

**KIZILÖTESİ İŞLEMİN YUMURTA YÜZEY
PASTÖRİZASYONU AMACIYLA
UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

GÜNSELİ BOBUŞ ALKAYA

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**MERSİN
AĞUSTOS – 2016**

**KIZILÖTESİ İŞLEMİN YUMURTA YÜZEY
PASTÖRİZASYONU AMACIYLA
UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

GÜNSELİ BOBUŞ ALKAYA

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**Danışman
Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ**


**MERSİN
AĞUSTOS – 2016**

Günseli BOBUŞ ALKAYA tarafından Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ danışmanlığında hazırlanan “ Kızılötesi İşlemin Yumurta Yüzey Pastörizasyonu Amacıyla Uygulanabilirliğinin İncelenmesi ” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

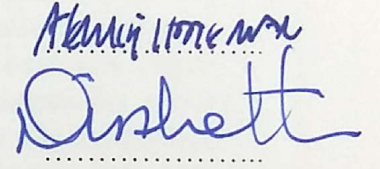
Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ

İmza


Prof. Dr. Ferruh ERDOĞDU



Prof. Dr. A.Kadir HALKMAN



Prof. Dr. Nüzhet TÜRKER



Yrd. Doç. Dr. Salih AKSAY

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30./09./2016 tarih ve 2016-1040/...35..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

KIZILÖTESİ İŞLEMİN YUMURTA YÜZEY PASTÖRİZASYONU AMACIYLA UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

GÜNSELİ BOBUŞ ALKAYA

ÖZ

Yumurta, yüksek sindirilebilirliğe sahip, kaliteli besin içeren ucuz bir gıda maddesidir. Sağlıklı hayvandan elde edilen yumurtaların içi steril olarak kabul edilirken, yumurta yüzeyi oldukça fazla miktarda mikroorganizma barındırmaktadır. *Salmonella* ise yumurta kabuğunda bulunma ihtimali olan, gıda kaynaklı en tehlikeli patojen bakteridir. Farklı teknolojiler denenerek bu bakteri etkisiz hale getirilmeye çalışılmaktadır. Ancak insanların daha doğal ve sağlıklı gıdalar tüketme eğilimleri bu teknolojileri kısıtlamaktadır. Kabuklu yumurta pastörizasyonunda ise yumurta beyazının pıhtılaşması engellenirse doğal yapısı korunmuş olur. Yapılan tez çalışması ile yumurta iç özellikleri değişmeden, kabuklu yumurta yüzeyinin IR ışın kullanılarak steril edilmesi hedeflenmiştir. Kızılötesi ışın kullanımı ile yumurta yüzeyi aniden sterilizasyon sıcaklığına ulaşır; kabuk ısı iletim katsayısı düşük olduğu için ısı, yumurta içine geç iletilir. Yüzeydeki mikroorganizmalar ısıyla inaktif hale getirilirken yumurta içinin sıcaklığı artmadığı için yumurta iç kalitesinde önemli bir değişiklik gözlenmez. Öncelikle kızılötesi işlem sıcaklıkları 180, 250, 300 ve 350 °C olarak seçildiğinde yumurta beyazında denatürasyonun gözlenmediği süreler sırasıyla 200, 110, 60 ve 30 saniye olarak belirlendi. Steril yumurtanın yüzeyine bakteri inokülasyonu yapıp seçilen sıcaklıklarda belirlenen sürelerde IR işlem uygulandığında, yumurta yüzeyindeki *Escherichia coli* ATCC 25922 miktarında sırayla 0,88; 1,59; 1,0; 1,06 log KOB/cm² azalma gözlendi. Elde edilen inaktivasyonların yeterli olmamasından dolayı seri IR ısıtma (60 s) ve hava soğutma (120 s) kombine sistemi tasarlandı. Bu sistem üç farklı bakteri (*E. coli* ATCC 25922, *Salmonella* Enteritidis ve *Listeria monocytogenes*) üzerine uygulandı. Proseslerin, yumurta üzerine etkisinin tespit edilebilmesi için yumurta yüzey sıcaklıkları kızılötesi kamera ile belirlenip, iç kalite özellikleri ile ilgili kütle değişimi, albümin pH'sı, Yolk indeksi, Haugh unit, köpük oluşturma ve stabilitesi analizleri yapıldı. Kombine proses uygulanan yumurtalardan elde edilen sonuçlar ise; *E. coli* ATCC 25922 ve *L. monocytogenes* için 6 tekrardan, *S. Enteritidis* için 5 tekrardan sonra yüzeye inoküle edilen bakterilerin inaktif olduğu, yumurta ortalama yüzey sıcaklıklarının 83°C'yi geçmediği ve yumurta iç kalite özelliklerinde önemli bir değişim olmadığı tespit edildi. Bu sonuçlar doğrultusunda tasarlanan seri IR ısıtma ve hava soğutma kombine sisteminin, yumurta kabuğunun sterilizasyonunda uygulanabilirliği belirlendi. Tez kapsamında yapılan model çalışmaları sonunda model ile deneysel veriler benzer bulunduğu için modelin prosesi geliştirmede kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Kabuklu yumurta, Kızılötesi işlem, Yüzey sterilizasyonu, *S. Enteritidis*, *E. coli* ATCC 25922, *L. monocytogenes*

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

ANALYZING THE APPLICABILITY OF INFRARED PROCESSING ON EGG SURFACE AS PASTEURIZATION APPLICATION

GÜNSELİ BOBUŞ ALKAYA

ABSTARCT

Eggs are inexpensive source of high quality protein and has high digestibility. Shell eggs from healthy chickens are assumed sterile while the shell might have numerous microorganisms. *Salmonella* is the most important foodborne pathogens and has high possibility being on the egg shell. Different technologies were attempted in order to inactivate this bacteria. However people tend to consume more natural and healthy foods so that the processes have some limitations which is preventing the albumen denaturation for the pasteurization of shell egg. The purpose of this study; sterilization of egg shell by IR with no adverse effect inside of shell egg. By IR heating the surface of shell could be reached the sterilization temperature in a short time. While microorganisms were inactivated by IR radiation, the heat could not be transfer inside the egg because of the low heat transfer coefficient of shell. First of all the application times of IR radiation for 180, 250, 300 ve 350 °C were determined as 200, 110,60 and 30 second that there has been no denaturation at egg albumen. Then bacteria was inoculated on the eggshell, after IR heating was applied at selected temperature and time the decrease of bacteria were evaluated. The results of decrease of *Escherichia coli* ATCC 25922 was calculated for selected temperature/time as 0.88; 1.59; 1.0; 1.06 log CFU/cm² respectively. These results shows that the application is not adequate pasteurization by these requirements. Therefore, IR heating (60s) + air cooling (120s) combine system was improved. This system was repeated until the sterilization was achieved. Application was done on three different bacteria (*E. coli* ATCC 25922, *Salmonella* Enteritidis and *Listeria monocytogenes*). The surface average temperature of treated eggs were detected by IR camera and the interior qualities were evaluated according to any changes on mass of all egg, pH of albumen, yolk index, Haugh unit, foaming and foam stability. The results by the IR heating + air cooling combine system were; for *E. coli* ATCC 25922 and *L. monocytogenes* 6 repeat, for *S. Enteritidis* 5 repeat could eliminate all the bacteria on the eggshell. The surface average temperature was not over the 83 °C and there were no changes on interior of treated eggs. The results demonstrated that IR heating + air cooling could be an appropriate treatment for sterilization of shell egg. As a scope of this thesis a model was developed. Model and experimental results were similar so that process development could be done by using model.

Key words: Shell egg, Infrared application, Surface sterilization, *S. Enteritidis*, *E. coli* ATCC 25922, *L. monocytogenes*

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

TEŞEKKÜRLER

Eğitimimin her basamağında ve ayrıca tez çalışmalarım sırasında yol gösteren, farklı bakış açılarıyla hayata farklı pencerelerden bakmamı sağlayan ve manevi desteğini hiç esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ'e ,

Tezimin oluşumuna katkılarından yanı sıra akademik çalışmalarım sırasında da fikirleri ile yol gösteren, her zaman bana destek ve yardımcı olan hocam Sayın Prof. Dr. Ferruh ERDOĞDU'ya,

Tez deneylerim sayesinde tanışma fırsatı bulduğum ve bana olan çok değerli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN'a,

Bu tezin oluşumundaki katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Salih AKSAY'a

Doktora öğrenimim boyunca desteklerinden dolayı değerli bölüm hocalarıma,

2015-TP3-1164 no'lu doktora tez projesini destekleyen ME. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve deneysel çalışmalarım sırasında bana tüm imkanları sunan ME. Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü'ne,

Çalışmalarım sırasında her zaman bana yardımcı olan değerli hocam Yrd. Doç Dr. S. Belgin ERDOĞDU'ya, Arş .Gör. Esmâ ESER'e ve bölüm arkadaşlarıma,

Her koşulda yanımda olup, varlığını gönülden hissettiren sevgili dostum Yrd. Doç. Dr. Sezin TUTA'ya,

Bu günlere gelmemi sağlayan, her türlü kararımdaya arkamdaya duran ablama, anneme ve babama,

Sonsuz desteği, sabrı ve hayatıma kattığı tüm güzellikler için sevgili eşime, en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
EKLER DİZİNİ	xii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1.TEZİN ÖZGÜN DEĞERİ VE YENİLİKÇİ YÖNÜ.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	5
2.1.YUMURTA.....	5
2.1.1. Yumurtanın Bölümleri.....	7
2.1.1.1. Yumurta sarısı.....	7
2.1.1.2. Yumurta beyazı.....	7
2.1.1.3. Yumurta kabuğu.....	8
2.1.2. Kalite Özellikleri.....	8
2.1.2.1. Yolk indeks.....	9
2.1.2.2. Haugh unit.....	9
2.1.2.3. Albümin pH'sı.....	9
2.1.2.4. Viskozite.....	10
2.1.2.5. Köpük oluşturma ve köpük stabilitesi.....	10
2.1.3. Yumurta Kullanım Alanları.....	10
2.1.4. Yumurtanın Dünyadaki Yeri, Türkiye Kapasitesi, Yasal Kriterler.....	12
2.2. KIZILÖTESİ İŞİNİM.....	15
2.2.1. Isı.....	15
2.2.2. Işın ve Isı.....	15
2.2.3. Kızılötesinin Gıdalarda Kullanımı.....	20
2.3. MİKROORGANİZMALARIN ÖLDÜRÜLMESİ.....	22
2.3.1. Mikroorganizmalar.....	23
2.3.1.1. Toplam aerobik mezofilik koloni, maya, küf sayısı.....	23
2.3.1.2. <i>E. coli</i> ATCC 25922.....	24
2.3.1.3. <i>S. Enteritidis</i>	25
2.3.1.4. <i>L. monocytogenes</i>	25

2.3.2. Pastörizasyon - Sterilizasyon.....	26
2.3.3. Yumurta Pastörizasyonu.....	27
2.3.3.1. Sıcak su uygulaması.....	28
2.3.3.2. Mikrodalga uygulaması.....	29
2.3.3.3. Sıcak hava uygulaması.....	29
2.3.3.4. Ultraviyole ışın uygulaması.....	30
2.3.3.5. Gama ışın uygulaması.....	30
2.3.3.6. Ozon uygulaması.....	31
2.3.3.7. Kızılötesi ışın uygulaması.....	31
2.3.3.8. Sistemlerin kombinasyonları.....	32
2.4. MATEMATİKSEL MODELLEME.....	33
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	35
3.1. MATERYAL.....	35
3.1.1. Yumurta.....	35
3.1.2. Mikroorganizmalar.....	35
3.1.3. Besiyerleri.....	35
3.1.4. Kimyasal Malzemeler.....	36
3.1.5. Malzemeler.....	36
3.1.6. Cihazlar.....	37
3.1.7. Kızılötesi kabin.....	37
3.1.8. Matematiksel Model.....	39
3.2. YÖNTEM.....	40
3.2.1. Kızılötesi Işın Uygulamaları.....	40
3.2.1.1. Kızılötesi ısıtma sistem uygulaması.....	40
3.2.1.2. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulaması.....	40
3.2.2. IR Uygulamaları Sırasında Sıcaklıkların Belirlenmesi.....	41
3.2.2.1. Yumurta şeklindeki bakır cisim sıcaklıklarının belirlenmesi.....	42
3.2.2.2. Kabuklu yumurtanın yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi.....	42
3.2.2.3. Yumurta kabuk içi sıcaklığının belirlenmesi.....	43
3.2.3. Kabuklu Yumurtada Mikrobiyel Analizler.....	43
3.2.3.1. Besiyeri hazırlama.....	43
3.2.3.2. Kabuklu yumurta yüzeyinde mikroorganizma analizi ve depolama ile yüzeydeki mikroorganizma sayısının değişimi.....	44
<i>Toplam aerobik mezofilik koloni, maya ve küf analizi</i>	44
<i>Salmonella analizi</i>	44
3.2.3.3. Stok kültürler ile yapılan mikroorganizma analizleri.....	46
<i>Kültür hazırlama</i>	46
<i>Yumurta yüzeyine mikroorganizma inokülasyonu</i>	47
<i>Yumurta yüzeyindeki mikroorganizmaların geri alımı</i>	47
3.2.3.4. Yumurtada yapılan kalite analizleri.....	49
<i>Kütle kaybı</i>	50
<i>Denatürasyon</i>	50

<i>Haugh unit</i>	50
<i>Yolk indeks</i>	51
<i>Albümin pH'nın belirlenmesi</i>	51
<i>Köpük oluşturma kapasitesi</i>	51
<i>Köpük stabilitesi</i>	51
3.2.4. Model Çalışmaları.....	52
3.2.4.1. Ortamın ısı transfer katsayısının belirlenmesi (Lumped sistem analizi)	52
3.2.4.2. Isı akısının belirlenmesi.....	53
3.2.4.3. Cisim modelleme.....	53
<i>Modelleme</i>	54
<i>Geometri oluşturma</i>	54
<i>Sınır koşulları</i>	54
<i>Sonuçlar</i>	55
<i>Doğrulama</i>	55
3.2.4.4. Yumurta modelleme.....	55
3.2.4.5 COMSOL model ile deneysel verilerin karşılaştırılması.....	57
3.2.5. İstatistiksel Analiz.....	57
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	58
4.1.İŞLEM GÖRMEMİŞ YUMURTALARIN ÖZELLİKLERİ.....	58
4.1.1. Taze Yumurtanın Toplam Aerobik Mezofilik Koloni, Maya ve Küf Miktarları.....	58
4.1.2. <i>Salmonella</i> Varlığı.....	59
4.1.3. İşlem Görmemiş Yumurtaların Depolama Sırasındaki Özellikleri.....	60
4.1.3.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri, maya ve küf sayısı.....	60
4.1.3.2. Fiziksel özelliklerdeki değişiklikler.....	61
4.2. KABUKLU YUMURTA YÜZEYİNE MİKROORGANİZMA İNOKÜLASYONU VE GERİ KAZANIMI.....	65
4.2.1. Kabuklu Yumurta Yüzeyine Mikroorganizma İnokülasyon Metodu.....	65
4.2.2. Kabuklu Yumurta Yüzeyinden Mikroorganizma Geri Alma Metodu.....	66
4.3. YÜZEY SICAKLIKLARININ BELİRLENMESİ.....	67
4.4. IR IŞIN İLE YUMURTA YÜZEY İŞLEMİ.....	72
4.4.1. IR Isıtma Sistem Uygulaması (0-200 saniye)	72
4.4.1.1. Yüzey sıcaklık bulguları.....	72
4.4.1.2. Kalite üzerine etkisi.....	72
4.4.1.3. <i>E.coli</i> ATCC 25922 üzerine etkisi.....	76
4.4.2. IR Isıtma Sistem Uygulaması (250 °C; 0-420 saniye).....	80
4.4.2.1. Yüzey sıcaklık bulguları.....	80
4.4.2.2. Kalite üzerine etkisi.....	80

4.4.2.3. <i>E.coli</i> ATCC 25922 üzerine IR ısıtmanın etkisi.....	83
4.4.2.4. <i>S. Enteritidis</i> üzerine IR ısıtmanın etkisi.....	84
4.4.2.5. <i>L. monocytogenes</i> üzerine IR ısıtmanın etkisi.....	85
4.4.2.6.Mikroorganizma yüzey sıcaklığı ilişkisi.....	85
4.4.3.Seri Kızılötesi Isıtma + Hava Soğutma Kombine Sistem Uygulaması....	87
4.4.3.1.Yüzey sıcaklık bulguları.....	88
4.4.3.1.Kalite üzerine etkileri.....	89
4.4.3.2. <i>E. coli</i> ATCC 25922 üzerine seri infrared ısıtma + hava soğutma kombine sistemin etki.....	93
4.4.3.3. <i>S. Enteritidis</i> üzerine seri infrared ısıtma + hava soğutma kombine sistemin etkileri.....	94
4.4.3.4. <i>L. monocytogenes</i> üzerine seri infrared ısıtma + hava soğutma kombine sistemin etkileri.....	95
4.5. MODELLEME.....	96
4.5.1.Cisimlerin Isıl Çift ile Ölçülen Sıcaklıkları ve ‘h’ Değerleri.....	96
4.5.2.Isı Akısının Hesaplanması.....	97
4.5.3.Cisimlerin Model ve Isıl Çift ile Bulunan Sıcaklıklarının Karşılaştırılması.....	98
4.5.4.Yumurta Yüzey Sıcaklıklarının Model Yardımı ile Belirlenmesi.....	100
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	106
KAYNAKLAR.....	113
EKLER.....	120
ÖZGEÇMİŞ ve ESERLER LİSTESİ	163

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.Yumurta beyazının, sarısının ve bütün yumurtanın ortalama kimyasal bileşimi.....	6
Çizelge 2.2.Dünya yumurta üretiminde ilk 10 ülke (2000 - 2005 - 2012 yılları).....	12
Çizelge 2.3.Yıllara göre Türkiye’de üretilen yumurta sayısı.....	13
Çizelge 2.4.Bazı Ülkelerde Yumurta ve Yumurta ürünleri Tüketimi, 2010-2011 (adet/kişi/yıl).....	14
Çizelge 2.5.Kızılötesi ışınım sınıflandırılması.....	19
Çizelge 3.1.Metal cisimlerin özellikleri.....	36
Çizelge 3.2.Kızılötesi kabinde kullanılan sıcaklık ve süreler.....	37
Çizelge 3.3.IR kamera resimleri için yumurta uygulanacak IR tünelde kullanılan sıcaklık ve süreler.....	43
Çizelge 3.4.Yumurta katmanlarının boyut ve ısıl özellikleri.....	56
Çizelge 4.1.Depolama sırasında yumurta yüzeyindeki toplam aerobik mezofilik koloni, maya ve küf sayıları.....	60
Çizelge 4.2.IR tünel ayarlanan sıcaklıklar için FLIR sistemde kullanılan RAT değerleri.....	68
Çizelge 4.3.Kızılötesi ısıtma sistemle farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların albümin pH değerleri.....	73
Çizelge 4.4.Kızılötesi ısıtma sistemle farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların yolk indeks değerleri.....	74
Çizelge 4.5.Kızılötesi ısıtma sistemle farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların Haugh unit değerleri.....	75
Çizelge 4.6.Farklı sıcaklı ve sürelerde kızılötesi uygulandıktan sonra yumurta yüzeyindeki <i>E.coli</i> ATCC 25922 sayıları.....	78
Çizelge 4.7. <i>E. coli</i> ATCC25922 için ‘k’ ve ‘D’ değerleri.....	78
Çizelge 4.8.250 °C IR – 480 saniye IR işlem uygulanmış yumurtaların % köpük stabiliteleri.....	82
Çizelge 4.9.Farklı IR tünel sıcaklıkları için ortamın ısı transfer katsayıları ve ısı akısı değerleri	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.Yumurtanın yapısı.....	6
Şekil 2.2.Yumurta kabuk yapısı.....	8
Şekil 2.3.Elektromanyetik tayf.....	17
Şekil 2.4.Radyasyon sönümlenmesi (yansıma, absorpsiyon ve radyasyonla iletim).....	19
Şekil 3.1.a) Yumurta şeklinde bakır cisim (siyah boyalı), b) Elipsoit şeklinde alüminyum cisim (parlak yüzeyli).....	37
Şekil 3.2.Kızılötesi kabin ve kontrol paneli a) şematik gösterimi, b) IR kabine ait resim.....	39
Şekil 3.3.Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulaması akım şeması.....	41
Şekil 3.4.Mikroorganizma geri alma düzeneği; a) beher içerisinde geri alma düzeneği, b) steril poşet içinde geri alma düzeneği.....	49
Şekil 3.5.Yumurta şeklindeki bakır cismin 2 boyutlu, eksenel simetrik ve birim alanlara ayrılmış geometrik modeli (birim uzunluk; m).....	55
Şekil 3.6.Yumurtanın 2 boyutlu, eksenel simetrik ve birim alanlara ayrılmış geometrik modeli (birim uzunluk; m).....	56
Şekil 4.1.Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında % kütle kaybı.....	62
Şekil 4.2.Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında yumurta beyazının pH değişimi.....	62
Şekil 4.3.Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında Yolk indeks değişimi.....	63
Şekil 4.4.Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında Haugh unit değişimi.....	64
Şekil 4.5.Depolama sırasında yumurta beyazının köpük oluşturma değerleri.....	64
Şekil 4.6.Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında % köpük stabilitesindeki değişim.....	65
Şekil 4.7.Kızılötesi kamera görüntüleri: a) 250 °C IR tünelde 330 s ısıtılmış uygulanmış dışı siyah boyalı bakır cisim; b) 250 °C IR tünelde 120 s ısıtılmış görmüş yumurta.....	68
Şekil 4.8.Farklı sıcaklıklarda IR işlem uygulanmış yumurtaların ortalama yüzey sıcaklıkları (Kızılötesi kamera görüntülerinden elde edilen sonuçlar)	69
Şekil 4.9.IR tünelde 250 °C 'de işlem görmüş yumurta kabuğu iç ve yüzey sıcaklıkları.....	71
Şekil 4.10.Kızılötesi ısıtma sistemle farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların köpük oluşturma değerleri.....	76
Şekil 4.11.Farklı sıcaklık ve sürelerde kızılötesi uygulamasının mikrobiyel yük üzerine etkisi (N: <i>E.coli</i> ATCC 25922 bakteri sayısı Log kob/cm ²)	77
Şekil 4.12.IR uygulamasında farklı sıcaklıklarla mikroorganizma azalması ve eğimleri.....	79
Şekil 4.13.250 °C IR – 480 saniye IR işlem uygulanmış yumurtaların a)	

Yolk indeks değerleri; b) Haugh unit değerleri; c) Albümin pH değerleri.....	81
Şekil 4.14.250 °C IR – 480 saniye IR işlem uygulanmış yumurtaların % köpük oluşturma kapasiteleri.....	82
Şekil 4.15.250 °C IR işlem uygulanmış yumurta yüzeyinde kalan <i>E. coli</i> ATCC 25922 sayısı (N: <i>E. coli</i> ATCC 25922 bakteri sayısı Log kob/cm ²)	83
Şekil 4.16.250 °C IR işlem uygulanmış yumurta yüzeyinde kalan <i>S. Enteritidis</i> sayısı (N: <i>S. Enteritidis</i> bakteri sayısı Log kob/cm ²)	84
Şekil 4.17.250 °C IR işlem uygulanmış yumurta yüzeyinde kalan <i>L. monocytogenes</i> sayısı (N: <i>L. monocytogenes</i> bakteri sayısı log kob/cm ²)	85
Şekil 4.18.Yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları ile <i>E. coli</i> ATCC 25922 sayısının değişimi (Log N: <i>E. coli</i> ATCC 25922 bakteri sayısı Log kob/cm ²)	86
Şekil 4.19.Yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları ile bakteri sayılarındaki değişim (Log N: <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. Enteritidis</i> ve <i>E. coli</i> ATCC 25922 bakteri sayısı Log kob/cm ²).....	87
Şekil 4.20.Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların her kademedeki mikroorganizma sayısındaki beklenen azalma eğilimi.....	88
Şekil 4.21.Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların her kademedeki sıcaklıkları.....	89
Şekil 4.22.Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların a) Yolk indeks değerleri; b) Haugh unit değerleri; c) albümin pH değerleri.....	91
Şekil 4.23.Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların % köpük oluşturma kapasiteleri.....	92
Şekil 4.24.Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulamasının mikrobiyel yük üzerine etkisi (N: <i>E.coli</i> ATCC 25922 bakteri sayısı Log kob/cm ² , 0; işlem görmemiş yumurta)....	93
Şekil 4.25.Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulamasının mikrobiyel yük üzerine etkisi (N: <i>S. Enteritidis</i> bakteri sayısı Log kob/cm ² , 0; işlem görmemiş yumurta).....	94
Şekil 4.26.Seri infrared ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulamasının mikrobiyel yük üzerine etkisi (N: <i>L. monocytogenes</i> bakteri sayısı Log kob/cm ² , 0; işlem görmemiş yumurta).....	95
Şekil 4.27.250 °C IR tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin ısı çift ile ölçülen sıcaklıkların zamanla değişimi.....	96
Şekil 4.28.250 °C IR tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin merkez sıcaklıklarından elde edilen değerlerle bulunan $\ln \frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}$ karşılık 't' grafiği.....	97
Şekil 4.29.250 °C Kızılötesi tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin 1000s sonunda sıcaklık dağılımı.....	99
Şekil 4.30.250 °C Kızılötesi tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin zamanla yüzeyindeki sıcaklık değişimi (COMSOL model sonuçları – ısı çift ile ölçüm sonuçları)	100

Şekil 4.31.250 °C sıcaklıktaki kızılötesi tünelde 120 s ısıtım işlem uygulaması sonucu farklı yöntemlerle elde edilen yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları.....	101
Şekil 4.32.250 °C sıcaklıktaki Kızılötesi tünelde 120 s ısıtım işlem uygulaması sırasında elde edilen yumurta sarısı, beyazı ve kabuk yüzeyi ortalama sıcaklıkları.....	102
Şekil 4.32.250 °C - farklı sürelerde (0-120 saniye) IR işlem uygulanan yumurtaların yüzey ortalama sıcaklık dağılımı.....	105



EKLER DİZİNİ

Sayfa

EK-1: Türk Gıda Kodeksi Yumurta Ve Yumurta Ürünleri Tebliğı (Tebliğ No: 2007/54).....	117
EK-2: Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliğı (Tebliğ No: 2014/55)	127
EK-3: Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğinde Değışiklik Yapılması Hakkında Tebliğ (Tebliğ No:2009/68).....	135
EK-4: Farklı Sıcaklılarda Cisim Model Sonuçları.....	147
EK-5: Farklı Sıcaklılarda İşlem Görmüş Yumurta Yüzey Ortalama Sıcaklıkları... ..	153



SİMGELER VE KISALTMALAR

IR	: Infrared, Kızılötesi
HU	: Haugh Unit
YI	: Yolk index, sarı birimi
E_w	: Egg weight, yumurtanın topla ağırlığı
ν	: Frekans
λ	: Dalga boyu
c	: Dalganın o ortamdaki yayınma hızı
NIR	: Yakın infrared
MIR	: Orta infrared
FIR	: Uzak infrared
LTLT	: Low temperature - long time, düşük sıcaklık – uzun süre
HTST	: high temperature – short time, yüksek sıcaklık – kısa süre
KOB	: koloni oluşturan birim
CFU	: colony forming unit
UV	: ultraviyole
h	: ısı transfer katsayısı, W/m^2K
k	: ısıl iletkenlik katsayısı, W/mK
TSA	: Tryptic soy agar
TSB	: Tryptic soy broth
PCA	: Place count agar
PDA	: Potato dextrose agar
MRD	: Maximum recovery diluent
VRB	: Violet Red Bile agar
TPS	: Tamponlanmış peptonlu su
SS	: Selenit Sistin Broth
RVS	: Rappaport Vassiliadis Soy Broth
TSI	: Triple sugar iron agar
DS	: Dilüsyon sıvısı
KOK	: Köpük oluşturma kapasitesi
KS	: Köpük stabilitesi

1. GİRİŞ

Yumurta, anne sütünden sonra insanın ihtiyacı olan tüm besin öğelerini bulunduran tek besin kaynağıdır. Yüksek sindirilebilme özelliğine sahip olan yumurtanın neredeyse tamamı vücut tarafından kullanılmakta ve vücut proteinlerine dönüşebilmektedir. Vitamin bakımından da zengin olan yumurta, başta A, D, E ve B olmak üzere diğer vitaminleri de önemli oranda içermektedir. Günlük olarak tüketildiği gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı birçok ürünün de hammaddesi olma özelliğini taşımaktadır. Ancak güvenli gıda kapsamında değerlendirildiğinde yumurta, yüzeyi farklı mikroorganizma kontaminasyonlarına açık olan bir gıda ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Sağlıklı hayvandan elde edilen yumurta iç kısmının mikrobiyel risk taşımadığı kabul edilse de, yumurta yüzeyi (kabuk dış yüzü) her zaman oldukça fazla mikrobiyel yüke sahiptir. Yumurta içeriğinde olan mikrobiyel yük artışının özellikle kabuğun kırılması sırasında meydana geldiği bilinmektedir. Dış kabuğunda oldukça fazla mikrobiyel yüke sahip yumurtanın güvenli bir şekilde tüketilmesi için de pastörizasyon yapılmaktadır.

Yumurtada en yaygın rastlanan ve önemli patojen bakterilerden biri *Salmonella*'dır. Yapılan araştırmalar sonucunda *Salmonella* kaynaklı salgınların % 76'sının nedeninin yumurta ve yumurta ürünlerinin tüketimi olduğu, yumurta kaynaklı Salmonellozisin en yaygın sebebinin de *Salmonella* Enteritidis olduğu belirlenmiştir.

Tehlikenin ciddi boyutlara ulaşması ile bazı ülkeler (Noreç, İngiltere...) önlem planları yapmaya başlamışlar; HACCP ve GAP gibi çeşitli programlar oluşturmuşlardır. Bunların doğrultusunda kontaminasyon öncelikle kümeslerde engellenmiş ve çiğ yumurta için farklı ürünler geliştirilmiştir. Örneğin pastörize sıvı yumurta üretimi geliştirilip yaygınlaştırılmıştır. Bunun yanı sıra, kabuklu yumurtayı bütün halde pastörize etmek için farklı teknolojiler geliştirilmiştir. Bu tekniklerin bazılarının endüstriyel boyutta da uygulaması yapılmaktadır.

Türkiye'de endüstriyel olarak bu problem çözümü için herhangi bir önlem alınmamaktadır. Yurt dışında ise sıcak hava, sıcak su, mikrodalga, ozon, UV ve gamma ışını uygulamaları ya da bunların kombinasyonları ile ilgili çalışmalar

bulunmaktadır. Bu teknolojilerden sıcak hava ve sıcak su kullanımlarında uygulama süresi oldukça fazladır. Ayrıca sıcak su kullanımında açığa çıkan atık su büyük problem oluşturmaktadır. Mikrodalga işleminde homojen olmayan ısı dağılımı ve başlangıç kurulum maliyetinin yüksek olması yöntemin dezavantajları olarak görülmektedir. UV uygulaması pastörizasyon sağlandığı zaman yumurtanın fonksiyonel özelliklerinde değişimlere neden olduğu belirlenmiştir. Gama ile ışınlanmış yumurta beyazının özelliklerinin değişmesi ve ışınlanmış gıdaya tüketicilerin yaklaşımlarının olumsuzluğundan dolayı bu yöntem de tercih edilmemektedir.

Kızılötesi (Infrared) enerji elektromanyetik enerjinin bir şeklidir. Uzak infrared radyasyonla (FIR) ısıtma sistemi son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. FIR ısıtıcılardan yayılan ışın, ortamın ısınmasına gerek olmadan direkt gıda yüzeyi tarafından absorbe edilir, gıda molekülleri interaksyonu ile ısıya çevrilir. Bu sebeple kızılötesi ısıtma konveksiyonel ısıtma sistemlerine göre gıdayı daha hızlı ısıtma potansiyeline sahiptir. Kızılötesi işlemin hızlı yüzey ısıtma avantajı sayesinde, kısa sürede pastörizasyon sıcaklığına ulaşılacaktır. Bu nedenle zamandan tasarruf sağlanmakta ve aynı zamanda bu işlem sırasında su veya herhangi bir kimyasal madde gereksinimi olmadığı için de atık su problemi ortadan kalkmaktadır. Yumurta kabuğunun düşük ısı iletim katsayısına (0,456 W/m-K) sahip olması nedeni ile yumurta kabuğu yüzeyi hızlı bir şekilde ısınırken, bu ısının yumurta içine iletilmesi pastörizasyon süresi sırasında gerçekleşmemektedir. Kızılötesi işleminden sonra uygulanan soğutma işlemi ile yumurta yüzeyinin sıcaklığı da başlangıç sıcaklığına getirilip bir sonraki kızılötesi işlem uygulandığında yumurta yüzey sıcaklığının yüksek sıcaklıklara ulaşması engellenmektedir. Bu sayede yumurta içeriğinin fonksiyonel özelliklerinde sıcaklık artışı nedeni ile olacak değişimler de minimum düzeyde olmaktadır. Bu işlem istendiği kadar tekrar edildiği takdirde yumurta yüzeyi steril edilmekte ve iç kalitesinde kayıplar olmamaktadır.

Uygulanan pastörizasyon yöntemi ile *Salmonella*'nın yanı sıra yumurtada tehlike yaratan *E. coli*, *L. monocytogenes* de inaktive edilmiş olacaktır.

Yapılan bu tez çalışmasında sağlık açısından risk taşımayan, güvenilir kabuklu yumurta elde etmek için, yumurta iç kalitesi etkilenmeden, yumurta yüzenin

kızılötesi işlem uygulanarak steril edilmesi üzerine çalışıldı. Sonuç olarak bu tezin amacı; kızılötesi ısıtmanın insanlar için patojen olan bazı bakteriler üzerine etkisinin incelenmesi; insan beslenmesi açısından oldukça fazla öneme sahip ve aynı zamanda *Salmonella* bulundurma riski olan yumurtanın kızılötesi ısıtma uygulaması ile kabuk yüzeyinin steril edilmesi ve bu sterilizasyon sırasında yumurta iç kalitesindeki değişikliklerin tespit edilmesi; değişiklik bulunması durumunda ise kızılötesi işlemin yumurta iç kalitesini etkilemeden uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır.

1.1. TEZİN ÖZGÜN DEĞERİ VE YENİLİKÇİ YÖNÜ

Besin değerinin ve sindirilebilirliğinin yüksek olması yanı sıra birçok fonksiyonel özelliğe sahip, günlük tüketimde de yaygın bir yere sahip olan yumurta, mikrobiyel açıdan önemli riskler taşımaktadır. Sağlıklı hayvandan elde edilen yumurta iç kısmının mikrobiyel risk taşımadığı kabul edilse de, yumurta yüzeyi (kabuk dış yüzü) her zaman oldukça fazla mikrobiyel yüke sahiptir. Bu kapsamda yumurta yüzeyinin pastörize/steril edilmesi ile yumurta güvenli gıda kapsamında değerlendirilecek bir ürün olabilecektir. Ayrıca, pastörize bütün yumurta üretimi, pastörize sıvı yumurta üretimi içinde önemli bir ara basamak olarak değerlendirilebilecektir. Pastörize sıvı yumurta üretiminde uygulanan pastörizasyon normları (60 °C, 3,5 dk) yumurta fonksiyonel özelliklerinde azalmalara sebep vermektedir. Yumurta içeriğinde olan mikrobiyel yük artışının özellikle kabuğun kırılması sırasında meydana geldiği de bilinmektedir.

Literatür incelendiğinde yumurta pastörizasyonu kapsamında yapılan çalışmaların, sıvı yumurta pastörizasyonu üzerine yoğunlaştığı, kabuklu yumurtanın pastörizasyonu üzerine ise sınırlı sayıda çalışma bulunduğu görülmektedir. Türkiye’de yıllık kişi başına düşen yumurta tüketiminin 180 adet olduğu ve pastörize sıvı yumurta kullanımının özellikle ekmek ve pastacılık ürünlerinde, bisküvi, makarna fabrikalarında, toplu tüketim yerlerinde arttığı da düşünüldüğünde yumurta yüzey pastörizasyonu önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu kapsamda farklı ülkelerde çeşitli pastörizasyon işlemleri tasarlanmış ve bazıları endüstriyel olarak uygulanmaya başlanmıştır. Uygulanan bu sistemlerde pastörizasyon için oldukça uzun zamana ihtiyaç duymakta ve bunun yanı sıra

kimyasal veya atık su problemleri yaşanmaktadır. Kızılötesi ısıtma kullanımı ile bu dezavantajlar minimuma indirilerek güvenli yumurtalar elde edilebilecektir.

Yumurta yüzeyi mikrobiyel yükünün, yumurta içeriği fonksiyonel özelliklerine zarar vermeden azaltılması, pastörize sıvı yumurta üretimde uygulanacak olan sıcaklık-zaman normlarını düşürebilecek ve bu sayede yumurta fonksiyonel özelliklerinde olabilecek değişimler de azaltılmış olacaktır.

Ayrıca kızılötesi ısı işlem için geliştirilecek olan matematiksel model kullanılarak yumurta yüzeyi sıcaklık değerleri belirlenebileceğinden, bu model yüzey pastörizasyon sistemleri tasarımında da kullanılabilir olacaktır.

Yumurta yüzeyinin mikroorganizmalardan arındırılması için, yüzeyin hızlı ısınmasını sağlayan ve atık problemi olmayan kızılötesi teknolojisinin uygulanabilirliğinin araştırıldığı bu tez çalışmasında; tasarlanan yeni IR ısıtma ve hava soğutma sisteminin art arda ve 'n' defa tekrarlanarak (n: tekrar sayısı; sterilizasyon sağlanan kadar) kullanımı ile yumurta iç kalite özellikleri olumsuz yönde etkilenmeden, yumurta yüzeyinin steril edilmesi amaçlandı. IR işlem ile yumurta yüzeyi sterilizasyon sıcaklığına çok kısa sürede ulaşmakta ve kabuğun ısı iletim katsayısının çok düşük olması nedeni ile -ısı içeriye hızlı taşınamaz- yumurtanın iç sıcaklığı denatürasyon sıcaklığına ulaşamamaktadır. Devamında uygulanan soğutma işlemi ile sıcaklık neredeyse başlangıç sıcaklığına azaltılmaktadır. Seri olarak tekrarlanan IR ısıtma ve hava soğutma sistemi ile mikroorganizma sayısının kademeli olarak azaldığı tespit edilip, tasarlanan yöntemin yumurta kabuk yüzeyi sterilizasyonunda etkili olduğu gözlemlendi.

Yapılan bu çalışmaların, IR işlemin sterilizasyon amaçlı kullanımı konusunda ve yumurta kabuk sterilizasyonu için yeni bir yöntem olarak, literatüre katkı saylayacağı düşünölmektedir.

2.KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1.YUMURTA

Yumurta, kanatlılardan elde edilen önemli bir besin maddesidir. Gıdalarla ilgili yasal belirlenmelerde “yumurta” terimi altında tavuk yumurtası anlaşılır. Ördek, hindi, kaz, ve bıldırcın gibi kanatlıların yumurtalarından bahsederken ise yumurta teriminin başına elde edildiği hayvanın adı eklenir. Tavuk yumurtası dışındaki yumurtaların tüketiminin kısıtlı olmasından dolayı insan beslenmesinde çok önemli bir rolü bulunmaz. Yumurta insan organizmasının ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin büyük bir çoğunluğunu içermesi açısından biyolojik olarak yüksek değerli bir besin maddesidir. Tek besin olarak tüketildiği gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı pek çok ürünün işlenmesi sırasında emülgatör, nem tutucu, kabartıcı, renklendirici, aroma verici ve kalınlaştırıcı olarak da kullanılmaktadır (Howard ve ark., 2012; Tayyar, 2012).

İnsan beslenmesi ve ülke ekonomisi açısından önemli bir besin maddesi olan yumurta, tüketici tarafından kolay temin edilebilen besin değeri yüksek bir gıda maddesi olup, çeşitli alternatiflerle kolaylıkla hazırlanıp tüketilebilmektedir. Özellikle taze tüketilen bu gıda maddesi tüketiciye sunulduğu anda tazeliğinin en yüksek düzeyde olması istenmektedir (Avan ve Alişarlı, 2002).

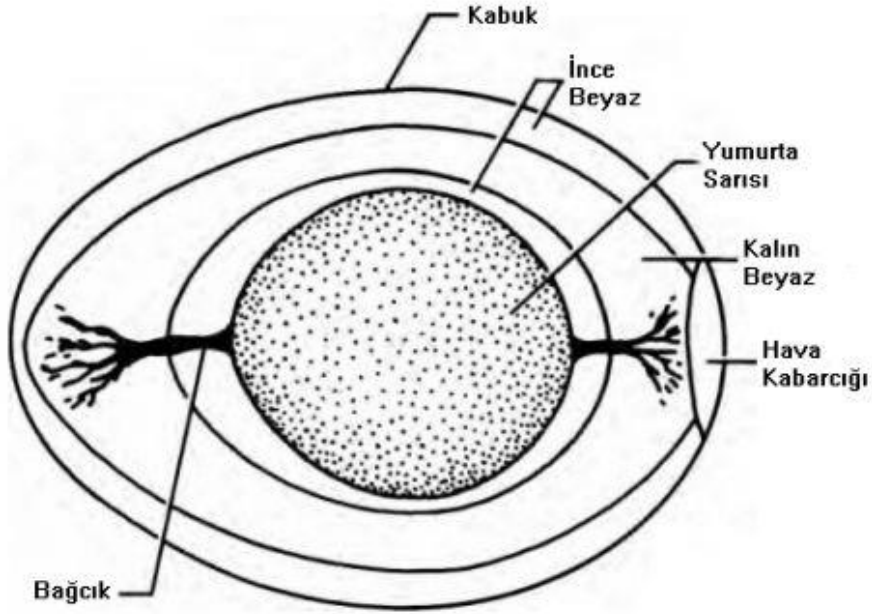
Yumurta, oldukça yüksek vitamin ve mineral içeriğine sahiptir. Kalori değeri düşük bir gıda maddesidir. Ayrıca sindirilebilirliğinin yüksek olması ile et, süt ürünlerine alternatif bir gıda olmaktadır. Hücre onarımı ve büyüme için gerekli aminoasitleri içerir, yumurta proteini biyolojik değer bakımından diğer gıdalarla karşılaştırıldığı zaman %94 sindirilebilirlik değeri ile ilk sırayı almaktadır. Yumurta proteinlerinin tamamına yakını vücut tarafından kullanılmakta ve vücut proteinlerine dönüşebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı, diğer besinlerin protein kalitesinin hesaplanmasında da kullanılmaktadır. Yumurta proteininin biyolojik değeri (proteinden elde edilen fayda) % 93,7 iken bu değer sütte % 85, balıkta % 76, sığır etinde % 74,3'dür. Bu özelliği ile anne sütünden sonra en değerli besindir. Yumurtanın, protein açısından oldukça kaliteli bir gıda olmasının sebebi, yüksek protein içeriğinin yanı sıra vücut için alınması zorunlu aminoasitleri bulundurmasıdır (Tayyar, 2012; Layman ve Rodriguez, 2009). Çizelge 2.1.'de kabuklu yumurtanın

kimyasal bileşimi gösterilmiştir. Bütün bir yumurta ele alındığında ortalama %12 protein, %11 yağ ve %1 karbohidrat içermektedir (Stadelman ve ark., 1996). Yumurta kompozisyonu her zaman aynı olamaz, bu oranlar tavuğun beslenme biçimine, genetiğine ve yetiştirilme koşullarına göre farklılık gösterebilir.

