab</sup>	0,8567 <sup>ab</sup>
270	48,6654 <sup>a</sup>	10,1423 <sup>bcd</sup>	10,9138 <sup>a</sup>	14,9211 <sup>a</sup>	0,8204 <sup>a</sup>

Çizelge 4.14. 350° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi.

350°C' de FIR uygulama süresi (s)	L*	a*	b*	C*	h°
0	54,7918 <sup>ef</sup>	10,0055 <sup>bc</sup>	14,4755 <sup>d</sup>	17,5981 <sup>a</sup>	0,9656 <sup>de</sup>
25	55,2575 <sup>f</sup>	8,8508 <sup>a</sup>	13,7667 <sup>cd</sup>	16,3722 <sup>a</sup>	0,9985 <sup>d</sup>
50	56,2470 <sup>f</sup>	9,7620 <sup>bc</sup>	14,9620 <sup>d</sup>	17,8677 <sup>a</sup>	0,9923 <sup>d</sup>
70	56,6440 <sup>f</sup>	9,5390 <sup>ab</sup>	14,3610 <sup>d</sup>	15,5563 <sup>a</sup>	0,9837 <sup>d</sup>
90	54,3650 <sup>def</sup>	10,400 <sup>cde</sup>	13,9070 <sup>cd</sup>	15,7739 <sup>a</sup>	0,9269 <sup>cd</sup>
120	52,2237 <sup>cde</sup>	10,7625 <sup>de</sup>	13,5238 <sup>bcd</sup>	15,3953 <sup>a</sup>	0,8972 <sup>bc</sup>
140	52,0140 <sup>bcd</sup>	11,1170 <sup>e</sup>	13,5290 <sup>bcd</sup>	15,8940 <sup>a</sup>	0,8802 <sup>abc</sup>
160	49,3780 <sup>ab</sup>	10,2520 <sup>bcd</sup>	12,0460 <sup>ab</sup>	14,6240 <sup>a</sup>	0,8640 <sup>ab</sup>
180	50,0540 <sup>abc</sup>	10,2850 <sup>bcd</sup>	12,4480 <sup>abc</sup>	14,7140 <sup>a</sup>	0,8794 <sup>abc</sup>
210	48,0110 <sup>a</sup>	9,9300 <sup>bc</sup>	11,0130 <sup>a</sup>	14,0795 <sup>a</sup>	0,8324 <sup>a</sup>

Çizelge 4.15. 400° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının renk parametrelerinin istatistiksel analizi.

400°C' de FIR uygulama süresi (s)	L*	a*	b*	C*	h°
0	54,7918 <sup>lg</sup>	10,0055 <sup>cd</sup>	14,4755 <sup>d</sup>	17,5981 <sup>de</sup>	0,9656 <sup>de</sup>
25	55,8417 <sup>g</sup>	9,1242 <sup>bc</sup>	14,4375 <sup>d</sup>	17,0906 <sup>de</sup>	1,0071 <sup>e</sup>
45	54,6770 <sup>efg</sup>	10,3660 <sup>d</sup>	14,6840 <sup>d</sup>	17,9778 <sup>e</sup>	0,9558 <sup>cde</sup>
60	54,8810 <sup>g</sup>	10,2250 <sup>d</sup>	14,6620 <sup>d</sup>	17,8793 <sup>e</sup>	0,9617 <sup>de</sup>
85	52,1520 <sup>def</sup>	10,6260 <sup>d</sup>	13,3780 <sup>cd</sup>	17,1067 <sup>de</sup>	0,8982 <sup>bc</sup>
100	52,0900 <sup>de</sup>	10,3640 <sup>d</sup>	13,4760 <sup>cd</sup>	17,0077 <sup>de</sup>	0,9132 <sup>bcd</sup>
125	50,5370 <sup>cd</sup>	10,3090 <sup>d</sup>	11,9620 <sup>bc</sup>	15,7943 <sup>cd</sup>	0,8589 <sup>b</sup>
150	46,9700 <sup>b</sup>	9,7700 <sup>cd</sup>	10,1510 <sup>b</sup>	14,1131 <sup>bc</sup>	0,7949 <sup>a</sup>
175	48,2600 <sup>bc</sup>	8,6560 <sup>ab</sup>	10,3290 <sup>b</sup>	13,5073 <sup>b</sup>	0,8648 <sup>b</sup>
200	44,1350 <sup>a</sup>	7,6730 <sup>a</sup>	7,4170 <sup>a</sup>	10,6862 <sup>a</sup>	0,7643 <sup>a</sup>

Çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey testi, kullanılarak yapılan varyans analizi sonucunda aynı sütunda aynı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. (p<0,05).

Yer fıstığının mikrobiyal yükünün düşürülmesi ve mikrobiyal yükte azalma sağlanırken fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmada, uygulanan infrared işleminin yer fıstığının renk parametrelerinde kısa işlem sürelerinde önemli değişime sebep olmadığı belirlenmiştir. Buna göre; 150° C tünel fırın sıcaklığında 0-540 saniyelik FIR uygulama süresi ile yer fıstığının bütün renk özelliklerinin korunduğu, işlemden herhangi bir şekilde etkilenmediği belirlenmiştir. Renk özelliklerinde istatistiksel

olarak anlamlı değişmenin 200° C’ de 350 s, 250° C’ de 240 s, 300° C’ de 180 s, 350° C’ de 140 s ve 400° C’ de 125 s ve daha uzun süren uzak infrared uygulaması ile başladığı belirlenmiştir.

#### 4.2.6. FIR Uygulaması ile Yer Fıstığı Örneklerinin Dokusal Özelliklerindeki Değişim

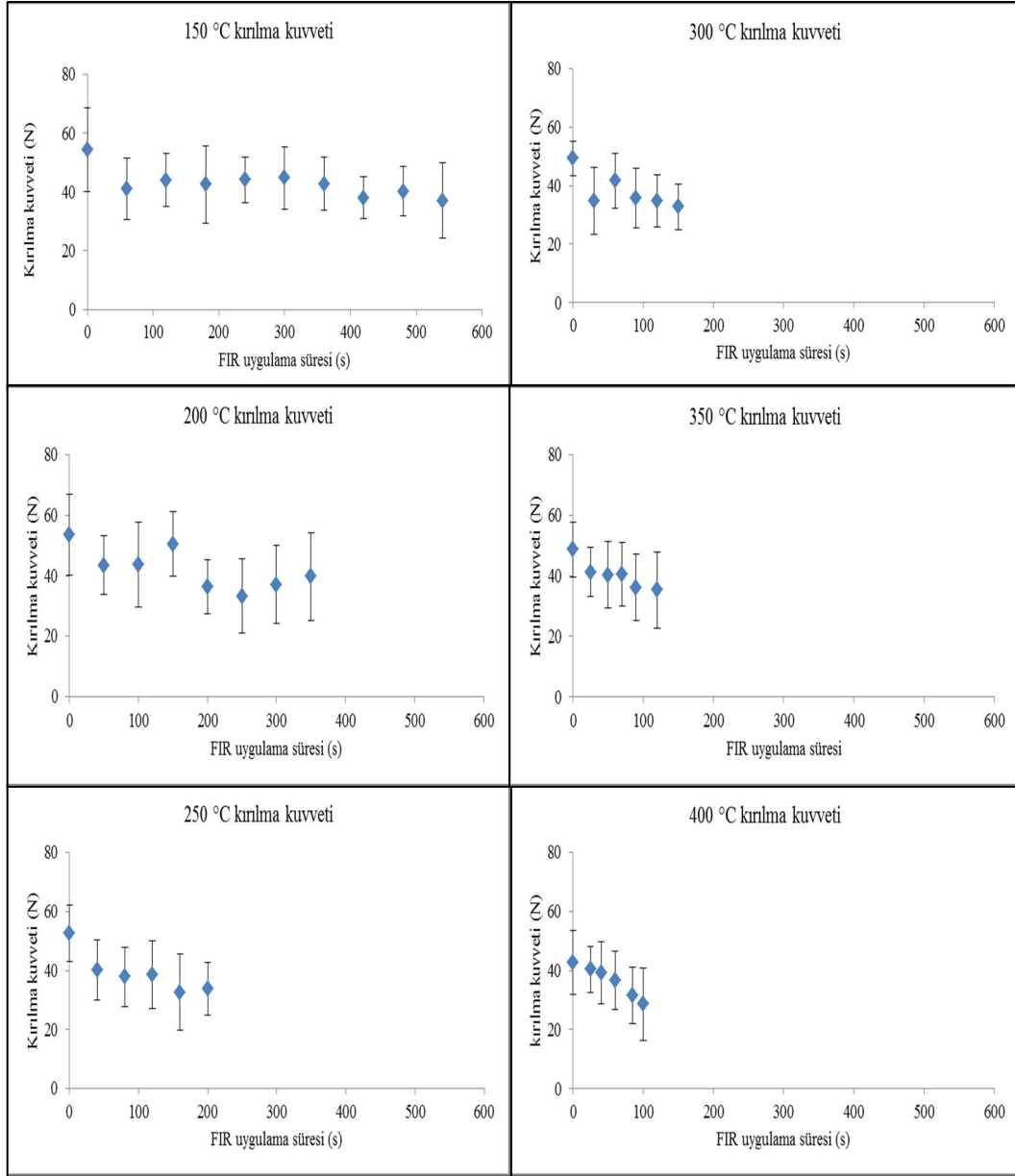
Bu çalışmada yer fıstığı örneklerine 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C’ de infrared uygulaması sonucu tekstürel özelliklerinde görülen değişim araştırılmıştır. Bu kapsamda kırılma kuvveti, kırmak için harcanan iş ve 5 mm sıkıştırma sırasında harcanan toplam iş parametrelerindeki değişim incelenmiştir.

Şekil 4.18.’ de 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C’ de infrared işleme maruz kalan örneklerde ilk kırılmanın gerçekleşmesi için uygulanan kuvvetin (Newton) değişimi gösterilmektedir. Buna göre uygulama süresi uzadıkça örneklerin kırılması için harcanan kuvvette düşüş olduğu, örneklerin daha çabuk kırıldıkları görülmektedir. Şekil 4.19.’ da 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C’ de infrared işleme maruz kalan örneklerde kırmak için harcanan işin (joule) değişimi gösterilmektedir. Buna göre infrared uygulama süresi uzadıkça örneklerin kırılması için harcanan işin zamanla azaldığı, örneklerin daha kırılğan hale geldikleri görülmektedir. Şekil 4.20.’ de ise 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 °C’ de infrared işleme maruz kalan örnekler üzerine 5 mm’ lik sıkıştırma işlemi sırasında harcanan işteki değişim gösterilmektedir. Buna göre infrared uygulama süresi uzadıkça örneklerin ezilmesi için harcanan işte düşüş olduğu görülmektedir.

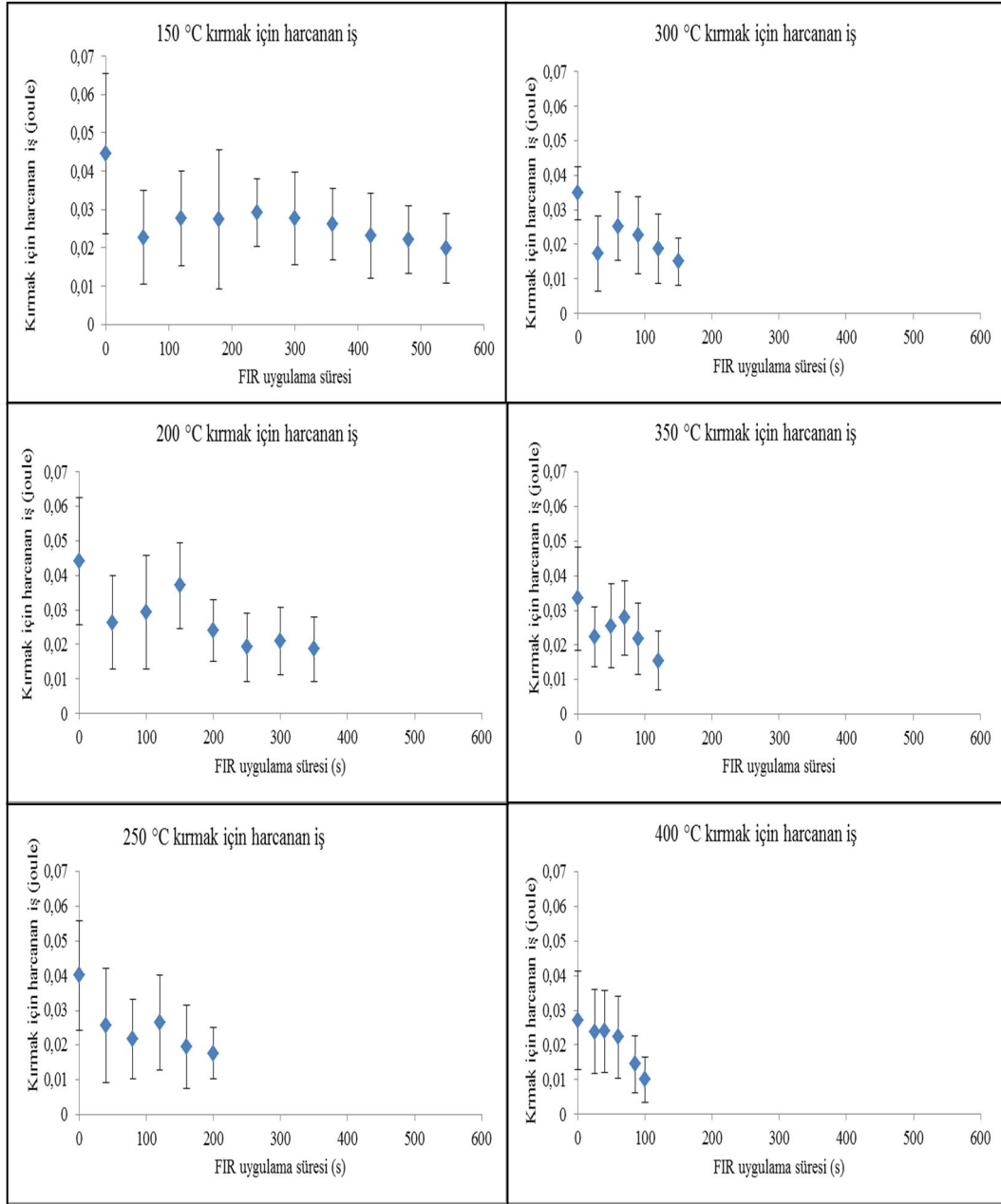
Yapılan bu çalışma yer fıstığının dokusal özelliklerinin uzak infrared uygulamalarından etkilendiğini, FIR uygulama sıcaklık ve sürelerine bağlı olarak yer fıstığı örneklerinin kırılğanlıklarının arttığını göstermiştir.

Kumar vd. (2009) yer fıstığının vurgulu infrared uygulaması ile kavrulması sonrasında örneklerin dokusal özelliklerinden sıkıştırma dayanımındaki değişimi araştırmıştır. Bu çalışmada uygulama sıcaklığı ve süresi artışına bağlı olarak sıkıştırma direncinde azalma görülmüştür. Bu da fıstıkların daha kırılğan bir yapı kazandığının göstergesi olarak yorumlanmıştır.

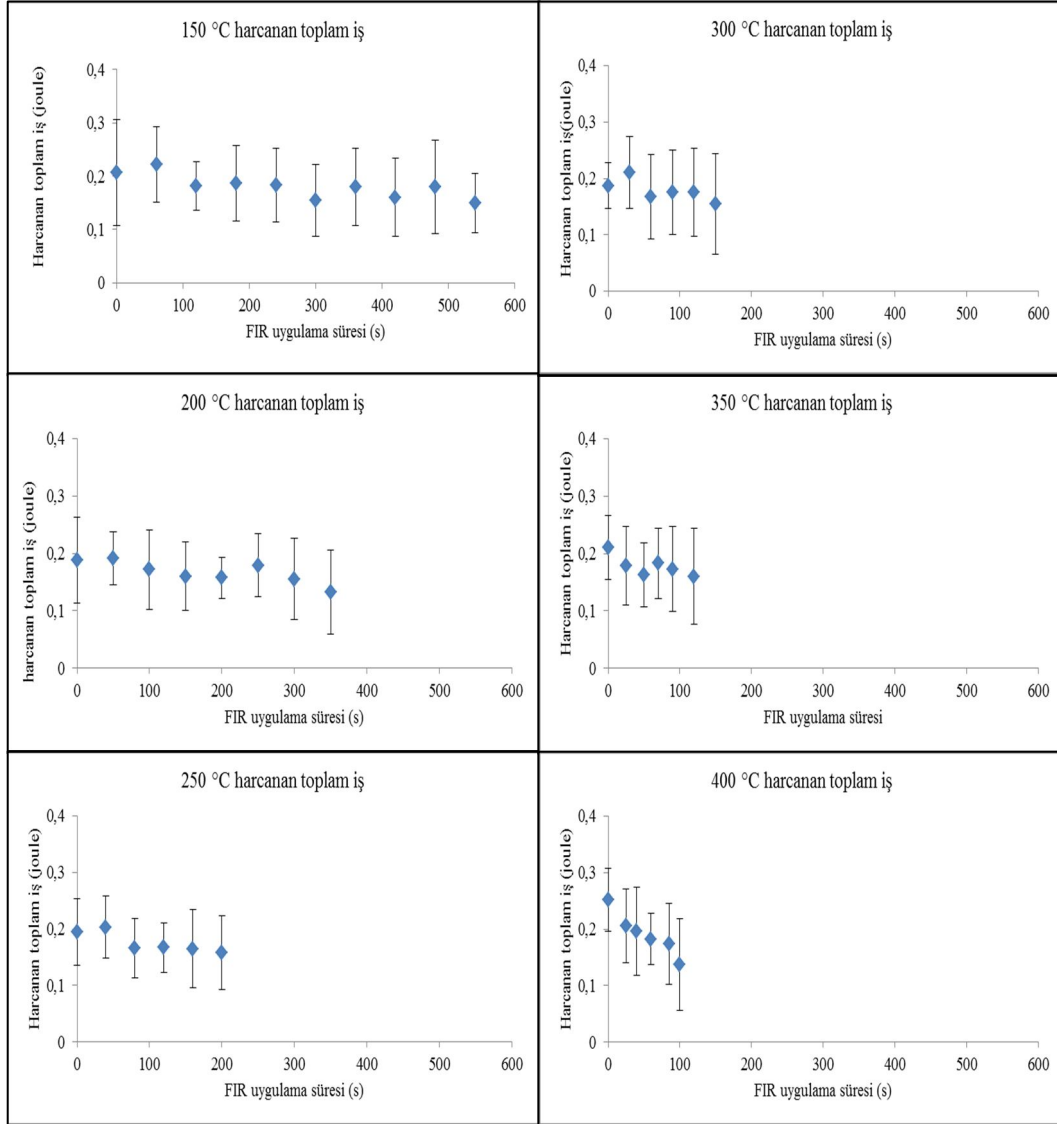




Şekil 4.18. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerini kırmak için uygulanması gereken kuvvette görülen değişim.