Çizelge 2.1. Yumurta beyazının, sarısının ve bütün yumurtanın ortalama kimyasal bileşimi

Yumurta Bileşeni	% Protein	% Yağ	% Karbohidrat	% Kül
Yumurta beyazı	9,7-10,6	0,03	0,4 - 0,9	0,5 - 0,6
Yumurta sarısı	15,7-16,6	31,8 - 35,5	0,2 - 1,0	1,1
Bütün yumurta	12,8-13,4	10,5 - 11,8	0,3 - 1,0	0,8 - 1,0

Yumurtanın yapısı Şekil 2.1.'de gösterilmiş olup, merkezde yumurta sarısı ve onu çevreleyen yumurta beyazı bulunmaktadır. Yumurta sarısının kenarında germinal disk (tohum) yer almakta, yumurta sarısını çevreleyen yumurta beyazı (albümin) iki kısımdan oluşmaktadır. Yumurta sarısının hemen dışında kalın albümin, onun dışında da onu çevreleyen ince albümin bulunur. Yumurta sarısı yapıya şalaza denilen bağcıklarla bağlanmıştır. Yumurta albümini ile kabuk arasında bir hava kesesi vardır. Yapıyı bir arada tutan ise kabuk kısmıdır.



Şekil 2.1. Yumurtanın yapısı

2.1.1. Yumurtanın Bölümleri

2.1.1.1. Yumurta sarısı

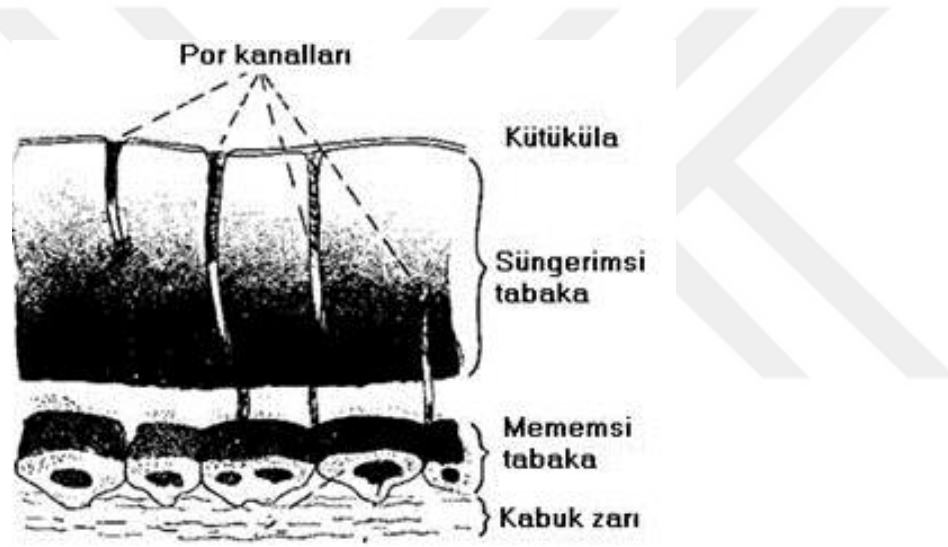
Proteinler ve lipitler, yumurta sarısının başlıca katı bileşenleridir (ortalama %16 protein - %34 yağ). Proteinlerin çoğunluğu lipoprotein yapıdadır. Yağ içeriğinin büyük çoğunluğunu ise trigliseritler, fosfolipitler ve kolesterol oluşturmaktadır. Taze yumurta sarısının pH değeri 6,0 iken depolama ile bu değer 7,0 civarına kadar çıkmaktadır. Yumurta sarısını bir arada tutan vitellin zarın çoğunluğu, kabuk zarı gibi, proteinden oluşur ve başlangıçta su geçirgenliği de oldukça yüksektir. Zamanla bu zarın dayanıklılığı azalmaktadır. Depolama sırasında yumurta beyazından, katı madde konsantrasyonu fazla olan yumurta sarısına su geçişi olur. Bu su geçişi yumurta sarısının boyutunun artmasına, viskozitesinin azalmasına neden olur. Yumurta sarısı demir, fosfor, sülfür, bakır, potasyum, sodyum, magnezyum, kalsiyum, klor ve manganez gibi esansiyel mineraller içerir (Stadelman ve ark., 1996; Tayyar, 2012).

2.1.1.2. Yumurta beyazı

Yumurta beyazının ana bileşeni sudur ve dıştan içe doğru (ince beyaz, kalın beyaz) su içeriği azalmaktadır. Katı madde miktarı yaklaşık %12 olan yumurta beyazının, temel bileşeni ise proteindir. Yumurta beyazında 40'dan fazla çeşitte protein olmakla birlikte en fazla ovalbumin bulunur. Ovotransferin ve ovomucoid de önemli albümin proteinlerindedir. Tavuğun yaşı, albüminin protein miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Yağ oranı ihmal edilebilir miktarda iken az oranda olan karbohidratlar serbest halde veya proteinle bileşik halinde bulunmaktadır. Tavuğun yediği yem içeriği mineral miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Genel olarak yumurta beyazında bulunan mineraller ise sülfür, potasyum, sodyumdur (Stadelman ve ark., 1996). Yumurta beyazında lizozim enzimi içerir. Lizozim enzimi Gram pozitif bakterilerin gelişimini olumsuz yönde etkiler. Ayrıca yumurta beyazında avidin ve konalbümin bulunur. Avidin, biyotinle birleşir ve biyotinin mikroorganizmalarca kullanımını engeller; konalbümin, demirle kompleks oluşturarak demirin mikroorganizmalar tarafından kullanımını engeller (Ünlütürk ve Turantaş, 2003).

2.1.1.3. Yumurta kabuğu

Yumurta kabuğu 0,2-0,4 mm kalınlığında ve oldukça sert, sayısı 7000-17000 arasında bulunan rast gele dağılmış gözenekli (porlu) bir yapı gösterir. Kabuk detaylı incelendiğinde en dışta suda çözünmeyen bir kütikül yapı bulunur (Şekil 2.2.). Bu yapı ürün depolama süresince yapıyı korur gaz ve su buharı geçirgenliğini ayarlar. Kütikül yapının hemen altında büyük çoğunluğu kalsiyum tuzlarından oluşan süngerimsi tabaka vardır. Bu tabakadaki gözenekler depolama süresince nem ve gaz geçişini kontrol ederler. Aynı zamanda mikroorganizma geçişi de söz konusu olabilir. Süngerimsi tabakanın altında memesi tabaka ve iç kabuk zarı kabuk yapıyı oluşturur (Stadelman ve ark., 1996; Tayyar, 2012).



Şekil 2.2. Yumurta kabuk yapısı

2.1.2. Kalite Özellikleri

Kabuklu yumurta depolama sırasında nem ve ağırlık kaybeder. Nem kaybına bağlı olarak yumurtanın yuvarlak ucunda ışıkla muayene edildiğinde gözlenebilen hava kesesi (tepe boşluğu) oluşur (Ünlütürk ve Turantaş, 2003). Yumurtanın iç kalitesini belirlemenin çeşitli yöntemleri vardır. İyi kalitedeki bir yumurtanın içinde kan, pigment veya et lekesi bulunmamalıdır. Ticari boyutta bazı makinelerle bu lekeler tespit edilebilmektedir. Yumurta sarısının kalitesi rengi ve yumurta sarısını çevreleyen zarın dayanıklılığı ile değerlendirilir. Farklı ülkelerde farklı renk değerleri vardır. Yumurta sarısının rengi tamamen pigmentlerle ilgili olup

tüketici algısı için önemlidir. Yumurta sarısını çevreleyen zarın dayanıklılığı zamanla azalır. Yumurta beyazından sarısına su geçişi olur. Sarının katı madde oranı azalır, viskozitesi azalır (Roberts, 2004).

2.1.2.1. Yolk indeks

Düz bir plaka üzerine kırılan yumurtanın, sarısının yüksekliğinin çapına oranı ile yolk (yumurta sarısı) indeks hesaplanmaktadır. Yumurta sarısını çevreleyen zarın dayanıklılığının azalmasından dolayı taze yumurtanın yolk indeksi, depolanmış yumurtanın yolk indeksine göre daha fazladır. Buna göre yolk indeksi yumurta sarısının tazeliği hakkında bilgi verir.

2.1.2.2. Haugh unit

Yumurta beyazının (albümin) kalitesi genellikle albümin yüksekliği ile ölçülür. Albümin yüksekliği Haugh Unit'e dönüştürülür ve aşağıdaki formüle göre hesaplanır. Haugh unit, tavuğun yaşı ve cinsine göre değiştiği gibi yumurtaların depolanması ile de değişmektedir (Roberts, 2004).

$$HU = 100 \times \log (h + 7,57 - 1,7 \times E_w^{0,37}) \quad (2.1)$$

h: yumurta beyazı yüksekliği (mm), E_w: yumurta toplam ağırlığı

2.1.2.3. Albümin pH'sı

Taze yumurta beyazının pH değeri 7,6 - 8,5 aralığındadır. Bu değer yumurtanın depolanması sırasında artar ve maksimum 9,7 değerine ulaşır. Albümindeki pH artışı kabuktaki gözeneklerden karbondioksitin uzaklaşması sonucu gözlenmektedir. Yumurta beyazının pH'nın yükselmesi mikrobiyel gelişimi olumsuz etkilemektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2003). Yapılan bazı çalışmalarda yumurta kabuğu yağ ile kaplanmış ve karbondioksitin çıkışı engellenmiştir. Bunun sonucunda yumurta beyazının pH değerinin sabit kaldığı gözlenmiştir. Genel olarak yumurta sarısının pH değeri 6,0 civarında iken depolama sonunda ise 6,4 - 6,9 aralığında değiştiği gözlenmiştir (Stadelman ve ark., 1996).

2.1.2.4. Viskozite

Yumurta beyazının viskozitesi, yumurtanın kaç günlük olduğuna, karıştırma işlemine, sıcaklığa ve kesme hızına bağlıdır. Genel olarak yumurta beyazının ve sarısının pseudoplastik akış davranışı gösterdikleri söylenebilir (Stadelman ve ark., 1996). Depolama süresi arttıkça yumurta beyazı sulu bir hal alır, viskozitesi azalır (Ünlütürk ve Turantaş, 2003).

2.1.2.5. Köpük oluşturma ve köpük stabilitesi

Birçok gıda bileşeni köpük oluşturma özelliğine sahip olsa da, özellikle yumurta köpük oluşumunda oldukça etkilidir. En yüksek köpürme özelliği gösteren proteinler arasında yumurta beyazı proteinin oldukça önemli bir yeri vardır. Yumurta, uygun koşullar altında geniş köpük hacmi, ısıtma sırasında koagüle olabilen stabil köpük oluşumu sağlar.

Köpük yapı çözünür yüzey aktif ajan içeren, sürekli sıvı veya sulu fazlı koloidal sistemlerdir. Gaz veya hava fazı içerisinde dağılırlar. Sürekli sıvı fazın içinde gazın dağılmasıyla köpük oluşur. Köpük oluşumu için gaz olarak genellikle hava kullanılmakta ancak bazı sınırlı durumlarda karbondioksitten yararlanılmaktadır. Gıda köpükleri normalde çırpma, dövme, sallama, çalkalama veya püskürtmeyle üretilir ve kullanılan yöntem köpüğün karakteristik özelliklerini etkiler. Proteinlerin de köpük oluşturma özellikleri birbirinden farklıdır. Bu farklılıkların tespiti için genel olarak köpük kapasitesi ve stabilitesinden yararlanılır. Köpük kapasitesi (oluşan köpüğün hacminin ölçüsü % olarak ifade edilir) ve köpük stabilitesi (köpüğün sönmesi için gereken zamanın ölçüsü) köpüklerin iki genel karakteristik özellikleridir (Stadelman ve ark., 1996; Panyam ve Kilara, 1996; Saldamlı, 2014).

2.1.3. Yumurta Kullanım Alanları

Besin içeriği açısından oldukça zengin olan kabuklu yumurta günlük tüketim için kaliteli bir gıda maddesi olmasına rağmen ülkemizde yeteri kadar tüketilmemektedir. Bunun bir nedeni de yumurtanın kan kolesterol düzeyini artırarak sağlık problemlerine neden olabileceği korkusudur. Tüketicinin bu talebine yönelik

çalışmalar ile farklı yem içerikleri sayesinde farklı besin değerinde yumurtalar da elde edilebilmektedir. Buna göre düşük düzeyde kolesterol ve doymuş yağ asidi veya yüksek düzeyde n-3 yağ asidi, konjuge linoleik asit, vitamin (A, E ve C) ve mineral madde (selenyum, iyot) içeren yumurtalar üretilmeye çalışılmaktadır (Açıköz ve Önenç, 2002).

Yumurta günlük tüketiminin yanı sıra fonksiyonel özelliklerinden dolayı da çok tüketilen bir gıda maddesidir. Fonksiyonel özellik terimi gıdanın içinde yumurtanın kullanışlı olmasını sağlayan özellikler için kullanılmaktadır. Özellikle fırıncılık ve pastane ürünlerinde, bisküvi üretiminde, bebek mamalarında, bazı makarnalarda, dondurmalarda, salata soslarında, mayonezde, şekerleme ürünlerinde, köpük ve emülsiyon oluşturma, koagülasyon özelliklerinden yararlanır. Ayrıca bu ürünlerde nem tutucu, renklendirici ve kabartıcı özelliklerinden dolayı yumurta kullanımı tercih edilmektedir.

İşlenmiş yumurtalar taze yumurtalara göre pastörize yumurtalardır ve raf ömürleri daha fazladır. Besin içeriği, fonksiyonel özellikleri ve lezzeti bakımından taze yumurtalara göre önemli bir farklılıkları yoktur. Kullanım zorluklarından dolayı taze yumurtaya alternatif olarak farklı yumurta ürünleri endüstriyel boyutta üretilmektedir. Böylece kabuk kırmak için harcanan zamandan tasarruf edilmekte, kabukların oluşturduğu atık problemi önlenmekte ve kabuklu yumurtanın depolanması için gerekli olan geniş alanlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Ayrıca satışa sunulamayan kabukları lekeli ve boyut olarak standart dışı olan yumurtaların üretime katılması sağlanmaktadır. Bu ürünler evde veya gıda sanayisinde kullanılmak üzere pastörizasyon, kurutma veya dondurma tekniğine uygun olarak işlenirler ve tüketime hazır hale getirilmektedir. Sıvı yumurta beyazı, sıvı yumurta sarısı, bütün sıvı yumurta, yumurta kabuğu ve yumurta tozu da endüstriyel olarak üretilmektedir.

Yumurtalar yıkandıktan sonra kırma işlemi uygulanır. Kırılan yumurtaların sarısı ve beyazı tekniğine uygun olarak ayrılırlar. Filtrasyon sırasında katkı maddeleri de eklendikten sonra homojenize edilen sıvılar yeterli pastörizasyon uygulandıktan sonra aseptik olarak paketlenip satışa sunulmaktadır. Bütün sıvı yumurtada ise ayırım yapılmadan işlemlere devam edilir. Dondurulmuş sıvı yumurta ise pastörize edilen sıvı yumurtaların uygun ambalajlara dolumu yapıldıktan sonra dondurulması ile elde

edilir. Sonuç olarak işlenmiş yumurta ve ürünleri, tüketici açısından depolama ve işleme aşamalarında kolaylık sağlamakta ve raf ömrü taze yumurtaya göre daha uzun olmaktadır. Ayrıca pastörize ürünler olduğu için daha güvenli kabul edilebilirler. İşletmeciler için ise yer ve zamandan tasarruf sağlanırken, standart dışı yumurtalar da üretimde kullanılabilirler (Serdaroğlu ve Deniz, 2002).

2.1.4. Yumurtanın Dünyadaki Yeri, Türkiye Kapasitesi, Yasal Kriterler

Dünya da yumurta üretim miktarları incelendiği zaman %38'lik bir payla Çin ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 2.2.). ABD ise toplam üretimin %8,3'lük kısmını oluşturarak, ikinci büyük yumurta üreticisi konumundadır. Türkiye ise %1,4'lük pay ile dünya ülkeleri arasında 10. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2012).

Çizelge 2.2. Dünya yumurta üretiminde ilk 10 ülke (2000 - 2005 - 2012 yılları)

2000		2005		2012	
Ülke	Üretim (1000 T)	Ülke	Üretim (1000 T)	Ülke	Üretim (1000 T)
Çin	18.547	Çin	20.724	Çin	24.831
ABD	4.998	ABD	5.333	ABD	5.435
Japonya	2.535	Hindistan	2.568	Hindistan	3.500
Hindistan	2.035	Japonya	2.481	Japonya	2.507
Rusya	1.895	Rusya	2.050	Rusya	2.334
Meksika	1.788	Meksika	1.675	Meksika	2.318
Brezilya	1.509	Brezilya	930	Brezilya	2.083
Fransa	1.038	Fransa	930	Endonezya	1.059
Almanya	901	Endonezya	856	Ukrayna	1.075
Türkiye	810	Almanya	795	Türkiye	931
10 Ülke	36.056	10 Ülke	39.437	10 Ülke	45.24
Dünya	51	Dünya	56	Dünya	65.486

Türkiye'de yumurta üretim miktarları Çizelge 2.3.'de gösterilmektedir. Türkiye'deki yumurta üretiminde son 5 yılda önemli bir artış görülmektedir. Yumurta üretim miktarı 2005 yılında 12 milyar adet iken, 2010 yılında 11,8 milyar adet, 2014 yılında ise 17 milyar adede ulaşmıştır (2010 yılından itibaren yumurta miktarına köy tavukçuluğu dahil edilmemiştir).

Çizelge 2.3. Yıllara göre Türkiye’de üretilen yumurta sayısı

Yıl	Tavuk yumurtası (Bin adet)
2005	12.052.455
2006	11.733.572
2007	12.724.959
2008	13.190.696
2009	13.832.726
2010	11.840.396
2011	12.954.686
2012	14.910.774
2013	16.496.751
2014	17.145.389

Not: 2010 yılından itibaren yumurta miktarına köy tavukçuluğu dahil değildir.

Yumurta ithalatı 2012 yılı TÜİK verilerine göre Almanya en büyük ithalatçı ülkedir. İkinci büyük yumurta ithalatçısı ülke ise Irak olup; Hollanda, Rusya, Fransa, Hong Kong (Çin) ve İngiltere diğer önemli ithalatçı ülkelerdir. Yum-Bir’in 2014 yumurta tavukçuluğu verilerine göre 2009-2013 yılları arasında Dünya yumurta ithalatında ilk 20 ülke içinde Türkiye’ye ait ithalat verileri bulunmamaktadır. Yani Türkiye’de üretilen yumurtalar iç piyasa talebini karşılamakta, yumurtaların fazlası ise ihraç edilmektedir.

Dünya yumurta ihracatı 2013 Yum-Bir verilerine göre % 20’lik oranla Hollanda lider durumundadır. ABD ise %11,5 oranla ikinci büyük ihracatçı ülkedir. Türkiye ise %10’luk pay ile dünyanın 3. büyük yumurta ihracatçı ülkesi konumunda yer almaktadır.

Çizelge 2.4.’de ise bazı ülkelerin yumurta ve yumurta ürünlerinin, yıllık kişi başı tüketim miktarları gösterilmektedir. Yumurta ve yumurta ürünleri tüketimi incelendiğinde; Çin’de yıllık kişi başına toplam 296 adet yumurta tüketilirken Meksika’da bu sayı 2011 yılı için 358 adet, Japonya’da 329 ve Türkiye’de ise 180 adettir. Çizelge 2.4 incelendiğinde Türkiye’de kişi başına tüketilen yumurta sayısı diğer birçok AB ülkelerindeki sayının altındadır. Besleyici değeri oldukça yüksek olan bu gıdanın günlük tüketimini arttırmak ve kişi başına tüketiminin 225’e çıkarılması ile ilgili oldukça fazla çalışmalar yapılmaktadır. Uluslararası Yumurta Komisyonu (ICE) 1996’da ‘Dünya Yumurta Günü’ ilan etmiş ve dünyanın birçok ülkesinde ve son beş yıldır da Türkiye’de kutlamalarla yumurta tüketimine dikkat

çekmeyi sağlamaya çalışmaktadır (Yum-Bir, 2014; Kümes Hayvancılığı Ürün raporu, 2014).

Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği'nde (2014/55) A sınıfı yumurta için '*Gallus gallus* var. *domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine veya gıda sanayisinin kullanımına sunulan ve EK-2'de yer alan kalite özelliklerini taşıyan kabuklu yumurta' olarak bir sınıflandırma yapılmıştır. Mikrobiyolojik kriterler için yönlendirdiği tebliğlerde kabuklu yumurta için bir kriter bulunmamakla birlikte yumurta ürünlerinde (sıvı, dondurulmuş yumurta ve yumurta tozu) *Salmonella* bulunmasına izin verilmemektedir. Ayrıca ilgili tebliğde kabuklu yumurta için pastörizasyon normu da bulunmamaktadır.

Çizelge 2.4. Bazı Ülkelerde Yumurta ve Yumurta ürünleri Tüketimi, 2010-2011. (adet/kişi/yıl)

Ülke	Yumurta		Yumurta Ürünleri		Toplam	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Çin	256	256	40	40	296	296
İtalya	135	135	75	71	210	206
Almanya	214	212	-	-	214	212
Japonya	163	159	161	170	324	329
Meksika	365	358	-	-	365	358
Avusturya	234	234	-	-	234	234
ABD	172	171	75	76	247	247
Kanada	141	140	56	62	197	202
Arjantin	225	228	14	14	239	242
Fransa	-	135	-	87	-	222
Türkiye	168	175	3	5	171	180

2.2. KIZILÖTESİ İŞİNİM

2.2.1. Isı

Isı, sıcaklık farkı sonucu bir sistemden diğetine transfer edilebilen bir enerji türüdür ve üç farklı yolla aktarılabilir: iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışınım (radyasyon). Bütün ısı transfer mekanizmalarında itici güç sıcaklık farkıdır ve yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru bir sıcaklık transferi gerçekleşir.

Isı iletimi aynı katı, sıvı ve gaz ortamındaki farklı bölgeler arasında, veya doğrudan fiziki temas durumunda bulunan farklı ortamlar arasında, moleküllerin fark edilir bir yer değiştirmesi olmaksızın, moleküllerin doğrudan teması sonucunda oluşan ısı yayılımı işlemidir (Yüncü ve Kakaç, 1999). Mesela sıcak bir odada kutulu soğuk bir içecek, odadan içeceğe alüminyum kutu üzerinden iletimle ısı geçişi dolayısıyla, sonunda oda sıcaklığına kadar ısınır (Çengel, 2003).

Bir yüzey üzerinden veya bir boru içerisinden akan akışkanın sıcaklığı yüzey sıcaklığından farklı ise akışkan hareketi sonucu akışkan ile yüzey arasındaki ısı transferi mekanizması konveksiyon (taşınım) olarak adlandırılır. Akışkanın hareketi uygulanan basınç farkı sonucu oluşuyorsa zorlamalı konveksiyon, akışkan hareketi yoğunluk farkı nedeniyle oluşuyorsa doğal konveksiyondan bahsedilir (Yüncü ve Kakaç, 1999).

İletim ve taşınımında, enerji bir ortam tarafından transfer edilir. Deneysel sonuçlar hiçbir transfer ortamı olmaması durumunda da enerjinin transfer edildiğini göstermektedir. Elektromanyetik dalgalarla olan bu ısı transferi mekanizması kısaca ışınım olarak adlandırılır (Yüncü ve Kakaç, 1999). Güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşma şekli budur. Cisimlerin sıcaklıkları sebebiyle yaydıkları ışınım türü ısı ışınımıdır. (Çengel, 2003).

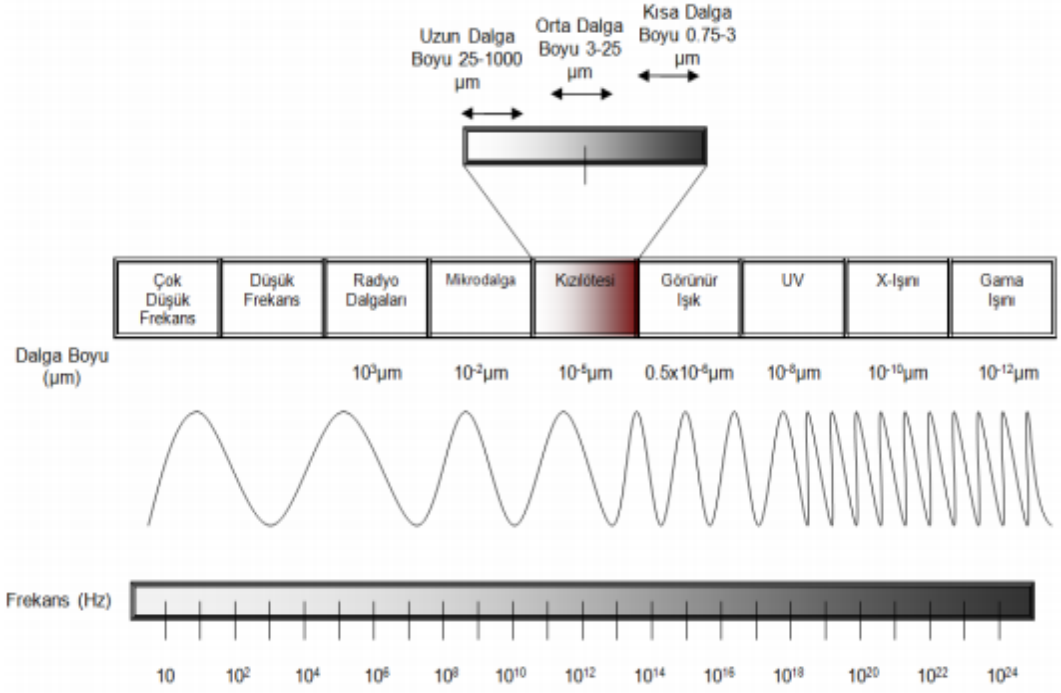
2.2.2. Işın ve Isı

Işın, kaynağından çıktıktan sonra cisimlere çarparak veya direkt olarak yansımaya, cisimlerin görünmesini sağlar. Atom ve moleküllerin elektronik düzendeki değişmelerin sonucunda maddeden elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılan enerjidir. İnsan gözü tarafından algılanabilen ve görülen ışın elektromanyetik

dalgalarıdır. Günlük hayatta birçok çeşidiyle karşımıza çıkan ışınım kelime anlamı olarak enerji yayılması olarak tanımlanabilir. Fizikçi James Clerk Maxwell' e göre hızlanan yüklerin ve değişen elektrik akımlarının elektrik ve manyetik alanları artırmaktadır. Buna göre hızlıca hareket eden bu alanlar, manyetik dalgalar ve elektromanyetik ışınım olarak adlandırılırlar ki atomların veya moleküllerin elektronik düzenlerindeki değişmelerin bir sonucu olarak maddeden yayılan enerjiyi gösterir. Elektromanyetik dalgalar enerjiyi taşırlar ve vakum ortamında bütün elektromanyetik dalgalar ışık hızıyla ($c_0 = 2,9979 \times 10^8$ m/s)) hareket ederler. Frekans (ν) ve dalga boyu (λ) ile elektromanyetik dalgalar tanımlanabilir ($c =$ dalganın o ortamdaki yayınma hızı) ve aralarında aşağıdaki gibi bir bağlantı vardır.

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2.2)$$

Elektromanyetik dalganın frekansı, dalganın gittiği ortamdan bağımsız olup sadece kaynağına bağlıdır. Bütün elektromanyetik dalgalar genel olarak aynı özellikte olmalarına rağmen, dalga boylarının farklı olmalarıyla birbirlerinden ayrılırlar. Güneş ışığı, ısı, radyo dalgaları ve X-ray ışınları gibi farklı formlarda bulunabilir. Bu ışınları sınıflandırmak için elektromanyetik tayf kullanılmaktadır. Işınlar, dalga boylarına ve frekanslarına göre elektromanyetik tayftaki gibi sıralanırlar (Şekil 2.3). Bütün ışın çeşitleri yansıma, kırılma, kırınım ve kutuplaşma (polarizasyon) yasalarına uyarlar. Kızılötesi ışın (infrared ışın; IR), mikrodalga ile görünür ışık arasındaki bölgede yer alır (Hudson, 1969; Çengel, 2003; 2011; Pan ve ark., 2011).



Şekil 2.3. Elektromanyetik tayf

IR kaynağından yayılan enerji, her bant aralığı için, kaynağın sıcaklığına ve emissivitesine bağlı olarak farklı dalga boylarından ve farklı radyasyon parçalarından oluşur. Bu yüzden herhangi bir yüzeydeki IR radyasyon miktarı spektral bağlılık göstermektedir. Dalga boyunda oluşan maksimum radyasyon, IR ısıtıcının sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır. Bu ilişki siyah cisim radyasyonu için Planck yasası, Wien yer değiştirme yasası ve Stefan Boltzman yasaları ile açıklanabilir (Krishnamurthy ve ark., 2008). Siyah cisim, maksimum hızla ışınım yapan ideal yüzey olarak tanımlanabilir.

Planck yasası, belirli bir sıcaklıktaki radyasyonun tamamını yayan siyah cisimden yayılan radyasyonun spektral dağılımını verir. IR kaynağı farklı sıcaklıktaki binlerce noktadan oluşmaktadır. Bu noktaların kaynaklarının birleşmesiyle belli bir bölge için spektral dağılım elde edilebilir. Böylece ortalama yüzey sıcaklığı ve emissivite değerleri kullanılarak tahmini spektral dağılım elde edilebilir ve bu dağılım ile IR radyasyon tanımlanabilir.

Kırılma indisi n olan saydam bir ortamla sınırlanan siyah yüzeyde, spektral siyah cismin emissivite güç dağılımı için Planck eşitliği aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

$$E_{b\lambda}(T, \lambda) = \frac{2\pi hc_0^2}{n^2 \lambda^5 [e^{hc_0/n\lambda kT} - 1]} \quad (2.3)$$

k ; Boltzmann sabiti ($1,3806 \times 10^{-23}$ J/K), n ; ortamın kırılma indisi, λ ; dalga boyu (μm), T ; kaynağın sıcaklığı (K), c_0 ; ışık hızı (km/s) ve h ; Planck sabiti ($6,626 \times 10^{-34}$ J.s).

Isıtıcı yüzey sıcaklığının bilindiği durumlarda, toplam ışıyım ısı akısı değeri Planck yasası uygulanarak tahmin edilebilir. Gıda tarafından absorblanan gerçek ısı akısı değeri toplam emissivite gücü ve kaynaktan gıdaya doğru görünen faktörleri kullanılarak hesaplanabilir.

Wien yer değiştirme yasasıyla pikin dalga boyu (λ_{max}) belirlenebilir. Bu dalga boyunda siyah cisim tarafından yayılan ışıyımın spektral dağılımı, maksimum emissivite gücüne ulaşır. İstenilen spektral dağılım için IR lambaların kaynak sıcaklığı aşağıdaki formül ile tahmin edilebilir.

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2898}{T} \quad (2.4)$$

Stefan-Boltzmann yasası ise; IR kaynağından belirli bir sıcaklıkta yayılan toplam gücü verir. Bu yasayla tahmin edilen toplam ısı akısı ile Planck yasasından hesaplanan toplam ısı akısı değerlerinin birbirleriyle uyumlu olmaları gerekmektedir.

$$E_b(T) = \int_0^\infty E_{b\lambda}(T, \lambda) d\lambda = n^2 T^4 \int_0^\infty \frac{C_1 d(n\lambda T)}{(n\lambda T)^5 [e^{C_2/(n\lambda T)} - 1]} = n^2 \sigma T^4 \quad (2.5)$$

$C_1 = 2\pi hc_0^2 = 3,7419 \times 10^{-16}$ Wm², $C_2 = hc_0/k = 14\,388$ μmK ve σ ; Stefan-Boltzmann sabiti ($5,670 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴).

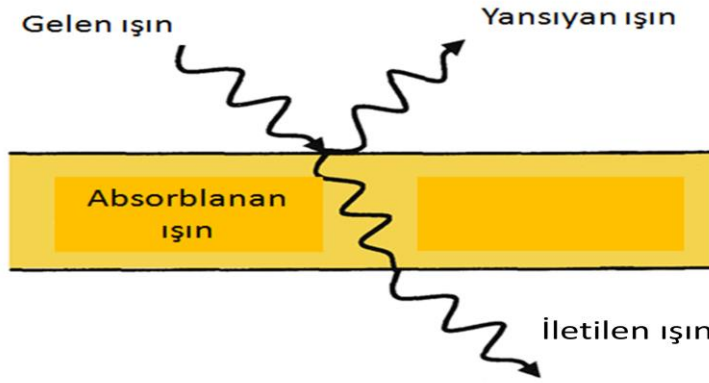
Stefan-Boltzmann yasası, belirli sıcaklıkta, toplam ısı akısı değerinin hızlıca hesaplanabilmesini sağlamaktadır.

Kızılötesi ışın, elektromanyetik tayfta, güneşin ısıtma etkisinden sorumludur ve Çizelge 2.5'da gösterildiği gibi dalga boylarına göre yakın, orta ve uzak infrared olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir (Pan ve ark., 2011). Kızılötesi, ısının ışıkla taşınma şekli olup, güneş ışıklarının bir kısmına verilen addır. Kızılötesi ışıklarının diğer ışıklardan (sarı, mavi, yeşil ışık vb.) farkı ise ısıyı diğerlerinden daha fazla taşıyabilmesidir.

Çizelge 2.5. Kızılötesi ışınım sınıflandırılması

Adlandırma	Dalga boyu
Yakın infrared; NIR	0,75 -1,4µm
Orta infrared; MIR	1,4 - 3µm
Uzak infrared; FIR	3 - 1000µm

Işınım ile ısıtmada, ışın materyal tarafından sönümlemesi ile enerji dengelenmektedir. Yapılan kabulde, fiziko kimyasal bileşeni verilen sonsuz plaka şeklindeki materyal tarafından absorblanan enerjinin toplamı ışınım ve ışın materyal içinde ısıya dönüşmektedir. Tüm süreç boyunca sönümleme şekil 2.4’de gösterildiği gibi yansıma, absorpsiyon ve radyasyon iletiminden oluşmaktadır. Radyasyon sönümlemesi açıklaması zor olmakla beraber birçok ısı transferi modelinde, penetrasyon derinliğine bağlı olarak gıdaya aktarılan bölgesel ısı akısının miktarı olarak tanımlanabilir (Pan ve ark., 2011).



Şekil 2.4. Radyasyon sönümlemesi (yansıma, absorpsiyon ve radyasyonla iletim)

IR ısıtmada ısı, ışın ile transfer edilir. Materyal tarafından absorblanan ısı olarak belirlenen dalga boyu ne kadar kısa ise o kadar yüksek sıcaklıklar elde edilmektedir. IR ısıtma, proses zamanını ve enerji maliyetini azaltarak etkili bir ısı transferi sağlar. Aynı zamanda materyal ile temas halinde olan hava ısıtılmadığı için ortam sıcaklığı normal seviyelerde kalır. IR ışın ile çalışma yapılacak sıcaklığa saniyeler içinde ulaşılması proses kontrolünü de oldukça kolaylaştırmaktadır (Rastogi, 2012).

Gıdanın optik ve fiziksel özellikleri üzerine IR ışının etkisi, IR ısıtma sisteminin ve gıdaya uygulanacak ısıl işlemin tasarlanması açısından oldukça önemlidir. Gıda yüzeyine elektromanyetik ışın enerjisi temas ettiğinde, atom ve

moleküllerin elektronik, titreşimsel ve rotasyonel durumlarını etkileyebilirler. Gıda, IR ışınımına maruz kaldığında Şekil 2.4’de gösterildiği gibi ışını absorblar, yansıtır veya dağıtır (siyah cisim, gıda maddesi gibi yansıtmaz veya dağıtmaz). Absorblama gücü, farklı dalga boylarında gıda bileşenine göre değişir. Genel olarak, ışınımın ısıtmaya yol açan moleküler titreşimsel durumunun değişme mekanizmasına göre gıda maddeleri, FIR enerjisini en verimli şekilde absorblar.

Kızılötesi ışının bilimsel olarak keşfi ise 18. yüzyıla dayanmaktadır. (1800 yılında) Sir Frederic William Herschel, renk tayflarının ne kadar ısı taşıdığını görmek amacıyla deneyler yapmıştır. Bu deneyler sonucunda da ısıyı en fazla kırmızı ışığın taşıdığını tespit etmiştir. Bu deney colorific rays olarak bilinse de daha sonra infrared olarak değiştirilmiştir. *Infrared*, Latince bir kelime olup, kırmızı ötesi anlamına gelir ve halk arasında enfraruj olarak da bilinir. Kızılötesinin sanayide yoğun olarak kullanımı 1980 yılından sonra başlamıştır. Kızılötesinin imalatta verdiği olumlu sonuçlar ve mamul kalitesinin keşfedilmesiyle sanayide kullanımı hızla yaygınlaşmış, pek çok sektörde; kurutma, tavlama, pişirme vs. amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Tıpta ve sanayide kullanımı uzun yıllara dayanan kızılötesi günümüzde ısınma amaçlı kullanılmaya başlanmış ısıtılması güç olan mekanları ve alanları sağlıklı, verimli ve ekonomik olarak ısıtabildiği için hızla yaygınlaşmıştır. Gelecekte ise; pek çok alanda konvansiyonel ısıtma sistemlerinin yerini alarak, enerjinin verimli kullanılmasına yeni bir boyut getirmeye devam edecektir.

2.2.3. Kızılötesinin Gıdalarda Kullanımı

Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma tekniklerinin gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasının nedenleri yüksek besinsel değere sahip, kaliteli ve güvenli gıda üretimi ve enerji/zaman tasarrufu sağlamalarıdır. Gıda işlemede yakın ve orta kızılötesi ışın uygulamaları geliştirilmiş ancak uzak kızılötesi ışın (FIR) uygulaması gıda ısıtmada daha etkili olduğu için tercih edilmektedirler (Rastogi, 2012).

Konvansiyonel tekniklere göre kızılötesi teknolojisi kısa işlem süresi, enerji verimliliğini artırması, homojen ısı dağılımı, son üründe daha iyi bir kalite sağlaması,

işlem parametrelerinin kolay kontrol edilebilmesi, yüksek ısı transfer katsayısı ve çevre dostu olması gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedir.

Kızılötesi teknolojisinin uzun yıllardır gıda endüstrisinde kurutma, çözdürme, kavurma, haşlama, pişirme ve pastörizasyon/sterilizasyon amaçlı kullanımları mevcuttur (Sakai and Hanzawa, 1994; Rastogi, 2012).

Kızılötesi ile kurutma meyvelere, sebzelere ve marine edilmiş ürünlere uygulanmaktadır. IR ısıtma daha homojen ısıtma sağladığı için daha iyi kalitede ürünler elde edilmektedir. Rastogi (2012), derlemesinde soğan, muz, elma, ananas ve patates, bitki ve kırmızı biber, yaban mersini, kaju, karides, pirinç (çeltik), arpa ve diğer bazı tahılların IR ile kurutulma koşullarından bahsetmiş ve uygulanan çoğu üründe daha iyi son ürün elde edildiğini vurgulamıştır. Özkoç, (2009) çalışmasında IR ısıtma ile kurutma sırasında kurutma süresinin kısalması, daha iyi son ürün elde edilmesi, enerji verimliliği gibi yöntemin avantajlarını olmasına karşın bu kurutma yöntemin her gıda çeşidi için olmayabileceğinden bahsetmiş ve gıdanın kalınlığı, IR ışın kaynağının nüfuz etme derinliği gibi parametrelerin bu yöntemin sınırlayıcı koşulları olduğunu vurgulamıştır.

Donmuş ürünlerin kalitesi, çözdürme hızından ve ürün son sıcaklığından etkilenmektedir. Donmuş ürünlerin çözdürülmesi sırasındaki ısı transferi IR ışınla sağlandığında, donmuş ürünlerde daha az hasar gözlenmiştir. Rastogi, (2012), derlemesinde farklı çalışmalardaki IR ışın ile çözdürülmüş ürünlerin özelliklerinden bahsetmektedir. Dondurulmuş tuna, et, patates püresi gibi ürünlere IR ışınla çözdürme için farklı parametrelerin çözdürme sonucu son ürün üzerindeki etkileri incelenmiş ve IR ışın uygun koşullar belirlendiğinde daha etkili çözdürme sağlanabileceği gözlenmiştir (Sakai ve Hanzawa, 1994; Rastogi, 2012).

IR ışın ile yüzey hızlı ısıtılarak (yüzey yanmadan) nem ve lezzet/aroma bileşiklerinin gıdadan uzaklaşması engellenebilmektedir. Çerez, kahve, çay ve bazı tahıllarda uygulanan IR ışın kullanılarak kavurma işlemi sonucu aromada daha az kayıplar gözlemlendiği kaydedilmiştir (Rastogi, 2012).

Yapılan bir çok çalışmada IR ile haşlama yöntemiyle daha iyi kalitede ürün elde edildiğinden bahsedilmektedir (Rastogi, 2012). Bezelye, havuç dilimleri, armut, tatlı mısır, elma gibi çeşitli meyve ve sebzelerin haşlanmasında kullanılan IR ışın ile son üründe kalite kayıplarının daha az olduğu gözlenmiştir.

IR ile pişirme uygulandığında daha etkili ısı transferinden dolayı pişirme zamanı kısaltmakta, kütle kayıpları azalmakta buna bağlı olarak da son ürünün raf ömrü artmaktadır. IR ile pişirme de ürün kalınlığı ve ürün bileşenleri ile IR ışın dalga boyu önemli parametreleri oluşturmaktadırlar. Literatürde IR ile pişirme yönteminin birçok avantajından bahsedildiği gibi kötü ürünle sonuçlanan çalışmalarda mevcuttur (Rastogi, 2012).

IR ışının en çok hasar verdiği yapının, proteinler olduğu, onları sırasıyla RNA, hücre duvarı ve DNA takip ettiği belirtilmektedir. IR ışın sonucu hasar gören hücrelerin inhibitör ajanlara karşı daha duyarlı olduklarını belirtmektedirler (Özkoç, 2009). IR ışının, katı ve sıvı gıdalardaki bakteri, spor, maya ve küfleri inaktif etmek için kullanılabilir. Mikroorganizmaların IR ışına karşı dirençleri farklı olabilir, literatürde farklı mikroorganizmalar üzerine IR ışının etkileri ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. Kısaca, yüzeyi ani ısıtma özelliğinden dolayı yüzey dekontaminasyonu için oldukça etkili bir yöntem olduğu gözlenmiştir (Sakai ve Hanzawa, 1994; Rastogi, 2012).

2.3. MİKROORGANİZMALARIN ÖLDÜRÜLMESİ

Gıdalara uygulanan ısıtma işlemlerle mikroorganizma inhibisyonu sağlanarak güvenli gıda elde edilirken aynı zamanda gıdanın raf ömrünün uzaması sağlanmaktadır. Gıdalardaki ısıtma işlem uygulaması ile yapılan sterilizasyonda hedef mikroorganizmanın öldürülmesi sağlanır. Gıdaların sterilizasyonu sırasında patojen olmadığı halde depolama boyunca gıdayı tüketilmez hale getirebilecek mikroorganizmalar da etkisiz hale getirilir. Isıtma ile gıda muhafazası sırasında mikroorganizmalar öldürülürken gıdanın yapısında bulunan bazı enzimler de inaktif hale getirilir. Isıtma işlemleri sırasında gıdaların besinsel değerini ve duyu özelliklerini etkileyen bazı değişimlerde olmaktadır. Gıdaların farklı kimyasal yapıya sahip olmaları ve farklı mikrobiyel yüklerinin bulunmasından dolayı uygulanacak ısıtma

işlem sıcaklık süresi her gıda için farklılık göstermektedir. Isıl işlem koşulları belirlenirken gıda kalitesini en az etkileyecek koşullar seçilmektedir.