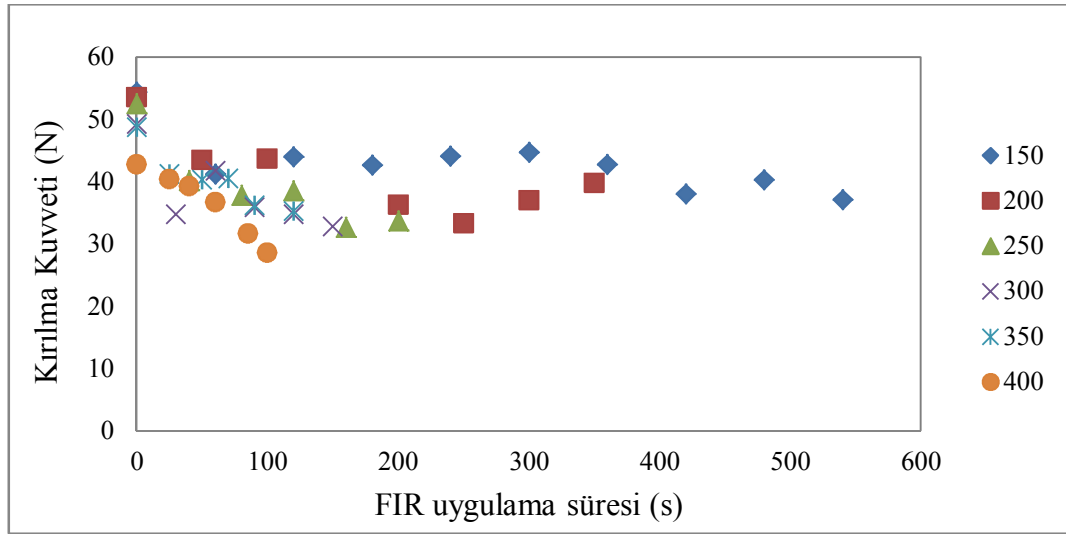


Şekil 4.19. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerini kırmak için harcanması gereken işte görülen değişim.



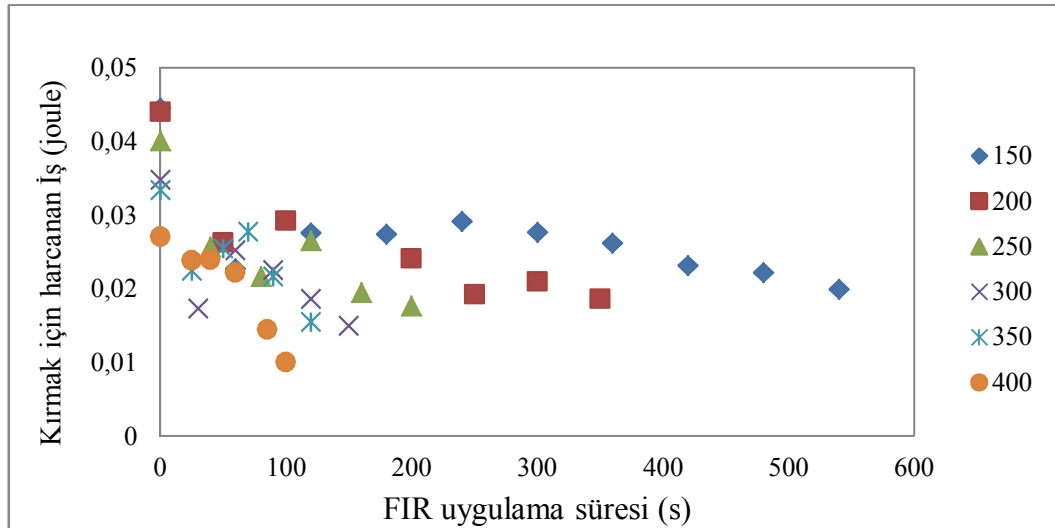
Şekil 4.20. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerini 5 mm boyunca ezme için harcanması gereken işte görülen değişim.

Şekil 4.21’ de bütün FIR uygulama sıcaklıkları için çizilen eğriler bir arada verilmiştir. Bu şekilden işlem görmemiş örnekleri kırmak için uygulanması gereken kuvvetin 42-53 N arasında değiştiği görülmektedir. Örnekler 400 °C’ de 100 s uzak infrared ışınlarına maruz kaldıklarında kırılmaları için gerekli kuvvette önemli bir azalma olduğu görülmektedir. Başlangıçta işlem görmeyen örnekte kırma işlemi 42 N civarında bir kuvvetle yapılırken, belirtilen sıcaklık ve sürede işleme maruz bırakılan örneklerde bu kuvvet 28 N’ a kadar düşmektedir. Bu sonuçlardan infrared işlemi ile nem içerikleri düşen örneklerin daha kolay kırıldıkları anlaşılmaktadır.



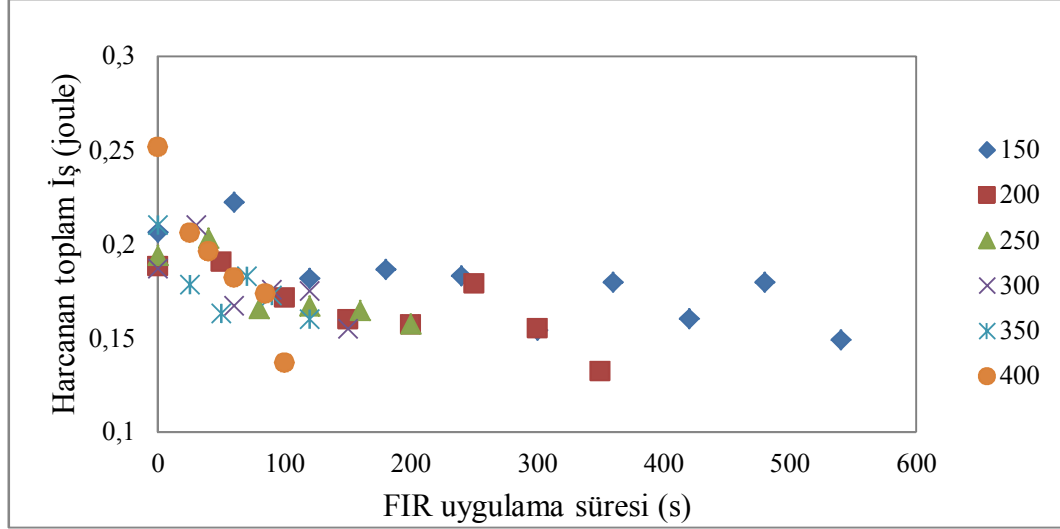
Şekil 4.21. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin kırılma kuvvetlerinde görülen değişimin toplu gösterimi.

FIR uygulama süresi ile kırılma kuvvetinin değişimi arasındaki ilişki örnekleri kırmak için gerekli iş ile uygulama süresi arasında da görülmektedir. Şekil 4.22.' de görüldüğü gibi, uygulama süresi uzadıkça örneklerin kırılma noktasına ulaştıkları mesafede probun harcadığı işte önemli azalmalar olduğu belirlenmiştir. Başlangıçta işlem görmemiş örnekleri kırmak için harcanması gereken iş 0,027-0,044 joule arasında değişkenlik gösterirken infrared uygulaması yapılan örneklerde bu değerlerin 0,001' e kadar düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.22. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin kırılmaları için harcanması gereken işte görülen değişimin toplu gösterimi.

Son olarak bu çalışmada infrared uygulamasının tekstürel özellikler üzerine olan etkisi araştırılırken örneklerin 5 mm sıkıştırılması sırasında harcanan iş miktarında infrared uygulama süresi arttıkça azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.23). İşlem görmemiş örneklerde ezmek için gerekli iş 0,187-0,252 joule aralığından infrared uygulaması ile 0,137 joule' a kadar düşmektedir.



Şekil 4.23. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin 5 mm ezilmeleri sırasında harcanan işte görülen değişimin toplu gösterimi.

#### 4.2.6.1. Doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

150, 200, 250, 300, 350 ve 400° C' de farklı uzak infrared uygulama sürelerinden sonra yer fıstığı tanelerinin kırılması için uygulanan kuvvet, kırma işlemi sırasında harcanan iş ve tanelerin 5 mm ezilmesi sırasında harcanan iş değerleri sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 20 software programı kullanılmıştır.

150° C FIR tünel sıcaklığında farklı sürelerde uygulanan infrared işleminin yer fıstığının tekstürel özelliklerinde neden olduğu değişimler incelendiğinde, uzak infrared ışınlarının kırılma kuvvetinde değişime sebep olduğu görülmüştür. FIR uygulanmamış yer fıstığı tanelerinde 54,4277 N olarak belirlenen kırılma kuvveti uzak infrared uygulanmış örneklerde uygulama süresine bağlı olarak 37,0823-44,7189 N aralığında değişim göstermiştir. Uzak infrared uygulanmış ve

uygulanmamış örneklerin Çizelge 4.16.' da verilen kırılma kuvvetleri incelendiğinde sonuçların istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Ancak kırılma kuvvetinin, infrared uygulama süresinden etkilenmediği görülmüştür. Yani 60-540 s aralığında infrared ışınlarına maruz bırakılan örneklerin kırılma kuvvetleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. ( $p < 0,05$ ). Benzer durumun kırmak için harcanan iş ve fıstıkların 5 mm sıkıştırılması sırasında harcama işte de görüldüğü belirlenmiştir. 200° C' de kırılma kuvvetinin FIR uygulanmamış ve 50, 100, 150 s işlem görmüş fıstıklardan elde edilen sonuçlar arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Kırılma kuvvetindeki önemli değişim 200 saniyelik FIR uygulama süresinden itibaren görülmüştür. Benzer durum kırmak için harcanan iş için de geçerli olurken, tanelerin 5 mm sıkıştırılması sırasında harcanan toplam işte uygulama süresine bağlı olarak önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Çizelge 4.18.' de, 250° C' de kırılma kuvveti açısından FIR uygulanan ve uygulanmayan fıstıklardan elde edilen sonuçlar arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Ancak kırılma kuvvetinin FIR uygulama süresinden etkilenmediği görülmüştür. Benzer durum kırmak için harcanan iş için de geçerli olurken, tanelerin 5 mm sıkıştırılması sırasında harcanan toplam işte FIR uygulamasına ve uygulama süresine bağlı olarak önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. 300° C' de kırılma kuvvetinde kısa işlem sürelerinde bile değişme olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Ancak uygulama süresi artışına bağlı olarak görülen değişimin önemli olmadığı görülmüştür. Benzer durum harcanan toplam iş için de gözlenirken, tanelerin kırılması sırasında harcanan işin FIR uygulamasından ve FIR uygulama süresinden etkilenmediği görülmüştür. 350° C' de kırılma kuvvetindeki değişimin 90 saniyelik işlemten sonra başladığı görülmüştür (Çizelge 4.20), buna karşın örneklerin 5 m sıkıştırılmaları sırasında harcanan toplam işte FIR uygulaması ve FIR uygulama süresi ile önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. 400° C' de kırılma kuvvetinde, kırılmaları için harcanan işte ve 5 mm sıkıştırılmaları sırasında harcanan toplam işteki değişimin 60 saniyelik işlemten sonra başladığı görülmüştür (Çizelge 4.21).

Yer fıstığının mikrobiyal yükünün düşürülerek depolanma süresinin uzatılmasına yönelik yapılan bu çalışmada, uygulanan infrared işleminin

hammadenin dokusal özelliklerinde önemli değişime sebep olmadığı, doku ölçüm analizlerinden elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi ile de belirlenmiştir. Kısa süreli FIR uygulaması ile yer fıstığı tanelerinin mikrobiyal yüklerinden azalma sağlanırken, tekstürel özelliklerinde önemli bir değişim olmadan, kalitelin yüksek oranda korunduğu, hammadenin özelliklerine yakın ürün elde edilebilmiştir.

NOT: Çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey testi, kullanılarak yapılan varyans analizi sonucunda aynı sütunda aynı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. ( $p < 0,05$ ).

Çizelge 4.16. 150° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

150 °C' de FIR uygulama süresi (s)	Kırılma Kuvveti (N)	Kırmak İçin Harcanan İş (J)	Harcanan Toplam İş (J)
0	54,4277 <sup>b</sup>	0,0446 <sup>b</sup>	0,2065 <sup>ab</sup>
60	41,1731 <sup>a</sup>	0,0228 <sup>a</sup>	0,2224 <sup>b</sup>
120	43,9945 <sup>a</sup>	0,0276 <sup>a</sup>	0,1818 <sup>ab</sup>
180	42,6144 <sup>a</sup>	0,0274 <sup>a</sup>	0,1866 <sup>ab</sup>
240	44,1419 <sup>a</sup>	0,0291 <sup>a</sup>	0,1834 <sup>ab</sup>
300	44,7189 <sup>ab</sup>	0,0276 <sup>a</sup>	0,1544 <sup>ab</sup>
360	42,8063 <sup>a</sup>	0,0263 <sup>a</sup>	0,1796 <sup>ab</sup>
420	38,0265 <sup>a</sup>	0,0232 <sup>a</sup>	0,1602 <sup>ab</sup>
480	40,2578 <sup>a</sup>	0,0223 <sup>a</sup>	0,1798 <sup>ab</sup>
540	37,0823 <sup>a</sup>	0,0198 <sup>a</sup>	0,1492 <sup>a</sup>

Çizelge 4.17. 200° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

200 °C' de FIR uygulama süresi (s)	Kırılma Kuvveti (N)	Kırmak İçin Harcanan İş (J)	Harcanan Toplam İş (J)
0	53,5986 <sup>c</sup>	0,0440 <sup>c</sup>	0,1884 <sup>ab</sup>
50	43,4336 <sup>abc</sup>	0,0263 <sup>ab</sup>	0,1908 <sup>b</sup>
100	43,7199 <sup>abc</sup>	0,0293 <sup>ab</sup>	0,1716 <sup>ab</sup>
150	50,5043 <sup>bc</sup>	0,0370 <sup>bc</sup>	0,1601 <sup>ab</sup>
200	36,2367 <sup>a</sup>	0,0241 <sup>a</sup>	0,1574 <sup>ab</sup>
250	33,3058 <sup>a</sup>	0,0192 <sup>a</sup>	0,1792 <sup>ab</sup>
300	37,0169 <sup>a</sup>	0,0210 <sup>a</sup>	0,1553 <sup>ab</sup>
350	39,7331 <sup>ab</sup>	0,0187 <sup>a</sup>	0,1323 <sup>b</sup>

Çizelge 4.18. 250° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

250 °C' de FIR uygulama süresi (s)	Kırılma Kuvveti (N)	Kırmak İçin Harcanan İş (J)	Harcanan Toplam İş (J)
0	52,4912 <sup>b</sup>	0,0400 <sup>b</sup>	0,1943 <sup>a</sup>
40	40,1834 <sup>a</sup>	0,0257 <sup>a</sup>	0,2032 <sup>a</sup>
80	37,7968 <sup>a</sup>	0,0217 <sup>a</sup>	0,1657 <sup>a</sup>
120	38,5505 <sup>a</sup>	0,0265 <sup>a</sup>	0,1672 <sup>a</sup>
160	32,6525 <sup>a</sup>	0,0196 <sup>a</sup>	0,1648 <sup>a</sup>
200	33,7459 <sup>a</sup>	0,0177 <sup>a</sup>	0,1576 <sup>a</sup>

Çizelge 4.19. 300° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

300 °C' de FIR uygulama süresi (s)	Kırılma Kuvveti (N)	Kırmak İçin Harcanan İş (J)	Harcanan Toplam İş (J)
0	49,2660 <sup>c</sup>	0,0348 <sup>a</sup>	0,1871 <sup>c</sup>
30	34,7627 <sup>ab</sup>	0,0174 <sup>a</sup>	0,2102 <sup>ab</sup>
60	41,7189 <sup>bc</sup>	0,0253 <sup>a</sup>	0,1674 <sup>b</sup>
90	35,8415 <sup>ab</sup>	0,0225 <sup>a</sup>	0,1757 <sup>ab</sup>
120	34,6905 <sup>ab</sup>	0,0186 <sup>a</sup>	0,1750 <sup>ab</sup>
150	32,7537 <sup>a</sup>	0,0150 <sup>a</sup>	0,1549 <sup>a</sup>

Çizelge 4.20. 350° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

350 °C' de FIR uygulama süresi (s)	Kırılma Kuvveti (N)	Kırmak İçin Harcanan İş (J)	Harcanan Toplam İş (J)
0	48,7237 <sup>b</sup>	0,0334 <sup>c</sup>	0,2103 <sup>a</sup>
25	41,2303 <sup>ab</sup>	0,0224 <sup>ab</sup>	0,1785 <sup>a</sup>
50	40,2559 <sup>ab</sup>	0,0255 <sup>b</sup>	0,1631 <sup>a</sup>
70	40,5147 <sup>ab</sup>	0,0277 <sup>bc</sup>	0,1828 <sup>a</sup>
90	35,3599 <sup>a</sup>	0,0212 <sup>ab</sup>	0,1793 <sup>a</sup>
120	35,7155 <sup>a</sup>	0,159 <sup>a</sup>	0,1582 <sup>a</sup>

Çizelge 4.21. 400° C tünel sıcaklığında FIR uygulanan yer fıstıklarının doku ölçüm analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