2.3.1. Mikroorganizmalar

En basit haliyle mikroorganizmalar, gözle görülmeyen mikroskopik boyuttaki organizmalardır. Işık mikroskobu ile gözlemlenebilirler. Bu canlıların bitki ve hayvan özelliklerini göstermemelerinden dolayı taksonomik terminolojide 'protista' alemi içinde sınıflandırılmaktadırlar. Basit bir yapısal organizasyona sahiptirler. Doku, organ gibi havyan ve bitki hücrelerinde oluşan yapıları yoktur ve genellikle tek hücrelidirler (bazen çok hücreli olabilirler). Basit hücre yapısına sahip mikroorganizmalar prokaryot olarak adlandırılırlar ve bakteriler, mavi-yeşil algler ve virüsler bu grup içinde yer alır. Daha kompleks hücre yapısına sahip mikroorganizmalar ise ökaryotlar olarak adlandırılırlar ve bu grup içinde de funguslar (maya, küf), algler ve protozoalar yer alırlar. Bu gruplar içerisinde bakteriler, funguslar ve virüsler gıdalar için oldukça fazla önem taşımaktadırlar. Birçok bakteri, maya ve küf gıdalarda mikrobiyolojik aktiviteye sahiptir ve gıdada çoğalarak gıdanın bozulmasına, bazen de gıdanın tüketilmesi ile canlıya bulaşarak canlılarda hastalığa neden olabilmektedirler. Bunun yanı sıra birçok fermente gıda ve alkollü içecek üretiminde de bu bakteri, maya veya küf etkin rol oynar. Buna karşın virüsler gıda içinde çoğalamazlar, gıda ile canlı hücreye taşınıp, orada hastalık etmeni olmaktadır (Ünlütürk ve ark., 2003).

Bakterilerin büyüklükleri ve şekli tanımlamada önemli özellikleridir. Genel olarak yuvarlak veya çubuk şeklinde, hareketli veya hareketsiz (kamçılı veya kamçısız) olabilirler. Gram boyanma özelliklerine göre de tanımlanmaktadır. Bakteriler gıdalardaki aktivitelerine göre farklı öneme sahiptirler (Erkmen, 2011).

2.3.1.1. Toplam aerobik mezofilik koloni, maya, küf sayısı

Mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesinde toplam aerobik mezofilik koloni sayısının önemi büyüktür. Toplam aerobik mezofilik koloni sayısı bakteri, küf ve maya sayısı ile hesaplanır. Toplam canlı sayısının fermente gıdalar için bir önemi olmamakla beraber, gıdaların taşınması, depolanması ve işletmelerde sanitasyonu göstermesi açısından önemli bir parametredir. Gıdaların raf ömrünün

belirlenmesinde, mikrobiyel bozulmanın başlangıcının ve seviyesinin belirlenmesinde, ayrıca çözdürme işlemi sırasında oluşan bozulmaları göstermesi açısından da toplam aerobik mezofilik koloni sayısı indikatör gibi kullanılabilir. Bu mikroorganizmaların tamamı patojen olmayabilir, ancak miktarının fazla olması hijyen eksikliğinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Erkmen, 2011).

Küfler düşük su aktivitesi, düşük pH ve yüksek basınç gibi bakterilerin gelişemediği koşullarda gelişebilmektedirler. Gıdalarda bozulma yapan önemli mikroorganizmalardır. Bazı türleri mikotoksin üreterek gıda kaynaklı intoksikasyonlara neden olurlar. Birçoğu da gıda biyoprosesinde, enzimlerin ve gıda katkılarının üretiminde kullanılırlar (Erkmen, 2011).

Bazı gıdaların üretiminde kullanılan mayalar da ekonomik öneme sahiptirler (Ekmek, kefir ve fermente alkollü içecek üretimi gibi). Bazı türleri ise fermantasyonun tamamlanmasından sonra şaraplarda ürüne özgü tat ve aromanın oluşmasını sağlar. Ancak önemli sayıda maya türü de fermentasyon ve gıda sanayisinde bozulma etmeni oldukları için istenmeyen mikroorganizmalardır (Ünlütürk ve Turantaş, 2003).

2.3.1.2. *E. coli* ATCC 25922

Escherichia düz çubuk şeklinde, hareketli ya da hareketsiz olabilen, Gram ve oksidaz negatif, fakültatif anaerobik ve mezofiliktir. Patojenik suşları gıda kaynaklı gastroenterite neden olur. Sıcak kanlı hayvanları bağırsak sisteminde doğal olarak bulunabilirler. Bu yüzden koliform ve fekal koliform gruplar sanitasyon indikatörü olarak kullanılırlar (Erkmen, 2011).

Seçilen suş kapsamında, Eblen ve ark. (2005) yaptıkları bir çalışmada patojen bakteriler olan *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* suşları ile patojen olmayan 15 farklı *E. coli* suşlarının, gelişme karakterleri (jenerasyon süreleri, Lag fazı süreleri ve maksimum popülasyonları) direnç özellikleri (elma yüzeyine yapışma ve canlı kalabilme yetenekleri, hidrojen peroksit uygulamasına karşı gösterdikleri dirençler ve 60°C' deki ısı dirençleri) incelemiştir. Bu çalışmanın sonunda elde edilen verilere göre; patojen olmayan *E. coli* ATCC 25922 suşunun, patojen olan *E. coli* O157:H7

ve *Salmonella* ile ısıl özellikleri açısından benzer özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu kapsamda da deneyler sırasında *E. coli* O157:H7 veya *Salmonella* yerine *E. coli* ATCC 25922 suşu kullanılmıştır.

2.3.1.3. *S. Enteritidis*

Orta boy çubuk şeklinde, hareketli, çubuk şeklinde bir bakteridir. Gram negatif enterik bakterilerin bu cinsinin tüm türleri patojen olabilirler. 2500'den fazla serotip adıyla adlandırılmışlardır. Böceklerin, kuşların, hayvanların ve insanların bağırsak sisteminde bulunurlar. Gıda kaynaklı hastalıkların temel nedenidirler (Erkmen, 2011). *Salmonella* kabuklu yumurtada bulunan en önemli patojendir. Bakteri ovülasyon sırasında yumurta içine girebileceği gibi daha çok diğer bakterilerde olduğu gibi dışkı ile bulaşmış ıslak kabuk yüzeyinden genellikle yumurtanın soğutulması sırasında yumurta içine geçer. *Salmonella* kabuklu yumurtada olduğu gibi sıvı yumurtada da en önemli patojendir. *Salmonella enteritica* serotipi Enteritidis (SE) yumurta kabuğundan izole edilen en önemli patojen bakteridir (Ünlütürk ve Turantaş, 2003).

Salmonella dışında yumurtada rastlanan bazı diğer patojen bakteriler; *Campylobacter jejuni*, *L. monocytogenes* ve *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus* 'dur. Bu patojen mikroorganizmalara ilave olarak yumurtada bozulmaya yol açan bakteriler ve küfler de bulunmaktadır.

2.3.1.4. *L. monocytogenes*

L. monocytogenes, Gram pozitif, mezofilik, fakültatif anaerob, sporsuz bir bakteridir. Mikroskopta kısa (0,4-0,5 µm eninde ve 0,5-2 µm boyunda) yuvarlak uçlu çubuklar veya kokobasil şeklinde görünür. Optimum gelişme sıcaklığı 30-35 °C olup, 0-45 °C gibi geniş bir aralıkta gelişebilir. Sayısı bir ile beş arasında değişen peritrik flagellaları sayesinde 25 °C 'de hareketli olmasına karşın 37 °C'de hareketsizdir. Halotoleranttır. Isısal direnci konusunda farklılıklar olmasına rağmen normal spor oluşturmeyen Gram pozitif bakterilerle benzer direnç gösterirler (Erkmen, 2011).

Çevrede her tarafa yayılmıştır, farklı gıdalardan izole edilebilirler. Gıda kaynaklı patojen olarak önemlidir. Hastalığa neden olan gıdalar arasında; çiğ ya da pastörize süt, dondurma, çiğ sebze ve meyveler, fermente et ürünleri, çiğ veya pişmiş her çeşit et, çiğ veya tütülenmiş balık, kabuklu deniz ürünleri, starter kullanılmadan üretilen taze peynirler, yumuşak peynirler, kanatlı ve hindi etleri, tüketime hazır yiyecekler, ısıl işlem görmüş jambon, çeşitli sosis ve salamalar sayılabilir. *L. monocytogenes* açısından en riskli gıdalar tüketime hazır ve soğukta uzun süre depolanmış, dolayısı ile *L. monocytogenes* 'in gelişebildiği ve 100 KOB/g'dan fazla sayıda *L. monocytogenes* içeren gıdalardır (Koçan, 2007).

2.3.2. Pastörizasyon - Sterilizasyon

Gıdalara uygulanan ısıl işlem ile patojen bakterilerin inaktif hale gelmesi sağlanarak güvenli gıda elde edilmesi ve gıdanın raf ömrü artırılması hedeflenmektedir. Isıl işlem ile temel amaç gıdaların bozulmasına neden olan mikroorganizmaların inaktif hale getirilmesi ve bozulmalara neden olabilecek enzimlerin aktivitelerinin durdurulmasıdır. Aynı zamanda gıdanın kalitesi ve besin değeri de maksimum oranda korunmaya çalışılmaktadır.

Isıl işlemin mikroorganizmaya etkileri üzerine birçok teori bulunsa da en çok kabul edilen teoriye göre; ısı mikroorganizmanın yapısında bulunan proteinleri ve enzimleri olumsuz yönde etkilediği için mikroorganizmanın ölmesine neden olmaktadır.

Mikroorganizmaların ısıl direnci birçok faktöre bağlı olmakla birlikte ortamın pH değeri oldukça önemlidir ve gıdaya uygulanacak ısıl işlemde ortamın pH değeri önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Genel olarak mikroorganizmaların ısıl direnci, optimum pH gelişme değerlerinde en fazladır. Buna göre optimum pH değerinde uzaklaştıkça ısıl direnç azalır. Buna göre asitli gıdalarda ısıl direnç zaten zayıf olduğu için fazla ısıl işlem uygulamaya gerek kalmadan mikroorganizma inaktivasyonu sağlanabilir. pH değeri olarak 4,5 pH'ın altında olan asidik gıdalarda (meyve suyu, domates ürünleri, turşu gibi) 100 °C'nin altında ısıl işlem uygulanarak gıda maddesi mikrobiyel açıdan güvenilir hale getirilir. Bu işlem **pastörizasyon** olarak tanımlanır. Buna göre otoklav (basınç) kullanılmadan yapılan

nemli sıcak hava uygulaması pastörizasyondur. **Sterilizasyon** terimi ise belirli bir ortamı tüm mikroorganizmalardan arındırma olarak tanımlanabilir.

pH değeri 4,5 'in üzerinde olan düşük asitli gıdalara (sebzeler, et ve süt ürünleri gibi) ise 100 °C'nin üstünde ısıl işlem uygulanarak gıdalar mikrobiyel açıdan dayanıklı hale getirilmektedir. Bu işlem ise ticari sterilizasyon olarak tanımlanır. UHT süte ya da bezelye konservesine uygulanan yetersiz ısıl işlem sonunda bir tek canlı bakteri sporu olması durumunda, bu bakteri hızla vejetatif hale geçerek çoğalır ve ürünün bozulmasına neden olur. Ancak yüksek asitli gıdalara uygulanan ısıl işlem sonunda bakteri sporu canlı kalsa bile kolaylıkla vejetatif hale geçip çoğalmaz. Asidik ürünlere uygulanan ısıl işlem, bu nedenle **ticari sterilizasyon** olarak adlandırılır. Bir başka deyişle, bu gibi ürünler UHT içme sütünde olduğu gibi mutlak steril olmak zorunda değildir, ancak ticari olarak steril kabul edilir. Bu işlem sırasında patojenlerin tümü öldürülür (Halkman, 2005).

Örneğin; süt için pastörizasyon işlemi, genellikle düşük sıcaklı uzun süre (LTLT) veya yüksek sıcaklık, kısa süre (HTST) kombinasyonları 63 °C'de 30 dakika veya 72 °C'de 15 saniye olarak uygulanabilir. Sterilizasyon işlemi ise 121 °C'de 15 dakika olarak uygulanmaktadır. Sterilizasyon veya pastörizasyon için uygulanan ısıl işlemler sırasında enzimlerde inaktif hale gelmektedir. Enzimlerin inaktif hale gelmeleri özellikle meyve sularında, sebze ve meyve konservelerinde çok önemlidir (Ünlütürk ve Turantaş, 2003; Erkmen, 2011).

2.3.3. Yumurta Pastörizasyonu

Yumurta ve yumurta ürünlerinde mikrobiyel aktivitenin kontrol edilebilmesi için birçok yöntem kullanılmaktadır. Kontaminasyonun önlenmesi, öncelikle alınması gereken ilk yöntem olarak belirlenmiştir. Kontaminasyonun engellenmesine kümeslerden başlanmaktadır. Kümesler temiz ve kuru tutularak yumurta kabuğunun *Salmonella* ile bulaşması engellenmelidir. Diğer bir yöntem kabuk yüzeyindeki mikroorganizmaların uzaklaştırılmasıdır. Bunun için yumurta sıcaklığından 11 °C daha yüksek sıcaklıktaki su ile yumurta yıkanabilir. Ancak sıcak su kirlerin uzaklaşmasını sağladığı gibi yumurta içine geçişi de kolaylaştırmaktadır. Ayrıca

yıkama suyuna bazı dezenfektanların ilave edilmesi de önerilmektedir. Kabuklu yumurtanın pastörizasyonu ilerleyen bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştır.

Kabuklu yumurta veya sıvı yumurtanın muhafazasında kullanılan yöntemlerden birisi de ısıl işlem uygulamasıdır. Yumurtaya uygulanacak ısıl işlemin koşularını ise yumurta beyazının koagüle olma sıcaklığı belirlemektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2003). Stadelman ve ark., (1996), yaptıkları çalışmada bu sıcaklığı 57 °C birkaç dakika olarak belirlemişlerdir.

Sıvı tüm yumurta için belirlenen pastörizasyon koşulları Amerika için 60 °C / 3,5 dakika, İngiltere için 64,4 °C / 2,5 dakika veya 70 °C / 1,5 dakika ve Türkiye’de ise 63 °C / 3 dakika veya 72 °C / 15 saniye olarak uygulanmaktadır (Sarıbay ve Köseoğlu, 2012). Aşağıda ise literatürde çalışılan kabuklu yumurta pastörizasyon teknikleri verilmiştir.

2.3.3.1. Sıcak su uygulaması

Sıcak su uygulamasında yumurtalar belli sıcaklıktaki suda belli süre tutulur. Yumurtanın merkezi istenen sıcaklığa geldiğinde belli süre bu sıcaklıkta tutulur. Oda sıcaklığına soğutulan yumurtalar mumlandıktan sonra kurutularak paketlenir ve satışa sunulur. Süre ve sıcaklıklar uygulamalara, yumurta boyutuna vb. özelliklere göre değişmektedir. Endüstriyel boyutta kabuklu pastörize yumurta ilk bu teknikle üretilmiştir. Etkin mekanizma sıcaklıktır. *Salmonella* sayısı sıcaklıkla azaltılır.

Schuman ve ark. (1997), çalışmalarında içine *Salmonella* inoküle edilen yumurtalara 57 °C’de 85 dk, 58°C’de 65 dk su banyosunda pastörizasyon işlemi uygulandığında işlem sonunda *Salmonella*’nın tamamının inaktif olduğu gözlenmiştir. alışmalarında ayrıca, uzun süre uygulanan sıcaklık ile iç kalite özelliklerinde bazı değişikliklerin gözlendiğinden bahsetmişlerdir.

James ve ark. (2002) yaptıkları bir çalışmada SE aşılanmış yumurtalarda 57 °C - 30 dk sıcak su uygulanmıştır. İşlem sonunda yapılan mikrobiyolojik analizde SE üzerinde 5 log KOB/g azalma sağlanmıştır. Sanayide de uygulaması olan bu sistemin literatürde bazı dezavantajlarından bahsedilmektedir. Bunlar; sıcak su uygulamasıyla kütikül tabakanın yapıdan uzaklaşmasıyla depolama süresince kalite kayıplarının

olduğu görölmüştür. Ayrıca işlem sonunda büyük miktarlarda atık su problemi oluşmuştur. İşlem süresinin uzunluğu önemli bir dezavantaj olmasına rağmen geliştirilmeye açık bir teknolojidir.

2.3.3.2. Mikrodalga uygulaması

Mikrodalgalar, 1 mm - 1 m dalga boyu ve 300 MHz - 300 GHz frekans aralığında bulunan, elektromanyetik tayfın belirli bir kısmını kapsayan iyonize edici olmayan elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalgalar elektromanyetik tayfda kızılötesi ışınlar ile radyo dalgaları arasında yer almaktadır. Bir materyalin mikrodalga ile ısıtılması, uygulanan elektrik alan şiddetinin bir sonucu olarak iyonik bileşenlerin hareketi ya da moleküllerin polarizasyon-depolarizasyon mekanizması ile gerçekleşmektedir. Hacimsel ısıtma, mikrodalga ile ısıtmanın en önemli özelliğidir. Mikrodalğanın materyalin içine penetrasyonu ile sağlanan kısa başlangıç süresi ve iç ısınma, randımanı arttırmakta ve proses süresini kısaltmaktadır.

Geleneksel ısıtma yöntemlerinde ısı gıdanın yüzeyinden iç kısmına doğru iletilmektedir. Bu yöntemler ile kıyaslandığı zaman, mikrodalga ile ısıtma sırasında ısı materyalin içinde üretildiği için ısıtma hızı yüksektir ve işlem süresi kısadır. Pastörizasyon işleminde konvansiyonel ısı iletimi ile pastörizasyon sıcaklığına 30-45 dakikada ulaşılırken, mikrodalga ile sadece 3-5 dakikada ulaşılmaktadır. Bu kısa süreli ısıtma uygulamasından sonra ürünün rengi ve tat-aroması neredeyse değişmemiş olarak kalmaktadır (Konak ve ark., 2009). Lakins ve ark. (2009) çalışmasında yumurta kabuğundaki SE üzerine 20 s mikrodalga uygulaması işlemde 2 log KOB /g azalma sağlamış ve kalitede kayıp görülmemiştir.

Patentli uygulaması olan işlemin literatürde karşılaşılan zorlukları ise homojen sıcaklık dağılımının kontrolünün zor olması ve başlangıç ekipman maliyetinin fazla olmasıdır.

2.3.3.3. Sıcak hava uygulaması

Sıcak hava uygulamasında etkin mekanizma ısıl işlemdir. Sıcak hava ile yumurta muamele edilir. James ve ark. (2002) çalışmalarında yumurta sarısının merkezinin 56 °C olması için 1 saatten fazla sıcak hava uygulamışlardır. Yeterli ısı

transferi ortamı sağlamak için sürenin uzun olması yöntemin en büyük dezavantajıdır.

2.3.3.4. Ultraviyole ışın uygulaması

Ultraviyole (UV) radyasyon, güneşten gelen radyant enerjinin bir şeklidir. Görünmez olan ultraviyole, görünür ışık tayfında morun yanında meydana geldiğinden bu şekilde isimlendirilir. UV radyasyon dalga boyuna göre, UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320 nm) ve UV-C (200-280 nm) olarak 3 grupta toplanmaktadır. UV radyasyon kaynakları arasında; güneş ışığı ve suni kaynaklar (Uzun, Kısa ve Orta Dalga UV lambaları) gösterilebilir. Kısa dalga UV radyasyonu (UVC) bakteriler, virüsler, algler, maya ve küfler gibi çoğu mikroorganizma için öldürücü etkiye sahiptir. UVC 0,5 - 20 Jm⁻² dozda spesifik hedef moleküllere zarar vermektedir ki mikrobiyel DNA'nın çiftli sarmal yapısını değiştirerek direkt olarak ölmesine neden olmaktadır (Turhan ve ark., 2006). Ultraviyole ışın uygulamasında etkin mekanizma ısı olmadığı için soğuk pastörizasyon olarak da adlandırılabilir.

Kuo ve ark. (1997), yaptıkları çalışmada yumurta üzerine aşılana *Salmonella* Typhimurium için 254 nm dalga boyunda, 620 mW/cm² güçte, 5 dk UV ışın uygulandığında *Salmonella* Typhimurium için 4,6 log KOB/g azalma sağlamışlar ancak yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin olumsuz etkilendiğini gözlemlemişler.

Keklik ve ark. (2010) ise, çalışmalarında *Salmonella* Enteritidis inoküle edilmiş yumurtalara 1 - 30 saniye aralığında UV lambadan 9,5 - 14,5 cm uzakta atımlı UV ışık uygulandığında maksimum 5,3 KOB/cm² azalma sağlamışlardır. Bu koşullarda yumurtanın albümin yüksekliği, kabuk dayanıklılığı ve kütikül özelliklerinde değişime rastlanmadıklarını belirtmişlerdir.

2.3.3.5. Gama ışın uygulaması

Gama ışınları; en kısa dalga boylarına sahip, ancak buna bağlı olarak da en yüksek frekanslara ve en büyük foton enerjisine sahiptirler. Gama ışınları iyonlayıcı ışın türündedir. İyonlayıcı ışınlar madde ile etkileşim yaptığında atomlardan elektron koparabilirler. Bu işleme iyonizasyon denilmektedir. Serbest elektronlar kimyasal

reaksiyonlara katılabilir veya canlı organizmalardan DNA moleküllerini koparabilirler. Bu işlem bakteri, parazit, küf, maya, gibi (mikro) organizmaları ışınlama ile öldürmenin temelini oluşturur.

Gama ışınları, Kobalt 60 (Co^{60}) ve Sezyum 137 (Cs^{137}) kaynaklarından üretilen ışınlardır. Yasal olarak en fazla 3 kGy kadar gıdaya uygulanmasına izni verilmiştir. Yapılan bir tez çalışmasında Co^{60} radyo izotopu kullanılmış ve SE sayısında 8 log KOB/g azalma görülmüş, yumurta albümininde de olumsuz özelliklere neden olmuştur (Luis Alberto Rodríguez Romo, 2004). Ayrıca tüketicinin ışınlanmış gıdaya bakışı çok sıcak olmadığı için kullanımı mevcut değildir.

2.3.3.6. Ozon uygulaması

Ozon uygulamasının etkin mekanizması kimyasal işlemdir. Perry ve ark. (2008), SE inoküle edilmiş yumurtaya maksimum konsantrasyon 140 g m^{-3} olacak şekilde 40 dakika ozon uygulandığında, SE sayısında 0,11 log KOB/g azalma sağladıklarını görmüşlerdir. Bu uygulama ile yüzeydeki mikroorganizmalar inhibe edilebilirken, iç kısmı etkilenmediği için başka sistemlerle birlikte kullanıldığı takdirde etkili olabileceği düşünülmektedir.

2.3.3.7. Kızılötesi ışın uygulaması

Mevcut teknolojilere alternatif yeni gıda işleme teknolojileri geliştirilirken ürün kalitesinin iyileştirilmesinin yanı sıra zaman ve enerji tasarrufunun da sağlanması amaçlanmaktadır. Kızılötesi ısıtma, özellikle diğer ısıtma yöntemleri ile bir arada kullanıldığında, zaman ve enerji tasarrufu sağlayan bir ısıtma teknolojisidir.

Kızılötesi (Kızılaltı, IR veya İnfrared) ışınım, dalga boyu görünür ışıktan uzun ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışınımıdır. Kızılötesi ısıtma $0,5-1000 \text{ } \mu\text{m}$ dalga boyunda uygulanan bir ışınım yöntemi olup birçok gıda maddesinin ısıtılması, kurutulması ve yüzey pastörizasyonu amacıyla uygulanabilmektedir. Kızılötesi ışınım, gıda maddelerinin işlenmesinde yararlanılan $0,5$ ve $100 \text{ } \mu\text{m}$ dalga boyu arasındaki elektromanyetik tayfin parçasıdır. Diğer yandan konvansiyonel ısıtma ile karşılaştırıldığında daha yüksek ısıl verimlilik ve ısıtma hızına sahip olması nedeniyle gıda sektörünün de içinde bulunduğu değişik

sektörlerde gittikçe popülerlik kazanmakta ve kullanım alanı bulmaktadır. IR ısıtma işlemi özellikle yüzey ısıtması ve mikrobiyal yükün azaltılması amacıyla birçok katı ürün için uygulanan bir yöntemdir.

Kızılötesi radyasyonun en çok hasar verdiği yapının, proteinler olduğu, onları sırasıyla RNA, hücre duvarı ve DNA takip ettiği belirtilmektedir. Kızılötesi radyasyon sonucu hasar gören hücrelerin inhibitör ajanlara karşı daha duyarlı olduklarını belirtmektedirler (Özkoç, 2009).

Yapılan bir çalışmada 210 °C, 30 saniyelik bir IR uygulaması ile yumurta dış sıcaklığı ortalama 88 °C, iç sıcaklığı ise ortalama 52 °C bulunmuştur. Bu çalışmada verilen literatür bilgisine göre, bütün sıvı yumurta için D₅₀ değeri 16,6 dakika, D_{57,5} değeri 0,7 dakika ve bu değerler ile yapılan ekstrapolasyon yöntemi ile D₇₀ değeri ise 1,5 saniyeden daha az bulunmuştur. Çalışmada kullanılan IR ısıtma parametreleri ile S.E. sayısında 6 log KOB/g azalma sağlanabileceği ve yumurta albümininin fonksiyonel özelliklerinde önemli bir kayıp görülmeceği vurgulanmıştır (James ve ark., 2002).

2.3.3.8. Sistemlerin kombinasyonları

Yumurta pastörizasyonunda tekli sistemlerle çalışıldığında farklı problemlerle karşılaşılmaktadır. Sistemler kombineli kullanıldığı zaman bu problemlerin çoğu ortadan kalkmaktadır. Bu sistemlere aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Sıcak su - Sıcak hava uygulamaları: 57 °C - 25 dk sıcak su, 55 °C 60 dk sıcak hava uygulandıktan sonra SE sayısında 7 log KOB/g azalma sağlanmıştır. İşlem süresinin uzun olması ve atık su problemi ile karşılaşılmıştır (Hou ve ark. 1996).
- Sıcak su - Ozon uygulaması: SE inoküle edilmiş yumurtalara 57 °C - 21 dk sıcak su, 140 g m⁻³ konsantrasyonunda ozon uygulandıığında SE sayısında 4,2 log KOB/yumurta azalma sağlandığı görülmüştür (Perry ve ark., 2008).
- Sıcak hava/ Sıcak su - Mikrodalga uygulaması: SE sayısında 7 log KOB/ g azalma sağlanmış işlem süresinde önemli bir kısalma görülmüştür. Ekipman maliyetinin düşmesiyle birlikte uygulamaya açık bir yöntem olarak görülmektedir (Keener ve ark. 2012).

2.4. MATEMATİKSEL MODELLEME

Deneysel çalışmaların kısıtlı veya imkansız olduğu, pratik ve ekonomik olarak çok sayıda deneyin yapılamadığı, yapılacak deneylerin oldukça fazla uzun zaman gerektirmesi gibi koşullarda matematiksel model oldukça fazla kullanılan bir yöntemdir. Ancak yine de oluşturulan matematiksel modelin doğruluğundan bahsedilebilmesi için, oluşturulan model koşullarında deneysel çalışmaların yapıp modelle karşılaştırılması gerekmektedir (Devres ve Pala, 1993). Matematiksel model ile genel olarak kesin bir çözüm elde edilemez ancak modellenen sistemin daha iyi anlaşılabilmesini yardımcı olur. Kısaca; sistem davranışının tanımlanması, bu davranışın açıklanabilmesi için teorilerin geliştirilmesi ve bu teoriler kullanılarak farklı sistem davranışlarının önceden belirlenebilmesi, matematiksel modelleme ile sağlanabilmektedir. Bunun sonucunda sistemin iyileştirilmesi veya yeni sistemlerin geliştirilmesi mümkün olabilir.

Fiziksel bir problemin matematiksel modellenmesi sırasında öncelikle önemli değişkenlerin tanımlanmasının yapılması gerekir. Uygun kabul ve yaklaşımların yapılması ve ilgili fiziksel kanunların uygulanması ile bir diferansiyel denklem oluşturulur. Bu diferansiyel denklem, uygulanabilir bir çözüm tekniğinin uygulanması, sınır ve başlangıç şartlarının uygulanması ile problem çözümü gerçekleştirilir (Çengel, 2003). Modellemenin yapılabilmesi için genel olarak bazı aşamalardan geçmek gerekir, bunlar kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Problemin belirlenmesi, modellenecek sistem veya işlemin tam olarak ortaya konulması ve sınırlarının belirlenmesi gerekir. Çok karmaşık sistemler için, sistemi daha basit alt sistemlere bölmek modellemeyi kolaylaştırmaktadır.

Matematiksel modelin geliştirilmesi basamağında, sisteme etki eden parametrelerin belirlenmesi ve boyut analizinin yapılması gerekir. Bu sayede model için temel teorik bilgileri ortaya çıkar. Sonrasında sistemin başlangıç ve sınır koşullarından da yararlanarak sistem çözümü için bağımlı ve bağımsız değişkenler, denklemler ve eşitlikler tanımlanır.

Matematiksel modelin çözünebilirliğinin saptanması sırasında elde edilen denklem ve eşitliklerin çözülebilmesi için bağımlı ve bağımsız değişkenlerle analitik

veya sayısal çözümün yapılabılır forma dönüştürülür. Matematiksel modelin çözümü basamağında ise sayısal yöntemler kullanılarak, eşitlikler bilgisayara aktarılır. Bu aşamada programlama mantığına çok dikkat edilmelidir.

Yapılacak deneysel çalışmalarla matematiksel modelin karşılaştırılması sonucunda model kanıtlanmaktadır. Modelin doğru çalıştığı kanıtlandıktan sonra, ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı yapılamayan deneyler için model yardımıyla çözüm uygulanabilir ve proses optimizasyonuna gidilebilir (Derves ve Pala, 1993, Çengel, 2003). Gıda mühendisliğinde, proses koşullarının optimize edilmesi ve yeni koşulların oluşturulması, yeni ürün geliştirme çalışmalarında bilgisayar tabanlı matematiksel modelleme sistemleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları ise COSTHERM, ASEP, FOODS, SIMULINK, NumeriCAL, CALSoft™, FOOD-LIB ©, ECOANAL, CFD, Flavor Selector™5.0, GRASbase™5.0, SENSbase™1.0, WinChem, Guideline, Optimizasyon ve Yönetim araçları, Besleyici Özelliklerin Analizini Yapan Yazılımlar, The Cake Expert System, PMP (Pathogen Modelling Program) gibi gıda mühendisliği alanında kullanılan çeşitli yazılım programları kullanılmaktadır (Engez ve Eriş; 2002).

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ticari hesaplamalı akışkanlar dinamiğı yazılımları Fidap, Fluent, Flow 3-D, Phoenics, Comsol ve Ansys olarak belirtilebilir.

Ramachandran ve ark., (2011) çalışmalarında 55,6 °C'de ısıyla yumurta pastörizasyonunu sabit ve hareketli durumlar için modelleyip sonuçlarını, deneysel sonuçlarla karşılaştırarak modellerini doğrulamışlardır. Kullanılan CFD model sonuçlarına göre sabit yumurtaya uygulanan pastörizasyon işlemi zaman kandırmakta ve besin kayıplarının daha az olmasını sağlamaktadır.

Erdoğdu ve ark., (2007) pişmiş yumurtanın hava jeti ile soğutulmasını modellemişlerdir. Fluent 6.0 kullanılarak hava akışı modellenirken, sonuçlar deneysel verilerle doğrulanmıştır. Yapılan bu çalışma ile hava jetinin pişmiş yumurtanın soğutulmasında kullanılabilecek potansiyel bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Yumurta

Deneşlerde kullanılan yumurtaların tamamı Mersin-Adana arasında tavuk ve tavuk ürünleri üretim yapan bir firmadan temin edildi. Yumurtaların mümkün olduğunca benzer özelliklerde olmasını sağlamak için hepsi aynı kümeden toplandı. Yumurtalar kümeden toplandıktan sonra hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı gün içinde laboratuvara getirildi. *Gallus gallus* var. *domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine veya gıda sanayisinin kullanımına sunulan 'A' sınıfı kahverengi yumurtalar kullanıldı. Yumurtalar, laboratuvarda 53 ile 63 g aralıklarına ve orta boy olacak şekilde boyutlarına göre ayrıldıktan sonra uygun koşullarda deney yapıncaya kadar depolandı.

3.1.2. Mikroorganizmalar

E. coli ATCC 25922 suşu Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü mikrobiyoloji laboratuvarından; *S. Enteritidis* ATCC 13076 bakterisi Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Refik Saydam Ulusal Tip Kültür Koleksiyonu (RSKK) Laboratuvarı'ndan; *L. monocytogenes* (Kwit Stick) ise Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü mikrobiyoloji laboratuvarından temin edildi.

3.1.3. Besiyerleri

Deneşler sırasında kullanılan besiyerleri; Tryptic soy agar (TSA) Merck 1.05458, Tryptic soy broth (TSB) Merck 1.05459, Place count agar (PCA) Merck 1.05463, Potato dextrose agar (PDA) Merck 1.10130, Maximum recovery diluent (MRD) Merck 1.12535, Violet Red Bile agar (VRB) Merck 1.01406, PALCAM Listeria Selective agar Merck 1.11755, Tamponlanmış peptonlu su (TPS) Merck 1.07228, Selenit Sistin Broth (SS) Merck 1.07709, Rappaport Vassiliadis Soy Broth (RVS) Merck 1.07700, XLT4 agar Merck 1.13919, Triple sugar iron agar (TSI) Merck 1.03915, Üre Broth Merck 1.08483).

3.1.4. Kimyasal Malzemeler

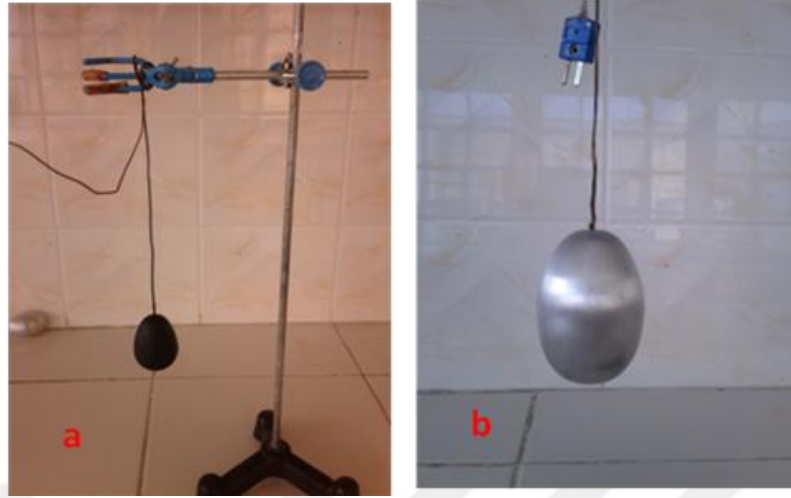
Deneyleer sırasında kullanılan kimyasallar; L (+) - Tartaric asit Merck 1.00802, PALCAM Listeria Selective supplement Merck 1.12122, XLT4 agar katkısı Merck 1.08981, Etil alkol (%96'lık), NaCl, Tween 80 Merck M822187.0500, kristal viyole Merck 1.15940, lugol, fuksin Merck 1.15937, immersiyon yağı Merck 1.04699.

3.1.5. Malzemeler

Deneyleer sırasında beher (150, 250, 400, 1000 mL), erlen (250, 500, 1000mL), mezür (10, 50mL), petri kutusu (60x15 mm), cam plaka(45x45 cm), deney tüpü, drigalski özesi, yuvarlak uçlu öze, metal maşa gibi malzemeler kullanıldı. Ayrıca bazı ısı parametrelerin belirlenmesinde, ısı iletkenliğı yüksek iki adet metal cisim yaptırıldı. Elipsoit şeklinde olan cismin dış yüzeyi parlak iken, yumurta şeklinde olan cismin dışı ısıya dayanıklı siyah boya ile boyandı. Cisimlerin merkezlerine ısı çiftler yerleştirildikten sonra lehim ile ısı çiftlerin merkezde sabit kalmaları sağılandı. Bu cisimlerin resimleri şekil 3.1'de; fiziksel ve bazı ısı özellikleri ise Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Metal cisimlerin özellikleri

Cismin şekli	a)Yumurta	b)Elipsoit
Malzeme	Bakır	Alüminyum
Yüzey durumu	Siyah boya ile boyanmış	Parlak
Boyutları (mm)	R=45,14 / L=61,77	R=45,38 / L=66,67
Alan (A), (mm²)	7902	8381
Hacim (V), (mm³)	66009	71946
Kütle (m), (g)	588	209,85
Isıl iletim katsayısı (k), (W/mK)	401	237
Yoğunluk (ρ), (kg/m³)	8933	2702
Isı kapasitesi, c_p (j/ kg K)	390	910



Şekil 3.1. a) Yumurta şeklinde bakır cisim (siyah boyalı), b) Elipsoit şeklinde alüminyum cisim (parlak yüzeyli)

3.1.6. Cihazlar

Deneyleer sırasında kullanılan cihazlar; Hassas terazi (OHAUS Adventurer Pro AV264C), inkübatör (Velp Scientifica FOC 225 I), etüv (Mettler, Germany (20 – 200°C)), otoklav (Hirayama HVE-25, Japan), laminar akışlı steril kabin (22/4 UV cihazı, Daihan-Labtech, Kore), vortex (IKA MS2, Germany), pH metre (Hanna Instrument HI98103), kumpas (Mitutoyo Corp., Absolute digimatic CD-15CPX), mixer (Arzum Soprano 700Watt ve Fakir Motto 800W, Türkiye), kızılötesi kamera (FLIR Systems AB, FLIR- I50, Sweden), T-tipi ısı çift, çok kanallı veri toplama sistemi (Keithley 2700 DMM, Keithley Instrument, Cleveland, USA), buzdolabı (Arçelik, ARBAD 450LX, Türkiye), otomatik pipet (1000-100 µL ve 200-20 µL, Biohit PLC, Filland) şeklinde sıralanabilir.

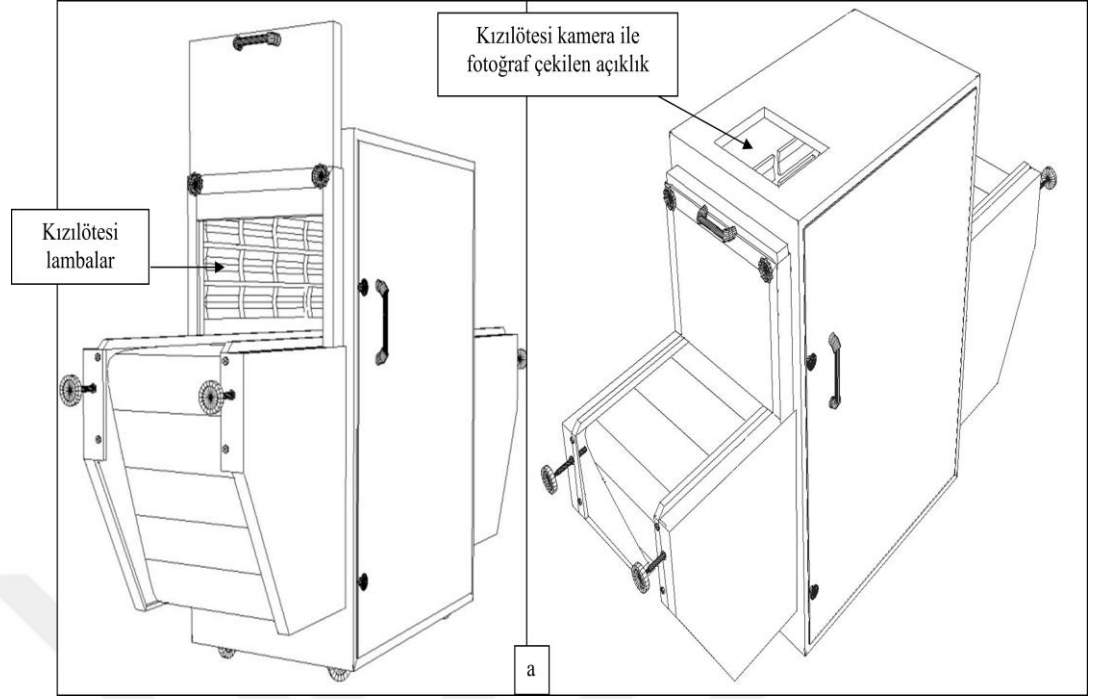
3.1.7. Kızılötesi kabin

Deneyleer sırasında kızılötesi ışın uygulaması için kullanılan kızılötesi kabin (İnfrared kabin; IR) kapalı bir sistem olup, 150 cm boyundadır. Yerden 90 cm yukarıda taşıyıcı delikli bant bulunmaktadır. Kabinin üst kısmında açılıp kapanabilir 10x10 cm boyutlarında bir açıklık bulunmaktadır (Şekil 3.2). Kabine farklı boyutlardaki ürün giriş ve çıkışları için yüksekliği elle ayarlanabilir kapaklar yerleştirildi. Yan duvarlardan bir tanesi, her hangi bir arıza durumunda sistem içine müdahale edilebilmesi amacıyla vidalı kapak olarak yaptırıldı. Sistem, kolay hareket

ettirilebilmesi için sabitlenebilir tekerler üzerine yerleştirildi. Sistem içindeki tüm kabloların ısı yalıtımına özellikle dikkat edildi. Kızılötesi kabin dışına olabilecek ısı kaybı, dış yüzey ana malzemesinin hemen altına yerleştirilen cam yünü ile engellendi.

Kızılötesi ışın kaynağı olarak, kabin yan duvarlarına yerleştirilmiş üstte 24 adet (12 sağ + 12 sol), altta 24 adet (12 sağ+ 12 sol), toplam 48 tane seramik kızılötesi ısıtıcı bulunmaktadır. Seramik ısıtıcılar 240x60 mm boyutlarındadır. İçbükey yapıda oldukları için de yayılan IR ışınlar materyal üzerinde odaklanabilmektedir. Seramik ısıtıcıların gücü 650 W olup, maksimum 553 °C sıcaklığa ulaşabilmektedir. Isıtıcıların sıcaklıkları ortalarına yerleştirilen 4 adet (üst sağ - sol; alt sağ - sol 1'er adet) ısı çifti ile kontrol edilmektedir. Kızılötesi ışınların tamamının örnek üzerine yoğunlaşması için kabin iç yüzeyi alüminyum ile kaplandı.

Isı kontrolü, 4 grupta birbirinden bağımsız olarak PID kontrollü dijital sistem ile yapılmaktadır. Her ısı çiftinin sıcaklığı (dolayısıyla kızılötesi seramik lambaların sıcaklığı) ve bant hızı bu kontrol paneli ile ayarlanabilmektedir. Şekil 1'de görülen kızılötesi cihazı, Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülen bir proje kapsamında tasarlanıp yaptırıldı (Erdoğdu, 2006).



Şekil 3.2. Kızılötesi kabin ve kontrol paneli a) şematik gösterimi, b) IR kabine ait resim

3.1.8. Matematiksel Model

Yumurta yüzeyinin sterilizasyonunda kullanılan ısı işlemin modellenmesi için COMSOL (Comsol V. 4.3b, Comsol AB, Stockholm, Sweden) çoklu fizik programı kullanıldı.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Kızılötesi Işın Uygulamaları

Yumurta yüzeyini steril etmek için kızılötesi teknolojisi kullanıldı. Kabuklu yumurtanın iç özelliklerinin değişmeden yüzeyinin steril edilmesi için uygulanan farklı IR teknikleri aşağıda detayları ile anlatıldı. Temel olarak iki farklı yöntem ile farklı sıcaklıklar ve süreler denendi.