400 °C' de FIR uygulama süresi (s)	Kırılma Kuvveti (N)	Kırmak İçin Harcanan İş (J)	Harcanan Toplam İş (J)
0	42,8048 <sup>c</sup>	0,0270 <sup>c</sup>	0,2517 <sup>c</sup>
25	40,3514 <sup>bc</sup>	0,0238 <sup>bc</sup>	0,2059 <sup>bc</sup>
40	39,2650 <sup>bc</sup>	0,0239 <sup>bc</sup>	0,1961 <sup>abc</sup>
60	36,6768 <sup>abc</sup>	0,0223 <sup>bc</sup>	0,1824 <sup>ab</sup>
85	31,6487 <sup>ab</sup>	0,0145 <sup>ab</sup>	0,1735 <sup>ab</sup>
100	28,5923 <sup>a</sup>	0,0100 <sup>a</sup>	0,1398 <sup>a</sup>

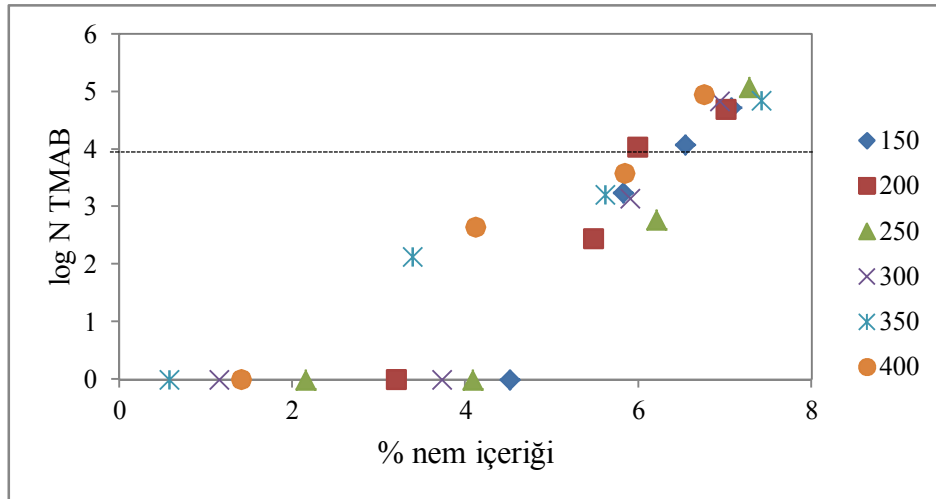


#### 4.2.7. Yer Fıstığının Nem İçeriği, Yüzey Sıcaklığı Renk Parametreleri, Dokusal Özellikleri ve Mikroorganizma Sayısının İlişkilendirilmesi

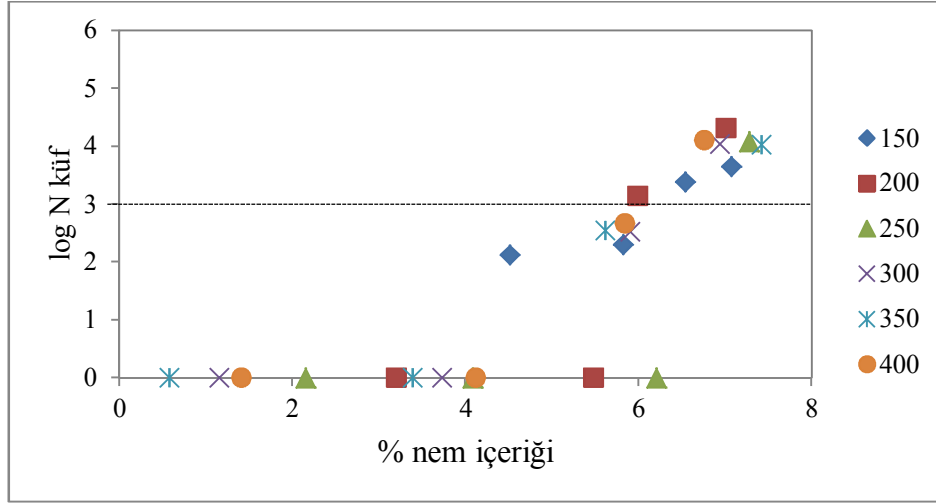
Tez çalışmasının bu bölümünde FIR uygulaması sonrasında yer fıstıklarında yapılan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerin sonuçları ve bunların birbirleri ile olan ilişkileri ele alınmıştır.

##### 4.2.7.1. Mikroorgaizma sayısı ile nem içeriği arasındaki ilişki

Mikroorganizmaların gelişmesini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi buldukları ortamın nem içeriğidir. Bu nedenle gıdaların raf ömrünü uzatmak için kullanılan en eski yöntemlerden birisi nem içeriğinin azaltılması olmaktadır. Bu çalışmanın amacı da uzak infrared uygulaması ile yer fıstıklarının nem içeriklerinin düşürülmesi ve daha uzun süre mikroorganizmalara karşı korunmalarını sağlamaktır. Yer fıstıkları 150-200-250-300-350-400 °C’ de değişken sürelerde uzak infared tünel fırından geçirilmiş, nem içeriklerinde azalmalar kaydedilmiştir. Başlangıçta nem içerikleri % 6,75 - 7,41 aralığında değişen örneklerin toplam mezofilik aerobik bakteri için hedef olarak belirlenen  $10^4$  ve toplam küf maya sayıları hedef olarak belirlenen  $10^3$  değerlerine düşürüldüğünde nem içeriklerinin % 6’ nın altına indiği belirlenmiştir (Şekil 4.24 ve Şekil 4.25).



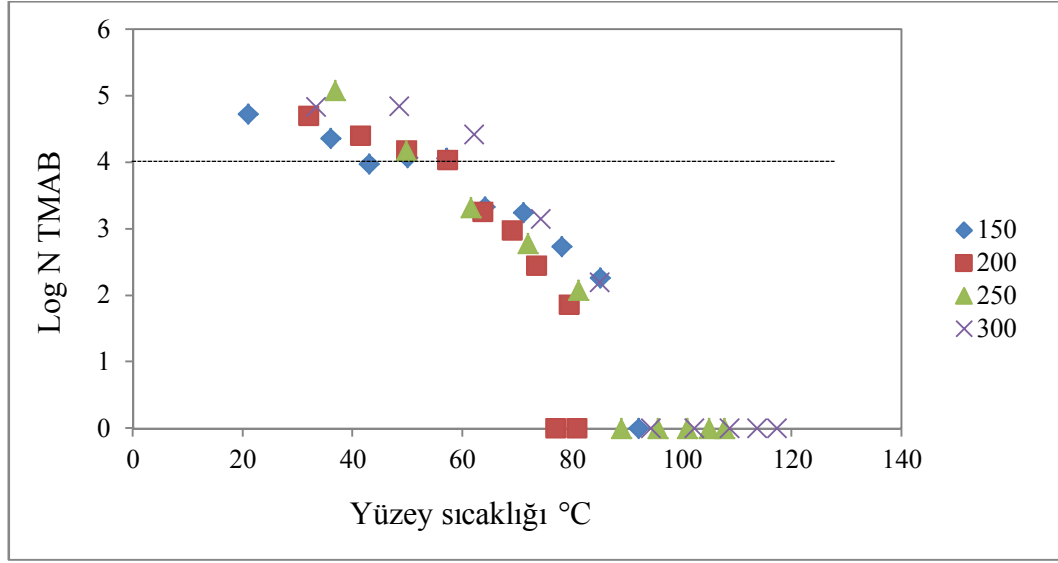
Şekil 4.24. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin nem içeriği ve bulundukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki.



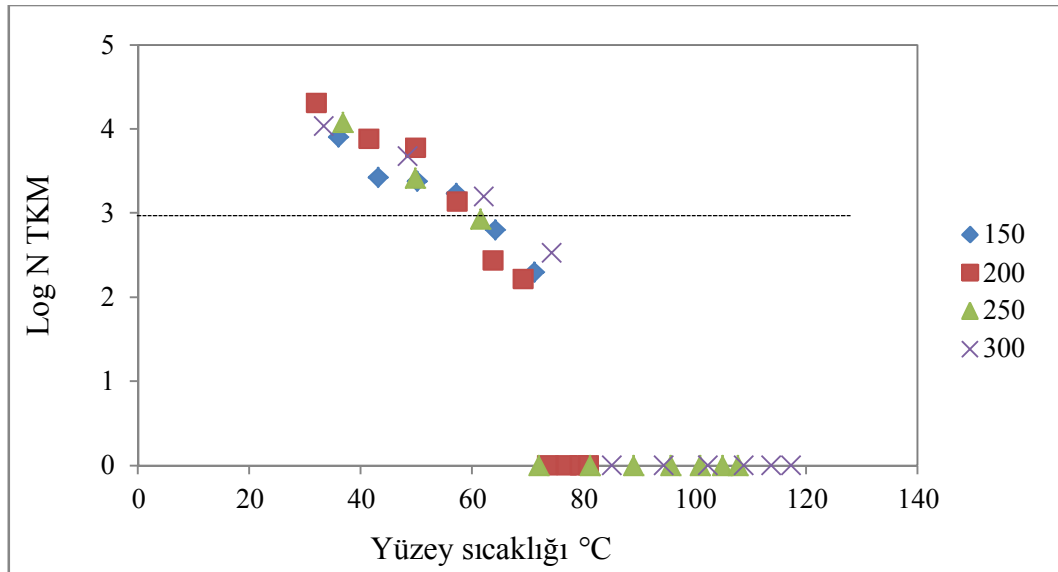
Şekil 4.25. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin nem içeriği ve bulundukları toplam küf maya sayısı arasındaki ilişki.

#### 4.2.7.2. Mikroorganizma sayısı ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki

İnfrared işleme ile örneklerin mikrobiyal yükleri ve yüzey sıcaklıklarındaki değişim incelendiğinde, yüzey sıcaklığı arttıkça mikroorganizma sayısının azaldığı görülmüştür (Şekil 4.26). Örneklerin bulundurduğu toplam mezofilik aerobik mikroorganizma sayısı hedeflenen  $10^4$  kob/g düzeyine düşürüldüğünde örneklerin yüzey sıcaklıkları  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  civarında olmaktadır. Bu sonuca göre örneklerin infrared tünel fırında kaç derecelik tünel sıcaklığında ne kadar süre tutulduğundan bağımsız olarak örneklerin infrared kamera ile yüzey sıcaklıklarının ölçülmesi ile mikrobiyal yüklerinin istenilen değere düşürülmesi tespit edilebilir. Benzer ilişki toplam küf maya popülasyonu ile yüzey sıcaklığı değişimi sonuçlarında da görülmektedir (Şekil 4.27). Örneklerin yüzey sıcaklığı arttıkça mikroorganizma sayısı azalmaktadır. Mikrobiyal yük standartlarda verilen  $10^3$  kob/g seviyesine indirildiğinde örneklerin yüzey sıcaklıkları  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  civarında olmaktadır. Elde edilen bu sonuçlara göre tanelerin yüzey sıcaklıkları  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  olduğunda mikrobiyolojik açıdan güvenli hale getirildikleri belirlenmiştir. Ayrıca yüzey sıcaklığı  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  olduğunda mikroorganizma sayısının sıfırlandığı görülmüştür. Bir öneri olarak, işletme koşullarında fıstığın tünel çıkışındaki yüzey sıcaklığının hızlı bir şekilde ölçüldüğü bir sistem tasarlanması durumunda, yüzey sıcaklığı ölçümü ile mikrobiyal yük hakkında bilgi sahibi olunabilir.



Şekil 4.26. 150, 200, 250 ve 300°C’ de infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı arasındaki ilişki.

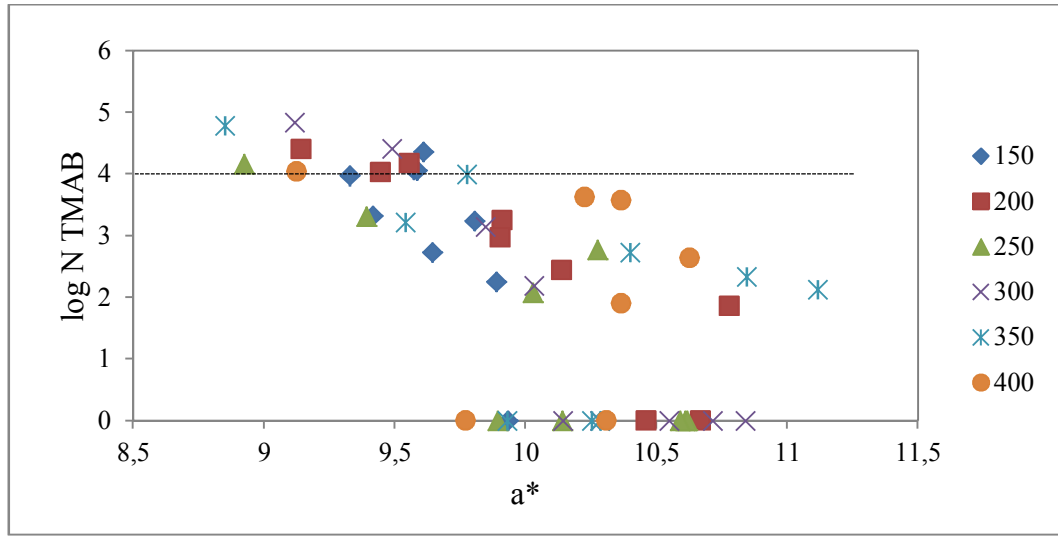


Şekil 4.27. 150, 200, 250 ve 300°C’ de infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı arasındaki ilişki.

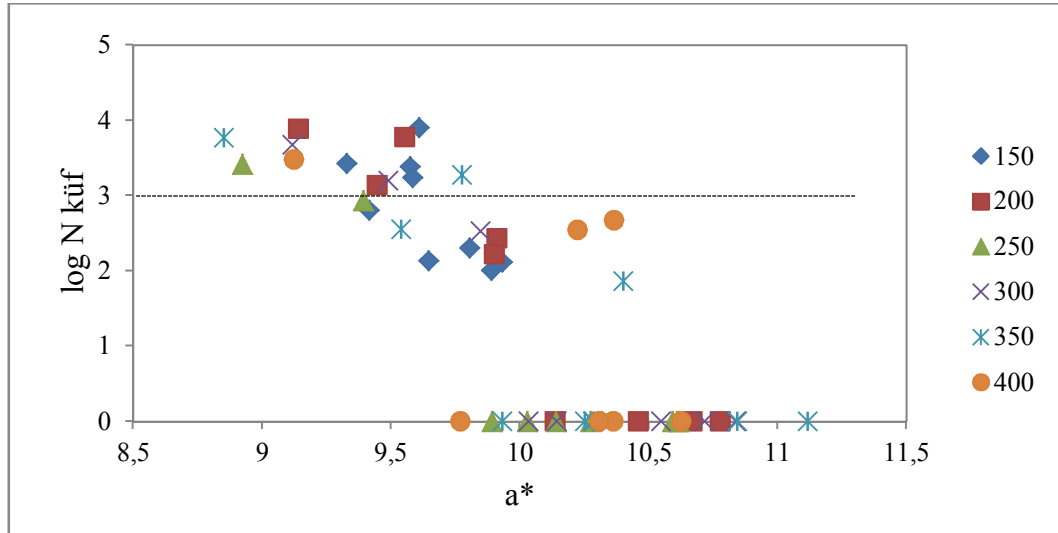
#### 4.2.7.3. Mikroorganizma sayısı ile renk arasındaki ilişki

Yer fıstığı örneklerinin infrared uygulaması ile  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  parametrelerindeki değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar  $L^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  değerlerinde önemli bir değişimin olmadığını göstermiştir. Ancak kırmızılığın sayısal olarak ifade edilmesinde kullanılan  $a^*$  değerinde 150, 200, 250, 300, 350 ve 400° C’ de farklı sürelerde infrared uygulaması ile artış olduğu belirlenmiştir.

a\* değeriindeki değişim ile mezofilik aerobik bakteri sayısında görölen değişim Şekil 4.28.' de verilmiştir. Buna göre a\* değeri arttıkça, mikroorganizma sayısında azalma olmuştur. Benzer durum a\* değeri ile toplam küf maya sayısı arasındaki ilişki de görölmüştür (Şekil 4.29). Ayrıca toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının belirlenen limit değeri olan  $10^4$  kob/g ile toplam küf maya sayısının  $10^3$  kob/g düzeyine düşüş sağlandığıda, a\* değerinin 9,5 olduğu belirlenmiştir.



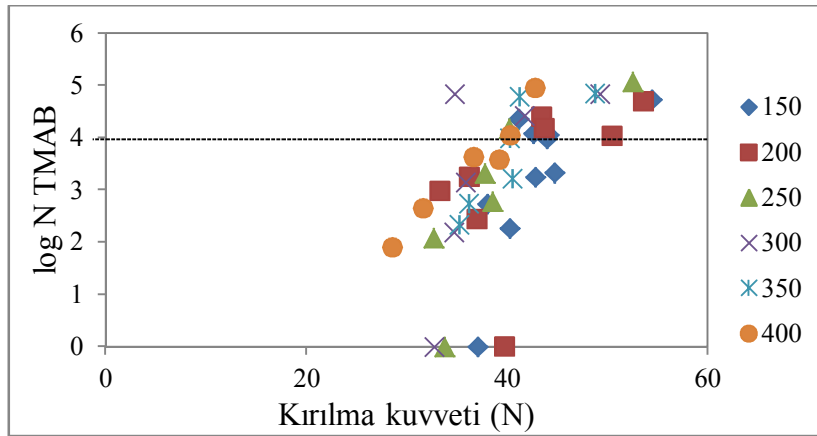
Şekil 4.28. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünelle beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve a\* değeri arasındaki ilişki.



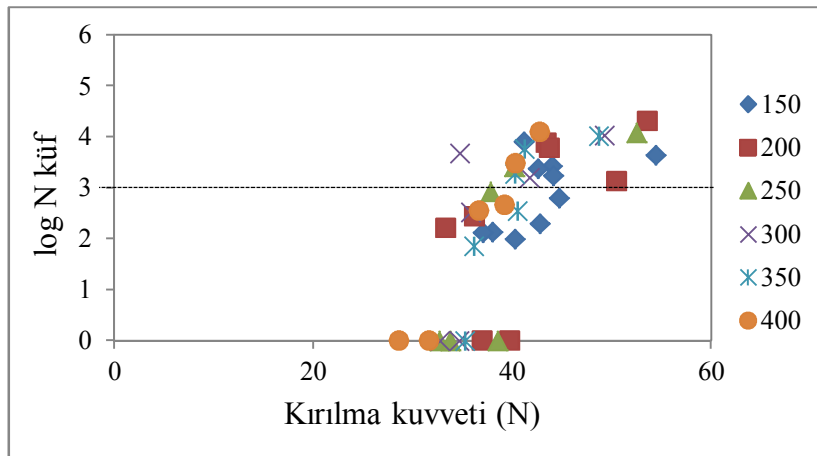
Şekil 4.29. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünelle beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam küf maya sayısı ve a\* değeri arasındaki ilişki.