3.2.1.1. Kızılötesi ısıtma sistem uygulaması

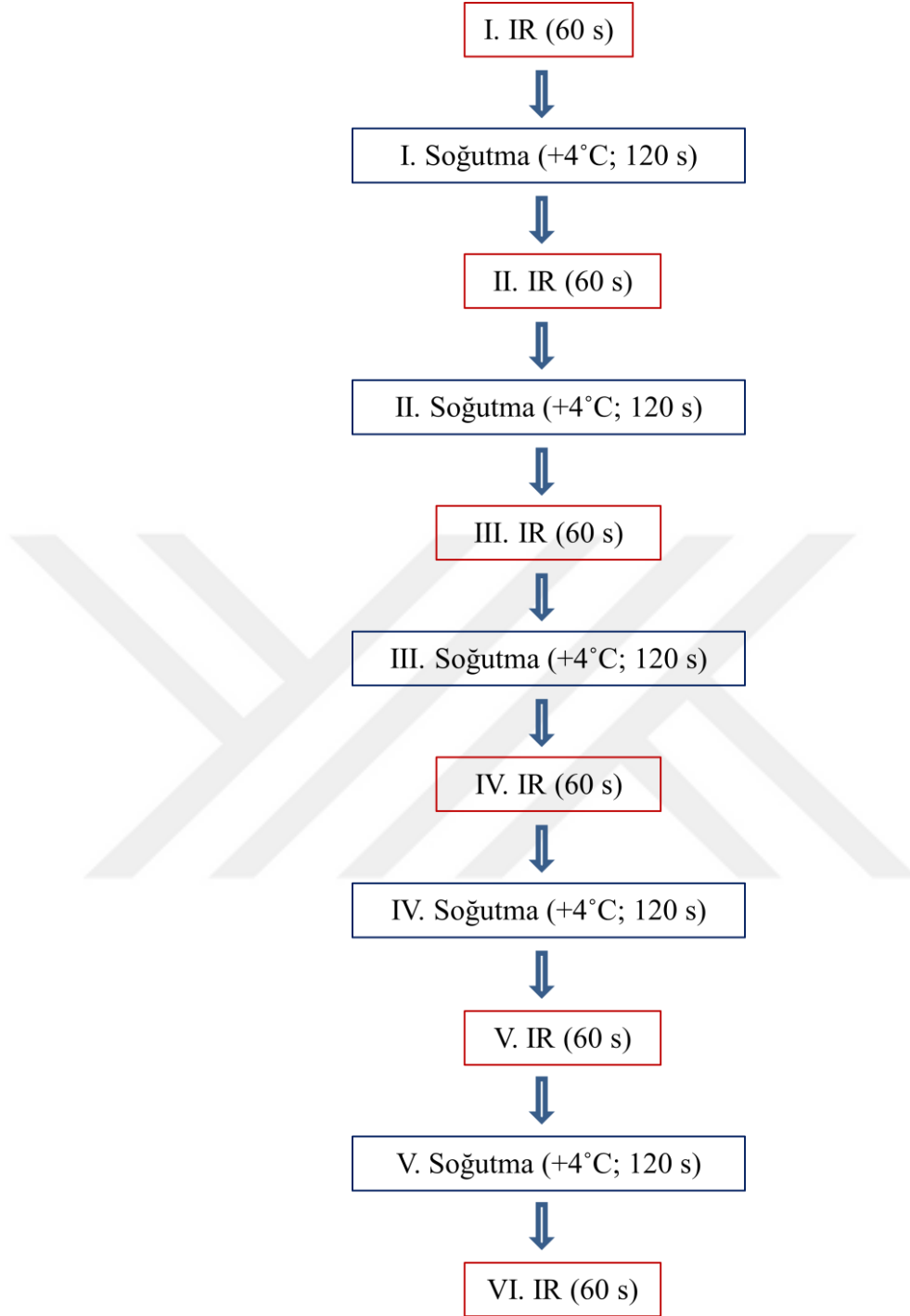
Kızılötesi kabin istenilen sıcaklığa ayarlandıktan sonra kabin sıcaklığının dengeye gelmesi için 30 dk beklendi. Yumurta örnekleri sivri uçları bant yüzeyine paralel pozisyonda olacak şekilde, sıcaklığı ayarlanmış kızılötesi kabinin ortasına yerleştirildi. Yumurtalara uygulanan kızılötesi işlemin sıcaklık ve süreleri Çizelge 2’de gösterildiği gibidir. Belirlenen sıcaklıklarda, farklı sürelerde yumurtalar kırılarak yumurta beyazında denatürasyon görsel olarak kontrol edildi ve ön denemeler sonunda Çizelge 3.2’deki süreler belirlendi.

Çizelge 3.2. Kızılötesi kabinde kullanılan sıcaklık ve süreler

Uygulanan IR sıcaklığı (°C)	IR Uygulanan süre (saniye)
180	30- 60- 90- 120- 150- 180- 200
250	30- 60- 90- 100- 110 -150-180-200-240-300-360-480
300	30- 45- 60
350	5- 10- 15- 20- 30 -45-60

3.2.1.2. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulaması

Örnek yumurtalar hazırlandıktan sonra sabit 250°C sıcaklığa ulaşmış kızılötesi tünele yerleştirildi. Yumurtalara bu sıcaklıkta 60 s kızılötesi işlem uygulandı (I. IR 60 s). Hemen sonra yumurtalar, buzdolabında (+4 °C) 120 s soğumaya bırakıldı (I. Soğutma +4°C; 120 s). 120 s buzdolabında tutulan yumurtalar, tekrar 60 s kızılötesi işleme maruz bırakıldı (II. IR 60 s) ve sonrasında tekrar 120 s soğutma (II. Soğutma +4 °C; 120 s) işlemi uygulandı. Bu işlem Şekil 3.3’de gösterildiği gibi arka arkaya 6 defa tekrar edildi.



Şekil 3.3. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulaması akım şeması (Kızılötesi kabin 250 °C sıcaklığa ayarlandı.)

3.2.2. IR Uygulamaları Sırasında Sıcaklıkların Belirlenmesi

IR işlem uygulanan cismin ve yumurtaların yüzey sıcaklıkları belirlenirken aşağıdaki yöntemler takip edildi.

3.2.2.1. Yumurta şeklindeki bakır cisim sıcaklıklarının belirlenmesi

Isıya dayanıklı siyah boya ile boyanmış, yumurta şeklinde, ısıl özellikleri bilinen, tamamı bakır malzemeden (ısıl iletkenlik katsayısı çok yüksek olan) yapılmış cismin merkezine T tipi ısıl çift yerleştirildi. Gıda işlemede kullanılacak olan kızılötesi (IR) tünel istenilen sıcaklığa ulaştıktan sonra bakır cisim, IR kabının içinde taşıyıcı bant üzerine yumurta örneklerinin konulduğu yere yerleştirildi. Cisim bant üzerine, yumurta örneklerinin yerleştirildiği gibi geniş ve sivri uçlar yere paralel olacak şekilde yerleştirildi. Cismin merkezindeki ısıl çift, veri kaydedici sisteme bağlanarak merkez sıcaklıkları kaydedildi. Şekil 3.2a'da gösterildiği gibi IR tünelin üst tarafında bulunan açıklıktan, merkez sıcaklık ölçümlerine eş zamanlı olarak, taşıyıcı banttın 50 cm üst kısmına yerleştirilen IR kamera ile cismin yüzey resimleri çekildi. Deney sonunda yumurta şeklindeki cisme ait sıcaklığını bildiğimiz resimler elde edildi.

IR kamera kullanılarak çekilen resimlerden sıcaklıkların hesaplanabilmesi için, resimlerin IR kameraya ait FLIR I50 sisteminde işlenmesi gerekmektedir. Elde edilen resimler ile merkez sıcaklıkları (cismin merkez sıcaklıkları, yüzey sıcaklıkları olarak kabul edildi - Çengel, 2003), FLIR I50 sisteminde işlenerek, IR tünelde ayarlanan her sıcaklık için sistemin yansıtılan görünür sıcaklık (Reflected Atmospheric Temperature; RAT) değerleri belirlendi. Kızılötesi tünelde 180, 250, 300 ve 350 °C olmak üzere 4 farklı sıcaklık kullanıldı. Sistemde resimlerin işlenmesi sırasında resimlerdeki yüzey sıcaklığının, gerçek değerine yakın olması için tüm yüzey alanını temsil edecek şekilde alan seçildi.

3.2.2.2. Kabuklu yumurtanın yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi

Ön denemelerde farklı IR tünel sıcaklıklarında, farklı sürelerde IR ışın uygulanan yumurtalarda, yumurta beyazının pıhtılaşmaya başladığı süreler belirlendi. Yumurtalara Çizelge 3.3'de belirlenen sıcaklık ve sürelerde IR işlem uygulanırken, IR kamera ile yumurtaların resimleri çekildi. Yumurtalardan elde edilen resimler FLIR I50 sisteminde, RAT değerleri (bakır cisim kullanılarak bulunan) kullanılarak ve temsili alan seçilerek işlendi, IR işlem görmüş yumurtaların ortalama yüzey sıcaklıkları bulundu.

Çizelge 3.3. IR kamera resimleri için yumurta uygulanacak IR tünelde kullanılan sıcaklık ve süreler

IR tünel sıcaklığı (°C)	Süre (saniye)
180	30-60-90-120-150-180-210-240-270-300-330-360-390-420-450-480-510-540-570-600-630-660-690-720-750-780-810-840-870-900
250	30-60-90-120-150-180-210-240-270-300-330-360-390-420-450-480-510-540-570-600-630-660-690-720-750-780-810-840-870-900
300	30-45-60-90-120-150-180-210-240-270-300-330-360-390-420-450-480-510
350	15-30-45-60-90-120-150-180-210

3.2.2.3. Yumurta kabuk içi sıcaklığının belirlenmesi

Yumurtanın sivri ucunda iğne yardımıyla yaklaşık 1cm²’lik bir delik açıldı. Yumurtanın içi boşaltıldıktan sonra, yumurta çeşme suyu ile yıkanarak temizlendi ve etüvde kurutuldu. Kurutulan yumurtada, ısıl çiftin ucu, kabuğun iç yüzeyine reçine yardımıyla yapıştırıldı. Bir miktar katı reçine yumurta içinde ısıtılarak eritildi. Reçinenin eritildiği bölgede ısıl çiftin ucu, yumurta kabuk içine degecek şekilde tutularak reçine soğutuldu. Yumurta, sivri uçları yere paralel olacak şekilde bant üzerine yerleştirildiğinde, ısıl çift yumurtanın iç tavanında olacak şekilde, ısıl çiftin kabuğa yapışması sağlandı. Isıl çift sabitlendikten sonra geri kalan boşluk %3’lük ≈60 ml agar ile dolduruldu (James ve ark., 2002). Hazırlanan yumurta 250 °C sabit sıcaklıktaki kızılötesi tünele yerleştirildi. Bir tarafı yumurta kabuk içine sabitlenen ısıl çiftin diğer tarafı veri kaydediciye bağlandı. Veri kaydedicide kızılötesi işlem uygulanan yumurtanın zamanla kabuk içindeki sıcaklık verileri kaydedildi.

3.2.3. Kabuklu Yumurtada Mikrobiyel Analizler

3.2.3.1. Besiyeri hazırlama

Hazır besiyerleri kutu üzerinde yazan reçetelerine uygun olarak hazırlandı. Hazır besiyerleri olarak VRB, TSB, TSA, PCA, PDA, XLT4 agar, PALCAM agar, SS broth, RVS broth, TSI agar, üre broth, Maximum recovery diluent, tamponlanmış peptonlu su, serum fizyolojik kullanıldı.

3.2.3.2. Kabuklu yumurta yüzeyinde mikroorganizma analizi ve depolama ile yüzeydeki mikroorganizma sayısının değişimi

Yapılan tez çalışması kapsamında, kümeden toplanan yumurtaların işlem görmeden önce toplam aerobik mezofilik koloni, maya, küf ve *Salmonella* miktarları belirlendi.

Depolama sırasında yumurta yüzeyindeki mikroorganizma değişiminin belirlenmesi için yumurtaların toplandığı günden itibaren 6 gün boyunca, steril edilmiş odada ve oda sıcaklığında depolanan yumurtalarda toplam aerobik mezofilik koloni, maya ve küf analizleri yapıldı. Her gün 3'er yumurta ile tekrarlanan mikroorganizma analizleri detaylı bir şekilde aşağıda anlatılmaktadır.

Toplam aerobik mezofilik koloni, maya ve küf analizi

Kümeden toplandıktan sonra hiçbir işlem görmeden laboratuvara getirilen yumurtaların yüzeyindeki mikroorganizmaları almak için aşağıdaki yöntem takip edildi. Yumurta beher içine konulduktan sonra üzerine 70 mL dilüsyon sıvısı (%0,85 NaCl+%0,1 tween80) aktarıldı. Yumurta dilüsyon sıvısı içinde 10 dk bekledikten sonra uygun seyreltmeler yapıp, uygun besiyerine yayma plak yöntemi ile ekim yapıldı. Toplam aerobik mezofilik koloni analizi için PCA, maya ve küf analizi için PDA (asitlendirilmiş) besiyerleri kullanıldı. Ekim yapılan PCA petripleri 24 sa, 37 °C'de inkübasyon sonrasında sayıldı ve yumurta yüzeyindeki toplam canlı sayısı belirlendi. Maya ve küf analizi için ekim yapılan PDA besiyerleri 25 °C' de inkübe edilip maya sayımları 48 sa sonunda küf sayımları ise 5. gün sonunda yapıldı.

Salmonella analizi

Yumurtaların işlem görmeden önceki aşamada (doğal formunda) *Salmonella* taşıma durumunu tespit etmek için üç grup yumurta belirlendi ve bunlarda *Salmonella* analizi yapıldı. Birinci grup Mersin yaylalarındaki bir köyden alınan yumurtalardan, ikinci grup yerel marketlerden alınan yumurtalardan ve üçüncü grup ise tez deneylerinde kullanılacak olan yumurtalarla aynı kümeden alınan yumurtalardan 15'er adet alınarak oluşturuldu.

Belirlenen yumurtalar ön zenginleştirme için 10 mL tamponlanmış peptonlu su içinde 18-24 sa, 37 °C’de inkübasyona bırakıldı. İnkübe edilen ön zenginleştirme sıvısından 0,1 mL RVS Broth’a aktarma yapıldıktan sonra 100 mL SS Broth, ön zenginleştirilmiş besiyerine aktarıldı. RVS Broth 42 °C’da 24 sa, SS Broth ise 37 °C’da 48 sa inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda XLT4 agara yayma plak yöntemi ile ekim yapıp, 37 °C’da 24 sa inkübasyon sonunda *Salmonella* varlığı kontrol edildi (Halkman, 2005).

XLT4 agar üzerinde gelişme gösteren siyah merkezli kolonilerden örnek alınarak XLT4 agara tek koloni düşürme yapıldı. Tek koloni düşen mikroorganizmalara doğrulama testleri uygulandı. Doğrulama testleri için tek koloniden öze ile alıp 0,5 mL steril saf suya aktarıldı. Şüpheli koloni süspansiyon haline getirildi. Süspansiyondan haline getirilen şüpheli koloniden özeyle örnek alındıktan sonra yatık agar olan TSI agar besiyerinin yüzeyine sürme, dibine daldırma yöntemi ile ekim yapıldı ve besiyerleri 37 °C’de 48 saat inkübasyona bırakıldı. TSI besiyerinde yüzeyde kırmızılık, dipte sarılık, gaz oluşumundan dolayı besiyerinde yarıklar veya besiyerinin yukarı doğru itilmesi ve siyah renk gibi değişiklikler *Salmonella*’yı doğrular. Ekim yapılan besiyerinde inkübasyon sonunda oluşan değişiklikler kaydedildi.

Diğer bir doğrulama testi olan üre testi için ise; süspansiyon haline getirilen şüpheli koloniden bir öze dolusu örnek üre brotha aktarıldı. Hiç ekim yapılmayan üre broth içeren bir tüp kontrol tüpü olarak işaretlendi ve bir tüpe ise saf *E. coli* ATCC 25922 bakterisi inoküle edildi. Bu üç üre broth tüpü 37 °C’de 48 saat inkübasyona bırakıldı. *E. coli* ve *Salmonella* üre negatif bir bakteridir. Şüpheli koloninin *Salmonella* olabilmesi için *E.coli* ekim yapılan tüp ile şüpheli koloniden ekim yapılan tüpün renklerinin aynı olması gerekmektedir. Bu bilgilere göre inkübasyon sonunda üre broth içeren tüplerin rengi kontrol edildi (Halkman, 2005).

Üçüncü doğrulama testi olarak Gram boyama yapıldı. Süspansiyon halindeki örnek, temiz bir lam üzerine aktarıldıktan sonra kurumaya bırakıldı. Üzerinde örnek kuruyan lam alevden üç kez geçirilerek, bakterilerin lam üzerine tespiti (fiksasyon) yapıp preparat hazırlandı. Preparat fikse edildikten sonra kristal viyole ile kaplanıp 1 dk beklendi. Bu boya 1 dk sonra damıtık su ile yıkandı ve preparat lugol ile

kaplandı. Lugol akıtılıp preparat üzerinde etil alkol 10-15 saniye bekletildi ve hemen damıtık su ile yıkandı. Devamında ise karşıt boya olan sulu fuksin ile boyama yapıldı ve 30 saniye beklendi. Bol su ile yıkandıktan sonra kurumaya bırakıldı. Kuruyan preparat üzerine immersiyon yağı damlatılıp, immersiyon mereğinde incelendi. İmmersiyon merceğinde incelenen bakterilerden pembe renkli olanlar gram negatif, mor renkli olanlar ise gram pozitif olarak değerlendirildi (Temiz, 2008).

3.2.3.3. Stok kültürler ile yapılan mikroorganizma analizleri

Yumurta kabuk yüzeyindeki doğal mikrobiyel flora temizlenip ardından steril yumurta kabuk yüzeyine *E.coli* ATCC 25922, *Salmonella* Enteritidis, *L. monocytogenes* inoküle edildi. İnokülasyon yapılan yumurtalara, yukarıda anlatılan, farklı IR işlemler uygulandıktan sonra bu bakterilerin IR işlemlerden ne kadar etkilendiği tespit edildi. Kızılötesi ısıtma sistemi ve seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistemi uygulamalarının her basamağında mikroorganizma analizleri yapıldı. Çizelge 1’de verilen sıcaklık ve sürelerde IR işlem uygulandıktan sonra yüzeyde kalan bakterileri miktarını belirlemek için mikroorganizma geri alma yöntemleri ile mikroorganizma analizi yapıldı. Mikroorganizma analizleri, belirlenen her parametre için, üçer yumurtada denendi ve deneyler iki tekrarlı yapıldı. Analizlerin detayları aşağıda anlatılmaktadır.

Kültür hazırlama

Yumurta yüzeyine yapılacak inokülasyonlar için *E.coli* ATCC 25922, *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076 (S.E.) ve *Listeria monocytogenes* stok kültürleri kullanıldı. TSA besiyerindeki kültürden bir öze dolusu bakteri TSB’a aktarıldı. Aktarım yapılan besiyeri bir gece, 37 °C’de inkübasyona bırakıldı (*Listeria monocytogenes* ile yapılan deneylerde inkübasyon sıcaklığı olarak 30 °C kullanıldı). Aktifleşen kültürden 10 ml steril TSB’ye bir öze dolusu bakteri aktarılıp, 37 °C’ de ikinci inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda 250 ml steril TSB besiyerine yaklaşık 0,5 ml 5 saatlik aktif kültürden aktarma yapılarak yaklaşık bir gece (18 saat) 37 °C de inkübe edildi (Yapılan denemelerin bir tanesinde kültür aktifleşirken besiyeri içine glikoz ilavesi yapıldı ancak kültür yoğunluğunda değişme olmadığı için bu yöntemle devam edilmedi). İnkübasyon sonunda, aktif kültür içeren

inokülasyon sıvısı hazırlandı. Tez deneyleri sırasında yumurta yüzeyine bakteri inokülasyonu için kullanılan kültürün yoğunluğu 10^9 KOB/ml olarak ayarlandı (Yapılan bütün deneylerde kültür yoğunluğu kültürel ekim yapılarak kontrol edildi).

Yumurta yüzeyine mikroorganizma inokülasyonu

Yumurta yüzeyine bakteri inoküle etmeden önce yumurta yüzeyini temizlemek için seçilen yumurtalar, sünger ve sabun ile yıkandıktan sonra % 70 etil alkolden geçirilerek steril su ile durulanıp, steril kabin içinde kurumaya bırakıldı. Kuruyan yumurtalar, aktif kültür içeren 250 mL TSB besiyeri içine ikişerli yerleştirildi. Kültür, içindeki yumurtalarla vorteksde 10 dk en düşük ayarda çalkalandı (Ön denemeler sırasında farklı bekletme süreleri de - 10 s, 5, 10, 15 ve 30 dk - denendi). IR ısıtma uygulanan ve *E. coli* inoküle edilen yumurtalar, kültür içinde 10 dk bekletilirken, geri kalan bütün deneylerde yumurtalar kültür içinde 10 s bekletildi. Yüzeyine kültür inoküle edilen yumurtalar laminar akış steril kabinde kurumaya bırakıldı. Kuruma süresi olarak yaklaşık 40, 60 ve 90 dk denendi ve kuruma 40 dk ile sınırlı tutulunca 10^5 KOB/cm² seviyesinde mikroorganizmanın yumurta yüzeyine inoküle edilebildiği belirlendi. Bütün deneyler Bunsen beki alevi çatısı altında ve aseptik teknik uygulanarak yapıldı.

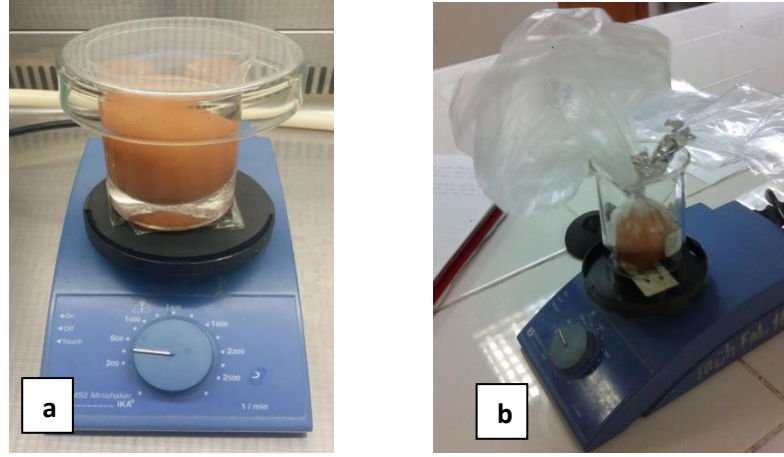
Yumurta yüzeyindeki mikroorganizmaların geri alımı

Yüzeyine bakteri inoküle edilen yumurtaların bazılarında IR işlemler uygulandı, bazılarında ise (yüzeğe yüklenen bakteri miktarının kontrolü için) uygulanmadı. Her iki grup yumurtada, yüzeyinde bulunan bakteri miktarlarını belirlemek için mikroorganizma analizi yapıldı. Bu analizler sırasında iki farklı yöntem kullanıldı.

a) İlk yöntemde örnek yumurtalar önce dilüsyon sıvısı içinde bekletildi. En fazla miktarda bakteri geri almayı sağlamak için yöntemin her parametresi ön denemelerde farklı koşullarla denendi. Bekletme süreleri 10 ve 30 dk olarak denendikten sonra deneylere 10 dk bekletme süresi ile devam edildi. Dilüsyon sıvısı olarak %0,1'lik peptonlu su, serum fizyolojik, % 0,1 Tween 80 içeren maximum recovery diluent, % 0,1 Tween 80 içeren %0,1 peptonlu su ve % 0,1 Tween 80 içeren serum fizyolojik çözeltileri denendi ve çalışmanın devamında %0,1 Tween 80 içeren

serum fizyolojik çözeltisi kullanılmasına karar verildi. Daha sonra farklı boyutlardaki steril beherlerde, farklı miktarlarda dilüsyon sıvılar (DS) ile deneyler yapıldı (200 mL DS/ 400 mL beher, 100 mL DS/ 200mL beher, 70 mL DS/ 150 mL erlen, 50 mL DS/ 100 mL erlen). Denemeler sonunda yumurta yüzeyini kaplayacak kadar (70 mL / 150 mL erlen) dilüsyon sıvısı kullanılarak deneylere devam edildi (Şekil 3.4a). Bakterilerin dilüsyon sıvısına geçişi sağlandıktan sonra uygun seyreltmeler yapıp dökme plak ve yayma plak yöntemleri karşılaştırıldı ve çalışmaya yayma plak yöntemi ile devam edildi.

b) İkinci yöntemde bakteri inoküle edilen yumurtalar 25 kGy ışınlanmış buzdolabı poşeti içine yerleştirildi. Poşet içine 10 mL dilüsyon sıvısı (%0,85 NaCl + %0,1 tween80 çözeltisi) eklendikten sonra yumurtanın bütün yüzeyi sıvı ile temas edecek şekilde poşetin ağzı kapatıldı. Poşet, beher içine konulduktan sonra 10 dk vortekste en düşük hızda sarsıldı (Şekil 3.4b) veya sıvının tüm yüzeyle temas etmesi için yaklaşık 1 dk el ile ovalandı. Bakterilerin dilüsyon sıvısına geçmesi sağlandıktan sonra dilüsyon sıvısından uygun seyreltmeler hazırlanıp seçici besiyeri içeren petriye yayma plak ile ekim yapıldı. Ekim yapılan petriyeler uygun koşullara inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda sayılan petriyelerden, yumurta yüzeyinde olan bakteri sayıları KOB/cm² cinsinden belirlendi. *E.coli* ATCC 25922 bakterisi ile deney yapılırken PCA ve VRB agarları kullanıldı, deneylere koliform grubu için seçici besiyeri olan VRB agar ile devam edildi. *E. coli* inoküle edilen petriyelerde 37 °C’de 24 sa inkübasyon sonunda pembe-mor renkli koloniler tipik *E. coli* bakterisi olarak sayıldı ve elde edilen sonuçlarla hesaplamalar yapılarak yüzeydeki *E. coli* sayısı bulundu. Yüzeye inoküle edilen *Salmonella* kültürünün geri alımı sırasında VRB agara yayma plak uygulandı ve 37 °C’de 24 saat inkübasyondan sonra VRB agarda sarı-krem renkli tipik *Salmonella* kolonileri sayıldı. *L. monocytogenes* bakterisi için ise PALCAM agara yayma plak yöntemi ile ekim yapıldıktan sonra 30 °C’de 24 sa inkübasyon sonunda petriyelerdeki sarı besiyeri üzerinde zeytin yeşili-gri renkli, bazen siyah merkezli ancak her zaman siyah zonlu koloniler tipik *L. monocytogenes* bakterileri olarak sayıldı.



Şekil 3.4. Mikroorganizma geri alma düzeneği; a) beher içerisinde geri alma düzeneği, b) steril poşet içinde geri alma düzeneği

İki farklı mikroorganizma geri alma yöntemi ('a' ve 'b') arasındaki farkı tespit etmek için her iki yöntemle 5'er adet yumurta ile analiz yapıldı.

E. coli ATCC 25922 bakterisi inoküle edilen ve farklı sıcaklıklarda IR ısıtma uygulanan yumurtalardan, mikroorganizma geri alımı için 'a' yöntemi uygulandı. Ancak mikroorganizma geri alma yöntemlerinden elde edilen sonuçlar arasında fark olmadığı için tezin kalan analizlerine 'b' yöntemi ile devam edildi. *E. coli* inoküle edilen ve 250 °C'de 0 - 480 s IR işleme maruz kalan yumurtalarda steril poşet ile geri alma yöntemi (yöntem 'b') kullanıldı. Ayrıca *E. coli*, *Salmonella* ve *L. monocytogenes* inoküle edilen ve seri IR ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanan yumurtaların mikroorganizma geri alma analizlerinin hepsinde steril poşetle geri alma yöntemi kullanıldı.

3.2.3.4. Yumurtada yapılan kalite analizleri

Çiftlikten toplandıktan sonra laboratuvara getirilen taze yumurtalarda kalite analizleri yapılarak yumurtaların başlangıç iç özellikleri belirlendi. Oda koşullarında depolanmış yumurtalarda kalite analizleri yapılarak, depolama ile yumurta iç kalitesindeki değişim belirlendi. Her analiz için 10'ar yumurta kullanılırken, analizler ilk altı gün içinde her gün, daha sonra belli aralıklarla yapıldı. Analizlerde ilk set deneylere 50 gün, ikinci set deneylere 36 gün devam edildi. İşlem görmemiş yumurtaların kalite özellikleri belirlendikten sonra, kızılötesi ısıtma ve kızılötesi ısıtma + hava soğutma işlemleri uygulanan yumurtalarda kalite analizleri yapılarak

(IR işlemin her basamağında yapıldı) ısıtma işlemi görmüş yumurtanın iç kalitesindeki değişimler incelendi. Her parametre, 5 paralelli ve iki tekrarlı olmak üzere toplam 10'ar yumurtada denendi.

Kalite belirlenmesinde uygulanan analizler ise kütle değişimi, yumurta beyazının pH'nın belirlenmesi, Haugh birim (HU), Sarı indexi (yolk index, YI), köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi olup detayları aşağıda anlatılmaktadır.

Kütle kaybı

Yumurtalardaki kütle değişimini hesaplamak için hassas terazi ile kütle ölçümü yapıldı. Taze yumurtaların kütleleri ölçülerek 1. kütle değerleri bulundu. Aynı yumurtaların depolama sırasında da kütleleri ölçüldü ve 2. kütle değerleri bulundu. IR işlem uygulanan yumurtalarda ise işlem öncesinde yapılan ölçümlerle 1. kütle değerleri; işlem sonrasında alınan ölçümlerle 2. kütle değerleri elde edildi. Kütledeki değişim 1. ve 2. ölçümler arasındaki farklardan hesaplanarak bulundu (Shenga ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011).

Denatürasyon

Farklı sıcaklık ve sürelerde IR işlem uygulanan yumurtalar, cam bir plaka üzerine kırıldıktan sonra yumurta beyazındaki denatürasyon varlığı gözle kontrol edildi.

Haugh unit

Örnek yumurta, cam bir plaka üzerine kırıldıktan sonra yumurta beyazının yüksekliği dijital kumpas ile ölçüldükten sonra Eşitlik 1 kullanılarak Haugh unit (HU) hesaplandı (Perry ve ark., 2011).

$$HU = 100 \times \log (h + 7,57 - 1,7 \times E_w^{0,37}) \quad (3.1)$$

h: yumurta beyazı yüksekliği (mm), E_w: yumurta toplam ağırlığı

Yolk indeks

Cam plaka yüzeyine kırılan örnek yumurtanın sarısının, çapı ve yüksekliği dijital kumpas ile ölçüldü. Ölçülen değerler Eşitlik 2’de kullanılarak yumurtaya ait Yolk indeksi (sarı indeks) hesaplandı (Perry ve ark., 2011).

$$YI = \frac{\text{yumurta sarısının yüksekliği (mm)}}{\text{yumurta sarısının çapı (mm)}} \quad (3.2)$$

Albümin pH’nın belirlenmesi

Cam plaka üzerine kırılan yumurtanın YI ve HU için ölçümleri alındıktan sonra yumurta beyazı cam behere aktarıldı. Beher içindeki yumurta beyazının pH’sı, pH metre kullanılarak ölçüldü (Shenga ve ark., 2010).

Köpük oluşturma kapasitesi

Yumurta beyazının köpük oluşturma kapasitesi (KOK) Monfort ve ark. (2013)’nin uyguladıkları yöntem göre belirlendi. Uygulanan yöntemde yumurta sarısı ve beyazı ayrıldıktan sonra yumurta beyazının hacmi ölçülüp ve 1000 mL’lik beherde saf su ile %15’lik çözelti hazırlandı. Hazırlanan çözeltilerden 2 dakika mixer (Arzum Soprano Max Model AR161, max 700 W, Türkiye ve Fakir Motto max 800 W, Türkiye) ile çırpılarak köpük oluşturuldu. Oluşan köpüğün hacmi kumpas kullanılarak belirlendi. Elde edilen veriler aşağıdaki formüle kullanılarak köpük kapasitesi hesaplandı.

$$\%KOK = \frac{V_1 - V_\zeta}{V_\zeta} \times 100 \quad (3.3)$$

V_1 ; çırpma sonundaki köpük hacmi, V_ζ ; hazırlanan çözelti hacmi, %KOK; yüzde köpük oluşturma kapasitesi

Köpük stabilitesi

Yumurta beyazından oluşturulan köpüğün stabilitesini belirlemek için ise aşağıdaki yöntem takip edildi. Yumurta beyazından oluşturulan köpüğün hacmi (V_1) ölçüldükten sonra 10 dk beklendi ve kumpas yardımıyla köpüğün hacmi bir kez daha ölçüldü (V_2) ve aşağıdaki formüle göre % köpük stabilitesi hesaplandı.

$$\%KS = \frac{V_2}{V_1} \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.4. Model Çalışmaları

Deneysel çalışmaların dışında prosesteki bütün değişimleri ve olası konfigürasyonları incelemek için matematiksel modellerin de kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında kızılötesi enerjinin yumurta yüzeyindeki sıcaklık dağılımına etkisi matematiksel olarak COMSOL sonlu elemanlar paket programının elektromanyetik alan uygulaması kullanılarak yapıldı. Yumurta şeklindeki cisimler ile yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerle ortamın ısı transfer katsayısı ve ısı akısı değerleri belirlendi. Bu değerler ile yumurtaya kızılötesi uygulaması COMSOL paket programında modellendi. Sonuçlar deneysel veriler ile karşılaştırıldı.

3.2.4.1. Ortamın ısı transfer katsayısının belirlenmesi (Lumped sistem analizi)

Lumped sistemde cisim ısınırken, cismin iç enerji değişimi yüzeyde konveksiyonla olan ısı artışına eşit olmaktadır (Eşitlik4). Cisim içerisinde sıcaklık konuma bağlı olarak değişmezken sadece zamanın bir fonksiyonudur. Kızılötesi kabinde farklı sıcaklıklardaki ısı transfer katsayısının belirlenmesi için boyutları ve ısıl özellikleri bilinen 2 farklı cisim kullanıldı (Çizelge 3.1 ve Şekil 3.1). Isıl iletim katsayıları çok yüksek olan materyalden yapılmış cisimler kullanılıp ve sistem Lumped sistem kabul edilerek ortamların h değerleri belirlendi. Sabit sıcaklığa gelmiş Kızılötesi kabine yerleştirilen cisimlerin saniyede bir ölçülen sıcaklıkları veri kaydedici ile kaydedildi. Aşağıdaki eşitlikler kullanılarak gerekli grafikler çizildi.

$$hA(T - T_{\infty}) = -mc_p \frac{dT}{dt} \quad (3.5)$$

$$\theta = T - T_{\infty} \Rightarrow \frac{d\theta}{dt} = \frac{dT}{dt}$$

$$hA\theta = -mc_p \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \int_0^t -\frac{hA}{mc_p} dt = \int_{\theta_i}^{\theta} \frac{d\theta}{\theta} \Rightarrow$$

$$-\frac{hA}{mc_p}t = \ln \theta - \ln \theta_i = \ln \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} \quad (3.6)$$

T: Cismin zamanla değişen sıcaklığı (°C), T_i: Cismin başlangıç sıcaklığı (°C), T_∞: ortam sıcaklığı (°C), h: Ortam ısı transfer katsayısı (W/m²K), A: Cismin yüzey alanı (m²), m: Cismin kütlesi (kg), c_p: Cismin ısı kapasitesi değeri (J/kgK)

Eşitlik 5 kullanılarak hesaplanan $\ln \left(\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} \right)$ ye karşı (t) zaman grafiğe

geçirildiğinde elde edilen eğrinin lineer kısmının eğimi; $-\frac{hA}{mc_p}$ değerini verir. Eşitlik

6 kullanılarak ortamın ısı transfer katsayısı (h) değeri hesaplandı.

$$Eğim = \frac{hA}{mc_p} \quad (3.7)$$

3.2.4.2. Isı akısının belirlenmesi

IR tünelde farklı sıcaklıklarda ısı işlem uygulanırken cisimlerin ısı çift ile ölçülen sıcaklıkları zamana karşı grafiğe geçirildi. Elde edilen doğrunun eğiminden zamanla sıcaklıktaki değişim değeri $\left(\frac{dT}{dt}\right)$ hesaplandı. Çizelge 1'deki veriler ve eğim değerleri kullanılarak Eşitlik 7 ve 8 çözülüp; her tünel sıcaklığında ısı işlem için gerekli ısı ve ısı akısı miktarları bulundu. Deneyler iki farklı cisim için üç tekrarlı yapıldı.

$$Q = mc_p \frac{dT}{dt} \quad (3.8)$$

$$\frac{Q}{A} = mc_p \frac{dT}{dt} \quad (3.9)$$

3.2.4.3. Cisim modelleme

Isıl işlem uygulanan yumurta şeklindeki boyalı bakır cismin ısınması COMSOL paket programında modellenirken aşağıdaki basamaklar takip edildi:

Modelleme

‘2D axisymmetric’ seçilip (Modelde iki boyutlu eksenel simetrik kullanıldı. Sistemin önce iki boyutlu çözümü sağlanıp, sonra iki boyut üzerinden 360° döndürülerek 3 boyutlu çözüm elde edildi). ‘Heat transfer in solids (ht)’ seçildi. ‘Time dependant’ (zamana bağlı çözüm) seçildi. ‘Build all’ seçilerek fizik oluşturuldu.

Geometri oluşturma

Cisimlerin geometrik şekilleri seçilip ve Çizelge 1’deki boyutlar şekillerine göre yazıldı. ‘Build all’ seçilerek geometri oluşturuldu. Seçilen her materyal için Çizelge 1’deki materyal özellikleri sistemde tanımlandı.

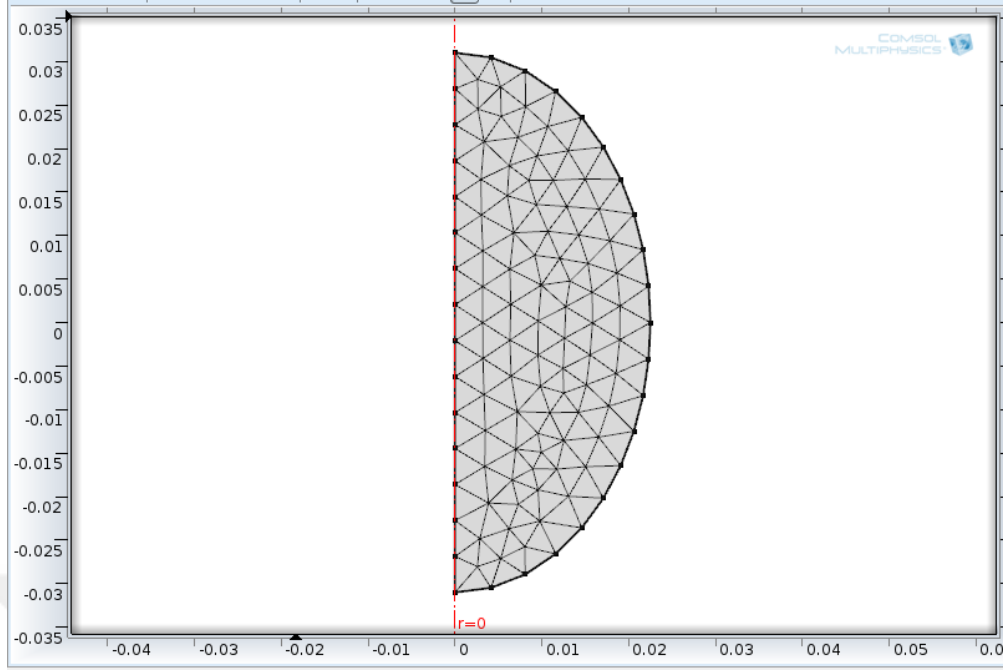
Sınır koşulları

Başlangıç materyal sıcaklığı yazılıp ‘Heat flux’ seçildi. Bu aşamadan sonra ısı işlem uygulaması için iki farklı yöntem izlendi:

a- İlk yöntemde ‘Inward heat flux’ seçilerek belirlenen koşullar için eşitlik 6 ile bulunan ‘h’ değerleri ve ortam sıcaklık (T_{ext}) değerleri sisteme girildi.

b- İkinci yöntemde; ‘General inward heat flux’ seçilerek Eşitlik 8 ile bulunan ısı akısı değerleri sisteme girildi.

Sınır koşulları belirlendikten sonra cisimi, küçük birim alanlara ayırmak için ‘Mesh’ yapıldı. Çözüm için süre belirlendi. ‘Compute’ ile program çalıştırıldı.



Şekil 3.5. Yumurta şeklindeki bakır cismin 2 boyutlu, eksenel simetrik ve birim alanlara ayrılmış geometrik modeli (birim uzunluk; m)

Sonuçlar

Çözüm tamamlandıktan sonra ‘results’ bölümünden ‘surface average’ seçildiğinde, ısıl işlem sırasında modellenen cismin yüzeyindeki ortalama sıcaklık değerleri elde edildi.

Ortamın ısı transfer katsayısı ve ısı akısı olmak üzere iki farklı sınır koşulu için sıcaklık – zaman verileri elde edildi.

Doğrulama

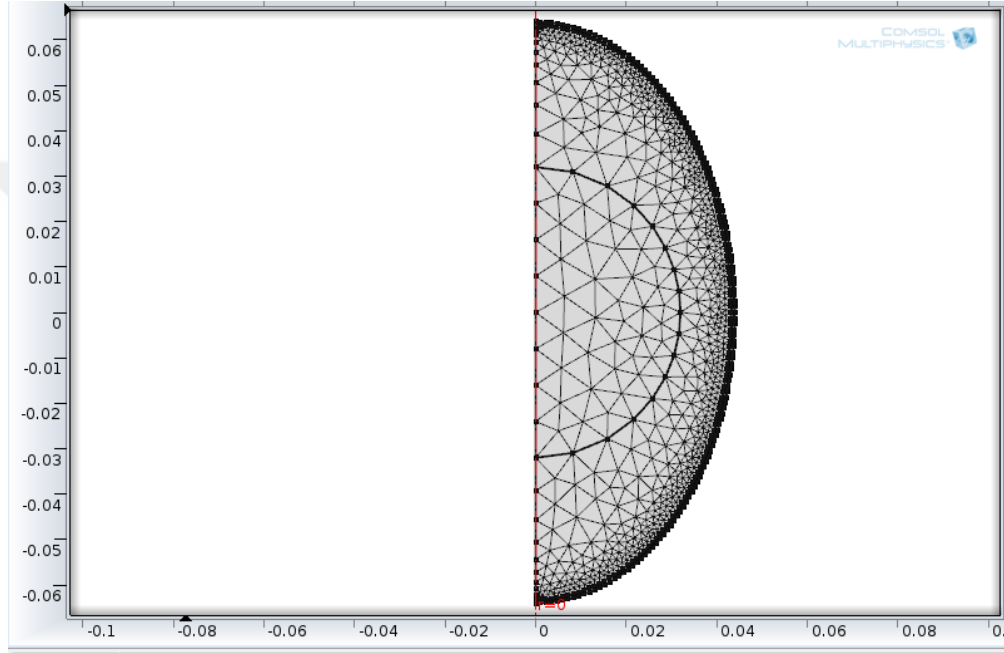
Bulunan bu değerler cismin, deneysel olarak bulunan yüzey sıcaklıkları ile karşılaştırılarak model doğrulandı.

3.2.4.4. Yumurta modelleme

Farklı IR tünel sıcaklıklarında yumurtaya uygulanan ısıl işlem, COMSOL paket programı kullanılarak modellenip, zamana bağlı yumurta yüzeyinin ortalama sıcaklık verileri elde edildi.

Yumurta modellenirken, cisim modelleme basamakları aynı şekilde takip edildi. Yumurta geometrisi belirlenirken, yumurta üç katmandan olarak belirlenip,

kabuk ve yumurta beyazı (albümin) elipsoit olarak kabul edilirken, yumurta sarısı daireye benzetildi (Şekil 3.6). Çizelge 3.4'deki boyut ve ısıl özellik verileri kullanıldı. Cisimler kullanılarak IR tüneldeki farklı sıcaklıklar için hesaplanan h değerleri ve bulunan ısı akıları, yumurtanın modellenmesinde kullanıldı. Ayrıca yumurtaya uygulanan ısıl koşullar sisteme işlenirken üçüncü bir yöntem eklendi. Üçüncü yöntemde ise; 'General inward heat flux' seçilip, eşitlik 8 ile bulunan ısı akısı '0,95' ile çarpıldı ve hesaplanan değer sisteme girildi.