#### 4.2.7.4. Mikroorganizma sayısı ile tekstürel özellikler arasındaki ilişki

Mikroorganizma sayısındaki ve tekstürel özelliklerdeki değişim birlikte ele alındığında, örneklerin daha kırılğan hale gelmesi ile mikrobiyal yükte azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.30.' da görüldüğü gibi toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının  $10^4$  kob/g düzeyine indiğinde, kırılma kuvvetinin 40 N olduğu belirlenmiştir. Toplam küf maya popülasyonundaki değişim ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki incelendiğinde ise mikroorganizma sayısı hedef olarak belirlenen  $10^3$  kob/g seviyesine düştüğü zaman kırılma kuvvetinin 40 N olduğu görülmüştür (Şekil 4.31).

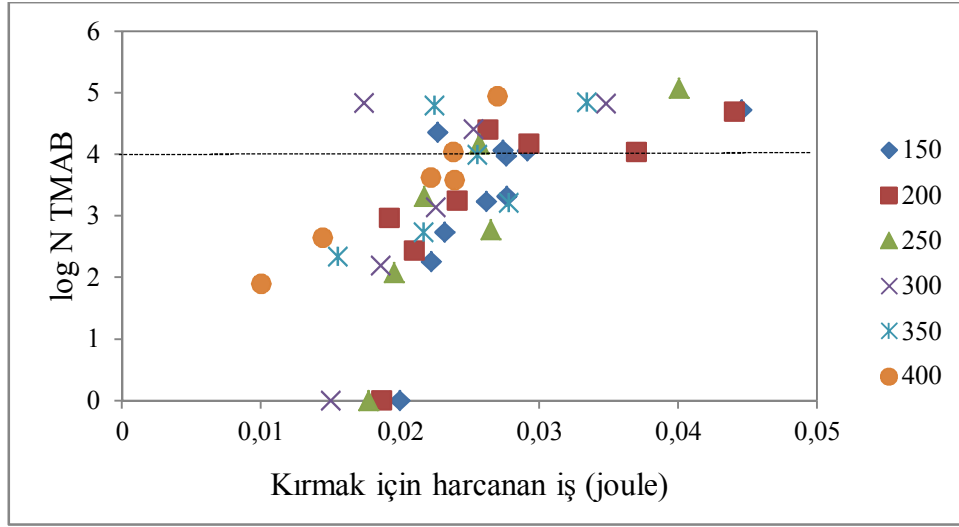


Şekil 4.30. Farklı sıcaklıklarda FIR uygulanan yer fıstığı örneklerinin bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet arasındaki ilişki.

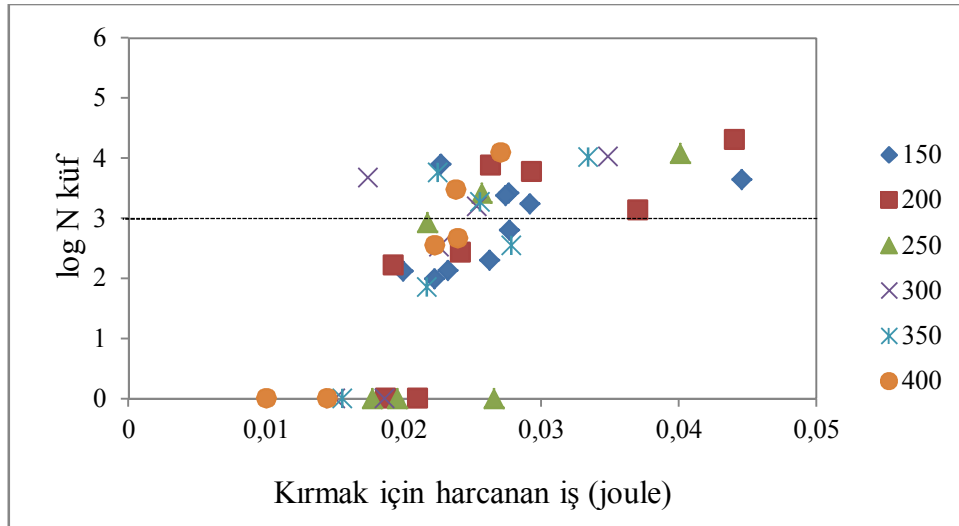


Şekil 4.31. Farklı sıcaklıklarda FIR uygulanan yer fıstığı örneklerinin bulundurdıkları toplam küf maya sayısı ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet arasındaki ilişki.

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı için üst limit olan  $10^4$  kob/g seviyesine indiğinde kırmak için sarf edilmesi gereken işin 0,025 joule civarında olduğu görölmektedir (Şekil 4.32). Benzer durum, küf maya popölasyonu ve, kırmak için gerekli iş arasındaki ilişki için de geçerli olmaktadır. Küf maya popölasyonu hedef olan  $10^3$  kob/g düzeyine indirildiğinde yine örnekleri kırmak için gerekli olan iş 0,025 joule olmuştur (Şekil 4.33).

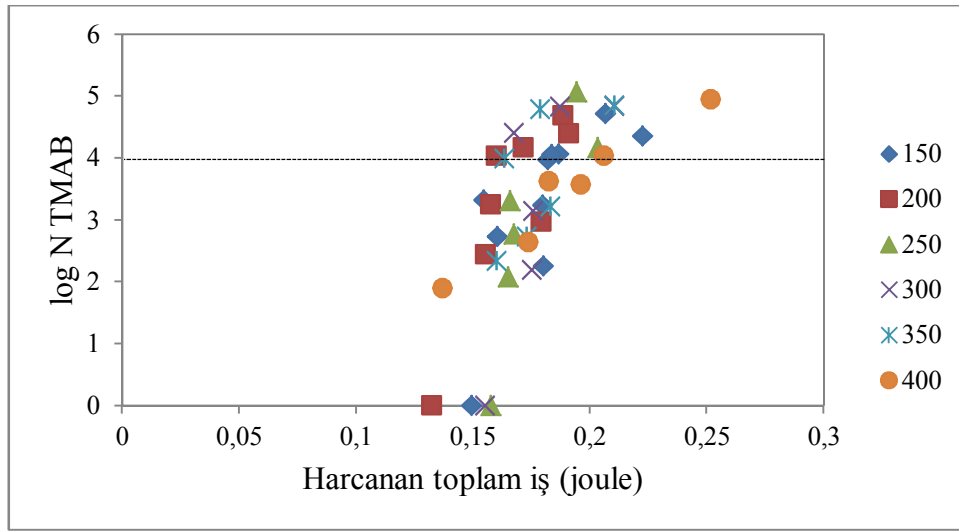


Şekil 4.32. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünelle beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve kırılmaları için harcanması gereken iş arasındaki ilişki.

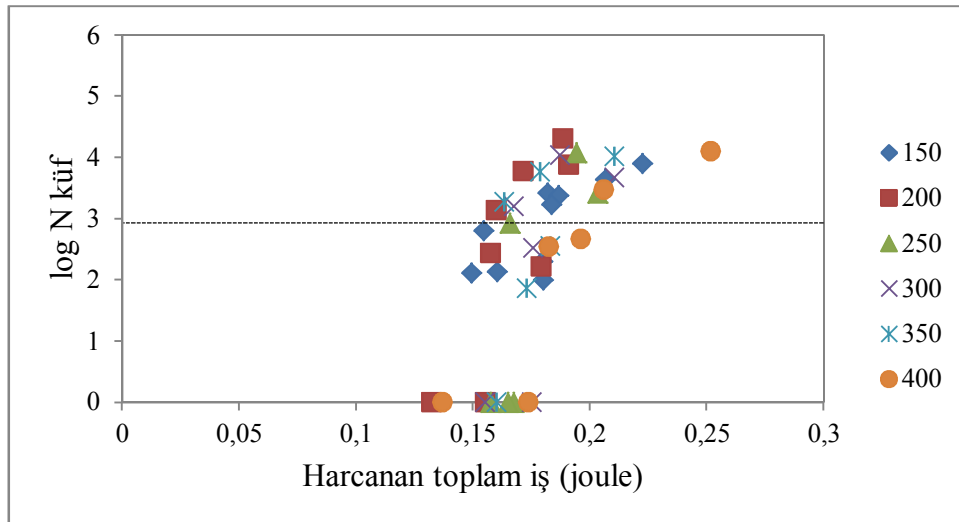


Şekil 4.33. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünelle beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdıkları toplam küf maya sayısı ve kırılmaları için harcanması gereken iş arasındaki ilişki.

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı için üst limit olan  $10^4$  kob/g seviyesi indiğinde ezmek için sarf edilmesi gereken işin 0,2 joule civarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.34). Benzer ilişki, toplam küf maya popülasyonu ve kırmak için gerekli iş arasında da yakalanmıştır. Toplam küf maya popülasyonu hedef olan  $10^3$  kob/g düzeyine indirildiğinde yine örnekleri ezmek için gerekli olan işin 0,2 joule olduğu görülmüştür (Şekil 4.35).



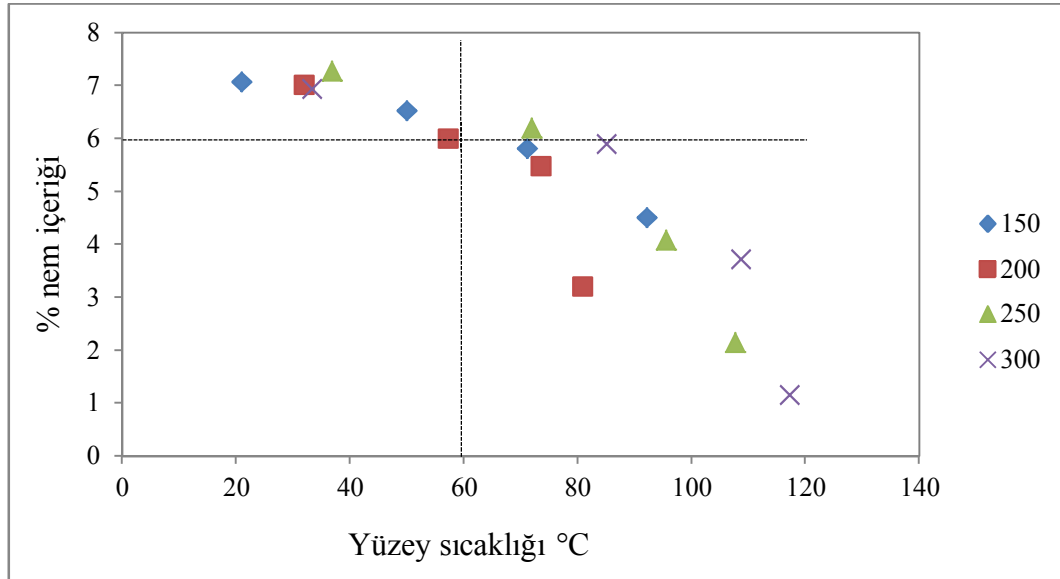
Şekil 4.34. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünelle beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve 5 mm ezilmeleri sırasında harcanması gereken iş arasındaki ilişki.



Şekil 4.35. Farklı infrared tünel sıcaklıklarında tünelle beslenen yer fıstığı örneklerinin bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve 5 mm ezilmeleri sırasında harcanması gereken iş arasındaki ilişki.

#### 4.2.7.5. Nem içeriği ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki

Yüzey sıcaklığı 60 °C' ye ulaştığında başlangıç nem içeriği % 7,076±0,268 olan örneklerin nem içeriklerinin % 6' nın altına düştüğü görülmektedir (Şekil 4.36). Sonuç olarak nem içeriğinde fazla bir kayıp olmadan örneklerin mikrobiyal yükü infrared işlemi ile belirtilen düzeye indirilebilmektedir. Ayrıca, örneklerin nem içeriğindeki azalma ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkinin infrared tünel fırında ayarlanan sıcaklıktan etkilenmediği anlaşılmaktadır.

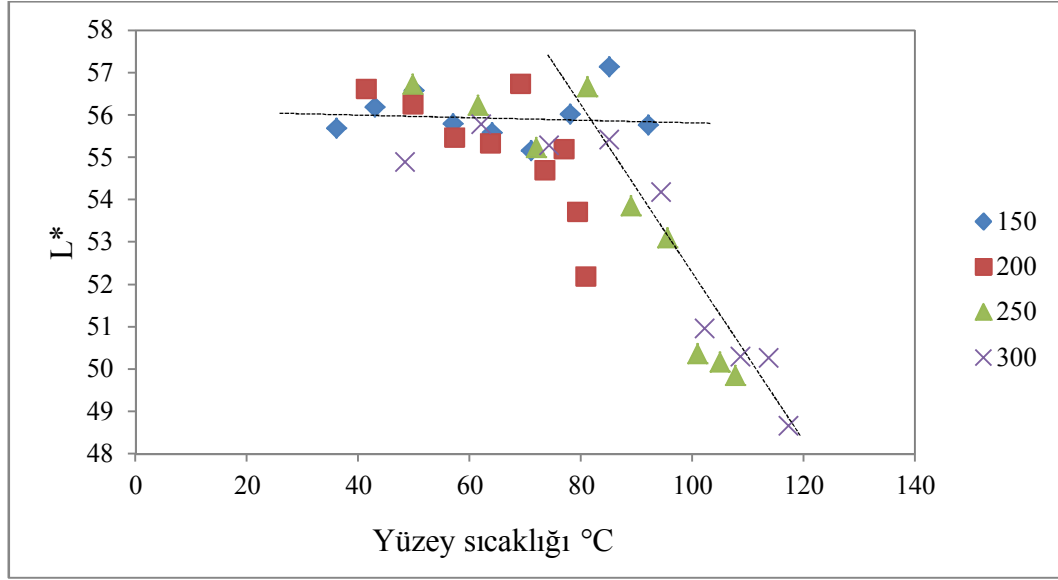


Şekil 4.36. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve nem içeriklerinde görülen değişim.

#### 4.2.7.6. Renk parametreleri ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki

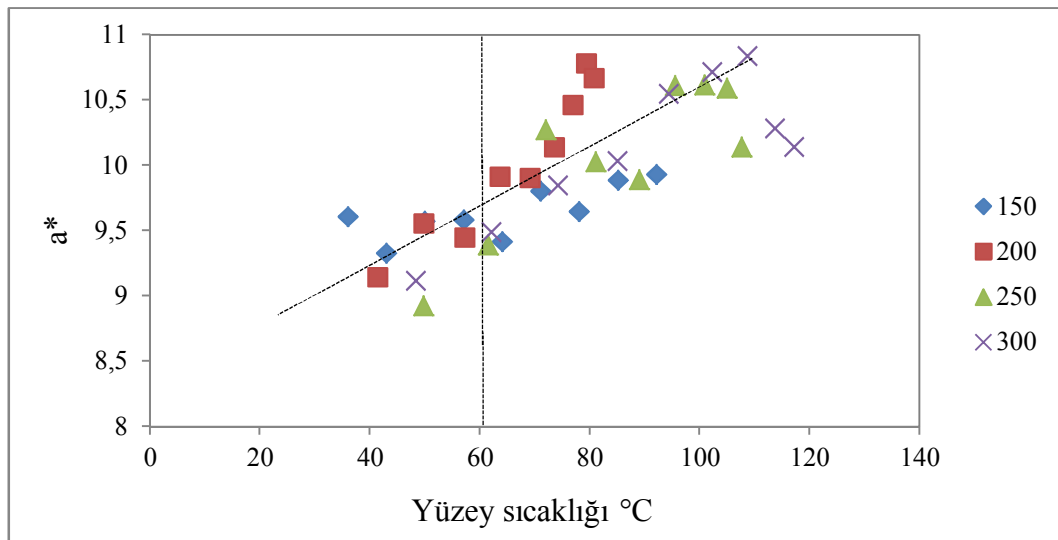
Örneklerin yüzey sıcaklıkları 60° C olduğunda L\* değerinde önemli bir değişme olmadığı, asıl etkilenmesinin 80°C' den sonra olmaya başladığı görülmüştür (Şekil 4.37). Örneklerin yüzey sıcaklığı 80°C' yi geçtiğinde ise L\* değeri azalmaya başlamıştır.





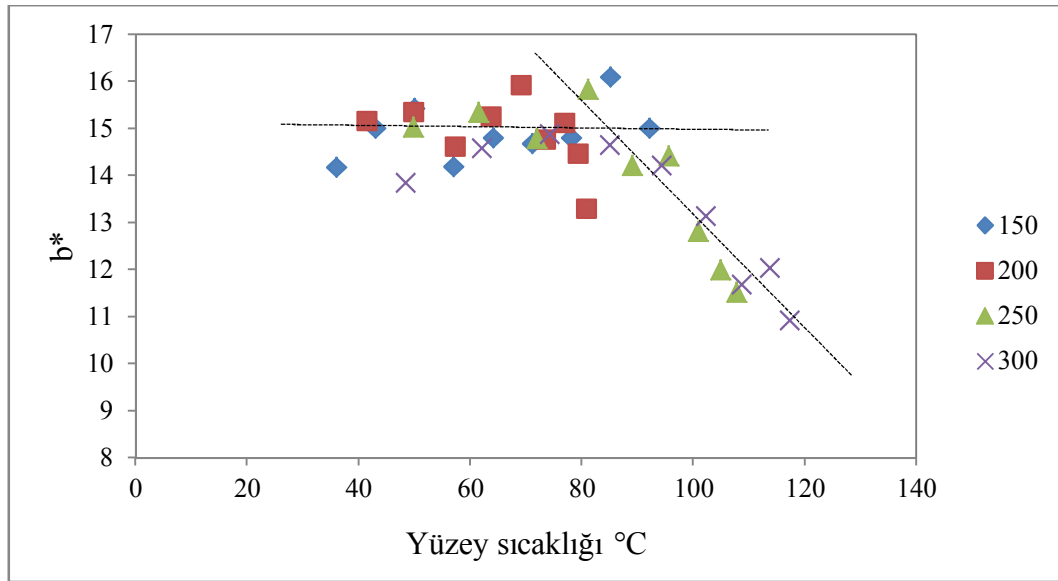
Şekil 4.37. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünellerde beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve parlaklıklarında görülen değişim.