Şekil 3.6. Yumurtanın 2 boyutlu, eksenel simetrik ve birim alanlara ayrılmış geometrik modeli (birim uzunluk; m)

Çizelge 3.4. Yumurta katmanlarının boyut ve ısıl özellikleri

Kabuk kalınlığı (mm)	0,45	Yumurta kabuk çap (mm)	44
Kabuk boy (mm)	64	Yumurta sarı çap (mm)	32
	k (W/mK)	ρ, kg/m³	c_p, (j/kgK)
Kabuk (elipsoit)	0,456	2300	888
Yumurta beyazı (elipsoit)	0,590	1036	3935
Yumurta sarısı (yuvarlak)	0,337	1036	3266

3.2.4.5 COMSOL model ile deneysel verilerin karşılaştırılması

Cisim merkezine yerleştirilen ısı çift ve kızılötesi kamera ile çekilen fotoğraflardan elde edilen sıcaklık verileri, modelden elde edilen sıcaklık verileri ile karşılaştırıldı.

Yumurtanın COMSOL paket programında modellenmesi sonucunda elde edilen zamanla değişen sıcaklık verileri, kızılötesi kamera ile elde edilen sıcaklık verileri ve yumurta kabuk içinden ısı çiftle ölçülen sıcaklıklar ile karşılaştırıldı.

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Fiziksel özelliklerle ilgili yapılan deneyler sonucunda kontrol yumurtaları ile işlem görmüş yumurtalar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı varyans analizi ile incelendi. Sonuçlar arasındaki farkın önemli ($p < 0,05$) olup olmadığı tek yönlü ANOVA testi ile belirlendi.

4. BULGULAR ve TARTIşMA

4.1. İşLEM GÖRMEMİş YUMURTALARIN ÖZELLİKLERİ

4.1.1. Taze Yumurtanın Toplam Aerobik Mezofilik Koloni, Maya ve Küf Miktarları

Deney materyali olarak seçilen yumurtaların doğal florasındaki mikrobiyel yükü belirlemek için toplam aerobik mezofilik koloni ve maya-küf sayımı yapıldı. Toplam aerobik mezofilik koloni sayısı başlangıçta $3,9 \pm 1,0$ log KOB/yumurta, toplam maya- küf sayısı $3,05 \pm 0,6$ log KOB/yumurta olarak bulundu (Çizelge 4.1). Bahobail ve ark., (2012) çalışmalarında kullandıkları işlemleri görmemiş yumurtaların toplam canlı sayısını $5,9$ log KOB/mL olarak, maya-küf sayısını ise $3,4$ log KOB/mL olarak belirlemişlerdir. Erkan ve ark., (2008) çalışmalarında ise Diyarbakır ilindeki 100'er adet köy yumurtasında $6,72 \pm 0,94$ log KOB/mL dilüsyon sıvısı, market yumurtasında ise $5,68 \pm 0,57$ log KOB/mL dilüsyon sıvısı toplam mezofilik aerobik bakteri bulmuşlardır. Literatürdeki bazı değerlerle karşılaştırıldığında kullandığımız yumurtaların toplam aerobik mezofilik koloni sayısı az, maya-küf sayısı ise literatürdeki değerlere benzer bulundu.

Türkiye'de uygulanan mikrobiyolojik kriterler için Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği kapsamında Resmi Gazete'de 2000 yılında yayınlanan 24002 numaralı 'Yumurta ve yumurta ürünleri ile ilgili mikrobiyolojik standartlar' tebliğinde yumurtada üç sınıflı örnekleme planına göre aerobik mezofilik bakteri sayısı; 5 (n) analiz sonucundan maksimum 3'ünde (c) $1,0 \times 10^5$ (m) ile $1,0 \times 10^6$ (M) KOB/g arasında bakteri olabilir. Yine bu tebliğe göre örneklerin hiç birisinde $1,0 \times 10^6$ (M) KOB/g değerinin üzerinde aerobik mezofilik bakteriye izin verilmemekte idi (Ünlütürk ve Turantaş, 2003). Tez kapsamında yapılan aerobik mezofilik bakteri sayım sonuçları incelendiğinde, sonuçların bu tebliğdeki kriterleri sağladığı görülmektedir.

Resmi Gazete'de yayınlanan 2007/54 no'lu tebliğe göre *Salmonella* ve *Enterobacteriaceae* için mikrobiyolojik sınırlar belirlenmiş, aerobik mezofilik bakteri ile ilgili bir sınırlama verilmemiştir (EK-1). Bu tebliğe de yapılan 5 analiz sonucuna göre 25 g örnekte *Salmonella* bulunmasına izin verilmemektedir.

Günümüzde yürürlükte olan 2014/55 no'lu Yumurta tebliğinde (EK-2) ise mikrobiyolojik kriterler için 2011 tarihli Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğinde yer alan hükümler uygulanmaktadır. Buna göre yumurtada mikrobiyolojik yasal bir kısıtlama bulunmamaktadır (EK-3).

4.1.2. *Salmonella* Varlığı

Günlük tüketimde kullanılan yumurtalardan üç grup yumurta belirlenip, bu işlem görmemiş yumurtalarda patojen *Salmonella* varlığı kontrol edildi. İlk grup yumurta, tez kapsamında yapılacak deneylerde kullanılacak yumurtalarla aynı kümeden toplanmış 15 adet yumurtadan oluşurken; ikinci grup için Mersin ilinin yayla köylerinde iki farklı kümeden toplam 15 adet yumurta seçildi ve üçüncü grup için ise yerel üç farklı marketten 5'er yumurta olmak üzere 15 adet yumurta alınarak toplam 45 yumurtada *Salmonella* analizi yapıldı. Ön zenginleştirme ve seçici zenginleştirme işlemlerinden sonra XLT4 agar besiyerine yapılan ekimler sonucu ilk grup yumurtalarda (fabrikadan gelen) şüpheli *Salmonella*'ya rastlanmadı. Besiyerinin berrak kırmızımsı rengini siyah çeviren bakteri gözlenmedi ancak bazı petrielerde besiyerinin rengi sarıya, bazılarında ise pembeye döndü. Literatürdeki çalışmalarda, XLT4 agar besiyerinde gelişen *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Citrobacter freundii* ATCC 8090 veya *E. coli* ATCC 25922 bakterilerinin bu renk değişimlerine neden olabileceği belirtilmektedir. Ancak bu tez kapsamında, besiyerlerinde gözlenen bakterileri tanımlama testleri yapılmadığı için oluşan kolonilerin cinsi ile ilgili yorum yapılamamaktadır. İkinci grup yumurtalar için sonuçlar incelendiğinde 3 petride siyah merkezli koloni gözlemlendi. Şüpheli kolonilerden XLT4 agar besiyerine tek koloni düşürüldükten sonra yapılan doğrulama testlerinden TSI agar besiyerinde (üç yumurta içinde aynı sonuç) yüzeyde kırmızılık (gelişen bakteri laktozu ve sakarozu kullanamadığı için), dipte sarı renk ve gaz (glikozu kullandığı için), siyah renk (H_2S oluşumundan dolayı) gözlemlendi ve üre testinin sonucu ise negatif olarak bulundu. Bu analizlerin yanı sıra yapılan Gram boyama testlerinde çubuk (basil) şeklinde, pembe koloniler gözlemlendi. Bütün bu analizlerin sonuçları şüphelenilen üç koloninin de *Salmonella* olduğunu doğrulamaktadır. İkinci grup deney sonuçlarını özetlersek, 15 yumurta içinde 3 adet yumurtada *Salmonella* bulundu. Üçüncü grup

yumurtalarda yapılan analizlerin sonucu ise ilk grup ile benzerlik göstermektedir. *Salmonella*'ya rastlanmadı ancak başka bakterilerin varlığı gözlemlendi.

Türk Gıda Kodeksi 2000 yılı tarihli ilgili tebliğde yumurtaların 25 gramında *Salmonella* bulunmasına izin verilmemektedir. Resmi Gazete'de yayınlanan 2007 tarihli tebliğde de aynı kısıtlamalar geçerli olmasına rağmen, 2014 yılında (en son) yayınlanan tebliğde sadece yumurta için bir kısıtlama bulunmamakta sadece yumurta ürünleri ile ilgili mikrobiyolojik sınırlar bulunmaktadır. Bu tebliğde göre yumurta ürünlerin 25 gramında *Salmonella* bulunmasına izin verilmemektedir. Tez deneylerinde kullanılan ve yerel marketlerden temin edilen yumurtalar, *Salmonella* açısından, Türk Gıda Kodeksi mikrobiyolojik kriterlerine göre değerlendirildiğinde herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Köy yumurtalarında ise *Salmonella* varlığına, 2007 yılındaki tebliğde kadar izin verilmiyordu ancak 2014 yılında yürürlüğe giren tebliğde göre kabuklu yumurtalar için mikrobiyolojik kriterlerin olmadığı görülmektedir.

4.1.3. İşlem Görmemiş Yumurtaların Depolama Sırasındaki Özellikleri

4.1.3.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri, maya ve küf sayısı

İşlem görmemiş yumurtaların yüzeyindeki mikrobiyel yoğunluk ve bu yoğunluğun depolama sırasındaki değişimini incelediğimizde Çizelge 4.1'deki değerler elde edildi. Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi steril odada depolanan yumurtaların kabuğundaki mikroorganizmaların sayısında önemli bir değişim gözlenmemektedir.

Çizelge 4.1. Depolama sırasında yumurta yüzeyindeki toplam aerobik mezofilik koloni, maya ve küf sayıları

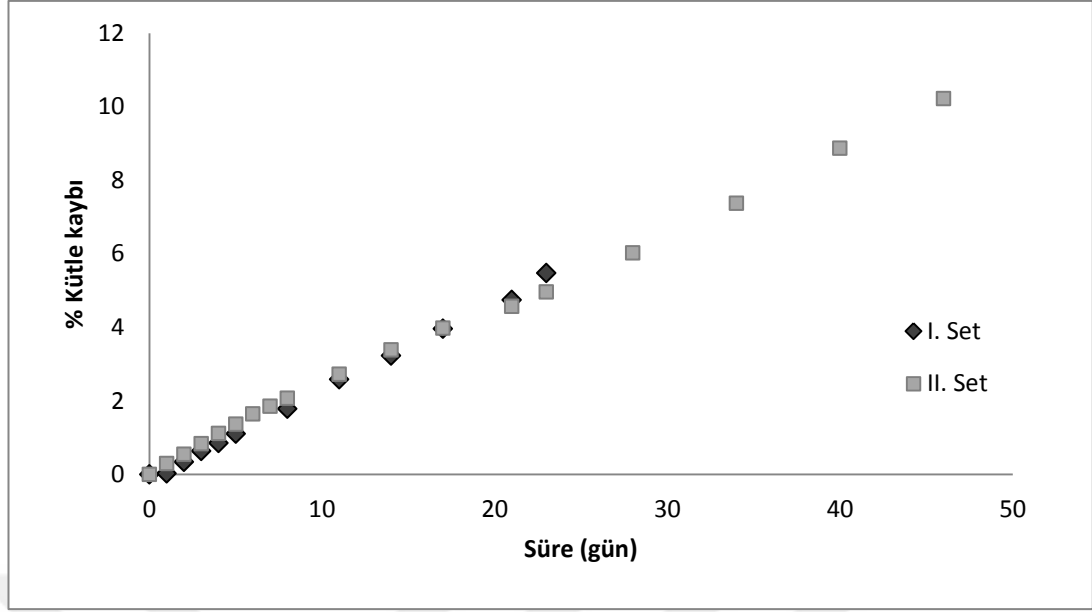
Depolama süresi (Gün)	Toplam aerobik mezofilik koloni sayısı (Log KOB/yumurta)	Maya- küf sayısı (Log KOB/yumurta)
0	3,90±1,0	3,05±0,6
1	2,95±0,2	2,54±1,5
2	3,70±0,2	2,54±1,5
3	3,76±0,5	2,85±1,6
4	3,92±1,1	2,54±1,5
5	2,90±0,1	2,90±0,3

Yumurta kabuklarından yapılan ekimlerde maya-küf analizleri sırasında petrilere sayılan koloniler, sayılabilir aralıkta olmadıkları için analiz sırasında kullanılan 70 mL dilüsyon sıvısının fazla olduğu ve bu azaltıldığı takdirde sayının kabul edilebilir aralıkta olacağı düşünüldü. Buna göre tasarlanan yeni düzenekte 10 mL dilüsyon sıvısı kullanıldığında, maya ve küf sayımı yapıp petrilereki koloniler sayıldığında, koloni sayılarının sayılabilir aralıkta olduğu gözlemlendi. Hesaplamalar sonucunda toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $3,26 \pm 0,6$ log KOB/yumurta olarak bulundu. Eski yöntemle karşılaştırıldığında sonuçlar arasında önemli bir fark bulunmadığı da gözlemlendi.

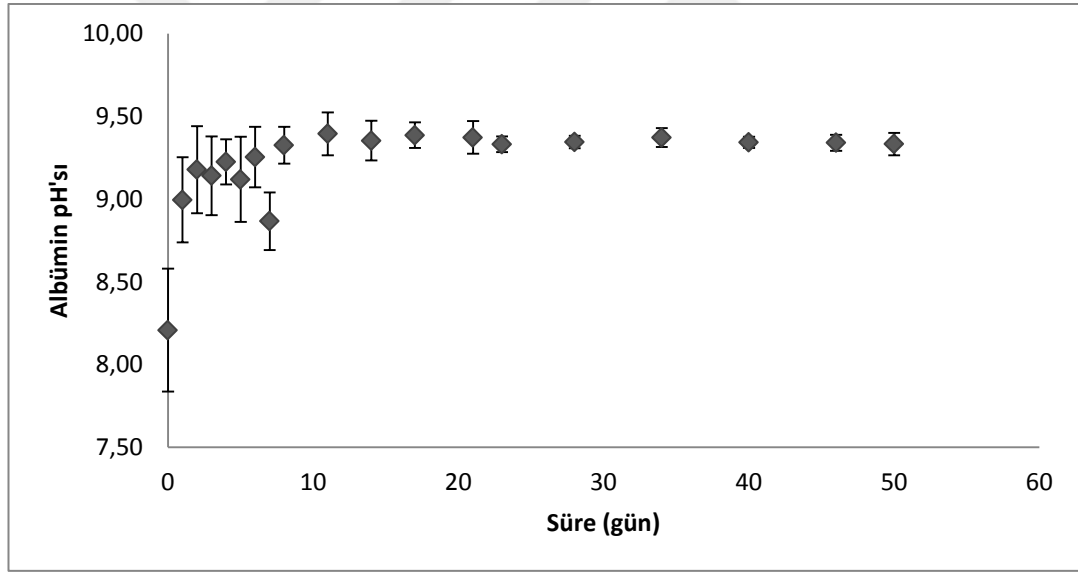
4.1.3.2. Fiziksel özelliklerdeki değişiklikler

Depolama süresince yapılan fiziksel analiz sonuçlarına göre, depolama süresi arttıkça kütle kaybı, yumurta beyazının pH'sında artışlar, yolk indeksinde ve Haugh Unit'te azalmalar görüldü (Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4). Shenga ve ark., (2010) çalışmalarında, depolama sırasında CO₂ ve nem kaybına bağlı olarak yumurta kütlelerinde azalma gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Oda koşullarında depolanan yumurtalarda gözlenen kütle kaybı 23. gün sonunda % 5,5 iken 50. gün sonunda ortalama %11 olarak hesaplandı. Bu CO₂ azalmasının aynı zamanda yumurta beyazının pH'sının da artmasına neden olduğu literatürdeki çalışmalarda belirtilmektedir (Shenga ve ark., 2010).

Şekil 4.2'de yumurta beyazının pH'sının yumurtanın toplandığı ilk günlerde önemli ölçüde arttığı daha sonra sabit bir değere ulaştığı görüldü. Başlangıç pH değeri 8-8,5 arasında değişirken yaklaşık 10. günden itibaren 9,4-9,5 pH değerinde sabitlendi. Ünlütürk ve Turantaş, (2003), taze yumurta beyazının pH değerinin 7,6 - 8,5 aralığında olduğunu, bu değerlerin yumurtanın depolanması sırasında artarak maksimum 9,7 değerine ulaştığından bahsetmişlerdir. Shenga ve ark., (2010)'nın çalışmaları incelendiğinde, oda koşullarında depolanan yumurtaların 10. gün sonunda $7,3 \pm 0,54$ kütle kaybettiği ve pH artışının ilk günlerde hızlı olduğu, 10 günden sonra ise pH'sındaki artışın azalması ile benzer sonuçlar elde edildiği söylenebilir.



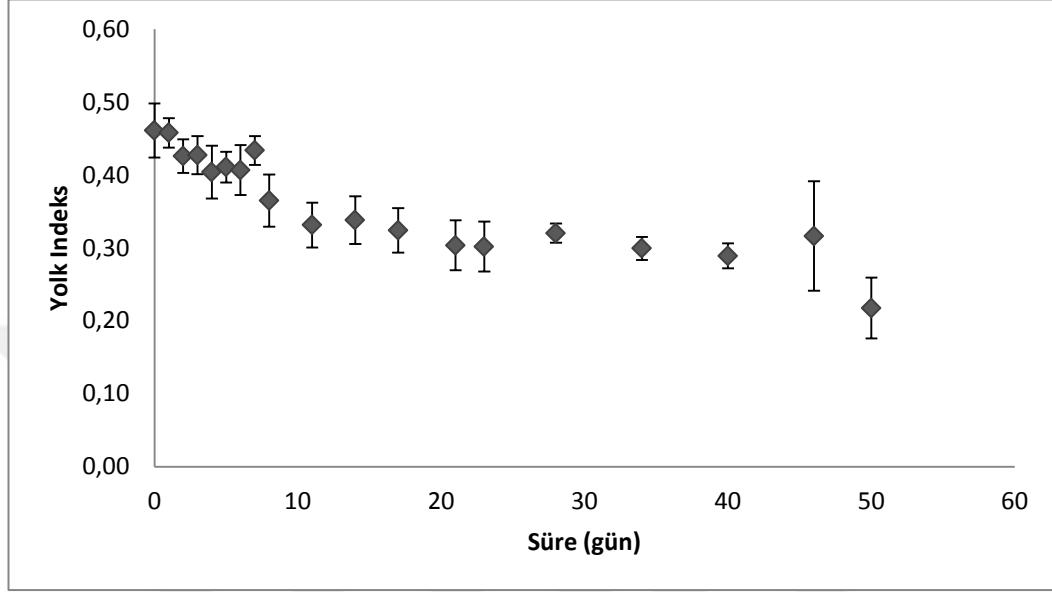
Şekil 4.1. Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında % kütle kaybı



Şekil 4.2. Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında yumurta beyazının pH değişimi

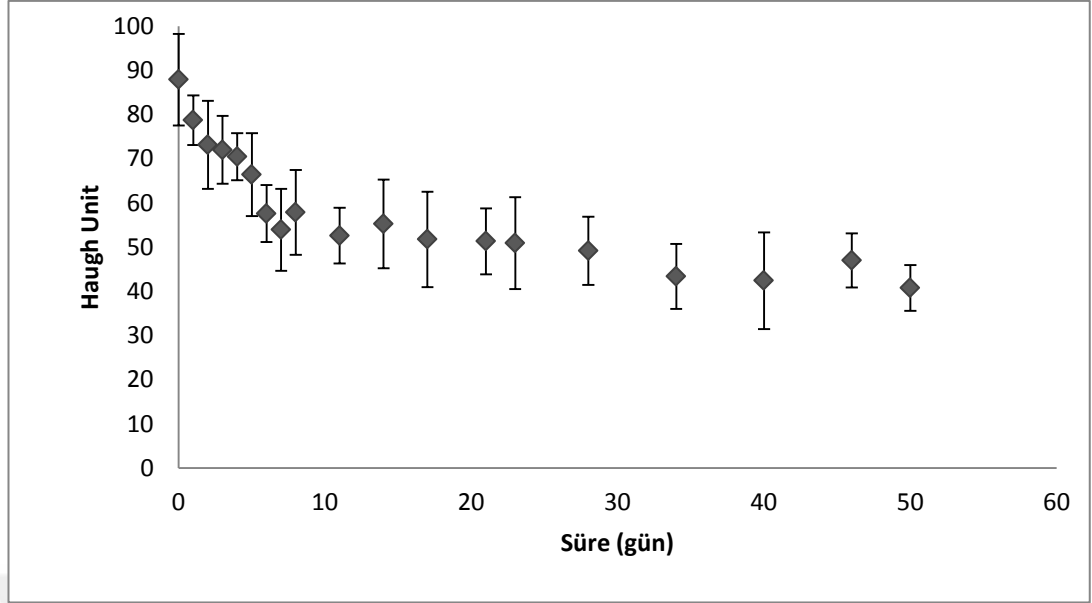
Yumurta sarısının özelliklerine bağlı olarak değişen YI'e ait zamanla değişim Şekil 4.3'de verilmiş olup depolamanın ilk günlerinde 0,4 - 0,5 değerleri arasında iken zamanla bu değerler azaldığı gözlemlendi. Yumurta beyazından, yumurta sarısına sıvı geçişi ile birlikte sarının çapı artarken yüksekliği azalmakta, bu yüzden yüksekliğin çapa oranı olan YI'de zamanla azalmaktadır. Shenga ve ark., (2010)'da depolama süresince YI ve HU değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Özdemir

(2010) yaptığı tez çalışmasında YI'deki azalmanın, yumurta beyazındaki kalite kaybının bir göstergesi olduğunu vurgulamaktadır. Hou ve ark., (1996) araştırmalarında YI ve HU değerlerinin kalite parametreleri olduğunu ve kalite kaybı arttıkça, YI ve HU değerlerinin azaldığını belirtmektedir.



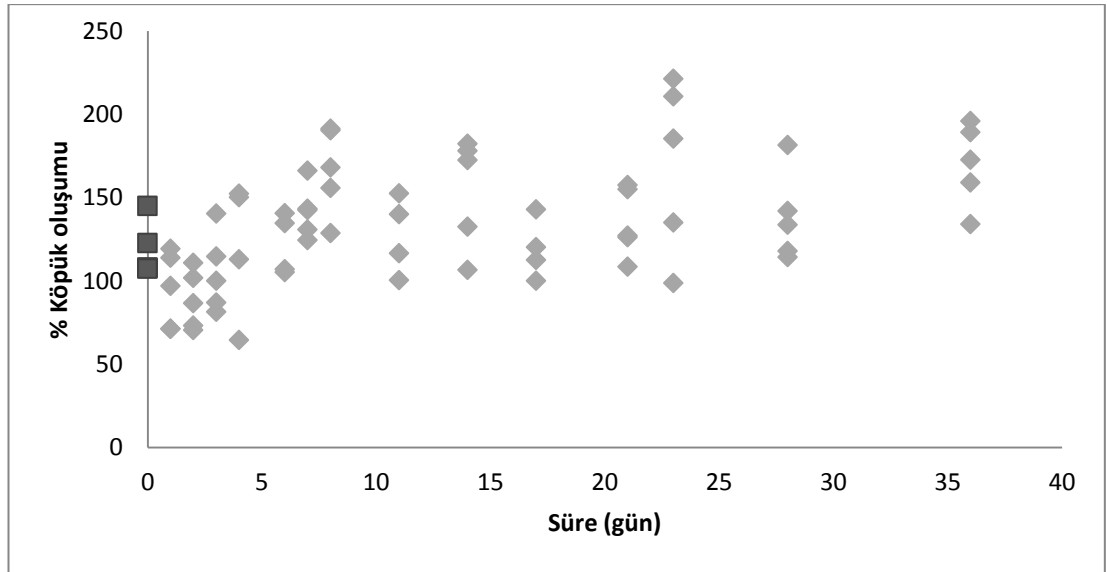
Şekil 4.3. Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında Yolk indeks değişimi

Depolama sırasında yumurta beyazının sıvı kaybı ile yüksekliği azalmaktadır. Aynı zamanda yumurtanın da kütle kaybı olduğundan, kütle kaybı ve yumurta beyazı yüksekliğinin azalması ile doğru orantılı olan HU'de azalmaktadır. Şekil 4.4'de taze yumurtaların HU değerleri 85-90 aralığında iken depolamanın 10. gününde yaklaşık 50 değerine kadar hızlı bir şekilde azaldığı ve sonra sabit bir değere ulaştığı görüldü. Yüceer ve ark., (2015)'da çalışmalarında kontrol yumurtalarının depolanması sırasında başlangıçta 83 değerinde olan HU değerlerinin, 6 hafta sonra 45 değerine kadar azaldığını belirlemişlerdir. Bu sonuçların, çalışmamızla benzer olduğu gözlenmektedir.



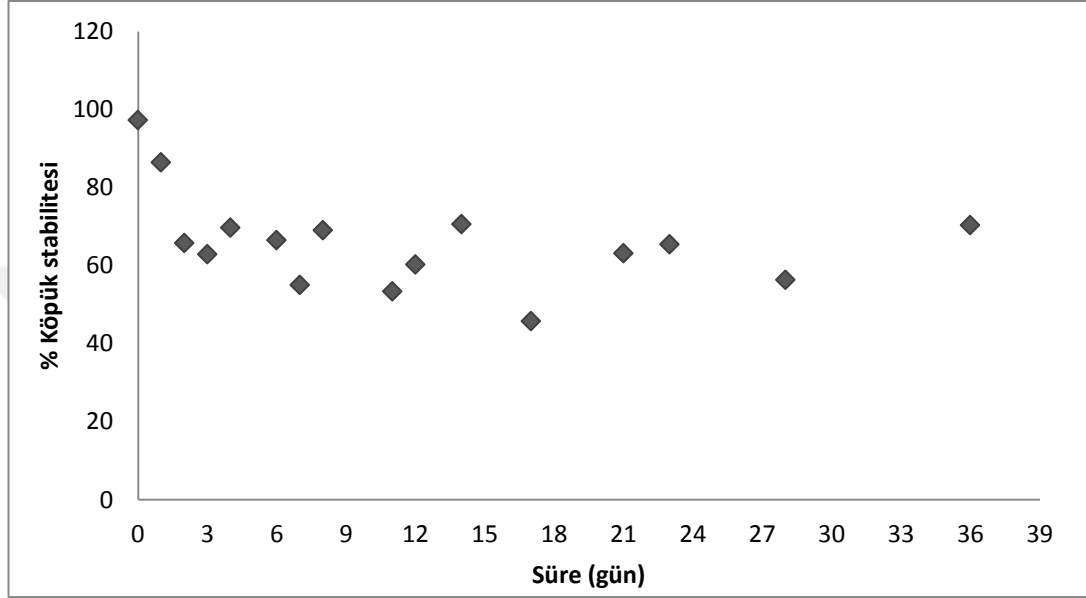
Şekil 4.4. Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında Haugh unit değışimi

Yumurta beyazı köpük oluşumunu sağlayan önemli bir ajandır. Şekil 4.5’de depolama sırasında yumurta beyazının köpük oluşturma özelliğinin değışimi gösterilmektedir. Yumurtaların toplandığı günde, yumurta beyazının köpük oluşturma değeri % 107-145 arasında değışirken depolamanın 36. gününde bu değeri % 134-196 arasında değışmektedir. Depolama sırasında yumurtaların köpük oluşturma özelliğinde çok fazla olmamasına rağmen eğilim depolama uzadıkça artış eğilimindedir.



Şekil 4.5. Depolama sırasında yumurta beyazının köpük oluşturma değeri

Yumurta beyazından oluşturulan köpük hacmi 10 dk sonra tekrar ölçüldüğünde, hacimdeki azalma köpüğün ne kadar stabil kaldığı hakkında bilgi vermektedir. Şekil 4.6'da depolamanın ilk günlerinde oluşan köpüğün daha uzun süre kaldığı gözlenirken depolamanın ilerleyen günlerinde yaklaşık % 60 stabilite değerlerine azaldığı görüldü.



Şekil 4.6. Yumurtaların oda koşullarında depolanması sırasında % köpük stabilitesindeki değişim

Genel olarak depolama süresince fiziksel özelliklerdeki değişim incelendiğinde iç kalite özelliklerinde belirgin değişimler gözlendi. Bu değişimin temel nedenleri arasında, kabuktaki gözeneklerden CO₂ ve nem uzaklaşması ile yumurta beyazından sarısına su göçü yer almaktadır.

4.2. KABUKLU YUMURTA YÜZEYİNE MİKROORGANİZMA İNOKÜLASYONU VE GERİ KAZANIMI

4.2.1. Kabuklu Yumurta Yüzeyine Mikroorganizma İnokülasyon Metodu

Deneyler sırasında kullanılan kültür sıvılarının mikrobiyel yoğunluğu kültürel ekim sonuçlarına göre yaklaşık olarak 10⁹ KOB/mL olarak bulundu. Her bakteri için saf kültür ve seçici besiyerleri kullanıldığından petrilere farklı bir mikroorganizma gelişimi gözlenmedi. Yumurtalar steril edildikten sonra uygulanan

inokülasyon yöntemleri ile yaklaşık olarak 10^5 KOB/cm² bakteri yumurta yüzeyine inoküle edildi.

Bakterilerin, yumurta yüzeyine inokülasyonu aşamasında yumurtaların kültür içinde bekletilme sürelerini karşılaştıracak olursak; 10 s inokülasyon uygulanmış rastgele seçilen 10 yumurtanın yüzeyine $4,78 \pm 0,5$ log KOB/cm² *E. coli* ATCC 25922 inoküle edilirken; 10 dk kültür içinde bekletilen rastgele seçilen 10 yumurtanın inokülasyon sonuçları ise $4,66 \pm 0,91$ log olarak bulundu. Sonuçlar karşılaştırıldığında iki yöntem arasında fark görülmediği için *E. coli* ATCC 25922 (deneylerin büyük çoğunluğunda), *S. Enteritidis* ve *L. monocytogenes* bakterilerinin inokülasyonunda yumurtalar kültür içinde 10 s bekletildi.

S. Enteritidis inoküle edilen yumurtalar kültür içinde 10 s bekletildi ve $5,3 \pm 0,25$ KOB/cm² log inokülasyon yapıldı, *L. monocytogenes* inokülasyonu için bu sayı $4,7 \pm 0,35$ log KOB/cm² bulundu.

4.2.2. Kabuklu Yumurta Yüzeyinden Mikroorganizma Geri Alma Metodu

Gıda yüzeyine inoküle edilen mikroorganizmaların tamamının seyreltme sıvısına alınması en önemli basamaklardan bir tanesidir. Yüzeydeki mikroorganizma sayısını, gerçeğe en yakın olacak şekilde tespit edebilecek, ayrıca uygulaması kolay ve kontaminasyon riski en az olan bir yöntem bulunmaya çalışıldı.

Mikrobiyolojik analizlerde oldukça sık kullanılan erlen yerine yumurtanın geçebileceği genişlikte 150 mL hacimli beher tercih edildi. Beher içindeki yumurtanın üzerine 70 mL dilüsyon sıvısı eklendiği zaman, yumurtanın bütün yüzeyinin sıvıyla temas etmesi sağlandı. Bu yöntemle yumurta yüzeyine inoküle edilen *E. coli* ATCC 25922'den $7,36 \pm 0,37$ log KOB/yumurta geri alındı.

Diğer bir geri alma metodunda ise esnek oldukları için steril buzdolabı poşetleri tercih edildi. Stomacher torbaları, yumurta şeklini almadıkları için bu analizlerde kullanılmadı. Buzdolabı poşetine yumurta ile birlikte 10mL dilüsyon sıvısı aktarıldığında, yumurtanın bütün yüzeyinin sıvıyla temas halinde olması sağlandı. Bu sırada poşetlerden gelen mikrobiyel yükü elemine etmek için ışınlanmış

poşetler kullanıldı. Yukarıdaki yumurtalarla aynı kültür sıvısına daldırılan yumurtalardan, bu yöntemle $6,92 \pm 0,29$ log KOB/yumurta geri alındı.

İnkübasyon sonunda iki yöntemle elde edilen sonuçlar incelendiğinde önemli bir fark olmadığı görüldü. Steril poşette daha az dilüsyon sıvısının kullanılmasıyla, mikrobiyel yükü az olan örnekler için sayılabilir miktarda mikroorganizmanın petriye düşmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca kontaminasyon riskinin, dilüsyon sıvısının ve dolayısıyla atık miktarının da poşette geri alma yönteminde daha az olduğu göz önünde bulundurularak bu yöntemin daha kullanışlı olduğu düşünüldü.

4.3. YÜZEY SICAKLIKLARININ BELİRLENMESİ

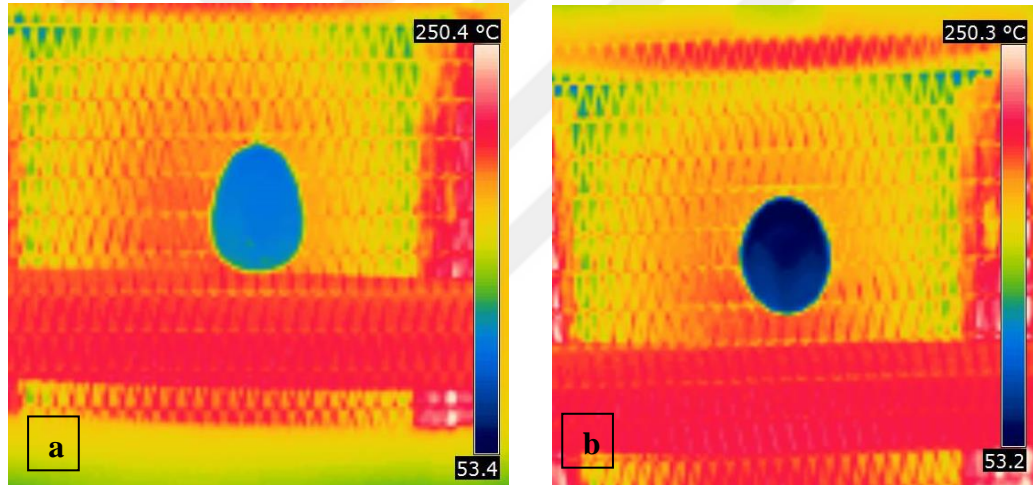
Üzerine düşen enerjinin tamamını soğuran ideal cisimler ise siyah cisim olarak adlandırılırlar. Siyah cisim, cisimlerin yayınladıkları ve soğurdukları ısı ışınım enerjisini göreceli olarak ölçmek için geliştirilen bir kavramdır (Yüncü ve Kakaç, 1999). Yumurta şeklindeki bakır cismin dış yüzeyi, gelen ışının tamamını soğurması için (siyah cisim gibi) siyaha boyandı. Işık tamamını soğuran siyah boya için FLIR I50 sistemde emissivite değeri 0,95 olarak kullanıldı (Çengel, 2003). Deneyler sırasında yüksek sıcaklıklar da kullanılacağı için yüksek sıcaklığa dayanıklı boya tercih edildi. Cisim her tarafından, aynı ısı gelecek şekilde ısıtılarak yüzey sıcaklığının homojen olarak dağılması sağlandı. Yüzey sıcaklığının homojen dağılımı Şekil 4.7a 'da gösterildiği gibi IR kamera ile yukardan çekilen cismin resmindeki renklerin homojen dağılmasından anlaşılmaktadır. Bakır, ısı iletim katsayısı oldukça yüksek olan ($k=401$ W/mK) bir materyal olduğundan, yumurta şeklindeki bakır cisim kızılötesi ışın ile ısıtılmaya başlandığında yüzeydeki ısının içeriye çok hızlı iletildiği ve dolayısıyla merkezdeki sıcaklık ile cismin herhangi bir noktasındaki sıcaklığın aynı olduğu kabul edildi (Çengel, 2003). Yüzeye gelen ışının tamamı soğurulduktan sonra cismin merkezine kadar iletilmektedir. Bu yüzden ısı çiftleri ile ölçülen merkez sıcaklık verileri aynı zamanda, yüzey sıcaklık verileri olarak kabul edildi. IR kamera ile bu cisimlerin resimleri çekildiğinde de yüzey sıcaklıklarının tespitini yaptığımız resimler elde edildi. Başka bir ifadeyle yüzey sıcaklığı belli olan cismin, yüzey sıcaklık resmine sahip olduğu (Şekil 4.7a). Daha sonra bu resimler ve sıcaklık değerleri FLIR I50 bilgisayar programında işlenerek sistemin RAT değerleri

bulundu. Resimler ile ölçülen sıcaklıklar karşılaştırılarak bulunan sistemin RAT değerleri ise Çizelge 4.2'deki gibidir.

Çizelge 4.2. IR tünel ayarlanan sıcaklıklar için FLIR sistemde kullanılan RAT değerleri

Ayarlanan IR tünel sıcaklığı (°C)	180	250	300	350
RAT değeri (°C)	188	276	316	380

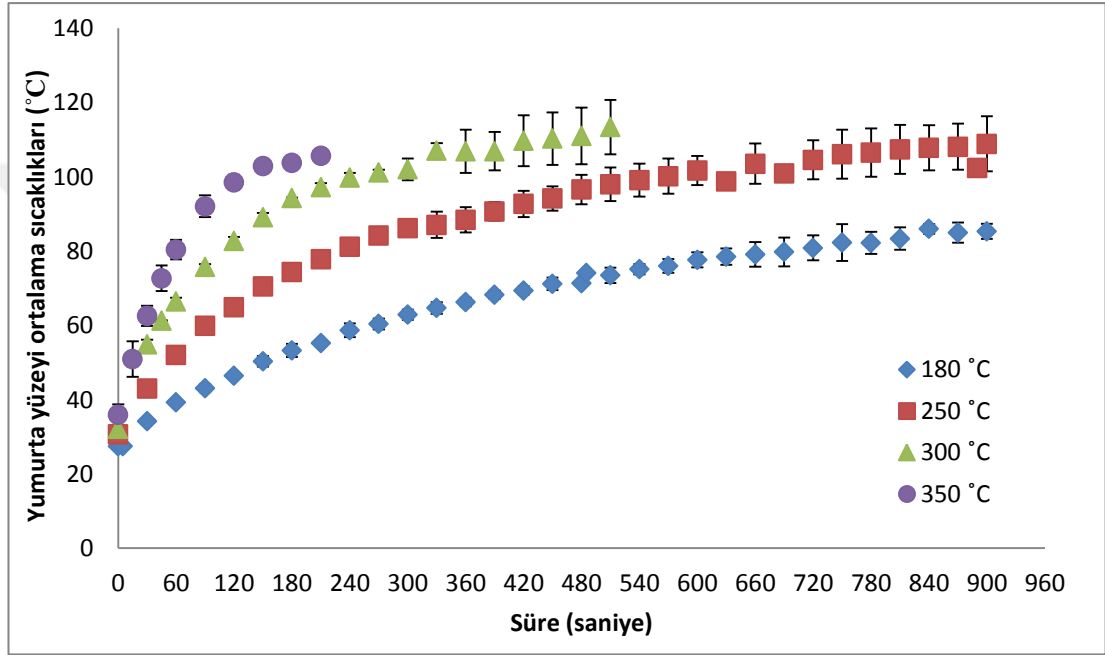
Yukarda anlatılan sistem ile yüzey sıcaklığı belli olmayan ancak yüzey IR kamera görüntüleri bulunan cisimlerin, yüzey sıcaklıkları kolayca hesaplanabilmektedir. Deneyler sırasında belirlenen sıcaklık ve sürelerde IR işlem uygulanıp yüzey resimleri IR kamera ile çekilen yumurtalara örnek olarak Şekil 4.7b'de (250 °C'de 120 saniye IR işlem uygulanmış yumurtaya) gösterildi.



Şekil 4.7. Kızılötesi kamera görüntüleri: a) 250 °C IR tünelde 330 s ısıtılmış dışı siyah boyalı bakır cisim; b) 250 °C IR tünelde 120 s ısıtılmış yumurta

Günlük tüketimde kullanılan yumurta için yapılan deneyde FLIR I50 sisteminde kullanılmak üzere yumurta kabuğu için emissivite değeri 0,95 (Turner, 1985; Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2012) olarak kabul edilip, RAT değerleri olarak da Çizelge 4.2'deki veriler kullanılarak yumurtaların ortalama yüzey sıcaklıkları hesaplandı. Farklı sıcaklıklarda IR işlem uygulanmış yumurtaların ortalama yüzey sıcaklıkları Şekil 4.8'de verilmektedir. Şekil 4.8 incelendiğinde IR işlem uygulanan bütün sıcaklıklarda yumurtaların başlangıç ortalama yüzey sıcaklıkları 27-36 °C arasında değişirken, önce hızlı bir şekilde arttığı, belli bir süre sonra sıcaklık artışının

yavaşladığı sonlara doğru ise neredeyse sabitlendiği gözlemlendi. Uygulanan IR işlem sonunda 180 °C için 900 saniye sonra yumurta ortalama yüzey sıcaklığı en fazla 85 °C olarak ölçüldü. Bu sıcaklıklar 250, 300 ve 350 °C için, 900, 510 ve 210 saniye sonra sırasıyla 109, 113, 106 °C olarak hesaplandı. Deneyler sırasında 300 ve 350 °C IR işlem uygulanan yumurtaların resimleri ise belli süre sonunda (210 ve 510 saniye) yumurta kabuğu bütünlüğünü koruyamadığı için çekilemedi ve dolayısıyla hesaplanamadı.



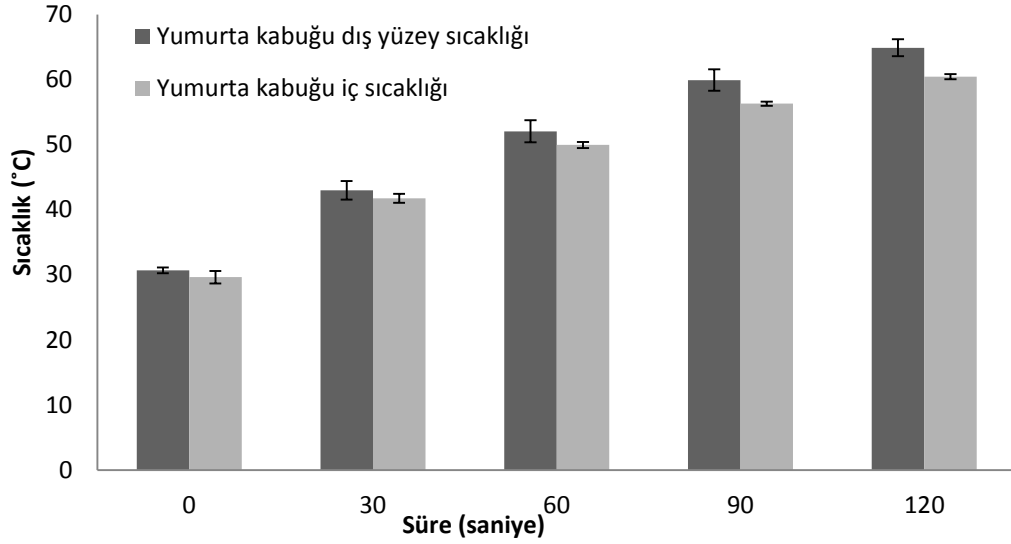
Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda IR işlem uygulanmış yumurtaların ortalama yüzey sıcaklıkları (Kızılötesi kamera görüntülerinden elde edilen sonuçlar)

Sıcaklık artışı gıdalarda renk değişimi, uçucu bileşenlerin uzaklaşması, kuruma, buruşma (büzüşme), kabuk oluşumu gibi bazı değişikliklere neden olur. Çiğ olarak tüketilen veya çiğ olarak satılan ürünler için görünüş önemli bir kalite parametresidir ve bu yüzden raf ömrünü artırmak için kullanılacak herhangi bir yöntemin yüzey özelliklerini değiştirmesi istenmez. Huang, (2004), hindi sosisleri ile yaptığı çalışmada, IR uygulaması ile yüzey pastörizasyonu sırasında, yüzeye yakın bir yere yerleştirilen ısı çiftleriyle ölçülerek bulunan yüzey sıcaklıklarını kullanmıştır. Çalışmada ısı çiftinin direk kızılötesi ışına maruz kalması sonucu sıcaklık artışının olma ihtimalinden bahsedilmiş ancak; ısı çiftinin ucunun çok küçük olmasından dolayı bu hatanın ihmal edilebileceğini ve ısı çiftinin ölçüm sonuçlarının doğru olduğu belirtilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise çileklerin yüzey dekontaminasyonu için

alternatif bir teknoloji olarak uzak kızılötesi ışın kullanımı denenmiş, kritik parametre 50 °C sıcaklık olarak belirtilmiştir (Tanaka ve ark., 2007). IR kamerayla yüzey sıcaklık ölçümleri ve simülasyon sonucu elde edilen sıcaklıklar karşılaştırılmıştır. Kullanılan iki yöntemle elde edilen sıcaklık verileri uyumluluğundan yola çıkarak proses geliştirilmesi önerilmiştir. Yani IR kamera ile ölçülen sıcaklıklar doğru olarak kabul edilip kontrol verileri olarak kullanılmışlardır.

Yumurta gibi gıdalarda, gıdanın orijinal halini değiştirmeden ısı çift ile sıcaklık ölçümü yapılamamaktadır. Dolayısıyla yüzeye yakın yere ısı çift yerleştirilerek ölçülen sıcaklıklar, bazı ihmaller yapılarak, doğru kabul edilerek proses parametreleri belirlenebilmektedir. Bu çalışmalar doğrultusunda IR kamera ile elde edilen sıcaklık verilerini karşılaştırmak için bir deney düzeneği hazırlandı ve kızılötesi tünelde 250 °C 'de işlem görmüş yumurta kabuğunun hemen altından ısı çiftle sıcaklık ölçümü alındı. Isıl çiftle ölçümden elde edilen sıcaklıklar, IR kamera resimlerinden elde edilen kabuğun yüzey sıcaklıkları ile birlikte Şekil 4.9'da gösterildi. Aynı koşullarda işlem görmüş yumurtaların, farklı iki yöntemle bulunan sıcaklık sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu belirlenirken; aynı sıcaklıkta ve aynı sürede işlem görmüş yumurtalar için kabuk içi sıcaklığının daha düşük olduğu gözlemlendi. Çiğ yumurta için yapılan yüzey pastörizasyon işlemleri için de sıcaklık önemli bir parametredir. Yumurta dış yüzey sıcaklığı artarken, yumurta iç sıcaklığının 55-60 °C'yi geçmesi, yumurta beyazında denatürasyona neden olacağı için uygulanacak proseslerin belirtilen sıcaklığı geçmemesi gerekmektedir (James ve ark., 2002; Pasquali ve ark., 2010). Bobuş Alkaya ve ark., (2016), yaptıkları çalışmada IR kamera ile sıcaklıkları belirlemişler ve aynı zamanda denatürasyonu yumurtayı kırarak kontrol etmişlerdir. Sonuç olarak denatürasyonun başladığı süreyi, IR kamera kullanarak buldukları yüzey sıcaklığından yola çıkarak doğru tespit edebildiklerini gözlemlemişlerdir. Benzer sonuçları; Tanaka ve ark., (2007), IR kamera ile çekilen çilek resimlerinden buldukları ve simülasyondan elde ettikleri yüzey sıcaklıklarının uyumlu olmasından yola çıkarak, proses parametrelerini belirledikleri çalışmada elde etmişlerdir. Eser ve Ekiz, (2016) uzak kızılötesi ışını uyguladıkları fıstıklarda kalite kontrolü için yüzey sıcaklığını kritik parametre olarak kullanmışlar ve yüzey sıcaklıklarını da kızılötesi kamera ile belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda da yüzey sıcaklığının tespitinin prosesler için önemli olduğu

vurgulanmıştır. Eliasson ve ark., (2015), toz kırmızı biber ile yaptıkları çalışmada IR kamera görüntülerini kullanmışlar ve yüzey sıcaklıklarını belirlemişlerdir. Foster ve ark., (2006)'nın çalışmaları ise gıda yüzeyini kısa zamanda ısıtmak ve soğutmak için tasarlanan bir sistemde yüzey sıcaklığını anlık belirlemek ve kontrol etmek için IR kamera kullanılan başka bir çalışmadadır.



Şekil 4.9. IR tünelde 250 °C 'de işlem görmüş yumurta kabuğu iç ve yüzey sıcaklıkları

Bu sonuçlar ışığında, IR kamera ile herhangi bir gıda ürününün yüzey resimlerinin analiz edilmesi ile gıdanın yüzey sıcaklığının hesaplanabileceği belirlendi. Yüzey sıcaklığı tespit edilecek gıda için model bir gıda ile sistem parametreleri belirlenerek gıdanın yüzey sıcaklığı bulunabileceği sonucuna ulaşıldı. IR kamera ile belirlenen yüzey sıcaklıklarının, çiğ et ve et ürünlerinin, taze meyve ve sebzelerin, kabuklu yumurtanın ve bunlara benzer sıcaklığın kritik nokta olduğu gıdaların yüzey pastörizasyonu veya sterilizasyonu çalışmalarında önemli bir belirteç olarak kullanılması önerildi. Ayrıca ısıtma işlemi uygulanan sürekli proseslerde, kritik sıcaklığı geçen ürün IR kamera ile belirlenerek, o ürünün sistemden uzaklaştırılması otomasyonu ile son ürün kalite kontrolünün artmasını sağlayacağı düşünüldü.

4.4. IR İŞİN İLE YUMURTA YÜZEY İŞLEMİ

4.4.1. IR Isıtma Sistem Uygulaması (0-200 saniye)

4.4.1.1. Yüzey sıcaklık bulguları

Isıl işlem parametrelerini belirlerken yumurtalar, kızılötesi kabinde belli sıcaklıklarda (180 - 350 °C arası) farklı sürelerde tutulduğunda (Çizelge 3.2); albüminde pıhtılaşma kontrolü görsel olarak yapılırken, IR kamera ile belirlenen yüzey sıcaklıkları da dikkate alınarak ısıl işlem süreleri belirlendi. Kızılötesi kabin sıcaklığı 180 °C'ye ayarlı iken 200 - 210 s IR işlem sonunda, yumurta kırılıp kabuk içi manüel olarak kontrol edildiğinde, yumurta beyazında ihmal edilebilecek kadar az pıhtılaşma gözlemlendi. Yüzey sıcaklığı IR kamera ile kontrol edildiğinde ise yaklaşık 55 °C olarak bulundu (Şekil 4.8). Diğer sıcaklıklar ve süreler denendiğinde ise IR sıcaklığı 250, 300, 350 °C ve süreler 110, 60, 30 s olduğunda yüzey sıcaklıkları sırasıyla yaklaşık olarak 62, 66 ve 62 °C olduğu görüldü. Yumurta beyazının pıhtılaşmaya başlama sıcaklığının 57 °C olduğu dikkate alınır (temel kriter) ve bulunan sıcaklıkların da yumurta kabuğunun dış sıcaklıkları olduğu düşünülürse, belirlenen sürelerde kabuk içinde pıhtılaşmanın olmaması beklenen doğal bir sonuç olarak belirlendi.

4.4.1.2. Kalite üzerine etkisi

Çizelge 3.2'deki parametreler için kalite analizleri yapıldı. IR işlem uygulamadan önce ve uygulandıktan sonra kütle ölçümü yapılan yumurtalarda herhangi bir fark gözlemlenmedi. Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5'de her IR sıcaklığı için işlem görmüş ve görmemiş yumurtaların fiziksel özellikleri (albümin pH'sı, YI, HU) incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü. Aynı sıcaklıkta işlem görmüş yumurtaların fiziksel özellikleri birbirine oldukça yakın bulundu. Örneğin 250 °C IR işlem görmüş yumurtaların pH değerleri 9,12 ile 9,29 arasında değişirken bu işlem için seçilen işlem görmemiş kontrol yumurtalarının pH değeri 9,25 olarak ölçüldü. Farklı sıcaklıklarda işlem görmüş yumurtaların fiziksel özellikleri karşılaştırıldığında farklı oldukları gözlemlendi. Bu farklılığın sebebinin ise seçilen her IR sıcaklık uygulamasının, farklı bir günde yapılmış olmasından kaynaklandığı düşünüldü. Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'de görüldüğü üzere depolamayla

fiziksel özellikler önemli ölçüde değişti. Buna göre farklı günlerde IR işlem uygulanmış yumurtaların, aynı gün içinde benzer, farklı günlerde farklı sonuçlar vermesi, depolama süresindeki değişimle ilişkilendirildi. Ayrıca IR işlemin (belirlenen sıcaklıklarda ve sürelerde) fiziksel özelliklerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime neden olmadığı görüldü. Değerler incelendiğinde standart sapmaların fazla olduğu görülmüş olup bunun, her yumurtanın farklı olmasından kaynaklandığı düşünöldü. Yumurtaların aynı kümeden alınmış olmaları, orta boy olmaları gibi birçok benzerlik sağlanmış olmasına rağmen, aynı ağırlıktaki yumurtaların boy - çap oranlarının değişmesi bile birçok özelliklerini değiştirmektedir. Bunlarında standart sapmaları arttırılabileceği düşünöldü.

Çizelge 4.3. Kızılötesi ısıtma sistemi ile farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların albümin pH değerleri

Süre (s)	Albümin pH değerleri			
	180 °C	250 °C	300 °C	350 °C
0	9,35±0,11 ^a	9,25±0,11 ^a	9,35±0,09 ^a	9,43±0,05 ^a
10				9,45±0,05 ^a
15			9,35±0,15 ^a	
20				9,39±0,32 ^a
30		9,29±0,03 ^a	9,38±0,16 ^a	9,39±0,15 ^a
45			9,31±0,14 ^a	9,49±0,11 ^a
60		9,28±0,07 ^a	9,19±0,15 ^a	
90		9,24±0,11 ^a		
100		9,12±0,09 ^a		
110		9,16±0,14 ^a		
120	9,31±0,08 ^a			
150	9,35±0,11 ^a			
180	9,35±0,14 ^a			
200	9,31±0,06 ^a			

^a. Aynı satırdaki aynı harfler istatistiksel olarak birbirleriyle benzer sonuçlardır (p<0,05).

Çizelge 4.4. Kızılötesi ısıtma sistemi ile farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların yolk indeks değerleri

Süre (s)	Yolk index değerleri			
	180°C	250°C	300°C	350°C
0	0,341±0,078 ^a	0,377±0,024 ^a	0,299±0,042 ^a	0,272±0,025 ^a
10				0,255±0,011 ^a
15			0,316±0,034 ^a	
20				0,286±0,039 ^a
30		0,345±0,037 ^a	0,298±0,030 ^a	0,315±0,010 ^a
45			0,326±0,037 ^a	0,281±0,035 ^a
60		0,337±0,031 ^a	0,350±0,023 ^a	
90		0,350±0,014 ^a		
100		0,339±0,014 ^a		
110		0,342±0,036 ^a		
120	0,307±0,082 ^a			
150	0,326±0,074 ^a			
180	0,319±0,092 ^a			
200	0,329±0,069 ^a			

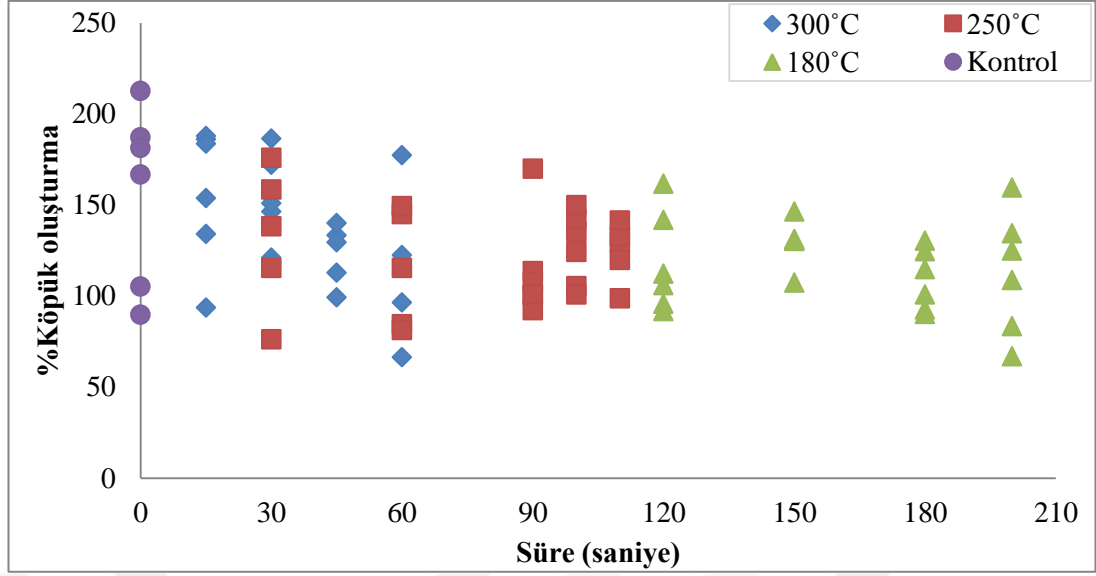
^a: Aynı satırdaki aynı harfler istatistiksel olarak birbirleriyle benzer sonuçlardır (p<0,05).

Çizelge 4.5. Kızılötesi ısıtma sistemi ile farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların Haugh unit değerleri

Süre (s)	HU değerleri			
	180 °C	250 °C	300 °C	350 °C
0	56,98±13,46 ^a	60,11±17,05 ^a	47,80±12,46 ^a	56,78±10,36 ^a
10				41,89±11,30 ^a
15			47,62±19,71 ^a	
20				63,24±4,76 ^a
30		56,08±12,19 ^a	46,73±17,33 ^a	60,25±11,37 ^a
45			48,78±11,60 ^a	58,33±7,76 ^a
60		53,18±15,40 ^a	58,26±12,53 ^a	
90		53,68±13,14 ^a		
100		60,87±8,13 ^a		
110		57,05±17,74 ^a		
120	40,56±21,40 ^a			
150	44,67±15,46 ^a			
180	52,87±12,88 ^a			
200	55,92±13,49 ^a			

^a. Aynı satırdaki aynı harfler istatistiksel olarak birbirleriyle benzer sonuçlardır (p<0,05).

Farklı sıcaklıklarda farklı sürelerde kızılötesi işlem görmüş yumurtaların beyazlarının köpük oluşturma değerleri Şekil 4.10' de gösterilmektedir. Elde edilen değerlere göre işlem görmüş yumurta beyazlarının köpük oluşturma değerleri, işlem görmemiş yumurta beyazlarının köpük oluşturma değerleri aralığındadır. Veriler istatistiksel olarak incelendiğinde kontrol yumurtaları ile işlem görmüş yumurtalar arasında köpük oluşturma özellikleri açısından anlamlı bir fark bulunmadı. Bu verilere göre kızılötesi işleminin yumurta beyazının köpük oluşturma özelliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşıldı. Değerler arasındaki farkın ise her analizde kullanılan yumurtanın farklı olmasından kaynaklandığı düşünüldü.



Şekil 4.10. Kızılötesi ısıtma sistemi ile farklı sıcaklıklarda işlem gören yumurtaların köpük oluşturma değerleri

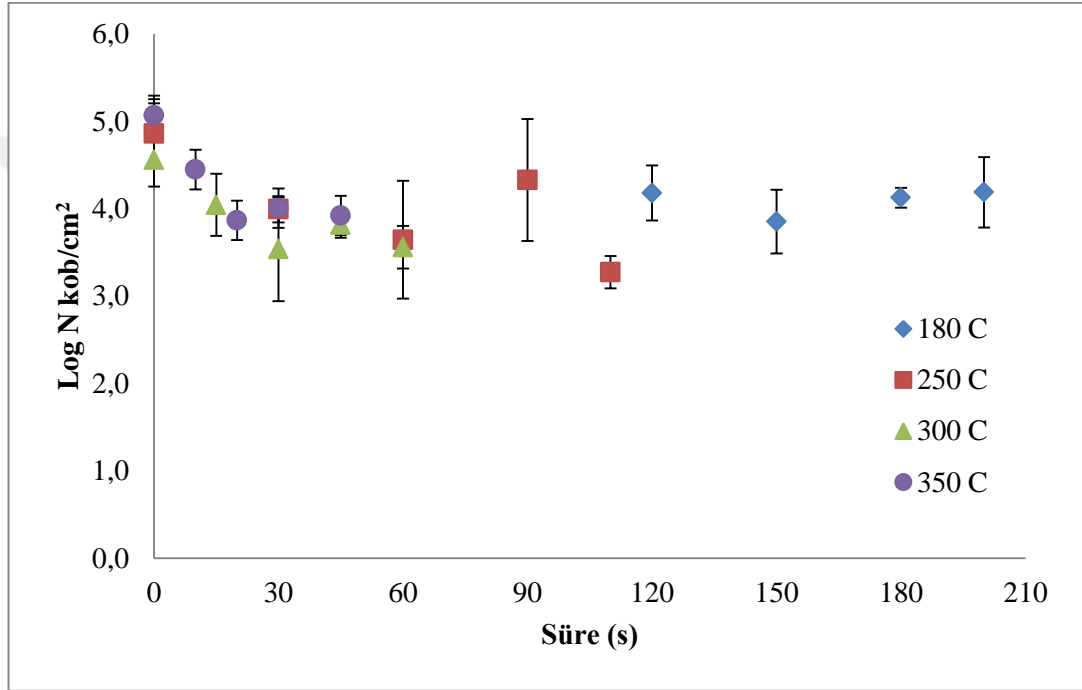
4.4.1.3. *E. coli* ATCC 25922 üzerine etkisi

Çalışmalara *Salmonella* ile benzer ısıl özelliklere sahip *E. coli* O157:H7 ile başlandı ancak yüksek patojen olması nedeniyle çalışmalara *Salmonella* ve *E. coli* O157:H7 ile benzer özelliklere sahip patojen olmayan *E. coli* ATCC 25922 suşu ile devam edildi. Seçilen suş kapsamında, Eblen ve ark. (2005) yaptıkları bir çalışmada patojen bakteriler olan *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* suşları ile patojen olmayan 15 farklı *E. coli* suşlarının, gelişme karakterleri (jenerasyon süreleri, Lag fazı süreleri ve maksimum popülasyonları) direnç özellikleri (elma yüzeyine yapışma ve canlı kalabilme yetenekleri, hidrojen peroksit uygulamasına karşı gösterdikleri dirençler ve 60 °C'deki ısıl dirençleri) incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonunda elde edilen verilere göre incelenen özelliklerde patojen olmayan *E. coli* ATCC 25922 suşunun, patojen olan *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* ile benzer özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu kapsamda da deneyler sırasında *E. coli* O157:H7 yerine *E. coli* ATCC 25922 suşu kullanıldı. Patojen olmayan bu suş ile deney koşulları genel olarak belirlendikten sonra seçilen tek IR sıcaklığında *Salmonella* Enteritidis ve *Listeria monocytogenes* ile deneyler yapıldı.

İnokülasyon çalışmaları sonucunda 10^9 KOB/mL mikroorganizma içeren aktif kültürden, orta boy yumurtaların yüzeyine yaklaşık olarak 10^5 KOB/cm²

sayısında *E. coli* ATCC 25922 yüklenmiş ve ardından yumurtalar farklı sıcaklık ve sürelerde kızılötesi işleme maruz bırakıldı.

180 °C IR kabin sıcaklığında 200 s ısıl işlem süresince, yumurtalardan her 30 saniyede üçer örnek alındı ve zamana bağlı olarak mikrobiyel azalma belirlendi. Aynı işlemler çizelge 3.2’ de belirlenen diğer sıcaklık ve süreler içinde uygulandığında Şekil 4.11’deki sonuçlar elde edildi. Uygulanan her sıcaklık için ortalama ilk 30 saniyede bakteri sayısında hızlı bir azalma gözlemlendi (yaklaşık 1 log).



Şekil 4.11. Farklı sıcaklık ve sürelerde kızılötesi uygulamasının mikrobiyel yük üzerine etkisi (N: *E. coli* ATCC 25922 sayısı Log KOB/cm²)

Çizelge 4.6’da ise kızılötesi işlem uygulandıktan sonra yumurta yüzeyinde kalan *E. coli* ATCC 25922 miktarları verilmektedir. Buna göre 180 °C’de 200 s kızılötesi işlem uygulaması ile mikrobiyel yükte 0,88 log azalma sağlandı. Diğer sıcaklıklardaki sonuçlar ise 250, 300 ve 350 °C için sırasıyla 1,59; 1,0; 1,15 log KOB/cm² olarak bulundu.

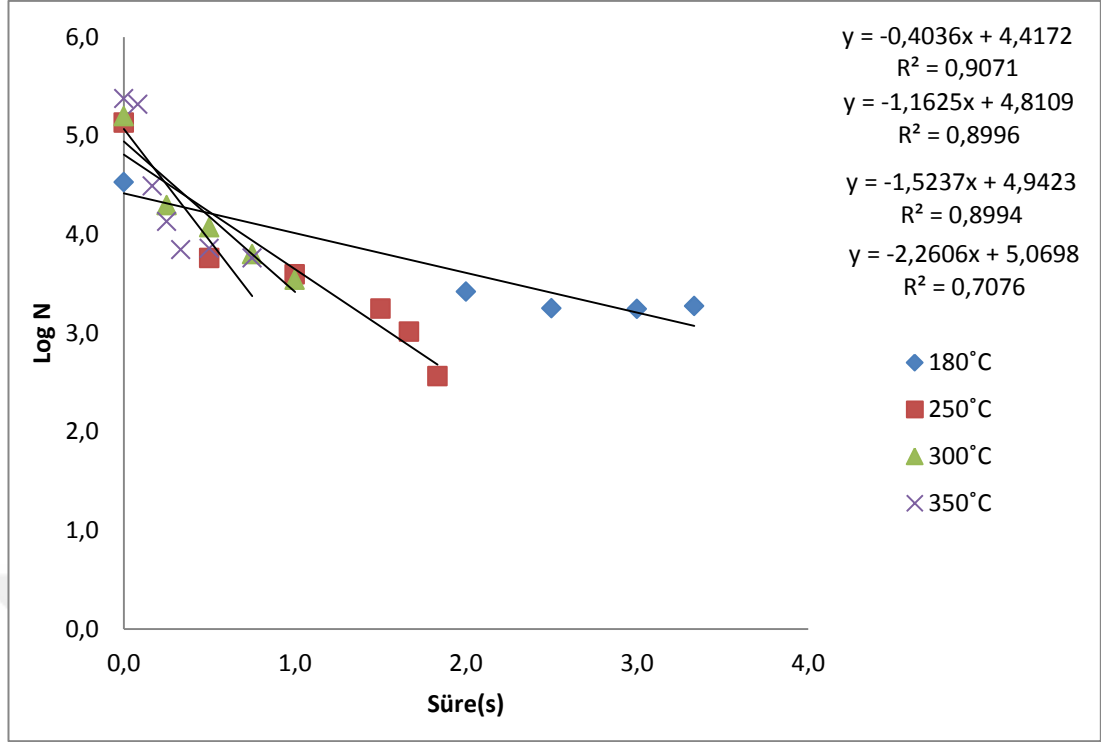
Çizelge 4.6. Farklı sıcaklı ve sürelerde kızılötesi uygulandıktan sonra yumurta yüzeyindeki *E. coli* ATCC 25922 sayıları

Süre (s)	Kızılötesi uygulama sıcaklıkları			
	180 °C	250 °C	300 °C	350 °C
	<i>E. coli</i> ATCC 25922 sayısı (Log KOB/cm ²)			
0	5,07±0,19	4,86±0,35	4,56±0,31	5,07±0,09
10				4,45±0,15
15			4,04±0,36	
20				3,87±0,31
30		3,99±0,15	3,54±0,59	4,01±0,16
45			3,82±0,15	3,92±0,17
60		3,64±0,67	3,56±0,24	
90		4,33±0,70		
110		3,27±0,19		
120	4,18±0,31			
150	3,85±0,36			
180	4,13±0,11			
200	4,19±0,40			

IR ışınla ile yumurta yüzeyindeki *E.coli* üzerinde belirli bir öldürücü etki sağlanmaktadır. Farklı sıcaklıklarla yapılan deney sonuçlarına göre Şekil 4.12’de bulunan eğrilerin eğimleri çizilmiş denklemleri verilmektedir. Bu denklemler kullanılarak *E. coli* ATCC 25922 bakterisi için farklı kızılötesi sıcaklıklarında ‘k’ ve ‘D’ değerleri hesaplandı. Bu değerler Çizelge 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.7. *E.coli* ATCC25922 için ‘k’ ve ‘D’ değerleri

Kızılötesi Sıcaklığı (°C)	k	D (dk)
180	0,92949	2,48
250	2,677238	0,86
300	3,509081	0,66
350	11,7605	0,20



Şekil 4.12. IR uygulamasında farklı sıcaklıklarla mikroorganizma azalması ve eğimleri

Bu sonuçlar kapsamında yumurta albümininde pıhtılaşmaya neden olmadan uygun bir sıcaklık - zaman değeri belirlenebileceği düşünüldü. Elde edilen verilere göre mikrobiyel azalma sayısı literatürde belirtilen 5 log azalmanın altında kalmaktadır (Stadelman ve ark., 1996). Bu nedenle kızılötesi ısıtma sistemi uygulamasının pastörize sıvı yumurta üretimi için bir ara basamak olarak değerlendirilebileceği ancak, kabuklu yumurta sterilizasyonunda bu parametrelerle kullanılamayacağı sonucuna ulaşıldı. Buna göre kabuktaki sıcaklık artışının kızılötesi ışının sterilizasyon amaçlı kullanımını kısıtlamasından dolayı, sıcaklık artışı belli bir değerden sonra engellenebilirse kızılötesinin etkili olabileceği hipotezi oluşturuldu. Bu hipotezden yola çıkarak yumurtanın iç sıcaklığını 57 °C'nin üstüne çıkarmadan yumurtanın *Salmonella* açısından steril edilmesi için kızılötesi ısıtma ve hava soğutma art arda sistemi denendi. Bu sistem denenmeden önce yumurta yüzeyine inoküle edilen bakterilerin tamamının ne kadar sürede inhibe edilebileceği belirlendi.

Uygulanan kızılötesi sıcaklıklarından 300 ve 350 °C seçilecek olursa, işlem süresinin çok kısa olması (45 - 30 s gibi) homojen olmayan sıcaklık dağılımı ve

yüksek sıcaklıklarda çalışma zorluğu gibi dezavantajlarından dolayı sterilizasyona uygun olmadığına karar verildi. 180 °C gibi düşük sıcaklıklarda ise IR işlem uygulandığında daha uzun işlem süresi gerekmektedir. Uzun işlem sırasında ise kondüksiyonla ısı transferi etkin mekanizma olmaya başladığı düşünöldü. Yüzey sıcaklığı 57 °C'yi geçmediğı halde kondüksiyondan dolayı iç kalite etkilenmeye başladığı için de düşük sıcaklıklar tercih edilmedi. Tüm sıcaklıklarla yapılan deney sonuçları ele alındığında, IR işlem sıcaklığı olarak 250 °C uygulanmasına karar verildi ve bundan sonraki denemelerde bu sıcaklık kullanıldı.

4.4.2. IR Isıtma Sistem Uygulaması (250 °C; 0-420 saniye)

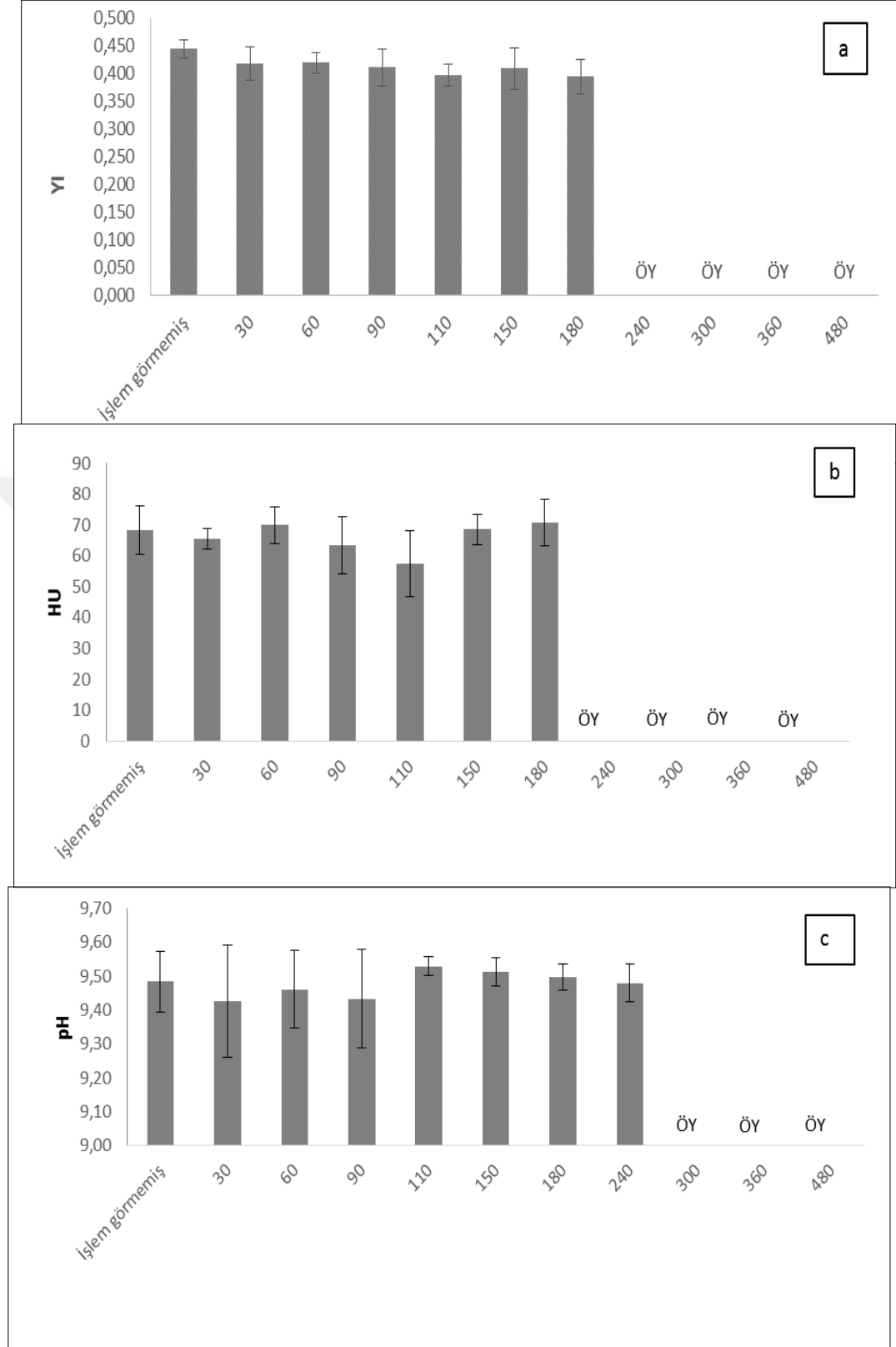
Sterilizasyon amacıyla yüzeydeki mikroorganizma sayısını 6 log düşürmek için yaklaşık 6 dakikalık bir işlemin (1 dakikada 1 log azalma sağlandığı için) yeterli olabileceğı düşünölenerek yumurta yüzeyine 250 °C IR işlem 360 - 420 s uygulanıp ve gerekli analizler yapıldı.

4.4.2.1. Yüzey sıcaklık bulguları

Yumurtaların başlangıç ortalama yüzey sıcaklıkları 27-36 °C arasında değışirken yumurta yüzeyine 250 °C IR işlem 360 s uygulandığında, yumurta yüzeyi ortalama sıcaklığı kızılötesi kamera ile 97 °C; 420 s için yaklaşık 100 °C olarak ölçöldü. Kızılötesi işleme devam edildiğinde, 480 saniyeden sonra ise kabuk deforme olduğı için ölçüm alınamadı.

4.4.2.2. Kalite üzerine etkisi

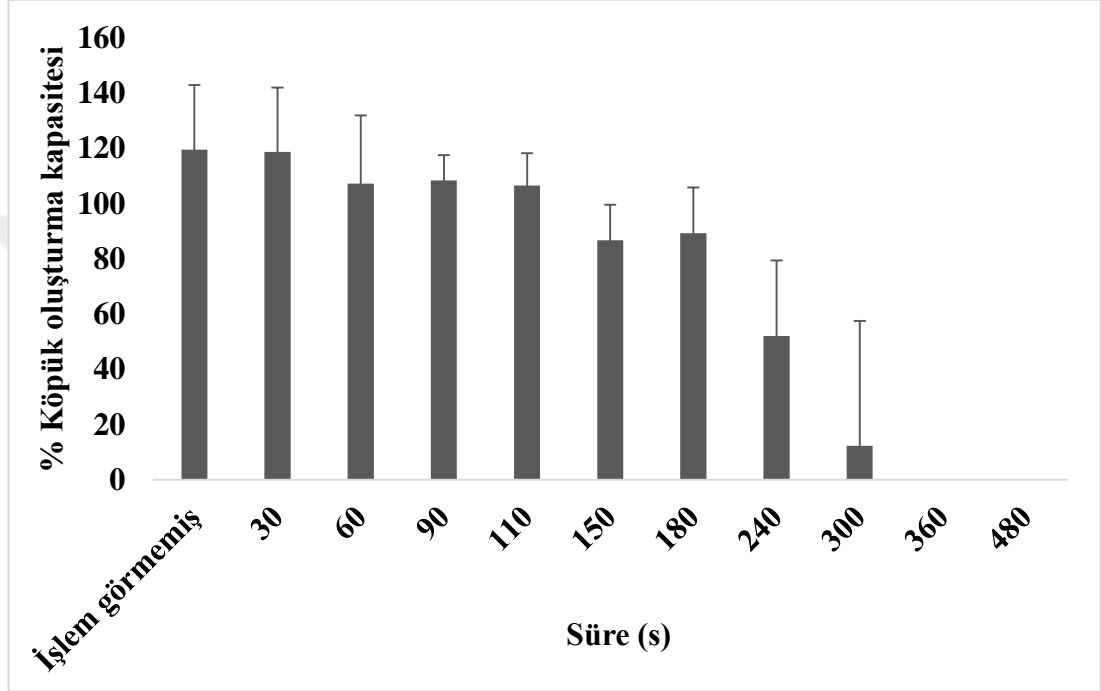
Kızılötesi ısıtma işlemi 250 °C'de 420 s uygulandığında yumurta iç kalitesindeki değışim Şekil 4.13'de gösterilmektedir. YI ve HU değıerleri 180 s; pH değıeri ise 240 s işlemden sonra ölçölemedi. Bu süreler kadar değıerlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p < 0,05$) gözlenmedi. Devamında ise, 240 s ve üzeri ısıtma işlemi uygulanan yumurtalarda, denatürasyon çok fazla olduğı için ölçüm yapılamadı (ÖY).



*İstatistiksel analiz sonucunda kolonlar arasında fark bulunmamıştır.

Şekil 4.13. 250 °C IR - 480 saniye IR işlem uygulanmış yumurtaların a) Yolk indeks değerleri; b) Haugh unit değerleri; c) Albümin pH değerleri

Köpük oluşturma kapasiteleri ise Şekil 4.14’de gösterilmektedir. İşlem görmemiş yumurtaların köpük oluşturma değerleri % 120 ± 23 iken; ısıtma işlemi 110 s kadar uygulandığında köpük oluşumunda anlamlı bir fark gözlenmedi (% 120-107 arasında değişmekte). Ancak 150 s ve sonrasında köpük oluşumunda azalmalar oluşurken; 240 ve 300 s uygulandığında standart sapma değerleri çok fazla olan sonuçlar elde edilip devamında ise ölçüm yapılamadı.



Şekil 4.14. 250 °C IR – 480 saniye IR işlem uygulanmış yumurtaların % köpük oluşturma kapasiteleri

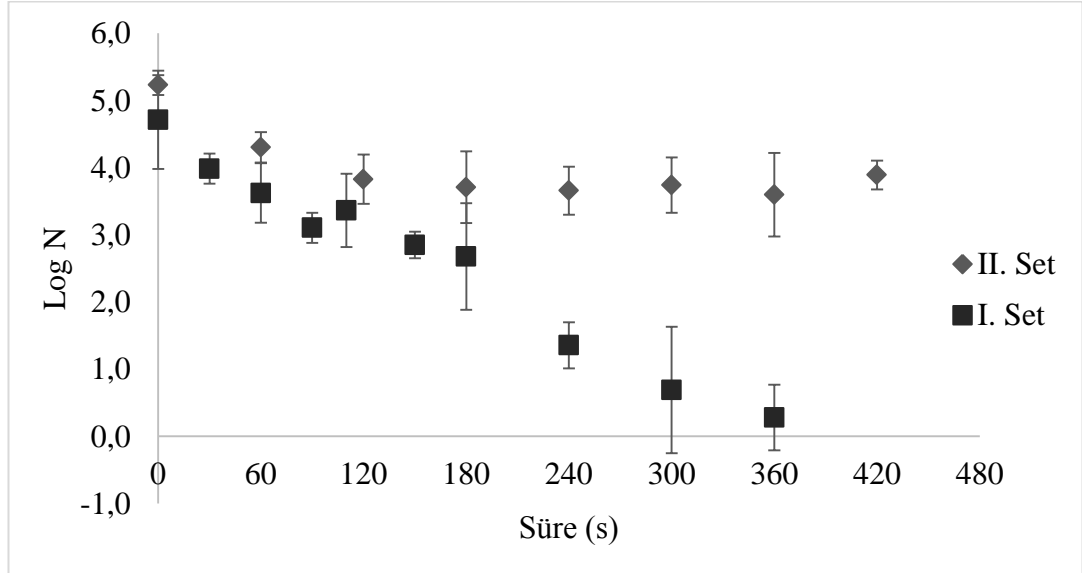
Kızılötesi işlem uygulanmış yumurta beyazlarında oluşturulan köpüklerin % stabilitesi incelendiğinde; işlem görmemiş yumurta beyazlarının stabilitesi % 50 değerlerinde iken ısıtma işlem süresinin artması ile bu değerde azalma görüldü (Çizelge 4.8). 110 s sonra belirgin bir azalma gözlenirken 240 s sonra mantıklı sonuçlar olmadığı için değerlendirmeye alınmadı. Isıtma işlem miktarı arttıkça daha zayıf köpüklerin elde edildiği sonucuna ulaşıldı.

Çizelge 4.8. 250 °C IR - 480 saniye IR işlem uygulanmış yumurtaların % köpük stabilitesi

Süre (s)	İşlem görmemiş	30	60	90	110	150	180	240	300
% Köpük stabilitesi	50	47	47	40	27	22	17	-	-

4.4.2.3. *E. coli* ATCC 25922 üzerine IR ısıtmanın etkisi

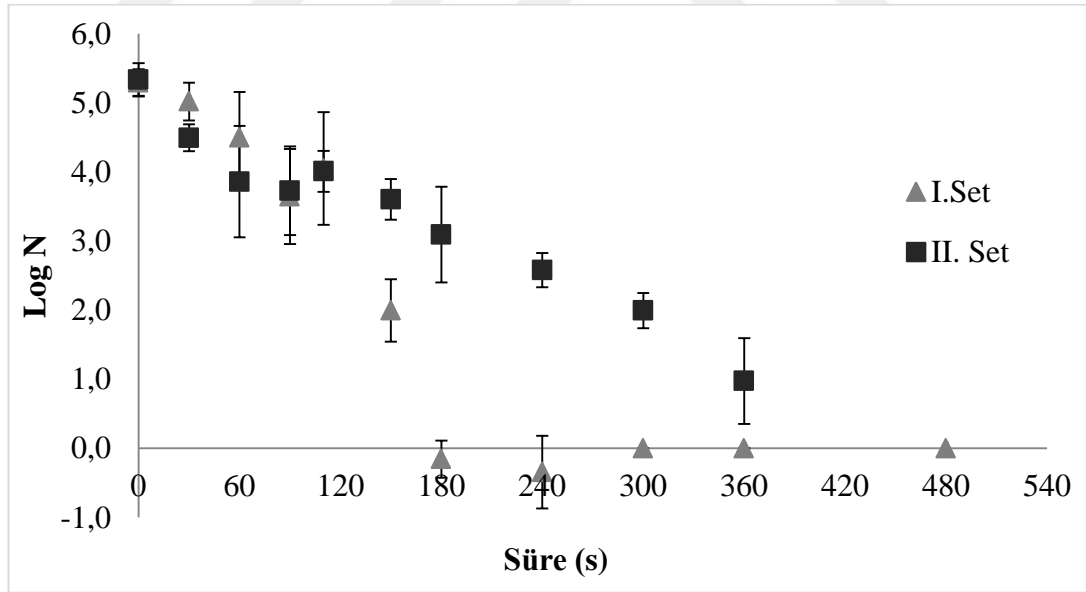
Yapılan bu deneylerle iç kalite değişimine bakmaksızın, yumurta yüzeyine inoküle edilen maksimum miktardaki bakterilerin tamamen inhibe olacağı süreyi bulmak hedeflendi. Kabuk yüzeyine *E. coli* ATCC 25922 inoküle edilen yumurtalardan IR sıcaklığı 250 °C’de işlem gördükten sonra 30 s’de bir örnek alınıp yapılan bakteri analizi sonuçları Şekil 4.15’de gösterilmektedir. Yapılan ilk set deneylerde yaklaşık 400 s ısıtma işlemi sonunda yumurta yüzeyinde bakteri kalmadığı gözlemlendi. Ancak yapılan ikinci set deney sonuçları beklenildiği gibi çıkmamış, uygulanan ısıtma işlemi ile sadece yaklaşık 1,5 log azalma sağlandı. Deneyler sırasında yapılan bir hatadan kaynaklı olabileceği düşünüldü. İşlem süresinin, kızılötesi işlemin uygulanış şekline, yumurtanın kabin içindeki yerine ve düzensiz şekline bağlı olarak değiştiği düşünüldü. 250 °C sıcaklıkta, 420 s kızılötesi işlem uygulaması, yumurta yüzeyindeki mikroorganizmaların matematiksel olarak tamamını inaktif hale getirebileceğimizi gösterdi. Ancak bu kızılötesi koşullarında yumurta neredeyse pişmiş bir ürün haline dönüştü. Uygulanan prosesle yumurta steril edilmiş olsa bile son ürün istenilen özellikte olmadığı için proses, tezin amacına uygun bir işlem olmadığı sonucuna ulaşıldı.