Yüzey sıcaklığı ile  $a^*$  değeri arasındaki ilişki incelendiğinde yüzey sıcaklığı arttıkça  $a^*$  değerinde de artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.38). Tanelerin yüzey sıcaklığının 60 °C' ye ulaştığında  $a^*$  değeri 9,5 civarında olmaktadır. Ayrıca bu grafikten yüzey sıcaklığı artmaya devam ettiğinde  $a^*$  değerinin maksimum 11' e kadar çıktığı, daha sonra azalmanın başladığı belirlenmiştir.



Şekil 4.38. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünellerde beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve kırmızılıklarında görülen değişim.

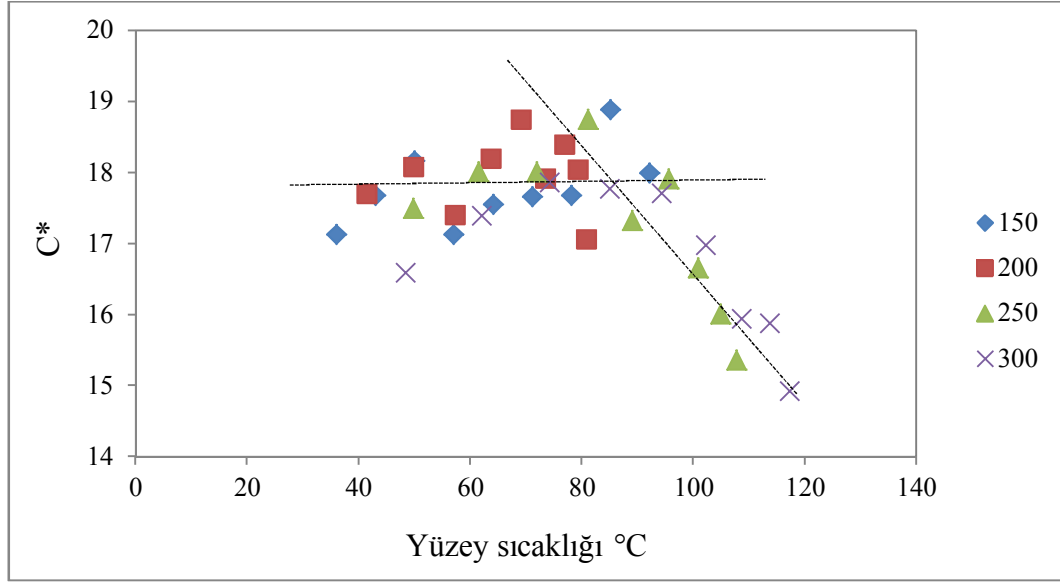
Diğer renk parametrelerinden  $b^*$  değerinin yüzey sıcaklığı ile olan ilişkisi Şekil 4.39' da verilmiştir. Tanelerin yüzey sıcaklığının  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye yükseldiğinde  $b^*$  değeri 15 civarında olduğu görülmektedir. Önemli değişimin yüzey sıcaklığı  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye ulaştıktan sonra başladığı belirlenmiştir. Kısa ısıl işlem sürelerinde 15 civarında bulunan  $b^*$  değeri işlem süresi uzadıkça, diğer bir deyişle yüzey sıcaklığı arttıkça azalarak 11 seviyesine kadar inmiştir.



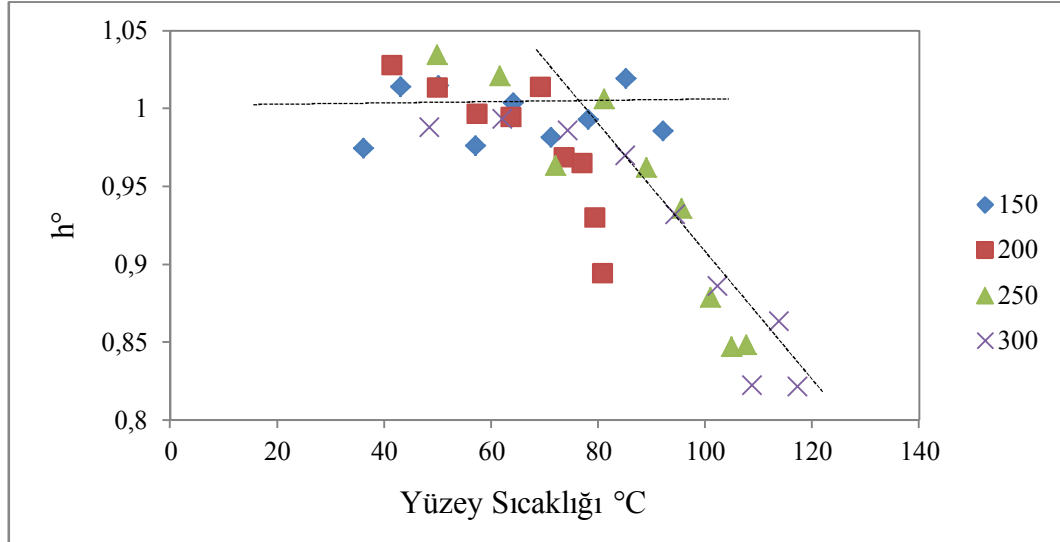
Şekil 4.39. 150, 200, 250 ve  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve sarılıklarında görülen değişim.

$C^*$  değerinin yüzey sıcaklığı ile olan ilişkisi şekil 4.40' da verilmiştir. Tanelerin yüzey sıcaklığının  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye yükseldiğinde  $C^*$  değerinin 17-19 aralığında olduğu görülmektedir.  $C^*$  değerinde de önemli değişmelerin yüzey sıcaklığı  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye ulaştıktan sonra başladığı belirlenmiştir. Yüzey sıcaklığı daha da arttığında  $C^*$  değerlerinde azalma başlamıştır.

$h^{\circ}$  değeri kısa işlem sürelerinde infared ışınlarından etkilenmezken, yüzey sıcaklığı  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye ulaştıktan sonra  $h^{\circ}$  değerinin azalmaya başladığı görülmüştür. Düşük yüzey sıcaklıklarında 1 civarında ölçülen renk tonu, yüzey sıcaklığı  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye geldiğinde 0,85' in altına inmektedir (Şekil 4.41).



Şekil 4.40. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağılı olarak yüzeY sıcaklıklarında ve renk doygunluklarında görülen değişim.



Şekil 4.41. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin FIR uygulama sürelerine bağılı olarak yüzeY sıcaklıklarında ve renk tonlarında görülen değişim.

Bu çalışma kapsamında yapılan analizler sonrasında, yer fıstığı örneklerinin renk parametrelerinin artan yüzeY sıcaklığı ile nasıl değiştiiği ortaya konulmuştur. Örneklerin mikrobiyal yükü toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam küf maya açısından limit olarak belirlenen seviyelere indirildiğinde yüzeY sıcaklığının 60 °C olduğu ve bu sıcaklık değerinde L\*, b\*, C\* ve h° değerlerinde

herhangi bir değişim olmadığı, yalnızca a\* değerinin yüzey sıcaklığı artışıyla arttığı belirlenmiştir. Mikrobiyal yükün ilk sıfırlandığı an olan yüzey sıcaklığının 80° C olduğu nokta ise L\*, b\*, C\* ve h° değerlerinde de ilk değişimin gözleendiği andır. Bu çalışmada yer fıstıklarının raf ömrünün arttırılması için uzak infrared ışınları ile yapılan ön işleme mikrobiyal yük limit değerlere düşürüldüğünde veya sıfırlandığında renk parametrelerinin etkilenmediği görülmüştür. Yüzey sıcaklığı 80 ° C' yi geçtiğinde ise yer fıstığı tanelerinin kalite özelliklerinde kayıplar başlamıştır.

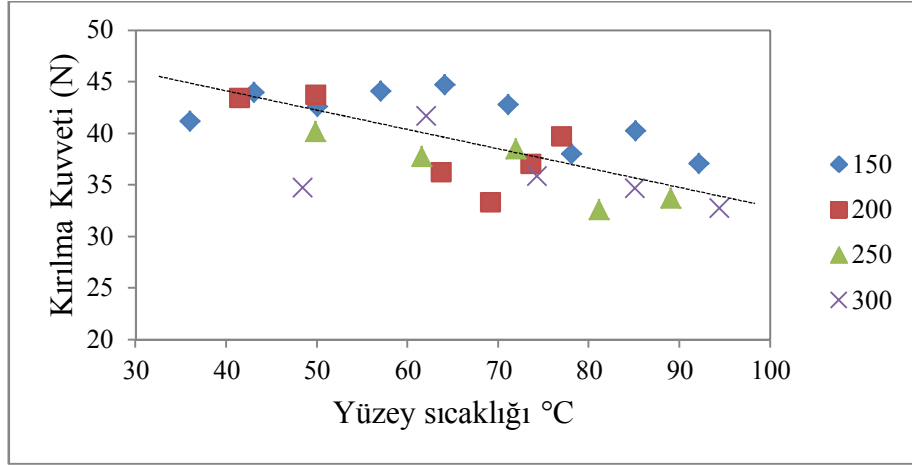
Yer fıstıklarının infrared ile ön işleme maruz bırakılması sırasında, kalite kayıplarının önüne geçilerek, hem mikrobiyal açıdan istenen değerde, hem de fiziksel ve kimyasal olarak kalitenin maksimum düzeyde korunduğu ürünlerin elde edilmesi için fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerinin birlikte yürütülmesi ve aralarındaki ilişkilerin ortaya konması büyük önem taşımaktadır.

#### 4.2.7.7. Yüzey sıcaklığı ile tekstürel özellikler arasındaki ilişki

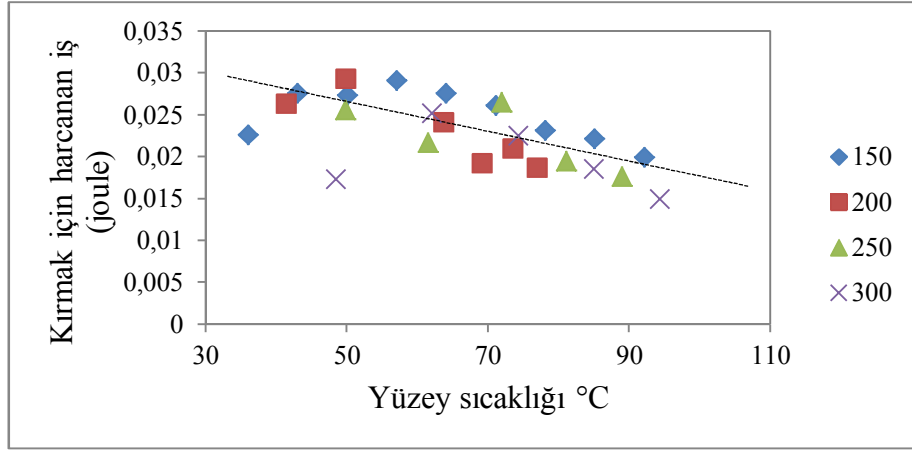
Yüzey sıcaklığı değişimi ile örnekleri kırmak için uygulanması gereken kuvvet arasındaki ilişki Şekil 4.42' de verilmiştir. Bu grafiğe göre yer fıstığı tanelerinin yüzey sıcaklıkları arttıkça uygulanan kuvvette azalmalar olduğu, yani daha kırılğan bir yapı kazandıkları ortaya çıkmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam küf maya düzeylerinin limit değere yüzey sıcaklığının 60 °C' de olduğu daha önceden belirtilmişti. Buna göre yüzey sıcaklığı 60 °C olduğunda başlangıçta 45 N olan kuvvetin 40 N' un altına düştüğü görülmektedir.

Yüzey sıcaklığı değişimi ile örneklerin kırılması sırasında harcanan iş arasındaki ilişki Şekil 4.43' de verilmiştir. Bu grafiğe göre yer fıstığı tanelerinin yüzey sıcaklıkları arttıkça harcanan işin azaldığı ortaya çıkmıştır. Yüzey sıcaklığı 60 °C olduğunda ise örneklerin kırılmasında harcanması gereken işin 0,25 joule' un altına düştüğü görülmüştür.

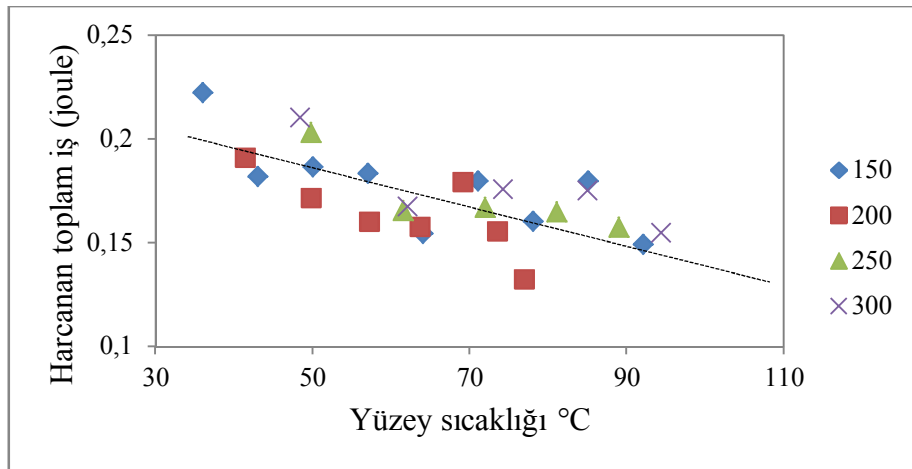
Şekil 4.44' de yüzey sıcaklığındaki artmaya bağlı olarak örneklerin ezilmeleri sırasında harcanan toplam işteki azalma gösterilmektedir. Başlangıçta 0,2 joule civarında olan işin örneklerin yüzey sıcaklığı 60 °C' ye ulaştığında bu değerin 0,15 joule seviyesine indiği görülmüştür.



Şekil 4.42. Farklı tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet arasındaki ilişki.



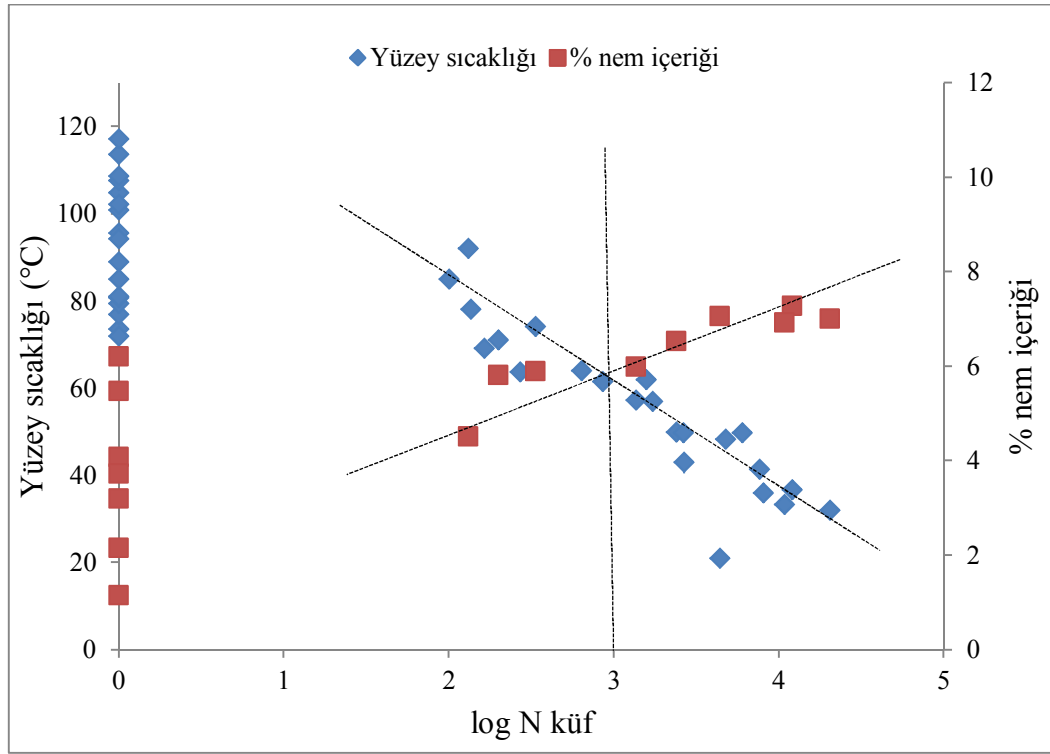
Şekil 4.43. Farklı tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için harcanması gereken iş arasındaki ilişki.



Şekil 4.44. Farklı tünel sıcaklıklarında yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve 5 mm ezilmeleri sırasında harcanması gereken toplam iş arasındaki ilişki.