Şekil 4.15. 250 °C IR işlem uygulanmış yumurta yüzeyinde kalan *E. coli* ATCC 25922 sayısı (N: *E. coli* ATCC 25922 sayısı Log KOB/cm²)

4.4.2.4. S. Enteritidis üzerine IR ısıtmanın etkisi

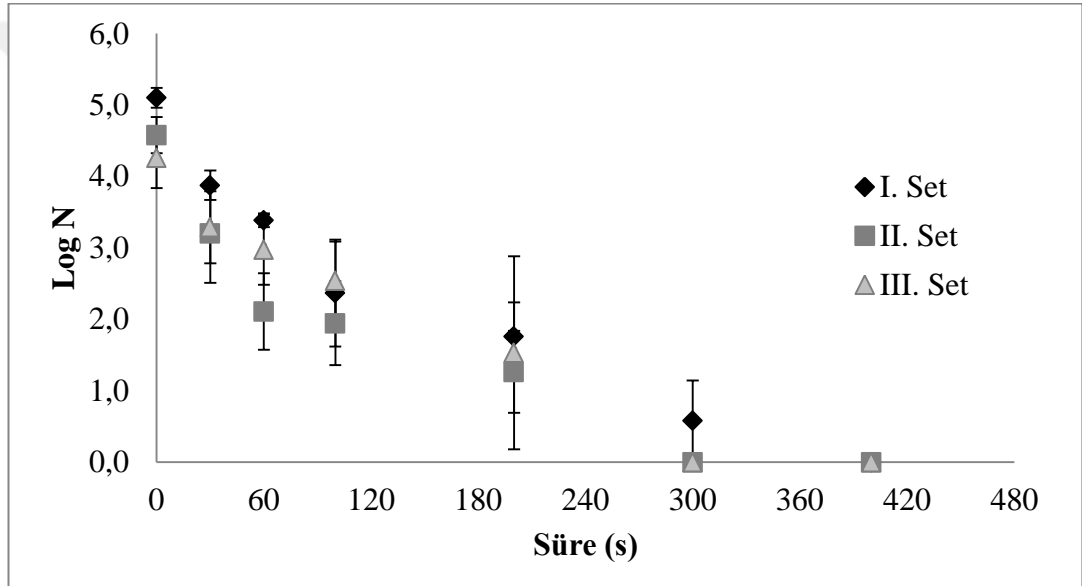
Yumurta yüzeyine yaklaşık 5,3 log S.E. inoküle edildikten sonra IR işlem uygulanmış yumurtalarda 30 s aralıklarla alınan örneklerde yapılan analizlerden Şekil 4.16'daki sonuçlar elde edildi. Yapılan iki set deney için IR işlem ile 90 saniyede, yüzeydeki bakteri sayısında 1,6 log azalma sağlandı. İlk setteki deneyde 180 saniyede yüzeydeki bakterilerin tamamı inhibe edilirken ikinci sette 360 saniye sonunda yüzeyde çok az bakteriye rastlandı. Bu farklılıkların (*E. coli* analizi sonuçlarında olduğu gibi) farklı yumurta kullanımından ve setlerin farklı günlerde yapılmış olmasından kaynaklanabileceği düşünüldü. Kızılötesi işlemin S.E. üzerine etkisini incelediğimizde; Log N - t grafiklerinden yapılan hesaplamalar sonucunda 'k' değeri 2,31774 olarak bulundu. D_{250} değeri ise 0,99 dk olarak hesaplandı. Başlangıçta *Salmonella* yerine ısıl özellikleri benzer olduğu için *E. coli* ATCC 25922 ile deney düzeneği oluşturuldu. Kızılötesi uygulamasıyla bakterilerin D_{250} değerleri karşılaştırıldığında önemli bir fark görülmediği için bu yaklaşımın doğru olduğunu da söyleyebiliriz.



Şekil 4.16. 250 °C IR işlem uygulanmış yumurta yüzeyinde kalan *S. Enteritidis* sayısı (N: *S. Enteritidis* bakteri sayısı Log KOB/cm²)

4.4.2.5. *L. monocytogenes* üzerine IR ısıtmanın etkisi

IR ısıtmanın yumurta yüzeyine inoküle edilen *L. monocytogenes* üzerine etkisini incelediğimizde Şekil 4.17'deki sonuçlar elde edildi. Yumurta yüzeyine ortalama 4,6 log KOB/cm² *L. monocytogenes* inoküle edilebildi ve yapılan üç set deneyde de benzer sonuçlar bulundu. IR işlem ile ilk 90 saniyede 2,4 log KOB/ cm² bakteri inhibe edildikten sonra yaklaşık 300 saniyelik IR işlem ile yumurta yüzeyi steril hale getirildi. Kızılötesi işlemin *L. monocytogenes* üzerine etkisini incelediğimizde ise Log N - t grafiklerinden yapılan hesaplamalar sonucunda 'k' değeri 0,7850 olarak bulundu. D₂₅₀ değeri ise 1,27 dk olarak hesaplandı.

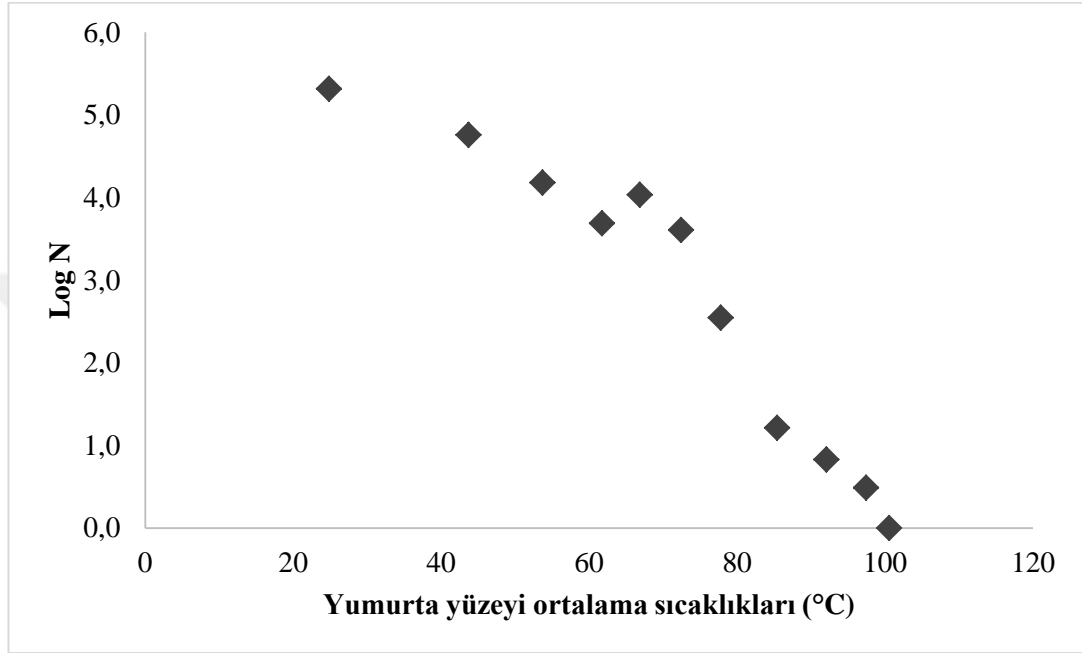


Şekil 4.17. 250 °C IR işlem uygulanmış yumurta yüzeyinde kalan *L. monocytogenes* sayısı (N: *L. monocytogenes* bakteri sayısı log KOB/cm²)

4.4.2.6. Mikroorganizma yüzey sıcaklığı ilişkisi

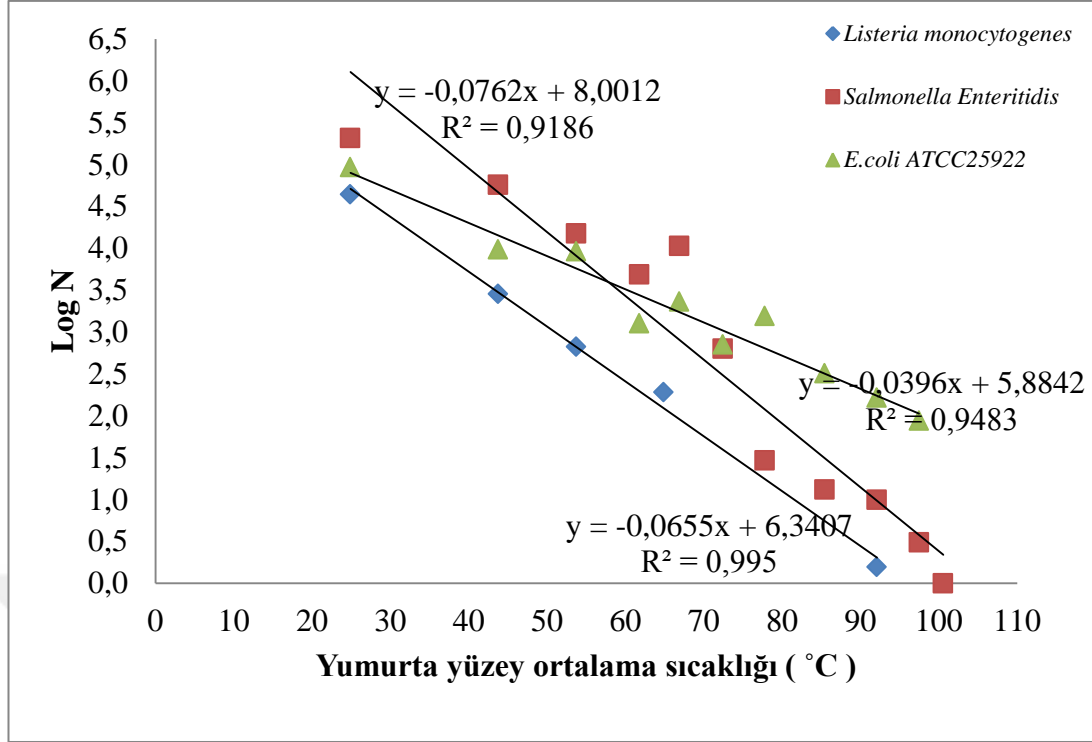
Proses koşullarını sınırlayan en önemli parametre yumurta beyazının sıcaklığının 57 °C'yi geçmemesi olduğu için yüzey sıcaklığı, proses koşullarının belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Buna göre mikroorganizma analizlerinin ve yüzey sıcaklıklarının sonuçları birlikte değerlendirildiğinde Şekil 4.18'deki sonuçlar elde edildi. Yumurtaya 250 °C IR işlem uygulanmasıyla yüzey sıcaklıkları ortalama değeri 100 °C olduğunda, yüzeyde *E. coli* ATCC 25922 bakterisinin canlı kalamadığını söyleyebiliriz. Ancak böyle bir ısıl işlem yumurtanın içinde

denatürasyona neden olacağı için yüzey sıcaklığının bu kadar yükselmesine izin verilemez. Ortalama 60 °C 'lik bir yüzey sıcaklığının bakteri sayısında yaklaşık olarak 1,5 log azalma sağlayabildiği şekil 4.18'de görüldü. Bu seviyede bir ısıl işleme yumurta iç kalitesinde herhangi bir değişimde gözlenmedi. Bu sonuçlardan yola çıkarak proses koşulları belirlendi.



Şekil 4.18. Yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları ile *E. coli* ATCC 25922 sayısının değişimi (Log N: *E. coli* ATCC 25922 sayısı Log KOB/cm²)

250 °C'de IR işlem uygulaması sırasında yumurta kabuğu yüzey sıcaklıkları arttıkça mikroorganizma sayılarının azaldığı Şekil 4.19'da gösterilmektedir. Mikroorganizma sayısındaki azalma ile sıcaklık artışı arasında doğrusal bir ilişki kurulabilir. *L. monocytogenes* ve *S. Enteritidis* eğimleri birbirine benzerlik göstermekte, *E. coli* ATCC 25922 bakterisinde ise azalma lineere yakın olup, doğrunun eğimi diğerlerinden biraz farklıdır.

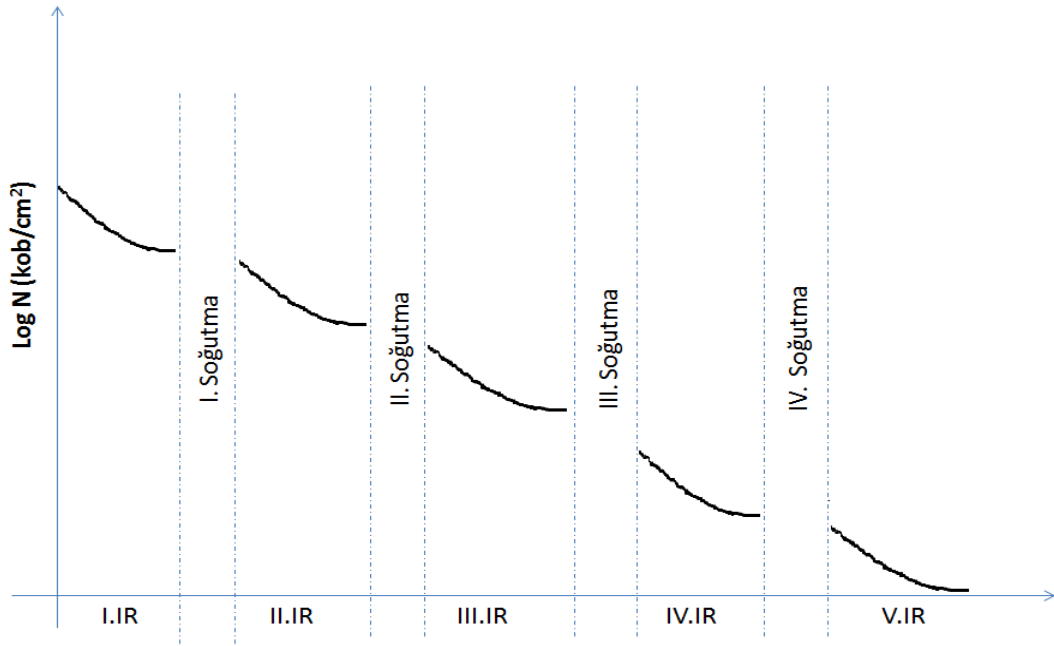


Şekil 4.19. Yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları ile bakteri sayılarındaki değişim (Log N: *L. monocytogenes*, *S. Enteritidis* ve *E.coli* ATCC 25922 bakteri sayısı Log KOB/cm²)

4.4.3. Seri Kızılötesi Isıtma + Hava Soğutma Kombine Sistem Uygulaması

Şekil 4.15 ve Şekil 4.18'den yola çıkarak 250 °C'de 60 saniye IR işlem uygulaması ile yumurta yüzeyindeki bakteri sayısında yaklaşık 1 log azalma sağlanırken, yumurta iç yüzeyi ortalama sıcaklığının 60 °C'nin üstüne çıkamayacağı, böylece yumurta içinin de sıcaklıktan etkilenmeyeceği düşünüldü (IR işlemin ürün içine nüfuz etme gücü az olduğu için ürünün iç sıcaklığı artmıyor). Bu bulgular doğrultusunda 250 °C'de 60 s IR işlem uygulanan yumurta, soğuması için soğuk ortama bırakıldı. Soğuma için 120 s beklendikten sonra aynı IR işlem tekrar uygulandı. Art ardına IR işlem ve soğuk hava uygulaması, yüzeydeki mikroorganizmalar tamamen inaktif olana kadar devam edildi. Yumurta yüzeyi steril olurken, yüzey sıcaklığında pıhtılaşmaya neden olacak kadar bir sıcaklık artışı gözlenmediği için iç kalitede de değişim söz konusu olmadığı görüldü. Şekil 4.20'de tasarlanan proses ile elde edilmesi beklenen mikrobiyel değişim gösterildi. Bu sistemle yumurtanın yüzeyi, pıhtılaşmanın görülmeyeceği en üst sıcaklığa kadar ısıtılarak burada mikrobiyel azalma sağlanması ve hemen ardından soğutulması

yumurta yüzeyinin ilk sıcaklığına gelmesi beklenildi. Tekrarlanan her IR işlemi ile tekrar mikrobiyel azalma gerçekleştirilirken yumurta içi ısınmadığı için fiziksel özelliklerinin değişmemesi beklenildi. Bu öngörüler doğrultusunda, sistemin her aşamasında yüzey ortalama sıcaklıkları belirlenip, kalite analizleri ile mikrobiyolojik analizler yapıp yöntemin etkinliği ispatlandı. Bu aşamada da sistem için patent başvurusunda bulunulmuş olup Nisan 2016 tarihi itibarıyla araştırma talebinde bulunuldu.

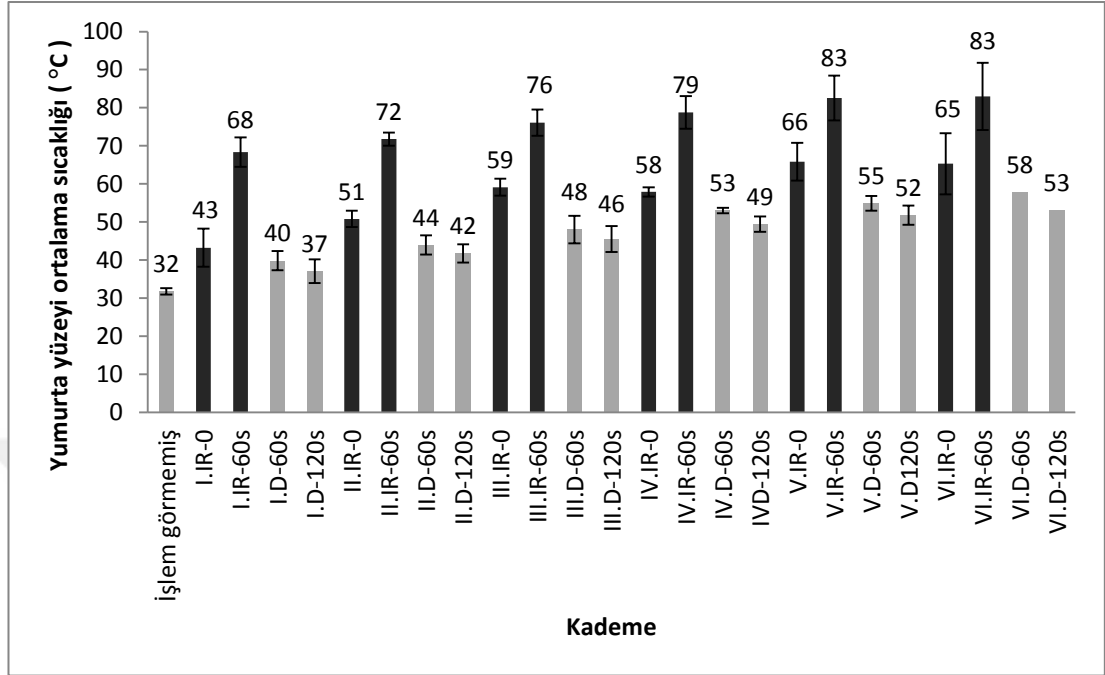


Şekil 4.20. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların her kademedeki mikroorganizma sayısındaki beklenen azalma eğilimi

4.4.3.1. Yüzey sıcaklık bulguları

Kademeli olarak IR işlem uygulanan yumurtanın her aşamada çekilen görüntüleri kullanılarak ortalama yüzey sıcaklıkları hesaplandı. Buna göre kademeli sistem uygulandığında yumurta yüzey ortalama sıcaklıkları Şekil 4.21'deki gibi bulundu. Yumurtaların başlangıç yüzey ortalama sıcaklıkları ortalama 32 °C (işlem görmemiş); IR kabin içine yerleştirildiğinde ilk sıcaklıklar 43 °C (I.IR 0); IR kabin içinde 60 s sonraki sıcaklıkları 68 °C (I.IR 60 s); soğutma bölümünde 60 s sonraki sıcaklıklar 40 °C (I.D 60 s); soğutma bölümünde 120 s sonraki sıcaklıklar ise 37 °C

(I.D-120 s) olarak ölçüldü. Soğuk bölmede yumurta yüzey sıcaklıklarının 58 °C'yi geçmediği; IR işlemler sırasında da sıcaklıkların 83 °C'yi geçmediği gözlemlendi.



Şekil 4.21. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların her kademedeki sıcaklıkları

4.4.3.1. Kalite üzerine etkileri

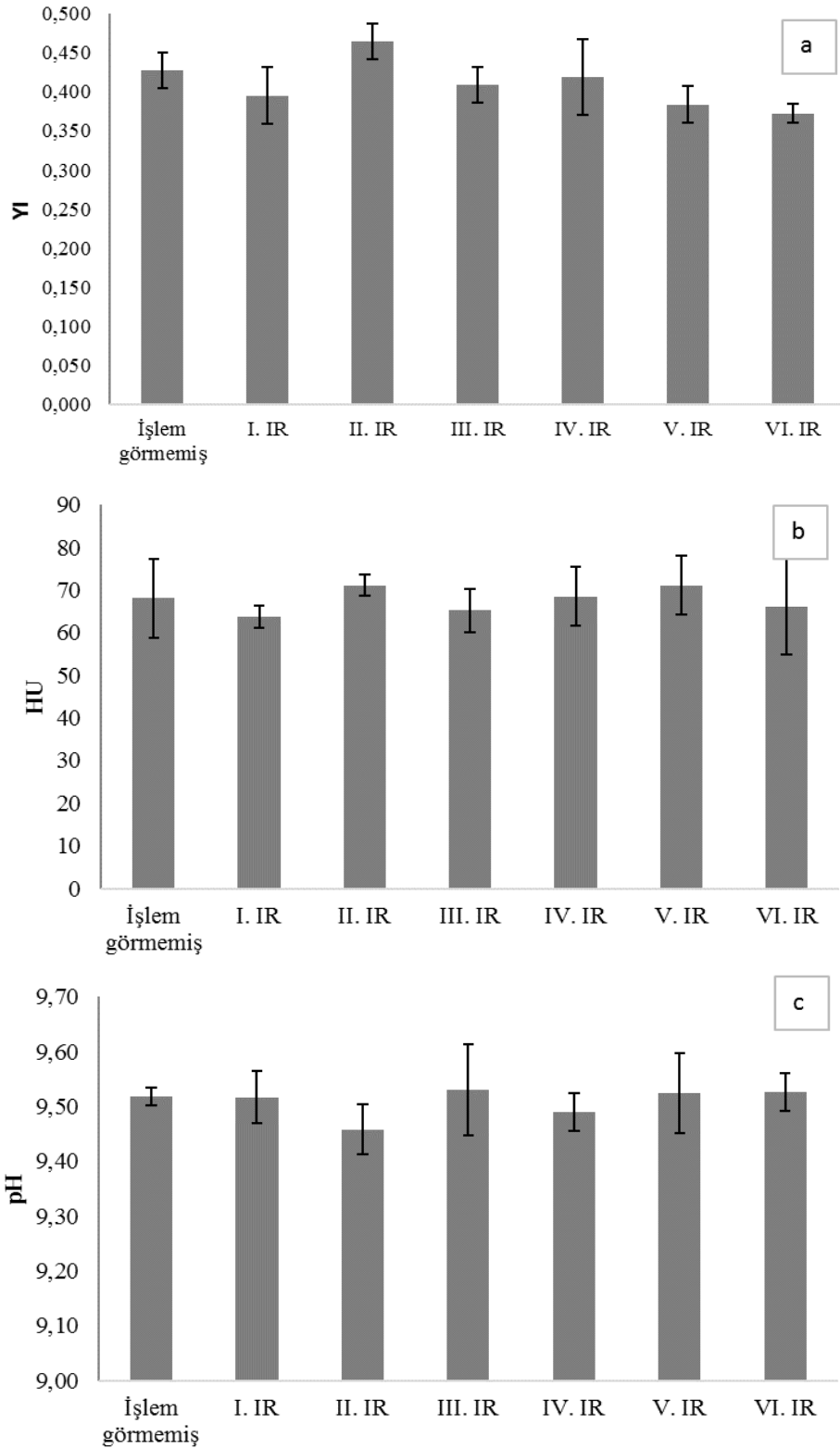
Seri IR ısıtma + hava soğutma sistemi uygulanmış yumurtaların iç kalitesinin analizinden elde edilen sonuçlar Şekil 4.22 a-b-c'de gösterilmektedir. Yumurta sarısında oluşacak her hangi bir değişim YI değerinde değişikliğe neden olacaktır. Buna göre analiz sonuçları incelendiğinde YI değerlerinin $0,372 \pm 0,012$ ile $0,464 \pm 0,023$ arasında değiştiği görüldü (Şekil 4.22a). Değerler birbirine oldukça yakın bulundu, istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi. Bu sonuçlardan yola çıkarak uygulanan seri IR ısıtma + soğutma işleminin yumurta sarısında herhangi bir değişikliğe sebep olmadığı görüldü.

Yumurta beyazının ve bütün yumurtanın kütlelerinde oluşacak değişim ise HU değerinde farklılığa neden olacaktır. Şekil 4.22b'de HU'nin 64 ± 3 ile 71 ± 7 arasında değerler aldığı ve değerlerin birbirine oldukça yakın olduğunu gözlemlediğimizden dolayı uygulanan seri IR ısıtma + soğutma işlem ile yumurta

kütlesinde ve yumurta beyazında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmadığı görüldü.

Seri IR ısıtma + hava soğutma uygulaması, yumurtalar toplandıktan yaklaşık bir hafta sonra uygulandı. Bir hafta depolanan yumurta beyazlarının yaklaşık pH değerlerinin ortalama $9,3 \pm 0,13$ olduğu bilinmektedir (Şekil 4.2). Seri IR ısıtma + hava soğutma uygulaması sırasında işlem görmemiş yumurta beyazlarının pH değerleri ortalama $9,52 \pm 0,02$ olarak bulundu. Yumurta beyazlarının pH değerleri bazik aralıkta olup farklı yumurtaların olmasından kaynaklı farklıklar gözlemlendiği düşünöldü. Ayrıca uygulanan her ısıtma-soğutma kademesinde yumurta beyazlarının pH değerleri kontrol edildiğinde elde edilen sonuçların ($9,51 \pm 0,03$) işlem görmemiş yumurta beyazlarının pH değerlerinden farklı olmadığı Şekil 4.22 c’de görölmektedir. Sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p < 0,05$).

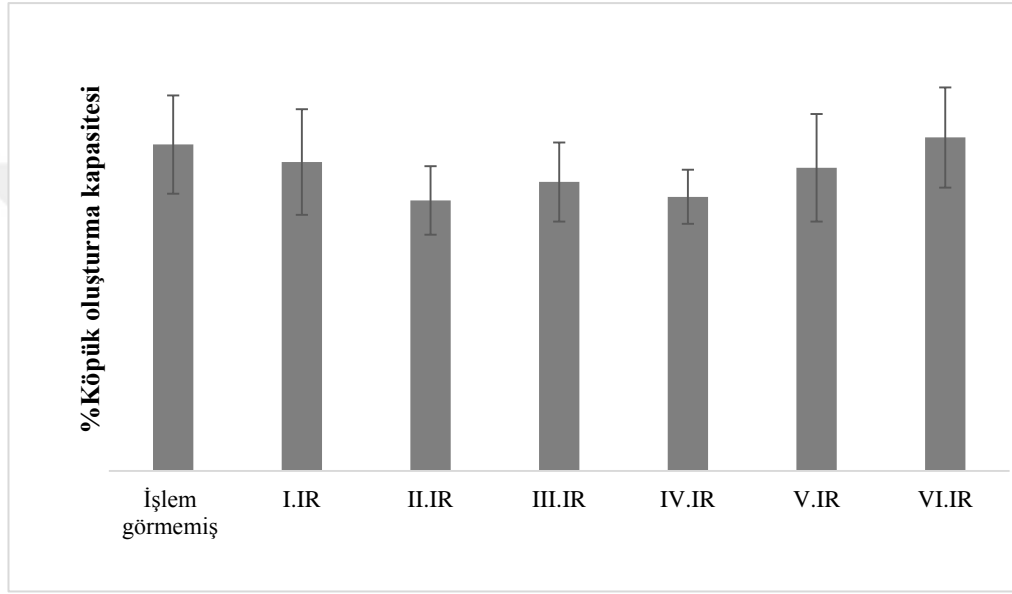
Yumurta iç özellikleri için her kademedeki sonuçları ele alırsak, yumurtanın kademeli uygulanan kızılötesi işlemde etkilenmediği göröldü. Yumurta kabuk yüzey sıcaklığının belli değeri aşmamasından ve kabuk ısı iletim katsayısı düşük olduğu için absorblanan ısının içeriye iletilmeden kabuğun hemen soğutulmasından dolayı, yumurta iç özelliklerinde bir değişim gözlenmediği düşünöldü.



İstatistiksel olarak kolonlar arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($p < 0,05$).

Şekil 4.22. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların a) Yolk indeks değerleri; b) Haugh unit değerleri; c) albümin pH değerleri

Seri IR ısıtma ve hava soğutma işlem uygulanmış yumurta beyazlarının köpük oluşturma özellikleri incelendiğinde (Şekil 4.23) işlem görmemiş yumurtalar için değerler % 231 ± 35 olarak hesaplandı. İşlem gören yumurta beyazlarının köpük oluşturma değerleri ise ortalama % 219 ± 17 olarak bulundu. Değerlerin standart sapma aralığı içinde olduğu görüldüğünden dolayı uygulanan işlemin yumurta beyazının % köpük oluşturma üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığını söyleyebiliriz.



İstatistiksel olarak kolonlar arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($p < 0,05$).

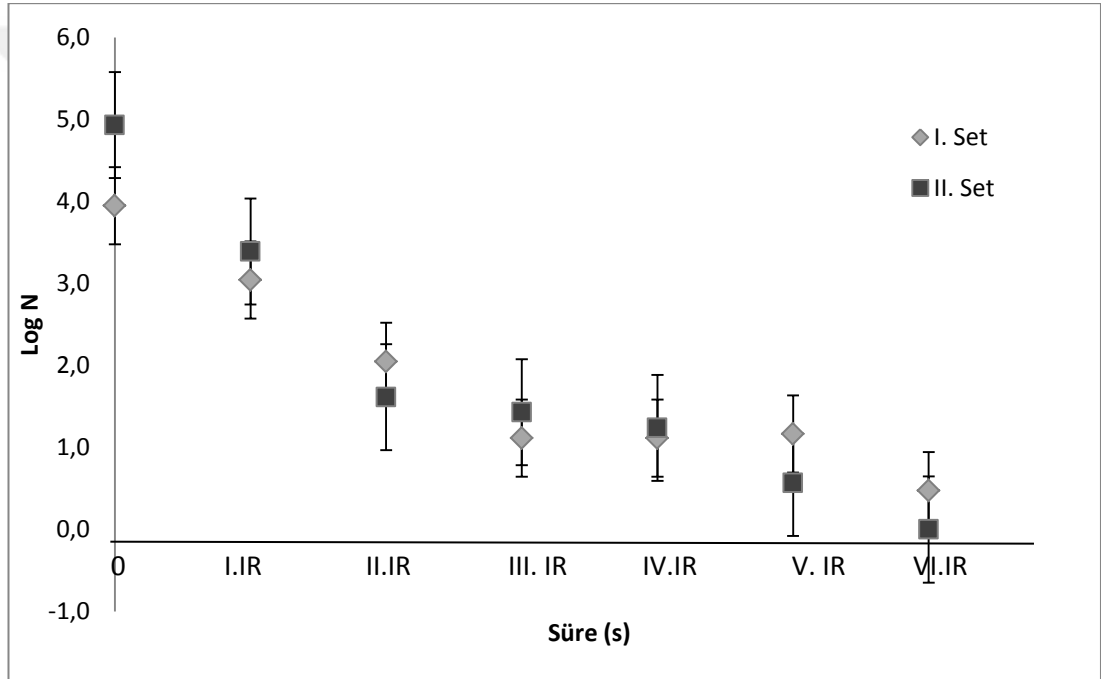
Şekil 4.23. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulanmış yumurtaların % köpük oluşturma kapasiteleri

Sadece IR ısıtma sistemi 360 s (seri IR ısıtma+soğutma sistemine eşdeğer süre) uygulandığında yumurta beyazı pıhtılaştığı için köpük analizi yapılamamış buna karşılık seri ısıtma soğutma+sisteminin köpük oluşumu üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşıldı.

(Not: IR ısıtma uygulaması deneyleri sırasında 700W gücünde mikser kullanılmış, seri IR ısıtma+soğutma uygulaması sırasında ise 800W gücünde mikser kullanıldığı için sonuçlar birbirleri ile sayısal olarak karşılaştırılamamaktadır. Ancak uygulamalar kendi içlerinde, işlem görmemiş yumurta sonuçları ile kıyaslanmaktadır. Aynı zamanda belirli aralıklarda ve her kademedeki yapılan analiz sonuçlarının eğilimine göre de yorumlanmaktadır.)

4.4.3.2. *E.coli* ATCC 25922 üzerine seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistemin etkileri

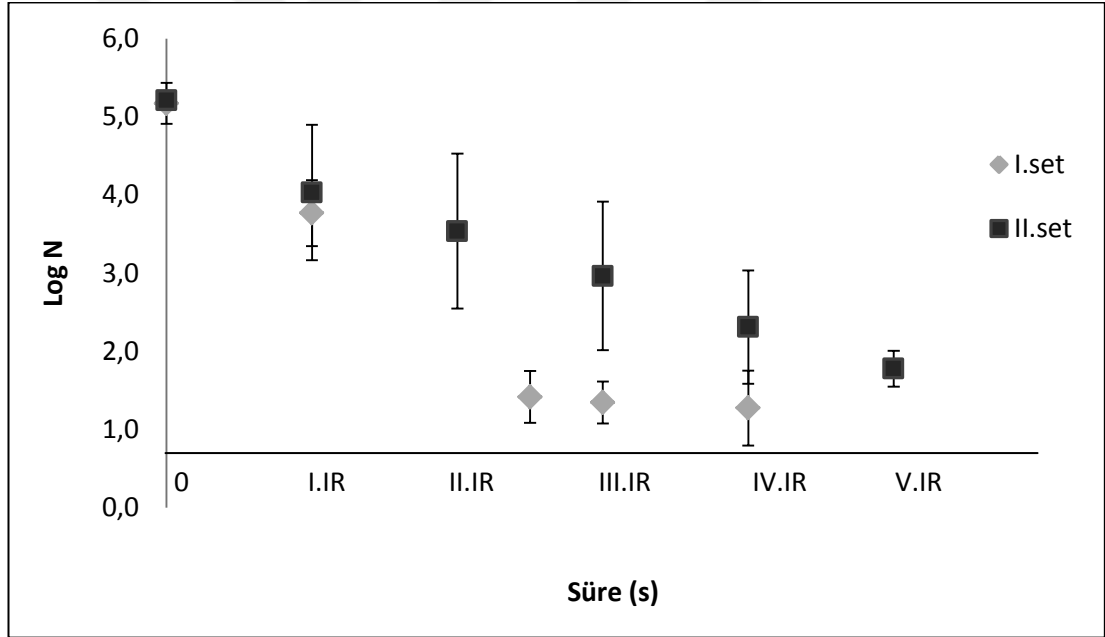
Ortalama 4,7 log *E. coli* ATCC 25922 inoküle edilen kabuklu yumurta yüzeyine toplam 360 s IR işlem (60 s IR işlem + 120 s soğutma olmak üzere) uygulandığında bakterilerin neredeyse tamamının inhibe edildiği gözlemlendi. Aralarda uygulanan soğutma işlemleri ile yumurta yüzeyinden geçen ısının azaltılması ve yumurta içinin denatüre olması engellendiğinden dolayı da son ürünün kabul edilebilir özelliklerde olduğu saptandı. Şekil 4.24’de seri IR ısıtma + hava soğutma işleminin, *E. coli* ATCC 25922 üzerine etkileri gösterildi.



Şekil 4.24. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulamasının mikrobiyel yük üzerine etkisi (N: *E. coli* ATCC 25922 bakteri sayısı Log KOB/cm², 0; işlem görmemiş yumurta)

4.4.3.3. S. Enteritidis üzerine seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistemin etkileri

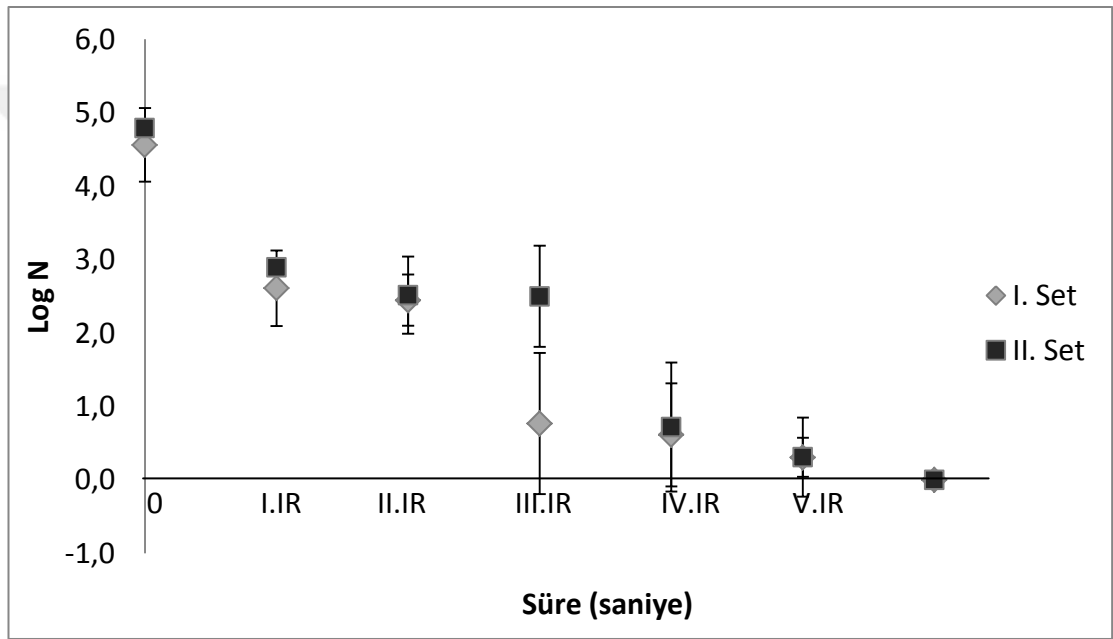
Yumurta yüzeyine yaklaşık 5,2 log KOB/cm² S. Enteritidis inoküle edildi. İlk set deneylerde 4 defa 60 s, 250 °C’de IR ısıtma aralarında 120 s’lik +4 °C’de soğutmalar uygulandığında bakteri sayısında önemli bir azalma sağlandı (yaklaşık 4 log) ancak tamamı inhibe edilemedi (Şekil 4.25). Yapılan ikinci set deneyde bir kademe daha eklendiğinde (bir tane daha 60 s ısıtma daha uygulanmış) ve yüzeydeki *Salmonella* sayısında 3,4 log azalma sağlanabildi. Yapılan paraleller arasındaki farkın ise aynı yumurta üstünde çalışılmamasından kaynaklandığı düşünüldü. Ayrıca yüzey sıcaklıkları kontrol altında tutulduğu sürece uygulanan IR işlem tekrarı artırılabilirdi böylece yüzeyde sterilizasyon sağlanabileceği düşünüldü.



Şekil 4.25. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulamasının mikrobiyel yük üzerindeki etkisi (N: S. Enteritidis bakteri sayısı Log KOB/cm², 0; işlem görmemiş yumurta)

4.4.3.4. *L. monocytogenes* üzerine seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistemin etkileri

Yumurta yüzeyine yaklaşık 4,7 log KOB/cm² *L. monocytogenes* bakterisinden inoküle edildi. Uygulanan seri IR ısıtma + hava soğutma sistemi 6 defa tekrarlandığında Şekil 4.26'de de gösterildiği gibi yüzeydeki bakterilerin tamamını inhibe ettiği gözlemlendi. Yapılan iki set deneyde de birbiri ile benzer sonuçlar elde edildi ancak paraleller arasındaki bazı standart sapmalarında fazla olduğu hesaplandı (her deney için farklı yumurtaların kullanılmasından dolayı).

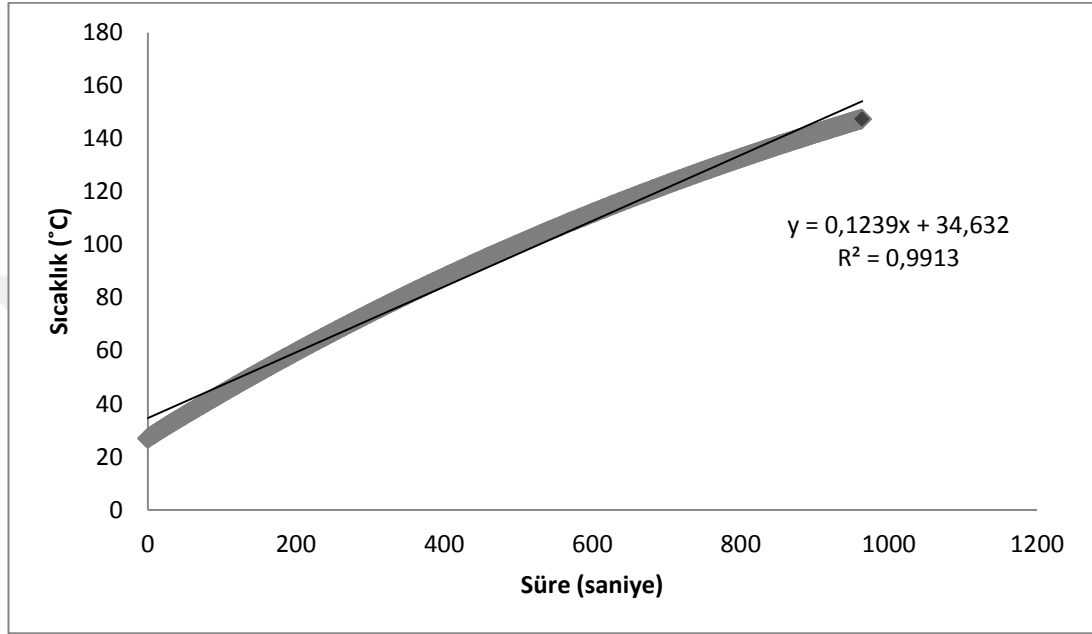


Şekil 4.26. Seri kızılötesi ısıtma + hava soğutma kombine sistem uygulamasının mikrobiyel yük üzerine etkisi (N: *L. monocytogenes* bakteri sayısı Log KOB/cm², 0; işlem görmemiş yumurta)

4.5. MODELLEME

4.5.1. Cisimlerin Isıl Çift ile Ölçülen Sıcaklıkları ve ‘h’ Değerleri

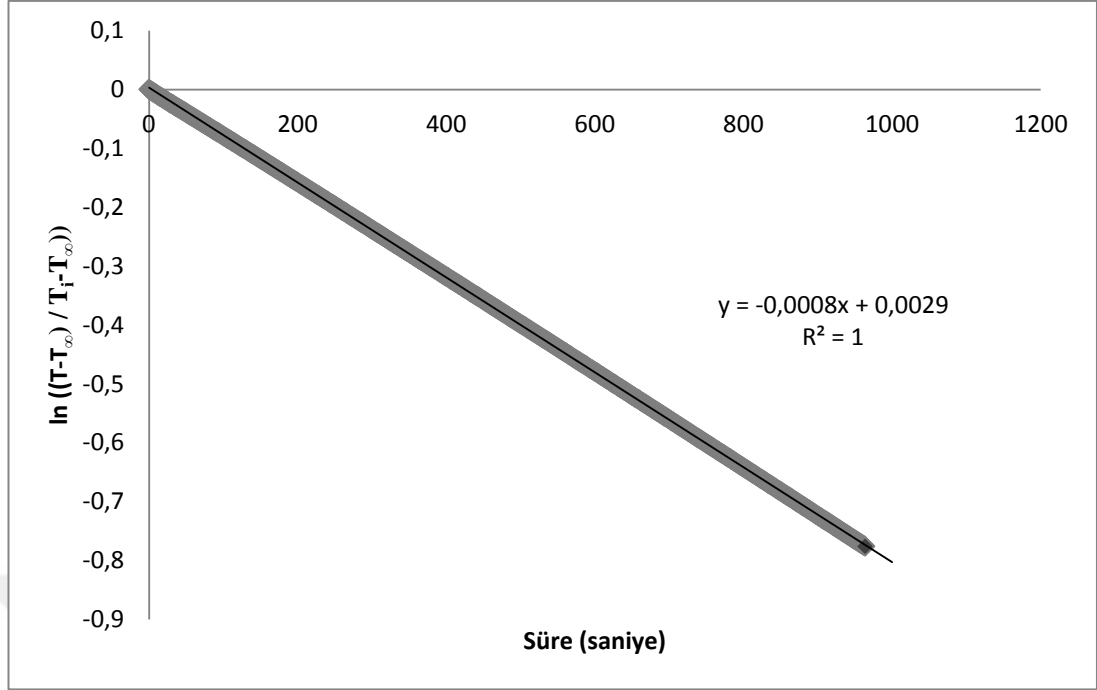
Lumped sistem analizinde kullanılan cisimlerin merkez sıcaklıklarının zamanla değişimi, ısı çift ile ölçüldüğünde Şekil 4.27’deki veriler elde edildi.