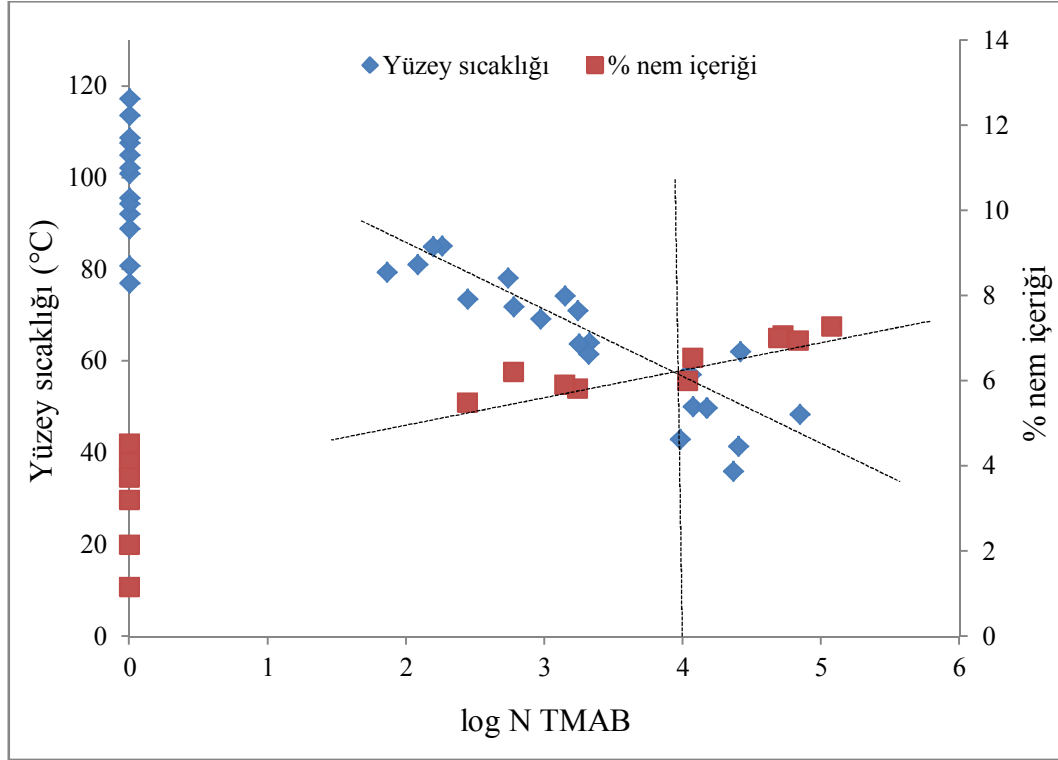
#### 4.2.7.8. Mikroorganizma sayısının, nem içeriği ve yüzey sıcaklığı ile ilişkisi

şekil 4.45’ de verilen grafikte, mikroorganizma sayısı ile nem içeriğinde ve yüzey sıcaklığında görülen değişim arasındaki ilişki ele alınmıştır. Örneklere uygulanan infrared işlemi ile toplam küf maya sayısının  $10^3$  kob/g düzeyine indirildiğinde, yüzey sıcaklığının  $60\text{ }^\circ\text{C}$  ve örneklere % nem içeriklerinin ise % 6’ nın altında olduğu belirlenmiştir. Toplam mezofilik aerobik bakteri açısından sterilizasyon sağlandığında ise yüzey sıcaklığının  $80^\circ\text{C}$ ’ nin üzerine ktığı ve % nem içeriğinin ise % 4 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.



şekil 4.45. 150, 200, 250 ve  $300\text{ }^\circ\text{C}$  infrared tünel sıcaklığlarında tünele beslenen yer fıstığı örneklere yüzey sıcaklığı ve % nem içerikleri ile toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki.

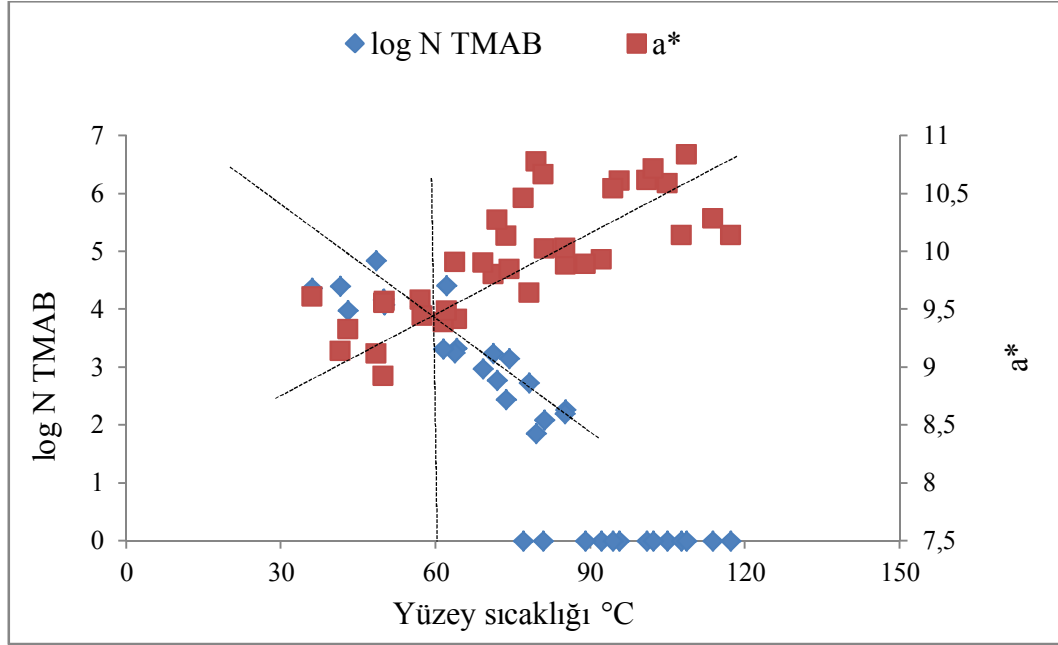
Benzer durum toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ile yüzey sıcaklığı ve % nem içeriğinin değişimin incelendiği şekil 4.46’ da da görülmüştür. Örneklere mikroorganizma sayıları  $10^4$  kob/g düzeyine ulaştığında yüzey sıcaklığı yine  $60\text{ }^\circ\text{C}$  ve nem içeriği de % 6’ nın altında olmaktadır. Mikrobiyal yük sıfırlandığında ise yüzey sıcaklığının  $80^\circ\text{C}$ , nem içeriğinin ise % 4 olduğu tespit edilmiştir.



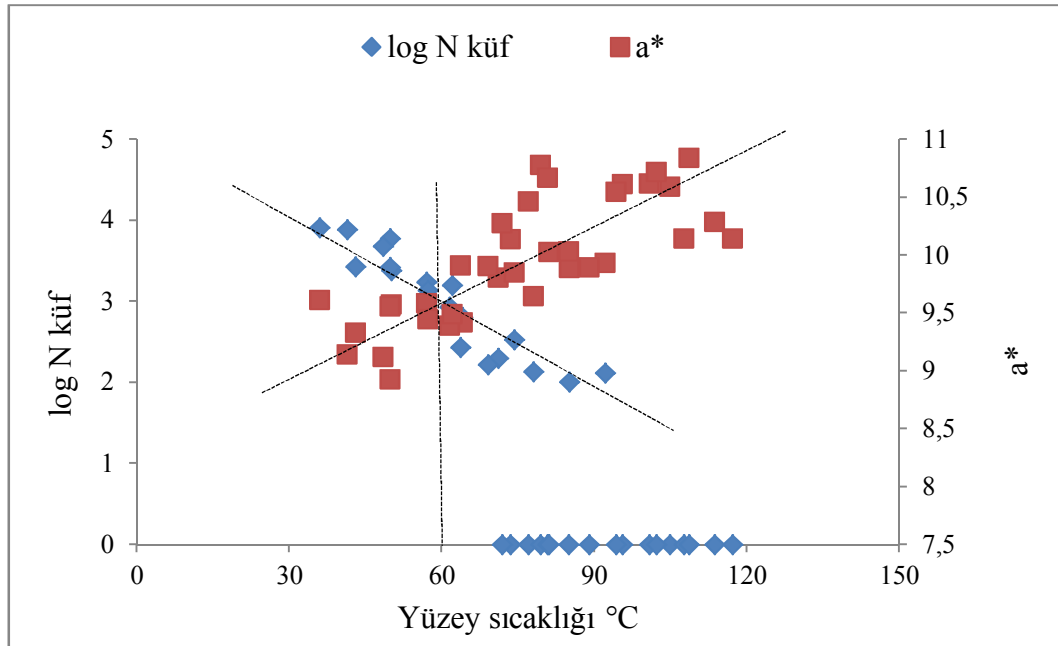
Şekil 4.46. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklığı ve % nem içeriği ile toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki.

#### 4.2.7.9. Mikroorganizma sayısının yüzey sıcaklığı ve a\* değeri ile ilişkisi

Şekil 4.47 incelendiğinde, mikroorganizma sayısı hedeflenen  $10^4$  kob/g değerine indirildiğinde, a\* değeri 9,5 civarında olurken, yüzey sıcaklığı ise 60 °C olmaktadır. Zamanla yüzey sıcaklığı 120 °C' ye kadar çıkarken, a\* değerinin 11' e kadar yükseldiği görülmektedir. Artan yüzey sıcaklığı ile a\* değerinin ve toplam küf maya sayısının değişimine bakıldığında ise (Şekil 4.48) mikroorganizma sayısının hedeflenen değer olan  $10^3$  kob/g' a düştüğü yüzey sıcaklığının 60°C ve a\* değerinin 9,5 olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.47. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ve kırmızılıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki.

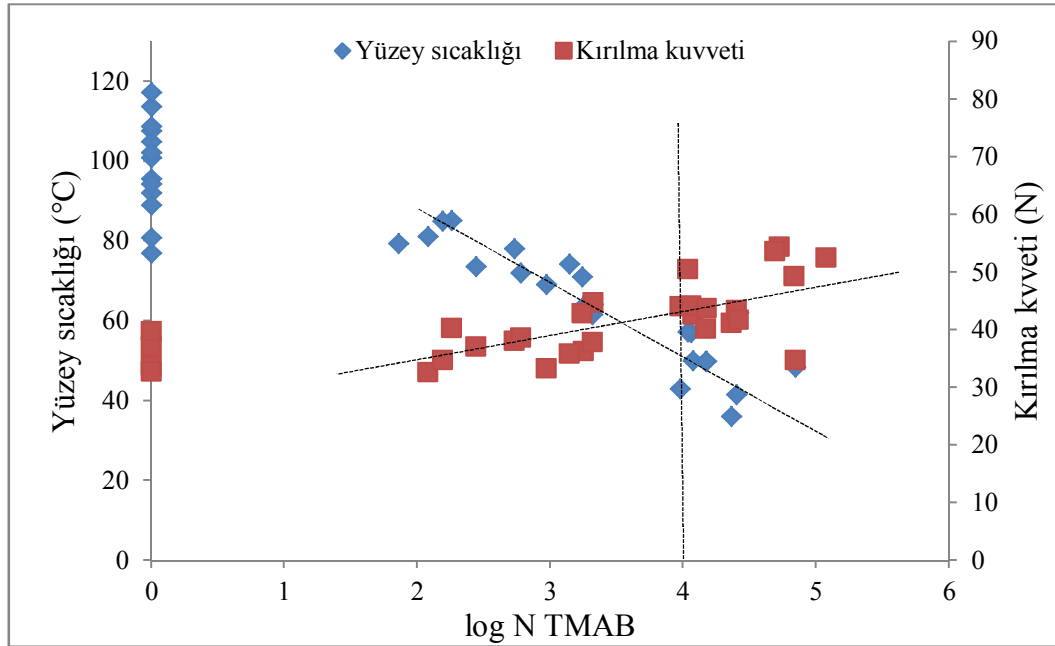


Şekil 4.48. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin toplam küf maya sayıları ve kırmızılıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki.

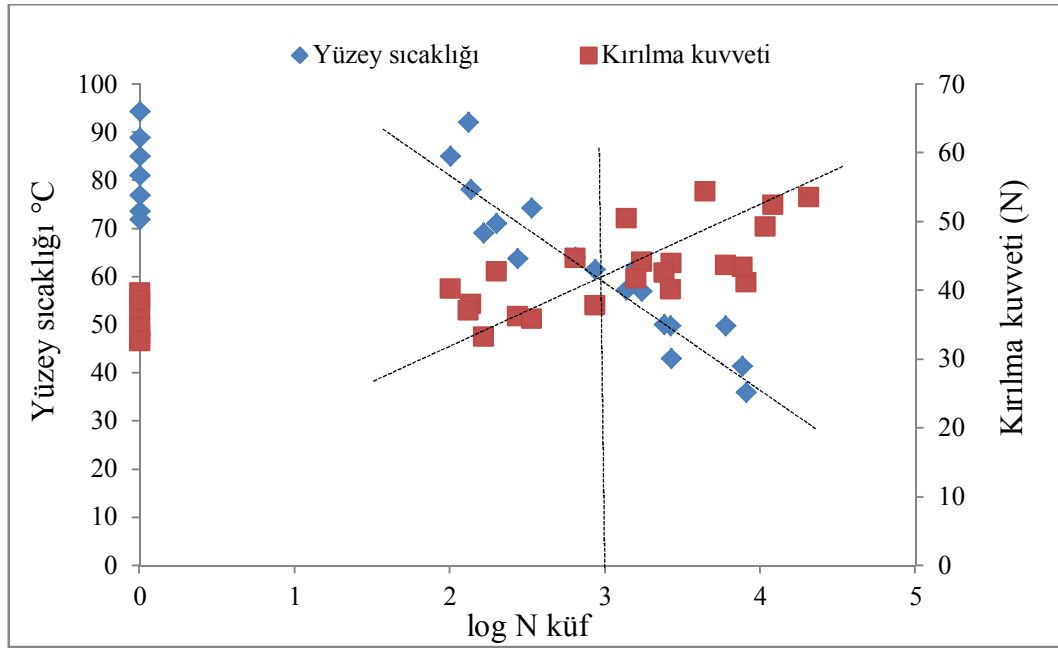


#### 4.2.7.10. Mikroorganizma sayısının yüzey sıcaklığı ve tekstürel özellikleri ile ilişkisi

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında azalma sağlanırken, bu sırada yüzey sıcaklığında ve örneklerin kırılmalıklarında artma olduğu görülmüştür (Şekil 4.49). Mikrobiyal yük toplam mezofilik aerobik bakteri açısından  $10^4$  kob/g seviyesine azaltıldığında yüzey sıcaklığının  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  olduğu, bu sırada örneklerin kırılması için uygulanacak kuvvetin  $40\text{ N}$ ' un altına indiği anlaşılmaktadır. Yüzey sıcaklığı ve kırılma kuvveti ile toplam maya küf sayısı arasındaki ilişki incelendiğinde, mikrobiyal yükün hedeflenen  $10^3$  kob/g düzeyine indiğinde örneklerin yüzey sıcaklıklarının  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  olduğu, örneklerin kırılması için uygulanacak kuvvetin de  $40\text{ N}$ ' un altında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.50).

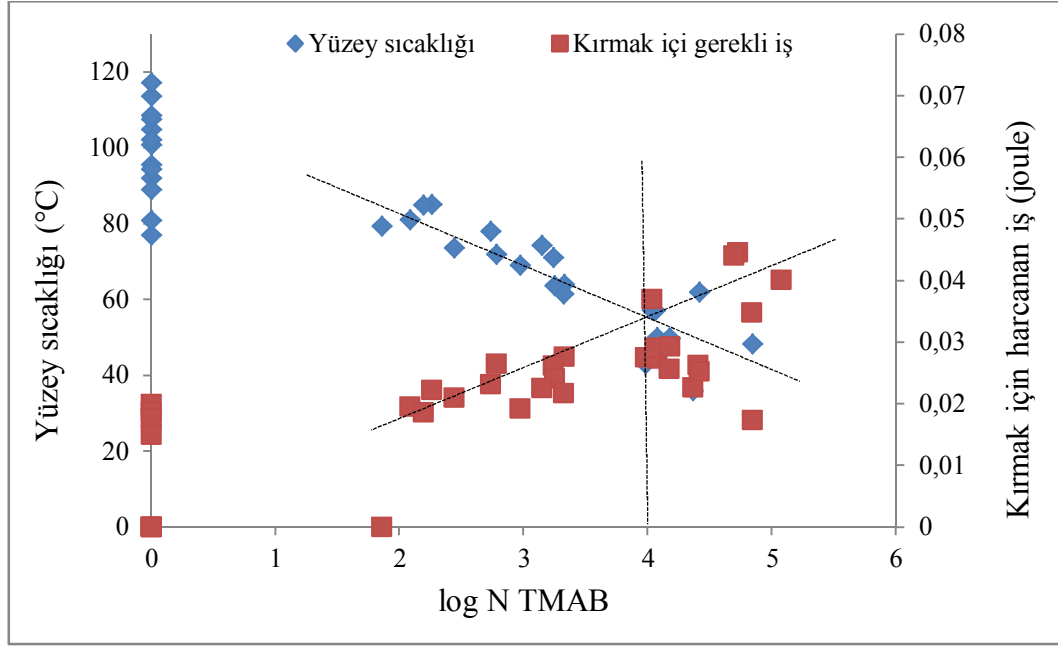


Şekil 4.49. 150, 200, 250 ve  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet ile bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki.

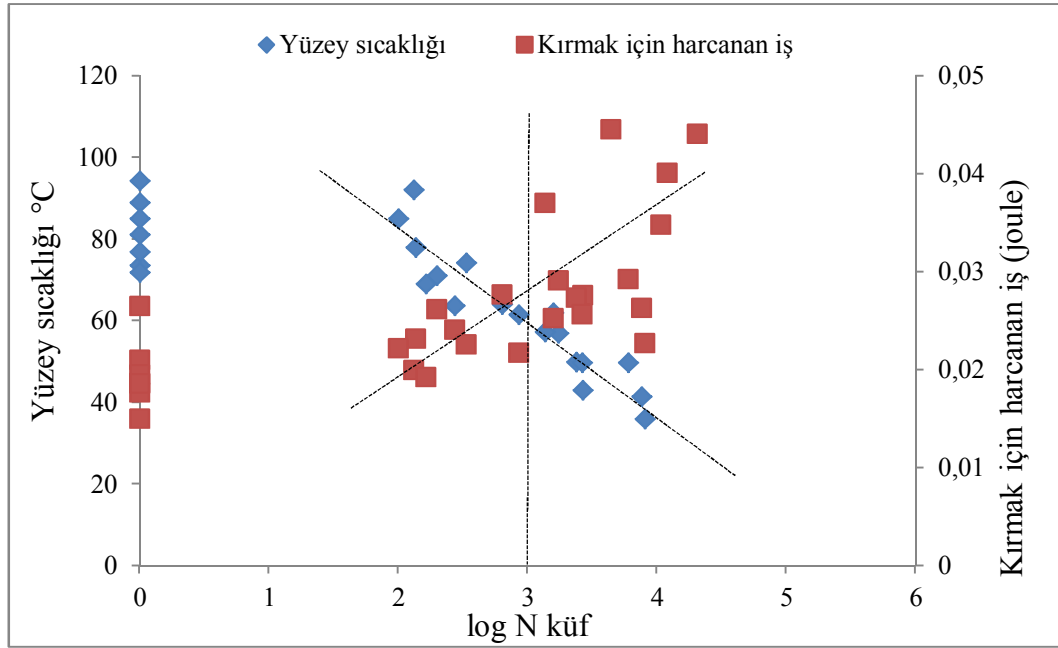


Şekil 4.50. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları için uygulanması gereken kuvvet ile bulundurdıkları toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki.

Benzer ilişki yüzey sıcaklığı, mikrobiyal yük ve kırmak için harcanan iş arasında da görülmektedir. İnfrared işlemi ile toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı  $10^4$  kob/g olduğunda, yüzey sıcaklığı 60 °C' ye yükselmektedir. Başlangıçta 0,045 joule olan örnekleri kırmak için harcanan iş ise, hedeflenen mikrobiyal azalma sağlandığında 0,025 joule civarına düşmektedir. Ayrıca, örneklerin yüzey sıcaklıkları, tünele besleme akış hızı ve tünel fırın sıcaklığı eşlemelerinden bağımsız olarak 80 °C' ye yükseldiğinde mikrobiyal yükün sıfırlandığı görülmektedir (Şekil 4.51). Tanelerin yüzey sıcaklıkları ve kırmak için harcanan işin toplam küf maya sayısına bağlı olarak incelendiği Şekil 4.52' de infrared işlemi ile mikroorganizma sayısını hedeflenen  $10^3$  kob/g düzeyine indirildiğinde, yüzey sıcaklığının 60 °C olduğu görülmektedir. Bu sırada örnekleri kırmak için harcanan iş ise, 0,025 joule civarına düşmektedir.

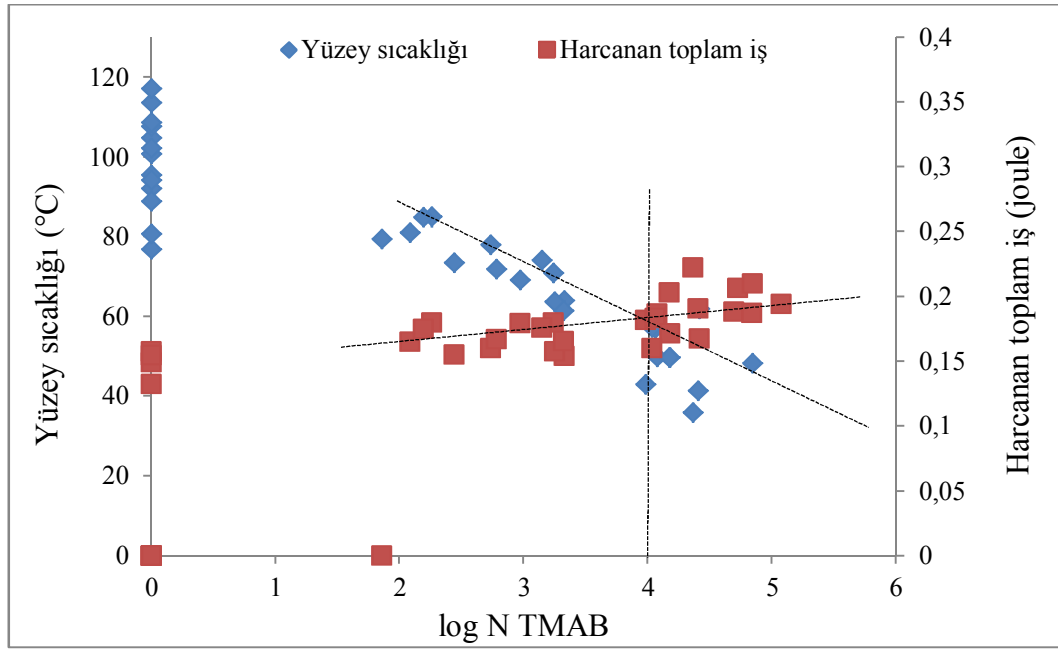


Şekil 4.51. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları sırasında harcanan iş ile bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki.

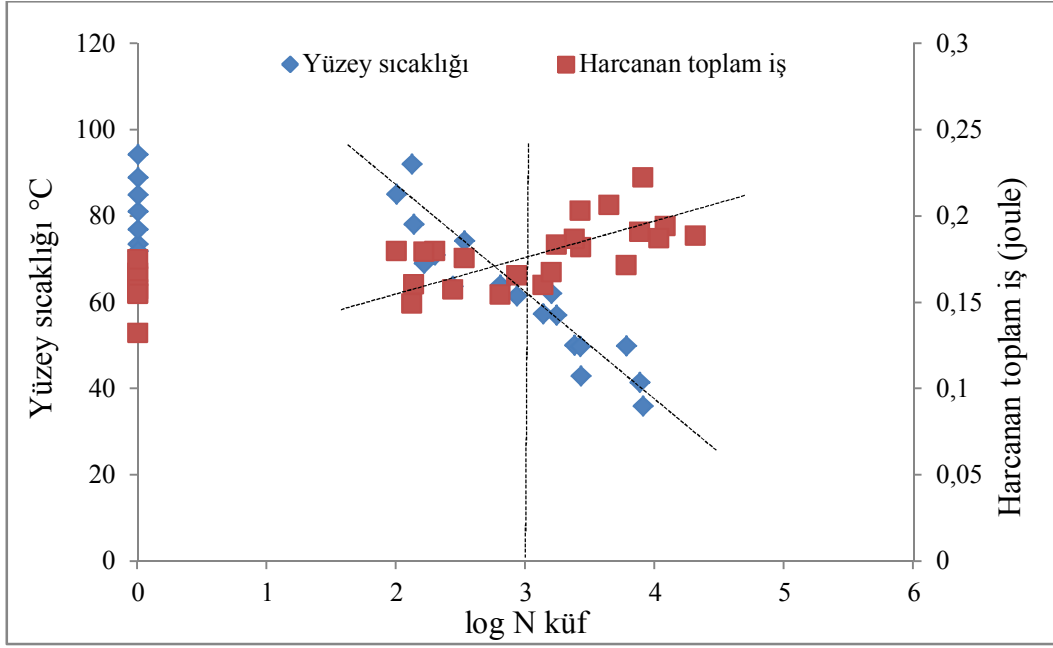


Şekil 4.52. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve kırılmaları sırasında harcanan iş ile bulundurdıkları toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki.

Mikrobiyal yük, yüzey sıcaklığı ve tekstürel özelliklerinden harcanan toplam iş arasındaki ilişki Şekil 4.53 ve Şekil 4.54’ de verilmiştir. İnfrared işlemleri süresi arttıkça örneklerin sıkıştırılması için harcanan işte azalma olduğu kaydedilmiştir. Mikroorganizma yükü toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve toplam küf maya sayısı için hedef alınan düzeye azaltıldığında ise yüzey sıcaklığının 60° C olduğu ve başlangıçta 0,25 joule civarında olan harcanan toplam işin, 0,2 joule’ un altına indiği görülmüştür.



Şekil 4.53. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve 5 mm sıkıştırılmaları sırasında harcanan toplam iş ile bulundurdıkları toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasındaki ilişki.



Şekil 4.54. 150, 200, 250 ve 300 °C infrared tünel sıcaklıklarında tünele beslenen yer fıstığı örneklerinin yüzey sıcaklıkları ve 5 mm sıkıştırılmaları sırasında harcanan toplam iş ile bulundurdıkları toplam küf maya sayıları arasındaki ilişki.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, uzak infrared ışınları (FIR) ile çiğ, iç yer fıstıklarının doğal mikrobiyal ortamında baskın olarak bulunan ve depolama sürelerinde aflatoksin oluşumuna sebep olabilecek küf popülasyonunun düşürülmesi, bunun yanı sıra tanelerin genel mikrobiyal kalitesi ile ilgili bilgi veren toplam mezofilik aerobik bakteri popülasyonu üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Kullanılan uzak infrared ışınları ile mikroorganizma yükü azaltılarak daha uzun raf ömrüne sahip, güvenli gıda elde edilmesi hedeflenmiştir. FIR ışınlarının yer fıstığı tanelerinin yüzey pastörizasyonundaki etkinliği belirlenmesinin yanında infrared uygulaması ile örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde görülen değişimler de incelenerek birbirleriyle ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirmeler sayesinde yapılacak mikrobiyal analizlerin yanında pratik olarak belirlenebilecek bazı kalite özelliklerinden mikrobiyal yük ile ilgili yaklaşık bir bilgi elde edilebileceği gösterilmeye çalışılmıştır.

Sonuçlar ve öneriler bölümünün 1. maddesinde kullanılan yer fıstığı örneklerinin başlangıçtaki fiziksel özelliklerine, 2. maddesinde kimyasal özelliklerine ait sonuçlara 3. maddesinde mikrobiyolojik analizlerde kullanılan homojenizasyon yöntemlerinin karşılaştırılmasından elde edilen bulgulara yer verilmiştir. 4. maddede ise TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardına göre yapılması zorunlu mikrobiyolojik analizlerden elde edilen sonuçlar verilmiştir. 5. maddede uzak infrared uygulamasının yer fıstığı tanelerinin mikrobiyal yükü üzerine etkinliğinin belirlendiği sonuçlar verilmiştir.

6. ve 7. maddelerde FIR ışınlarının yer fıstıklarının fiziksel, 8. maddede ise kimyasal özelliklerine etkisi incelenmiştir.

9. ve 10. maddelerde yer fıstığı örneklerinin mikrobiyal açıdan güvenli olarak nitelendirildikleri toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının  $10^4$  kob/g, toplam küf maya sayısının  $10^3$  kob/g düzeyinde olduğu durumda, incelenen fiziksel özelliklerin hangi sayısal değerlere ulaştığı belirlenmiştir.

1) Bu tez çalışmasında iç yer fıstığı olarak temin edilen tanelerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde üç farklı elekten geçirilmiş örnekler

kullanılmıştır. Örneklerin en, boy ve yükseklikleri belirlendikten sonra, bu üç boyuttan elde edilen sonuçlar kullanılarak eşdeğer çap ve % olarak belirtilen küresellik hesaplamaları yapılmıştır. Daha sonra örneklerin 100 gramda buldukları tane sayısına göre sınıflandırılmaları yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre 100 gramda 86 adet tane bulduran örnekler Extra, 123 adet tane bulduranlar Sınıf I, 153 adet tane bulduranlar Sınıf III olarak gruplandırılmıştır.

Biri yer fıstığı üreticisinden kapsüllü halde, diğeri de yer fıstığı işletmesinden iç yer fıstığı olarak farklı yerlerden temin edilen yer fıstıklarının başlangıç nem içeriklerinin sırası ile %  $12,102 \pm 0,237$  ve  $7,076 \pm 0,268$  olarak tespit edilmiştir.

2) İnfrared uygulanmamış yer fıstığından elde edilen yağın kalite özellikleri incelendiğinde ise peoksit sayısının  $2,25 \pm 0,62$  meq/kg, asit sayısının  $0,46 \pm 0,03$  mg KOH/g olduğu tespit edilmiştir. Yağ asidi bileşimi incelendiğinde ise; % 8,41 palmitik asit, % 3,60 stearik asit, % 57,75 oleik asit, % 22,58 linoleik asit, % 1,84 araşidik asit, % 1,1 cis 11 eikosenoik asit, % 3,27 behenik asit ve % 1,22 lignoserik asitten oluştuğu belirlenmiştir.

3) Yer fıstığı örneklerinin mikrobiyolojik analizinde kullanılacak homojenizasyon yöntemi belirlenmiştir. Bu amaçla vorteks çalkalayıcı, stomacher parçalayıcı ve öğütücü kullanılmış, bu tekniklere göre yapılan ekimlerin sonuçları birbirleri ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlarda yöntemler arasında önemli bir farklılığa rastlanmadığından, mikrobiyal analizler daha çevreci ve pratik olduğu düşünülen vorteks çalkalayıcı kullanılarak yapılmıştır.

4) 2010 ve 2011 yıllarına ait farklı yer fıstığı örneklerin başlangıçta buldukları toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarının  $10^{3,69}$  -  $10^{5,46}$ , toplam küf maya sayılarının  $10^{2,47}$  -  $10^{5,73}$  aralıklarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca örneklerde bulunan koliform ve fekal koliform bakteri sayıları EMS yöntemine göre belirlenmiştir. Koliform bakteri sayısı 2 - 11 adet/g olarak tespit edilirken, fekal koliform bakteriye rastlanmamıştır. *E.coli* ve *Salmonella* varlığı araştırılmış ancak tespit edilememiştir.

DeneYlerde kullanılan yer fıstığı örneklerinde toplam aflatoksin (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) varlığı araştırılarak miktarı belirlenmiştir. Toplam küf sayısı 10<sup>4,43</sup> kob/g olan örneklerde 5,59 ppb düzeyinde G<sub>2</sub> türü aflatoksin tespit edilmiştir. Bu sonucun Türk Gıda Kodeksi' nde yer fıstığında aflatoksin için belirtilen limitin altında olduğu grlmştir.

5) TS 13232 nolu işlenmiş yer fıstığı standardında verilen üç sınıflı örneklenme planına göre işlem görmüş yer fıstığı tanelerinde bulunabilecek kf poplasyonu 10<sup>3</sup> kob/g olarak belirtilmiştir. Kf popülasyonunun 10<sup>3</sup> kob/g değerine indirilebilmesi için, 150, 200, 250, 300, 350 ve 400°C' deki fırın iç sıcaklıklarında sırası ile 300, 200, 80, 90, 60 ve 45 saniyelik infrared işlem süresi gerekmektedir. 150 C fırın sıcaklığında uygulanan maksimum 540 saniyelik FIR işlem süresinde sterilizasyon sağlanamazken, 200, 250, 300, 350, 400 C tünel sıcaklıklarında sırası ile 300, 125, 125, 120 ve 85 saniyede örneklerde bulunan toplam küf maya açısından sterilizasyon sağlanmıştır.

Başlangıçta toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 10<sup>4,69</sup>-10<sup>5,07</sup> kob/g arasında değişen yer fıstığı örnekleri 150, 200, 250, 300, 350 ve 400°C sıcaklığa ayarlı FIR tünel içerisinden sırası ile 240, 150, 60, 50, 45 ve 25 saniye geçirilmeleri sonucunda içerdikleri toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının 10<sup>4</sup> kob/g düzeyine düşürüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca 150°C' de 540, 200 C' de 420, 250 C' de 200 , 300 C' de 150, 350 C' de 160 ve 400 C' de 125 saniyede toplam mezofilik aerobik karakterli bakteriler açısından sterilizasyon sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada uygulanan uzak infrared ışınlarının yer fıstığı tanelerinin içerdiği toplam küf maya popülasyonunu azaltıcı etkisinin, toplam mezofilik aerobik bakteri poplasyonu üzerine olan etkisine kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar uzak infrared ışınlarının çiğ, i yer fıstığı örneklerinin mikrobiyal yüklerinin azaltılmasına yönelik kullanılabilir olacak duka etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir. Ancak bunun yanında, örneklerin fiziksel ve kimyasal kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin de ortaya konulması zorunludur.



6) Uzak infrared ışınlarının yer fıstığı örneklerinin doğal mikroflorasında bulunan toplam küf maya ve toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında önemli azalmalar sağladığı belirlendikten sonra, örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde görülen değişimler incelenmiştir. Öncelikle infrared tünel fırın içerisinde ayaralanan farklı sıcaklıklarda (150, 200, 250 ve 300 C’ de) farklı sürelerde tünelden geçirilen yer fıstıklarının yüzey sıcaklıkları termal kamera ile tespit edilmiştir. Tanelerin yüzey sıcaklıklarında uygulanan işlem süresine bağlı olarak artma olduğu tespit edilmiştir. Her tünel sıcaklığında en uzun süre (150C - 660 s., 200C – 395 s., 250C – 305 s. ve 300C – 250 s.) tutulan örneklerin yüzey sıcaklıklarının sırası ile 69, 88, 103, 115 C’ ye kadar yükseldiği grlmştir.

7) Uzak infrared uygulaması sonucu tanelerin nem içeriğinde meydana gelen değişimler incelendiğinde başlangıç nem içeriği ortalama % 7 olan yer fıstığı örnekleri 6 farklı tünel sıcaklığında (150, 200, 250, 300, 350, 400C) değişken sürelerde uzak infrared tünelden geçirilmesi ile nem içeriklerinde hızlı bir düşüş olduğu belirlenmiştir. İnfrared ışınlarının, nem içeriğinde etkin bir azalma sağlayarak depolamadan önce mikroorganizma sayısının istenen seviyeye azaltılmasında kullanılabilir bir işlem olduğu grlmştir.

Yer fıstığı örneklerinin, infrared işlemi öncesi ve sonrasında Hunter Lab renk tayin cihazında renk ölümleri yapılarak bazı renk parametrelerinin değişimi incelenmiştir. L\*, a\*, b\*, C\* ve h değerlerinin 150 C’ de farklı sürelerde infrared uygulaması ile değişmediği belirlenmiştir. FIR uygulaması ile renk parametrelerinde istatistiksel olarak önemli değişimin 200 C’ de 350 s, 250 C’ de 240, 300 C’ de 180 s, 350 C’ de 140 s ve 400 C’ de 125 s’ den itibaren başladığı belirlenmiştir.

Uzak infrared ışınlarının yer fıstığı örneklerinin dokusal özelliklerinde neden olduğu değişimler Texture Analyzer cihazında tanelerin 5 mm sıkıştırılması ile tespit edilmiştir. Sıkıştırılan örneklerin kırıldığı ilk anın belirlenmesi ile elde edilen kırılmalık değeri Newton (N) ve bu sırada harcanan iş joule (J) cinsinden hesaplanmıştır. Ayrıca 5 mm sıkıştırma için harcanan toplam iş hesaplanmıştır. Kırılmalık, kırılma için harcanan iş ve 5 mm sıkıştırılma sırasında harcanan

toplam iş değerlerinin infrared uygulama süresinin ve fırın iç sıcaklığının artışı ile azaldıkları, yani daha kırılğan bir hal aldıkları görülmüştür.

8) Yer fıstığı tanelerini uzak infrared ışınlarına 300° C’ de 60, 120, 180 ve 240 s süre ile maruz bırakılmalarının ardından, fıstıklardan soğuk pres yağ sıkma makinesi ile yağ alınarak yapılan peroksit ve asit sayısı değişimi incelenmiştir. Peroksit sayısında uygulama süresine bağlı bir artış olduğu ancak bu artışın “Bitki Adıyla Anılan Yağlar Tebliği” nde verilen üst limitin (15 meq/kg) altında olduğu belirlenmiştir. Asit sayısında ise zamanla bir artış olmadığı görülmüştür. Yağ asidi bileşimine etkisi araştırıldığında ise yağ asitleri kompozisyonunun infrared uygulama süresinden etkilenmediği belirlenmiştir.

9) Fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimlerin birbirleri ile ilişkilendirilmesinde öncelikle mikrobiyal yük ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki araştırıldığında mikroorganizma sayıları toplam küf maya ve toplam mezofilik aerobik bakteri açısından belirtilen  $10^3$  kob/g ve  $10^4$  kob/g düzeyine düşürüldüğünde örneklerin yüzey sıcaklıklarının 60 °C olduğu görülmüştür. Ayrıca mikrobiyal açıdan sterilizasyon sağlandığında fıstık örneklerinin yüzey sıcaklığının yaklaşık 80 °C olduğu tespit edilmiştir.

10) Yer fıstığı tanelerine uygulanan uzak infrared işleminin örneklerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerine etkileri belirlenirken ilk olarak tanelerin yüzey sıcaklıkları ve mikroorganizma sayıları diğer fiziksel özelliklerle ilişkilendirilmiştir. Toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam küf maya açısından sırasıyla  $10^4$  kob/g ve  $10^3$  kob/g düzeyine indirildiğinde yüzey sıcaklığının 60 °C, nem içeriğinin ise % 6 olduğu, a\* değerinin ise 9,5 olduğu tespit edilmiştir. Bu sırada tekstürel özelliklerden biri olan, kırmak için uygulanması gereken kuvvetin 40 N civarında olduğu, kırmak için harcanan işin ise 0,025 J ve harcanan toplam işin ise 0,2 J’ un altına indiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada FIR ışınları, yer fıstığının tarladan hasat edilmesinden hemen sonra nem içeriğinin istenen düzeye indirilerek, arzu edilen mikroorganizma yükü değerinin yakalanması amaçlı olarak kullanılmıştır. Uzak infrared ışınlarının yer fıstığının doğal mikrobiyal ortamında bulunan toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ve toplam küf maya sayısı üzerine olan azaltıcı etkisi olduğu belirlenmiştir. Mikroorganizma sayısının belirtilen  $10^3$  kob/g ve  $10^4$

kob/g düzeyine düşürüldüğünde örneklerin yüzey sıcaklıklarının 60 °C olduğu görülmüştür. Mikrobiyal açıdan sterilizasyon sağlandığında ise fıstık örneklerinin yüzey sıcaklığının yaklaşık 80 °C olduğu tespit edilmiştir. Mikroorganizmaların standartlarda ve literatürde belirtilen düzeylere infrared işlemi ile çok kısa işlem süreleri ile düşürülebildiği ve bu sırada yer fıstığının fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerinde önemli bir değişme olmadığı görülmüştür. Ancak uzun işlem sürelerinde yer fıstığı tanelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde görülen değişim ile mikrobiyal yüklerinde görülen azalmalar birbiri ile ilişkilendirildiğinde yapılacak mikrobiyal analizlerin yanı sıra, mikrobiyolojik analizlere kıyasla çok daha hızlı sonuç verebilecek parametrelerin (yüzey sıcaklığı, a\* değeri gibi) tespiti ile mikrobiyal yük hakkında yaklaşık bilgi edinilebileceği düşünülmektedir. Bu gibi çalışmalarda başlangıç fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri birbirinden farklı olan gıda örneklerinin kullanılması ile infrared işleminin bu özelliklere etkisinin daha kapsamlı bir şekilde ortaya konulması sağlanabilir.

## **KAYNAKLAR**

Albores, JA., M., Villa, GA., Garcia, JC, Martinez, EM, “Aflatoxin-Detoxification Achieved with Mexican Traditional Nixtamalization Process (Mtnp) is Reversible”, Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 1611–1614 (2004).

Alencar, ED., Faroni, Soares, Silvac, Carvalhob, “Efficacy of Ozone as A Fungicidal and Detoxifying Agent of Aflatoxins in Peanuts”, Journal of the Science of Food and Agriculture, 92: 899–905 (2012).

Anonim, AOAC 965.33, “Peroxide Value of Oils and Fats”, Titration Method, AOAC, (1969).

Anonim, TS 310-Aralık 1987, “Yer Fıstığı (Kabuklu ve İç)”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1987).

Anonim, ISO 729, “Oilseeds- Determination of Acidity of Oils”, International Organization for Standardization, (1988).

Anonim, AOAC Official Method 999.07, “Aflatoxin B<sub>1</sub> and Total Aflatoxins in Peanut Butter, Pistachio Paste, Fig Paste and Paprika Powder”, Immunoaffinity Column Liquid Chromatography with Post-Column, AOAC, (1999).

Anonim, TS 3075-Kasım 2001, “İç Fındık”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2001).

Anonim, TS 13232-Aralık 2006, “İşlenmiş Yer Fıstığı”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2006).

Anonim, FAO, <http://faostat3.fao.org/home/index.html#VISUALIZE> (14.05.2012).

Anonim b, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi “ Bitki Adıyla Anılan Yağlar Tebliği”, Resmi Gazete 12.04.2012/28262, Tebliğ No: 2012/29, Ankara, (2012).

Anonim c, “Peanut Processing”, <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/Ch09/index.html> (12.05.2012).

Anonim d, Microorganisms in Foods, Microbial Ecology of Food Commodities, Second Edition, 2005 <http://avibert.blogspot.com> ,440-446 s. (27.06.2012).

Anonim e, <http://www.infraredheaters.com> (22.05.2012)

Aydin, C., “Some Engineering Properties of Peanut and Kernel”, Journal of Food Engineering, 79, 810–816, (2007).

Aziz, N., H., Moussa, L., A., A., “Reduction of Fungi and Mycotoxins Formation in Seeds By Gamma-Radiation”, Journal of Food Safety, 24: 109-127 (2004).

Bingöl, G., Yang, J., Brandl, M., T., Pan, Z., Wangb, H., Mchugh, T., H., “Infrared Pasteurization of Raw Almonds”, Journal of Food Engineering, 104: 387–393, (2011).

Chukwumah, Y., Walker, L., T., Verghese, M., “Peanut Skin Color: A Biomarker for Total Polyphenolic Content and Antioxidative Capacities of Peanut Cultivars”, International Journal of Molecular Sciences, 10: 4941-4952, (2009).

alışkan, İ., “Antep Fıstığında Aflatoksin Saptanmasında Elisa Testinin Uygulanması”, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi: 22 – 42, (2003).

Daisuke Hamanaka, D., Uchino, T., Furuse, N., Han, W., Tanaka S., “Effect of The Wavelength of Infrared Heaters on The İnactivation of Bacterial Spores at Various Water Activities”, International Journal of Food Microbiology, 108: 281–285, (2006).

Dickson, J., S., “ Comparison of Homogenization by Blending or Stomaching on The Recovery of *Listeria Monocytogenes* from Beef Tissues”, Journal of Food Science, 55(3): 655-657, (1990).

Dillehay, T., D., Rossen, J., Andres, T.C., Williams, D., E., “Preceramic Adoption of Peanut, Squash, and Cotton in Northern Peru” Science 316 (5833): 1890-1891, (2007).

Doğan, H., B., “Gıda Maddelerinde Salmonella Aranması Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma” Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75-79 s., (1993).

Doğan, H., B., Tükel, ., “ Toplam (Aerobik Mezofilik )Bakteri”, Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, 2. Baskı, Sim Matbaacılık Ltd. şti., Ankara, 323 s., (2000).

Duranti, M., “Legume Seeds: Protein Content and Nutritional Value”, Field Crops Research, 53: 31-45 (1997).

Erdoğdu, S., B., “Kısa Dalga Ultraviole (UVC) Işınlarnın Gıdalarda Yüzey Pastörizasyonu ile Kısa Dalga Ultraviole ve Uzak İnfrared (FIR) Işınlarnın Tane Karabiber ve Kimyon Pastörizasyonunda Kullanımının Araştırılması”, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (2011).

Erdoğdu, S., B., Ekiz, H., İ., “Effect of Ultraviolet and Far Infrared Radiation on Microbial Decontamination and Quality of Cumin Seeds”, Journal of Food Science, 76(55): 284-292, (2011).

Friedman, M., “Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources” J. Agric. Food Chem., 44: 6-29, (.1996).

Gümüşkesen, A., S., “Bitkisel Yağ Teknolojisi”, Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği, Yayın No:5, İzmir, (1999).

Halkman, A., K., “Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları”, Başak Matbaacılık Ltd., şti., Ankara, (2005).

Halkman, A., K. , Doğan, H., B., “Gıdalarda *E. coli* Sayılmasında TS/ISO 6063’ ün İrdelenmesi”, Kükem Dergisi, 21(3), 41-48, (1998).

Hammond, E., G., Duvicka, D., Wanga, T., Dodob, H ., Pittmanc R., N., “Survey of The Fatty Acid Composition of Peanut (Arachis Hypogaea) Germplasm and Characterization of Their Epoxy and Eicosenoic Acids”, JAOCS, 74(10): 1235-1239, (1997).

Hebbar, H., U., Vishwanathan, K., H., Ramesh, M., N., “Development of Combined Infrared and Hot Air Dryer for Vegetables”, Journal of Food Engineering, 65: 557–563, (2004).

Huang, L., “Infrared Surface Pasteurization of Turkey Frankfurters”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5: 345– 351, (2004).

Jun, S., Krishnamurthy, K., Irudayaraj, J., Demirci, A., “Fundamentals and Theory of Infrared Radiation”, Infrared Heating for Food and Agricultural Processing, (Editr Pan, Z., Atungulu, G., G.), 2 s. (2010).

Kabak, B., “The Fate of mycotoxins During Thermal Food Processing”, Journal of the Science of Food and Agriculture, 89: 549-554, (2009).

Kaçar, O., “estli Hazır Gıdalarda Bulunan Patojenik M kroorganizmaların Belirlenmesi”, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 7 s., (2005).

Kaçmaz, A., “Yerfıstığı İşleme Teknolojisi ve Bu Amaçla Kullanılan Makinelerin İş Başarılarının Değerlendirilmesi zerine Bir Araştırma”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Estitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 15-19 s., (2006).

Kadiroğlu, A., “Yerfıstığı Yetiştiriciliği”, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 38-40 s., (2008).

Karaca, H., Nas, S., “Combined Effect of Ph and Heat Treatment on Degradation of Aflatoxins in Dried Figs”, Journal of Food Processing and Preservation, 33: 329–339, (2009).

Kornsteiner, M., Wagner, K., H., Elmadfa, I., “Tocopherols and Total Phenolics in 10 Different Nut Types”, Food Chemistry 98: 381–387, (2006).

Krişnamurthy, K., Jun, S., Irudayaraj, I., Demirci, A., “Efficacy of İnfrared Heat Treatment for İnactivation of *Staphylococcus Aureus* in Milk”, Journal of Food Process Engineering, 31: 798–816, (2008).

Krişnamurthy, K., “Decontamination of Milk and Water by Pulsed UV-Ligh and İnfrared Heating”, The Pennsylvania State University, The Graduate School Department of Agricultural and Biological Engineering, Doctor of Philosophy, (2006).

Krişnamurthy, K., Jun, S., Irudayaraj, J., Demirci, A., “İNfrared Radiation Heating for Food Safety Improvement”, İnfrared Heating for Food and Agricultural Processing, (Editr Pan, Z., Atungulu, G., G.), 225 s., (2010).

Krişnamurthy, K., Khurana, H., K., Jun, S., Irudayaraj, J., Demirci, A., “İNfrared Heating in Food Processing: An Overview”, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7, (2008, b).

Kumar, S., Debnath, S., Hebbar, U., H., “Pulsed İnfrared Roasting of Groundnuts and its Quality”, Published by The Berkeley Electronic Press, (2009).

Makeri, M., U., Bala, S., M., Kassu, A., S., “The Effects of Roasting Temperatures on The Rate of Extraction And Quality Of Locally-Processed Oil From Two Nigerian Peanut (*Arachis Hypogea* L.) Cultivars”, African Journal of Food Science, 5 (4): 194 – 199, (2011).

Megahed, M., G., “Microwave Roasting of Peanuts: Effects on Oil Characteristics and Composition, Nahrung/Food, 45 (4): 255-257, (2001).

Moreau, M., Lescure, G., Agoulon, A., Svinareff, P., Orangea, N., Feuilloleyla, M., “Application of The Pulsed Light Technology to Mycotoxin Degradation and İnactivation”, Journal of Applied Toxicology, wileyonlinelibrary.com, (2011).

nemli, F., “Bazı Yer Fıstığı eşitlerinin Tarımsal zellikleri zerinde Araştırmalar”, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2-24 s., (1990).



Özcan, M., Seven, S., “Physical and Chemical Analysis and Fatty Acid Composition of Peanut, Peanut Oil and Peanut Butter from Çom And Nc-7 Cultivars”, *Grasas Y Aceites*, 54:1, 12-18, (2003).

Özdemir, F., Gölcüklü, M., Topuz, A., “Yer Fıstığının (Arachis Hypogaea) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ve Fıstık Kavurmada Mikrodalga Uygulamasının Yağ Asitleri Bileşimi Üzerine Olan Etkisi”, *Gıda*, 28(1): 39-45 (2003).

Özkaya, Ş., Temiz, A., “Aflatoksinler : Kimyasal Yapıları, Toksikiteleleri ve Detoksifikasyonları”, *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(1): 1-21, (2003).

Özkaya, F., D., Kuleşan, H., “ Maya ve Küf”, ”, *Gıda Mikrobiyolojisi Ve Uygulamaları*, Genişletilmiş 2. Baskı, Sim Matbaacılık Ltd. Şti., 323 s., Ankara, (2000).

Harley, J., P., Prescott, L. M., “Laboratory Exercises in Microbiology”, 2<sup>nd</sup> ed., C, Brown Commutations, Inc., 284 s., Dubuque, (1993).

Ray, B., “Fundamental Food Microbiology”, 3<sup>rd</sup> ed., Crc Press Llc, Florida, 48 s., (2000).

Sakai, N., Mao, W., “Infrared Heating”, *Thermal Food Processing New Technologies and Quality Issues*, (Editör: Sun, D., W.), 493-495 s., Crc Press, (2006).

Sawai, J., Sagara, K., Kasai, S., Igarashi, H., Hashimoto, A., Kokugan, T., Shimizu, M., Kojima, H., “Far-Infrared Irradiation-Induced Injuries To *Escherichia coli* at Below The Lethal Temperature”, *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 24: 19–24, (2000).

Sayar, S., “Nohutta (*Cicer arietinum L.*)Su Abdorbsiyonunun Analizi”, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, , (2003).

Seo, K., H., Brackett, R., E., Valentin-bon, I., E., Holt, P., S., “Comparison of Homogenization Methods for Recovering Salmonella Enteritidis From Eggs”, *Journal of Food Protection*, 66, (9): 1666–1669, (2003).

Sharpe, A., N., Jackson, A., K., “Stomaching: A New Concept in Bacteriological Sample Preparation”, *Applied Microbiology*, 24(2): 175-178, (1972).

Sousa, A., G., O., Fernandes, D., C., Medeiros A., A., Freitas, J., B., Naves, M.,M., V., “Nutritional Quality and Protein Value of Exotic Almonds and Nut from The Brazilian Savanna Compared to Peanut” , *Food Research International*, 44: 2319–2325 (2011).

Taşkaya, B., “Yerfıstığı”, *Bakış* 9(7), 1 s., (2007).

Tunail, N., “Mikrobiyel Enfeksiyonlar ve İntoksifikasyonlar”, *Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Genişletilmiş İkinci Baskı, Sim Matbaacılık Ltd. Şti*, 81-84 s. Ankara, (2000).

Uçkun, G.,H., “Bazı Baharat ve Kuruyemişlerin Aflatoksin İçeriğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma” *Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 5 s. (2006).

Yang, J., Bingöl, G., Pan, Z., Brandl, M., T., Mchugh, T., H., Wang, H., “Infrared Heating for Dry-Roasting and Pasteurization of Almonds”, *Journal of Food Engineering* 101: 273–280, (2010).

Yavuz, H., “Türk Zeytinyağlarının Bazı Kalite ve Saflık Kriterleri'nin Belirlenmesi”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 12 s., (2008).

Zeng, X., Han, Z., Zi, Z., “Effects of Pulsed Electric Field Treatments on Quality of Peanut Oil”, *Food Control*, 21: 611–614, (2010).

## ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

**Adı Soyadı:** Esmâ ESER

**Doğum Tarihi:** 06/07/1987

**Öğrenim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Matematik-Fen Bölümü	Ankara Dikmen Y.D.A. Lisesi	2001-2005
Lisans	Gıda Mühendisliği Bölümü	Mersin Üniversitesi	2005-2009 (6 Yarıyıl)
	Dipartimento di Ingegneria di Chimica e Alimentari	Universita degli Studi di Salerno	2007-2008 (2 Yarıyıl)
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği Bölümü	Mersin Üniversitesi	2009-

**Görevler:**

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Araştırma Görevlisi	Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü	2009-

## ESERLER

Eser, E., Erdoğdu, S.B., Palazoğlu, T.K., Ekiz , H.İ., “Effect of Far Infrared Treatment on Peanut Texture”, 2 nd ISEKI Food (Integrating Safety and Environment Knowledge in Food) Congress, p-101, Milan, İtaly, 2011.

Eser,E., Erdoğdu, S.B., Ekiz , H.İ., “Effect of far infrared treatment on natural microbial flora of peanut”, NAFI (Novel Approaches in Food Industry, International Food Congress), p-40, İzmir, Türkiye, 2011.

## **KATILDIĞI TOPLANTILAR**

1. Eser, E., Novel Approachs In Food Industry, International Food Congress, NAFI, İzmir, Türkiye, 26-29 Mayıs 2011 (Poster sunumu).
2. Eser, E., 2 nd ISEKI Food (Integrating Safety and Environment Knowledge in Food) Congress, Milano, İtalya, 31 Ağustos-2 Eylül 2011, (Poster sunumu).

## **KATILDIĞI YARIŞMALAR**

1. Üniversite Sanayi İşbirliği AR-GE Proje Pazarı, Mersin Üniveritesi, Başarılı Bulunan Proje, “Nar Kabuğu Katkılı Lokum”, Esmâ Eser, Yüksel Özdemir, 18 Mayıs 2009.
2. Doğu Akdeniz Üniversiteleri Bölgesel AR-GE Proje Yarışması, Mansiyon Ödülü, “Nar kabuğu Katkılı Lokum”, Esmâ Eser, Yüksel Özdemir, 2 Ekim 2009.