Şekil 4.27. 250 °C IR tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin ısı çift ile ölçülen sıcaklıkların zamanla değişimi

Isıl çift ile ölçülen sıcaklıklar kullanılarak ‘ $\ln \frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}$ ’ karşılık ‘t’ grafiği

çizildiğinde Şekil 4.28’deki gibi bir doğru elde edilmektedir. Şekildeki doğrunun denklemini ‘ $y = -0,0008x + 0,0029$ ’ olarak bulundu ve bu denklemin eğimi (- 0,0008) Eşitlik 3.6’da kullanılarak ortamın ısı transfer katsayısı (h) 23,4 W/m²K olarak hesaplandı.



Şekil 4.28. 250 °C IR tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin merkez sıcaklıklarından elde edilen değerlerle bulunan 'ln((T-T_∞)/(T_i-T_∞))' karşılık 't' grafiği

İnfrared tünelde çalışılan diğer sıcaklıklar içinde aynı işlemler tekrarlandığında Çizelge 4.9'daki sonuçlar bulundu.

4.5.2. Isı Akısının Hesaplanması

250 °C'de ısı işlem görmüş bakır cismin sıcaklık- zaman grafiğinden elde edilen doğrunun eğimi 0,1239 olarak bulundu (Şekil 4.27). Çizelge 3.1'de belirtildiği gibi kütlesi 588 g ve ısı kapasitesi 390 j/kg K olan bakır cisim için Eşitlik 3.9 çözüldüğünde, ısı akısı değeri 3596 W/m² olarak hesaplandı. Farklı sıcaklıklar için aynı işlemler tekrarlandığında bulunan ısı akısı değerleri Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

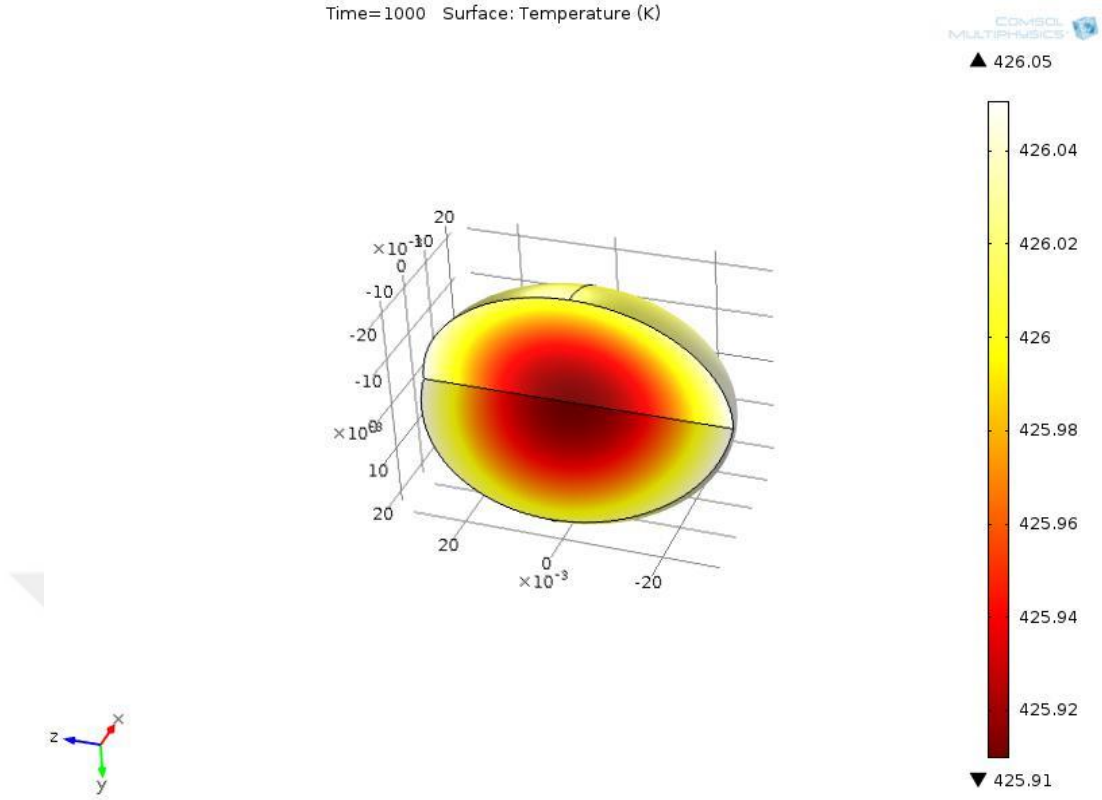
Isıl özellikleri bilinen cismin ısı akısı hesaplanırken, ısı işlem uygulanmış cisimlerin sıcaklık-zaman grafiğinde elde edilen doğrunun eğimi, ($\frac{dT}{dt}$) değerini vermektedir. Çizelge 3.1'deki kütle ve ısı kapasitesi değerleri Eşitlik 3.9 kullanılarak ısı akısı değeri hesaplandı.

Çizelge 4.9. Farklı IR tünel sıcaklıkları için ortamın ısı transfer katsayıları ve ısı akısı değerleri

Siyah boyalı yumurta şeklindeki bakır cisim				
IR tünel sıcaklıkları (°C)	150	250	300	350
T _{initial} (°C)	26	21	25	28
h (W/m ² K)	16,9	23,4	26,3	27,3
q" (W/m ²)	1617	3596	5367	7131

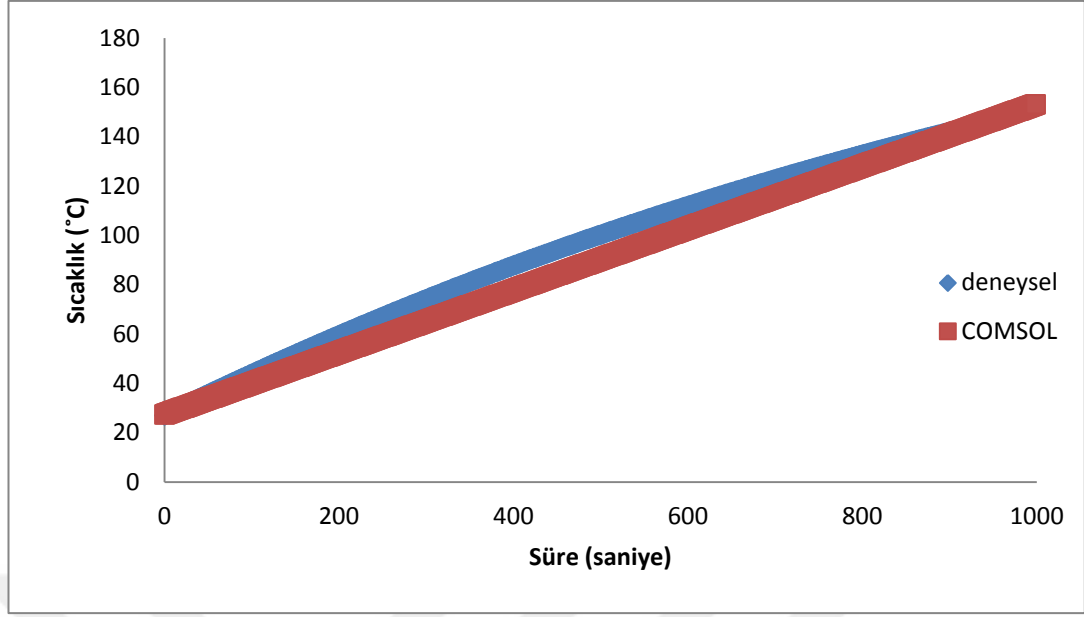
4.5.3. Cisimlerin Model ve Isıl Çift ile Bulunan Sıcaklıklarının Karşılaştırılması

Siyah boyalı bakır cismin 250 °C sıcaklıkta IR tünelde uygulanan ısı işlem COMSOL’da modellendiğinde 1000 s sonunda Şekil 4.29’daki sıcaklık dağılımı elde edilmektedir. Buna göre başlangıç sıcaklığı 27 °C olan cisim ısı transfer katsayısı 23,4 W/m²K olan bir ortamda 1000 s ısı işleme maruz bırakıldığında ortalama yüzey sıcaklığı 153 °C (426 K) olarak hesaplanır. Bakır cismin merkez sıcaklığı, ısıçift ile ölçüldüğünde ise aynı koşullar için 152 °C olarak bulundu.



Şekil 4.29. 250 °C Kızılötesi tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin 1000s sonunda sıcaklık dağılımı

COMSOL'da 250 °C'de uygulanan ısı işlem modellenip, proses başlangıcından itibaren sıcaklık verileri zamana karşı grafiğe geçirildiğinde Şekil 4.30'daki doğru elde edildi. Aynı grafik üstünde ısı çiftle deney sonucu elde edilen veriler bulunmaktadır. Grafikten de görüldüğü üzere veriler üst üste çakışmaktadır.



Şekil 4.30. 250 °C Kızılötesi tünelde işlem görmüş boyalı bakır cismin zamanla yüzeyindeki sıcaklık değişimi (COMSOL model sonuçları – ısı çift ile ölçüm sonuçları)

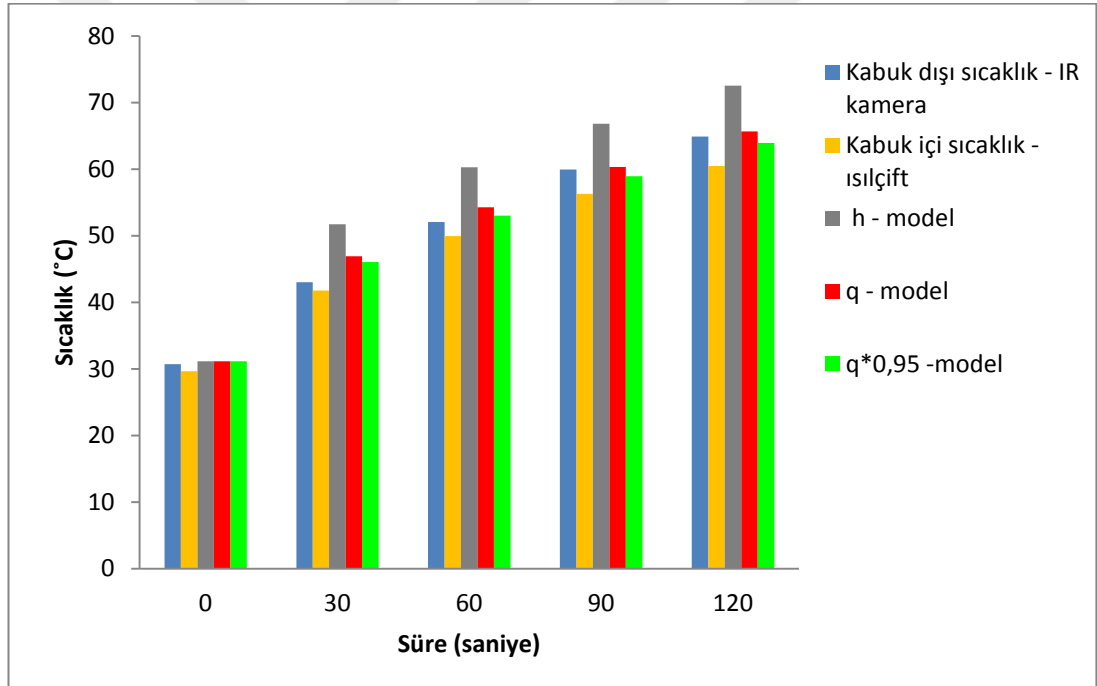
Lumped sistem analizinde kullanılan cisimlerin ısı çift ile ölçülen merkez sıcaklıkları (malzemeler ısıyı çok iyi iletikleri için) aynı zamanda yüzey sıcaklıkları olarak kabul edilebilir. Buradan yola çıkarak model sonucu bulunan ortalama yüzey sıcaklık değerleri ile ısı çiftle ölçülen merkez sıcaklık değerleri birbirine çok yakın bulundu. Aynı işlemler diğer sıcaklıklar ve alüminyum cisim içinde yapıldığında bulunan şekiller ekteki dosyada mevcuttur. Şekillerin hepsinde gözlenen, deneysel verilerden ve COMSOL sonuçlarından elde edilen grafiklerin üst üste çakışmasıdır. Bu sonuçlara göre modelin doğru çalıştığı söylenebilir.

4.5.4. Yumurta Yüzey Sıcaklıklarının Model Yardımı ile Belirlenmesi

Yumurta, 250 °C sıcaklıktaki IR tünelde 120 s ısı işlem uygulaması modellendiğinde Şekil 4.31'deki sıcaklık dağılımı gözlemlendi. Aynı şekilde, IR kamera görüntülerinden elde edilen yumurta ortalama yüzey sıcaklıkları (YOYS) ve COMSOL ile ısı işlem modellendiğinde elde edilen YOYS karşılaştırıldı. COMSOL modelde ısı koşulları işlenirken, bakır cisim ile bulunan ortamın ısı transfer katsayısı ve ortam sıcaklığı kullanıldığında, IR kamera ile bulunan değerlerin üstünde sıcaklık verileri elde edildi. Bu yüzden birim alana aktarılan ısı değerleri (ısı akısı) hesaplanıp karşılaştırma yapıldığında, deneysel değerlere oldukça yakın sonuçlar bulundu. IR

ışın uygulama sırasında yumurta kabuğu, gelen ışının tamamını soğuramaz. Gelen ışının bir miktarını yansıtır bu yüzden emissivite değeri 0,95 olmaktadır. Deneysel uygulama sırasında yumurta kabuğunun IR ışınların tamamını soğurmadığı, modelleme sırasında göz önüne alınırsa yeni ısı akısı değeri, ısı akısı değerinin emissivite değeri ile çarpılması ile bulundu. Yeni ısı akısı değeri ile ısıtım işlem modellendiği zaman bulunan YOYS değerlerinin deneysel değerler ile oldukça uyumlu olduğu gözlemlendi. Diğer IR tünel sıcaklıklarında yapılan modelleme sonuçları EK-5’de bulunmaktadır.

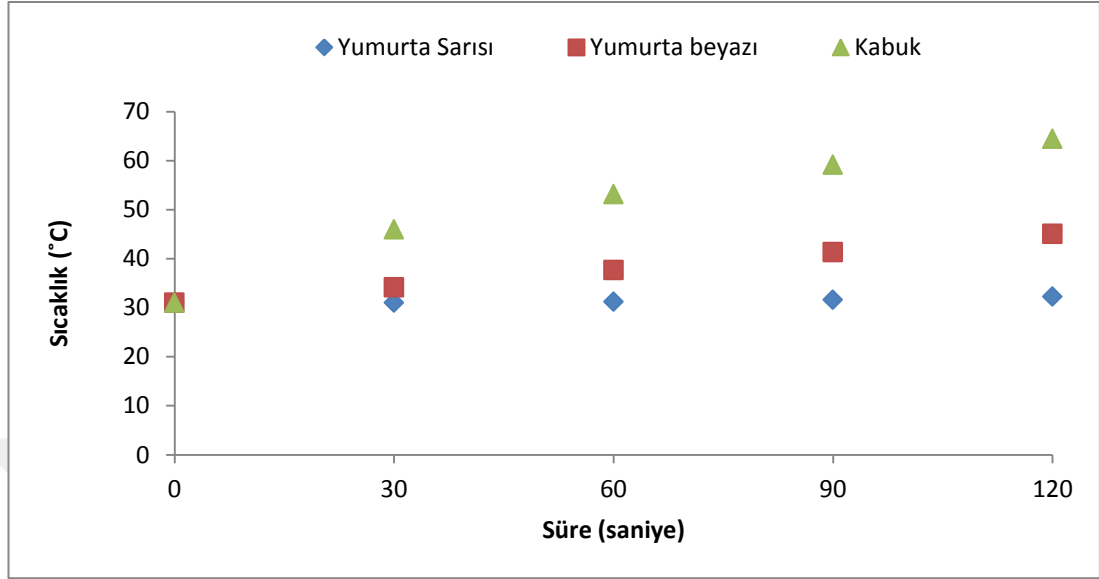
Şekil 4.31’de kabuk içinin ısılıçiftle ölçüm sonuçları da gösterilmektedir. Bulunan bütün sıcaklıkların kabuk içi sıcaklığından fazla olması sonuçların doğruluğunu desteklemektedir.



Şekil 4.31. 250 °C sıcaklıktaki Kızılötesi tünelde 120 s ısıtım işlem uygulaması sonucu farklı yöntemlerle elde edilen yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları

Şekil 4.32’de 250°C sıcaklıkta 120 s IR işlem uygulaması sırasında yumurta sarısının, beyazının ve kabuk yüzeyinin sıcaklık dağılımları gösterilmektedir. Başlangıç sıcaklık 31°C olan yumurtanın, sarısının sıcaklığı 120 s IR işlem sonunda 33°C’i geçmediği, beyazının 45°C geçmediği ve kabuk yüzey sıcaklığının da 65

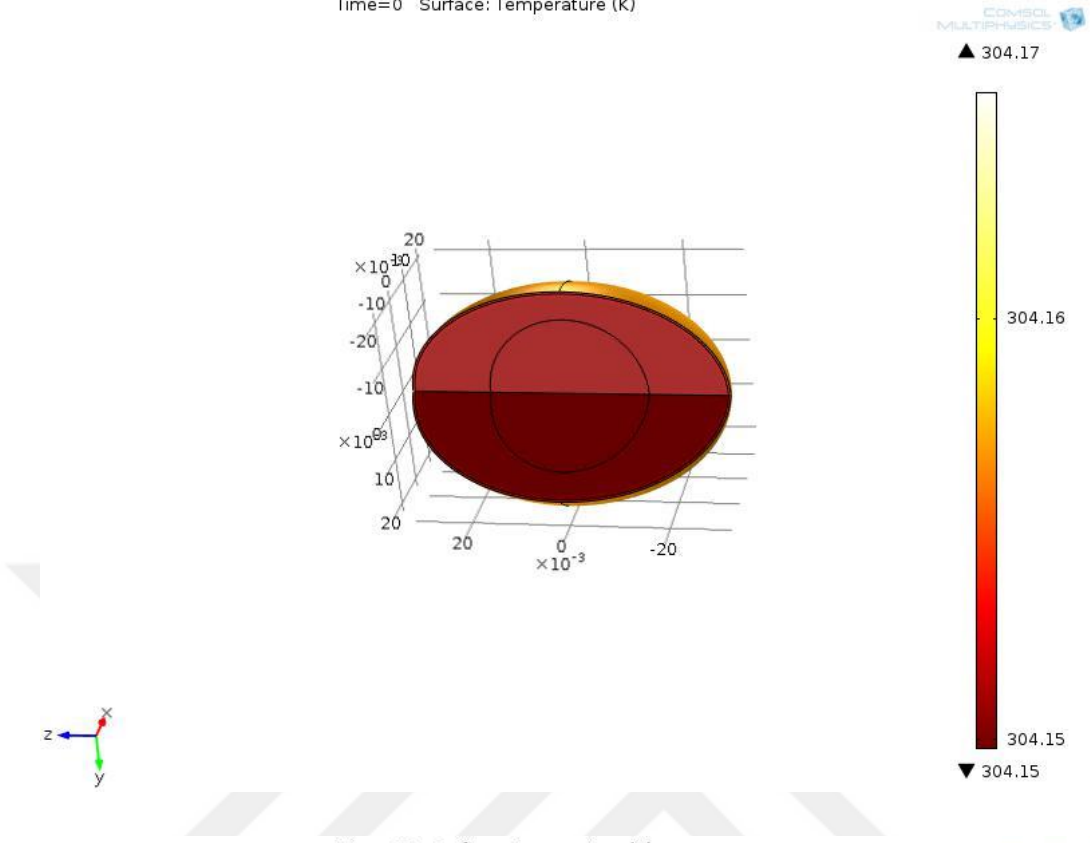
°C'yi geçmediği gözlemlendi. Bu sonuçlarda, 120 s uygulanan IR işlem sonunda pıhtılaşmanın görülmemesini kanıtlamaktadır.



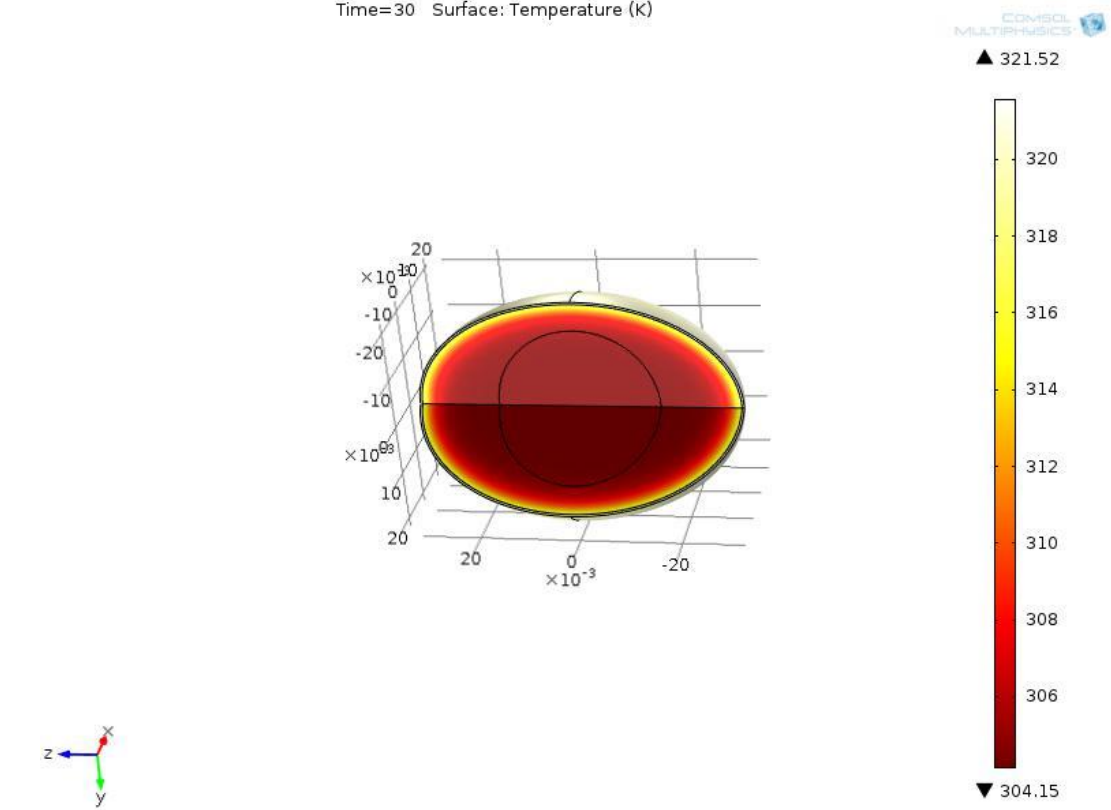
Şekil 4.32. 250 °C sıcaklıktaki Kızılötesi tünelde 120 s ısıtım uygulaması sırasında elde edilen yumurta sarısı, beyazı ve kabuk yüzeyi ortalama sıcaklıkları

Yumurtanın 250 °C'de IR ile 120saniye boyunca ısıtılması COMSOL ile modellendiğinde farklı sürelerdeki sıcaklık dağılım görüntüleri ise Şekil 4.33'de gösterilmektedir.

Time=0 Surface: Temperature (K)



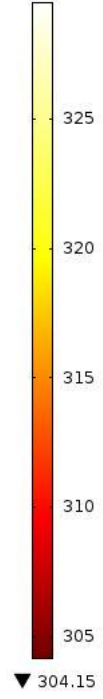
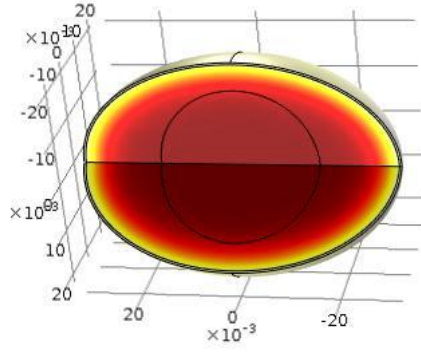
Time=30 Surface: Temperature (K)



Time=60 Surface: Temperature (K)

COMSOL MULTIPHYSICS

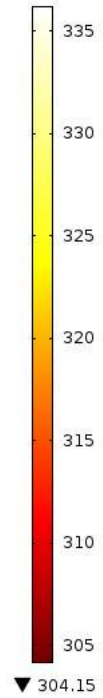
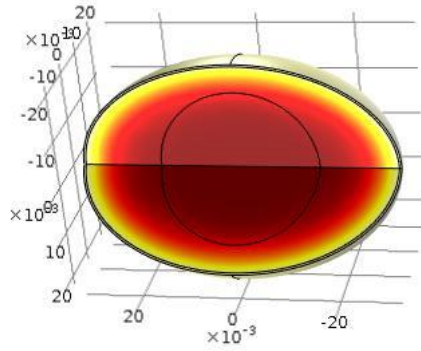
▲ 329.44

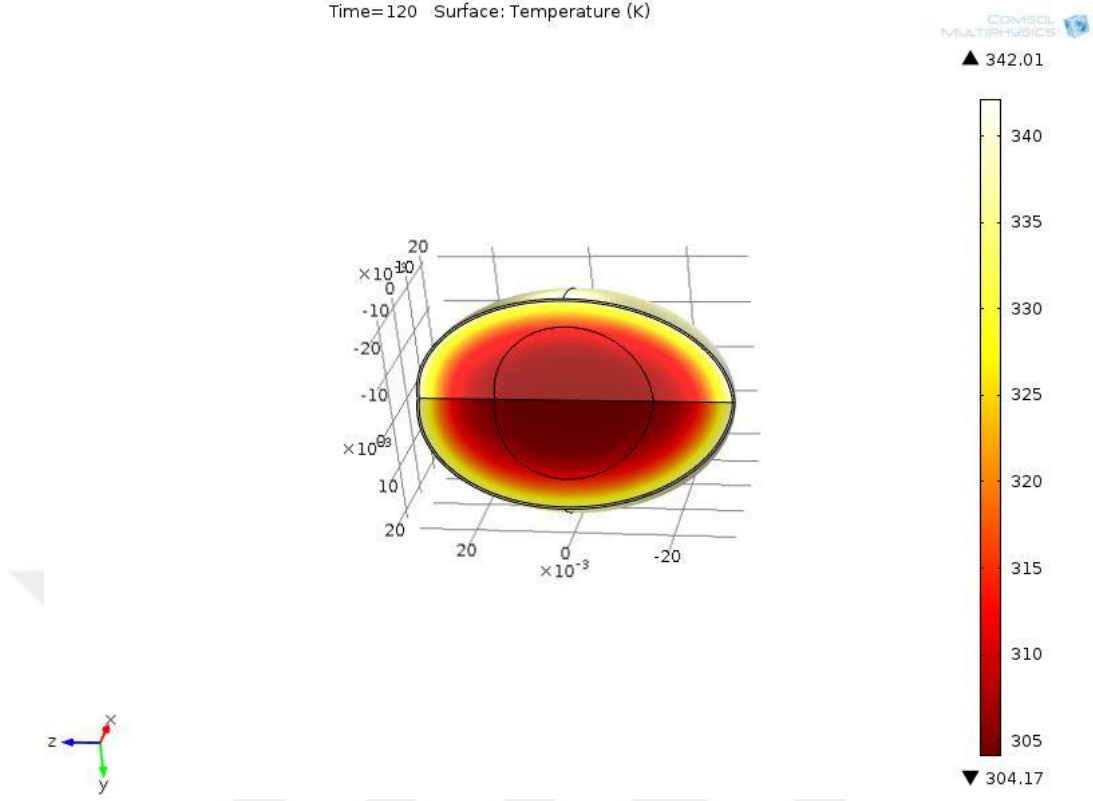


Time=90 Surface: Temperature (K)

COMSOL MULTIPHYSICS

▲ 336.11





Şekil 4.33. 250 °C - farklı sürelerde (0-120 saniye) IR işlem uygulanan yumurtaların yüzey ortalama sıcaklık dağılımı

Kızılötesi işlem görmüş yumurta modellendiğinde yüzey ortalama sıcaklıkları yukarıdaki gibi bulundu. Aynı modelde yumurta sarısının ve beyazın sıcaklık değişimleri incelendiğinde 250 °C’de 120 s sonunda yumurta sarısının sıcaklığı 32 °C ve beyazının sıcaklığı ise 45 °C olarak bulundu. Bu sıcaklıkların denatürasyon sıcaklığının altında olması (<57°C) işlem görmüş yumurtalarda denatürasyon görülmemesini doğrulamaktadır. Aynı işlemler 300°C’de 60 s ve 350 °C’de 30 s için uygulandığında yumurta sarısının sıcaklıkları sırasıyla 32 ve 36 °C; yumurta beyazının sıcaklıkları ise 36 ve 39 °C olarak bulundu.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kabuklu yumurtanın yüzeyinin kızılötesi ışın kullanılarak steril edilmesi, bu işlem sırasında ve sonucunda yumurta iç özelliklerindeki değişimler ve bu ısıl işlemin matematiksel modellenmesi amacı ile yapılan tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edildi. Aynı zamanda seçilen kızılötesi işlemin yumurta yüzeyindeki etkinliğinin bulunabilmesi için yüzeyi steril edilen yumurtaların yüzeyine farklı bakteriler inoküle edilip, uygulanan kızılötesi işlemler sonunda geriye kalan bakteri miktarları analiz edildi.

- İşlem görmemiş yumurtalarda yapılan *Samonella* analizinde 15'er yumurtadan oluşan 3 farklı grup için sonuçlar; birinci grup yumurtalar, tez deneylerinde kullanılacak yumurtalarla aynı kümeden toplanmış olup, 15 tanesinde *Salmonella* bulunmadı. İkinci gruptaki yumurtalar için Mersin ilinin yayla köylerinde iki farklı kümeden toplam 15 taneden 3'ünde *Salmonella* bulundu. Üçüncü grup için ise yerel üç farklı marketten 5'er tane olmak üzere 15 adet yumurtada *Salmonella*'ya rastlanmadı.
- Tez deneylerinde kullanılacak yumurtalarla aynı kümeden toplanan ve işlem görmemiş kabuklu yumurtalarda yapılan mikrobiyel analizler sonucunda toplam bakteri sayısı $3,9 \pm 1,0$ log KOB/yumurta, toplam maya- küf sayısı $3,05 \pm 0,6$ log KOB/yumurta olarak bulundu.
- İşlem görmemiş yumurtaların 5 gün oda koşullarında depolanması sırasında yapılan toplam bakteri, toplam maya ve küf sayılarında önemli bir değişim gözlenmedi. Yumurtaların toplandığı gün toplam bakteri sayısı $3,9 \pm 1,0$ log KOB/yumurta, toplam maya- küf sayısı $3,05 \pm 0,6$ log KOB/yumurta iken 5. gün sonunda bu değerler toplam bakteri sayısı $2,9 \pm 0,1$ log KOB/yumurta, toplam maya- küf sayısı $2,9 \pm 0,3$ log KOB/yumurta olarak bulundu.
- Oda koşullarında depolanan ve işlem görmemiş yumurtalarda gözlenen kütle kaybı 23. gün sonunda % 5,5 iken 50. gün sonunda ortalama %11 olarak hesaplandı.
- Oda koşullarında depolanan ve işlem görmemiş yumurtaların toplandığı gün pH değeri 8-8,5 arasında değişirken yaklaşık 10. günden itibaren 9,4-9,5 pH değerinde sabitlendi.

- Oda koşullarında depolanan ve işlem görmemiş yumurtaların toplandığı gün YI değerleri 0,4 - 0,5 arasında iken zamanla bu değer azaldığı ve 50. gün sonunda 0,2 – 0,3 aralığında olduğu gözlemlendi.
- Oda koşullarında depolanan ve işlem görmemiş yumurtaların toplandığı gün HU değerleri 85-90 aralığında iken depolamanın 10. gününde yaklaşık 50 değerine kadar hızlı bir şekilde azaldığı ve sonra sabit bir değere ulaştığı görüldü.
- Oda koşullarında depolanan ve işlem görmemiş yumurtaların toplandığı gün yumurta beyazının köpük oluşturma değerleri % 107-145 arasında değişirken depolamanın 36. gününde bu değerler %134-196 arasında değiştiği gözlemlendi. Depolama sırasında yumurtaların köpük oluşturma özelliğinde çok fazla olmamasına rağmen eğilim depolama uzadıkça artış eğiliminde olduğu tespit edildi.
- Oda koşullarında depolanan ve işlem görmemiş yumurtaların, depolamanın ilk günlerinde oluşan köpüğünün daha uzun süre stabil kaldığı gözlenirken depolamanın ilerleyen günlerinde yaklaşık % 60 stabilite değerlerine kadar azaldığı sonucuna ulaşıldı.
- Deneyler sırasında kullanılan kültür sıvılarının mikrobiyel yoğunluğu kültürel ekim sonuçlarına göre yaklaşık olarak 10^9 KOB/mL olarak bulundu. Bu kültür sıvılarında bekletilen yumurtaların yüzeyine inoküle edilen bakteri sayıları ise *E. coli* ATCC 25922 için $4,78 \pm 0,5 \log \text{KOB/cm}^2 \log$; *S. Enteritidis* için $5,3 \pm 0,25 \log \text{KOB/cm}^2 \log$; *L. monocytogenes* bakterisinin inokülasyonu için bu sayı $4,7 \pm 0,35 \log \text{KOB/cm}^2$ bulundu.
- Mikroorganizma deneyleri sırasında yüzeyden geri mikroorganizma alımı ile ilgili iki farklı yöntem denendi. Beher içinde bekletilen yumurtalarla yapılan analiz sonucunda *E. coli* ATCC 25922 bakterisinden $7,36 \pm 0,37 \log \text{KOB/yumurta}$ geri alındı. Steril poşet içinde bekletilen yumurtalardan ise $6,92 \pm 0,29 \log \text{KOB/yumurta}$ geri alındı. Bu iki yöntemin sonuçları da birbirine yakın olduğu gözlemlendi. Steril poşet ile yapılan deneylerde daha az dilüsyon sıvısının kullanılması, mikrobiyel yükü az olan örneklerde sonuçların sayım aralığına düşürülebilmesi ve daha az atık oluşması gibi nedenlerden dolayı tez deneylerinde bu yöntemin kullanılmasına karar verildi.

- Yumurtaya uygulanan kızılötesi işlem sonucu yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi için kızılötesi kamera kullanımı test edildi. Uygulanan IR işlem sonunda 180 °C için 900 saniye sonra yumurta ortalama yüzey sıcaklığı en fazla 85 °C olarak ölçüldü. Bu sıcaklıklar 250 - 300 ve 350 °C için, 900 - 510 ve 210 saniye sonra sırasıyla 109 – 113 - 106 °C olarak hesaplandı. Deneyler sırasında 300 ve 350 °C IR işlem uygulanan yumurtaların resimleri ise belli süre sonunda (210 ve 510 saniye) yumurta kabuğu bütünlüğünü koruyamadığı için çekilemedi ve dolayısıyla hesaplanamadı.
- Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi sırasında kabuğun iç tarafına yerleştirilen ısı çiftleri ile de ölçüm yapıldı. Başlangıçta $29,7 \pm 0,95$ °C olan sıcaklık, 120 saniye 250 °C kızılötesi işlem uygulandıktan sonra $60,5 \pm 0,38$ °C olarak ölçüldü.
- Yumurtaya, farklı sıcaklık ve sürelerde kızılötesi işlem uygulandıktan sonra kullanılan sıcaklıklar için denatürasyonun başladığı süreler belirlendiğinde; 180 °C IR sıcaklığında 200 saniye, 250 °C için 110 saniye, 300 °C için 60 saniye ve 350 °C için 30 saniye olarak bulundu. Bu sürelerde yüzey sıcaklıkları ise sırasıyla yaklaşık olarak 55, 62, 66 ve 62 °C olduğu görüldü.
- Kızılötesi sıcaklığı 180 °C’de 200 saniye uygulanan yumurtaların kütlelerinde değişim gözlenmedi, işlem görmemiş yumurtaların pH değeri $9,35 \pm 0,11$ iken 200 saniye işlemden sonra $9,31 \pm 0,06$ değeri ölçüldü. YI değerleri işlem görmemiş yumurtaların $0,341 \pm 0,078$ iken 200 saniye işlem uygulanan yumurtaların $0,329 \pm 0,069$ olarak hesaplandı. HU değerleri işlem uygulanmamış yumurtalar için $56,98 \pm 13,46$ iken 200 saniye işlemden sonra $55,92 \pm 13,49$ olarak hesaplandı. Değerler karşılaştırıldığında uygulanan işlemin iç kaliteyi etkilemediği sunucuna ulaşıldı.
- Kızılötesi sıcaklığı 250 °C’de 110 saniye uygulanan yumurtaların kütlelerinde değişim gözlenmedi, işlem görmemiş yumurtaların pH değeri $9,25 \pm 0,11$ iken 110 saniye işlemden sonra $9,16 \pm 0,14$ değeri ölçüldü. YI değerleri işlem görmemiş yumurtaların $0,377 \pm 0,024$ iken 110 saniye işlem uygulanan yumurtaların $0,342 \pm 0,036$ olarak hesaplandı. HU değerleri işlem uygulanmamış yumurtalar için $60,11 \pm 17,05$ iken 110 saniye işlemden sonra $57,05 \pm 17,74$ olarak hesaplandı. Değerler karşılaştırıldığında uygulanan işlemin iç kaliteyi etkilemediği sunucuna ulaşıldı.

- Kızılötesi sıcaklığı 300 °C’de 60 saniye uygulanan yumurtaların kütlesinde değişim gözlenmedi, işlem görmemiş yumurtaların pH değeri 9,35±0,09 iken 60 saniye işlemden sonra 9,19±0,15 değeri ölçüldü. YI değerleri işlem görmemiş yumurtaların 0,299±0,042 iken 60 saniye işlem uygulanan yumurtaların 0,350±0,023 olarak hesaplandı. HU değerleri işlem uygulanmamış yumurtalar için 47,80±12,46 iken 60 saniye işlemden sonra 58,26±12,53 olarak hesaplandı. Değerler karşılaştırıldığında uygulanan işlemin iç kaliteyi etkilemediği sunucuna ulaşıldı.
- Kızılötesi sıcaklığı 350 °C’de 30 saniye uygulanan yumurtaların kütlesinde değişim gözlenmedi, işlem görmemiş yumurtaların pH değeri 9,43±0,05 iken 30 saniye işlemden sonra 9,39±0,15 değeri ölçüldü. YI değerleri işlem görmemiş yumurtaların 0,272±0,025 iken 30 saniye işlem uygulanan yumurtaların 0,315±0,010 olarak hesaplandı. HU değerleri işlem uygulanmamış yumurtalar için 56,78±10,36 iken 30 saniye işlemden sonra 60,25±11,37 olarak hesaplandı. Değerler karşılaştırıldığında uygulanan işlemin iç kaliteyi etkilemediği sunucuna ulaşıldı.
- İşlem görmemiş yumurtaların köpük oluşturma özellikleri % 90 ile 210 değerleri arasında bulundu. Farklı sıcaklık ve sürelerde IR işlem uygulanan yumurtaların da köpük oluşturma sonuçları bu değerler arasında bulundu.
- Ortalama 10^5 log KOB/cm² *E. coli* ATCC 25922 inoküle edilmiş yumurtalara uygulanan kızılötesi işlem sonucu yumurta yüzeyindeki bakteri sayılarında 180 °C’de 200 saniye IR uygulamasıyla 0,88 log KOB/cm² azalma; 250 °C’de 110 saniye, 300 °C’de 60 saniye ve 350 °C’de 30 saniye IR uygulamaları için sırasıyla 1,59 – 1,0 – 1,06 log KOB/cm² bakteri azalması gözlemlendi.
- *E. coli* ATCC 25922 için D₁₈₀ değeri 2,48 dakika, D₂₅₀ değeri 0,86 dakika, D₃₀₀ değeri 0,66 dakika, D₃₅₀ değeri 0,20 dakika olarak hesaplandı.
- Yumurta yüzeyine inoküle edilen bütün bakterilerin seçilen bir sıcaklıkta (250 °C) kızılötesi işlem uygulaması ile tamamının inaktif edileceği süreler belirlendiğinde *E. coli* ATCC 25922 için 420 saniye, *S. Enteritidis* için 360 saniye ve *L. monocytogenes* için 300 saniye olarak bulundu.
- Kızılötesi işlem uygulamaları sonucunda *S. Enteritidis* için D₂₅₀ değeri 0,99 dakika, *L. monocytogenes* için D₂₅₀ 1,27 dakika olarak hesaplandı.

- Yumurtaların başlangıç ortalama yüzey sıcaklıkları 27-36 °C arasında değişirken yumurta yüzeyine 250 °C IR işlem 360 saniye uygulandığında, yumurta yüzeyi ortalama sıcaklığı kızılötesi kamera ile 97 °C; 420 saniye için yaklaşık 100 °C olarak ölçüldü. Kızılötesi işleme devam edildiğinde, 480 saniyeden sonra ise kabuk deforme olduğu için ölçüm alınamadı.
- Kızılötesi işlem 250 °C - 420 s uygulandığında yumurta iç kalitesindeki değişim albümin pH'ı için 240 saniyeden sonra, YI ve HU değerleri 180 saniyeden sonra denatürasyonların başlamasından dolayı ölçülemedi. Ancak bu süreler içerisinde albümin pH, YI ve HU değerleri, işlem görmemiş yumurtaların değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi.
- İşlem görmemiş yumurtaların köpük oluşturma değerleri % 120±23 iken; 250 °C IR işlem 110 saniye kadar uygulandığında köpük oluşumunda bir değişiklik gözlendi (% 120-107 arasında değişmekte). Ancak 150 saniye ve sonrasında köpük oluşumunda azalmalar görüldü. 240 saniye IR uygulandığında standart sapma değerleri çok fazla olan sonuçlar elde edildi ve devamında ise ölçüm yapılamadı. % köpük stabiliteyi incelendiğinde ise işlem görmemiş yumurta beyazlarının stabilitesi %50 değerlerinde iken ısı işlem süresinin artması ile bu değerde azalma görüldü. 240 saniye sonra denatürasyondan dolayı sonuçlar değerlendirme alınmadı. Isıl işlem miktarı arttıkça daha zayıf köpüklerin elde edildiği sonucuna ulaşıldı.
- 250 °C'de 60 saniye IR işlem uygulaması ile yumurta yüzeyindeki bakteri sayısında yaklaşık 1 log azalma sağlanırken, yumurta iç yüzeyi ortalama sıcaklığının 60 °C'nin üstüne çıkamadığı gözlendi. Bu sonuçlardan yola çıkarak 250 °C'de 60 saniye IR işlem uygulandıktan sonra 120 saniye +4 °C'de soğutma işlemi ve bu sistemin seri olarak ard arda tüm yumurta steril edilene kadar uygulanmasına karar verildi.
- Seri olarak 6 defa IR ısıtma ve soğutma uygulanan yumurtaların yüzey sıcaklıkları kızılötesi kamera ile tespit edildiğinde bulunan yumurta ortalama yüzey sıcaklıklarının 83°C'yi geçmediği ve kabuk kırıldıktan sonra iç yüzeyde denatürasyona rastlanmadığı gözlendi.
- Yumurta yüzeyine kademeli olarak uygulanan IR işlemin her kademesinde yapılan iç kalite özellikleri, işlem görmemiş yumurtanın iç kalite özelliklerine

benzer değerler bulunmuştur. Buna göre IR ısıtma + hava soğutma kombine sisteminin iç kalite özelliklerini etkilemediği tespit edildi.

- Ortalama 4,7 log *E. coli* ATCC 25922 inoküle edilen kabuklu yumurta yüzeyine toplam 360 s IR işlem (60 s IR işlem +120 s soğutma olmak üzere) uygulandığında bakterilerin neredeyse tamamının inhibe edildiği gözlemlendi.
- Yumurta yüzeyine yaklaşık 5,2 log KOB/cm² *S. Enteritidis* inoküle edilip 4 defa 60 s, 250 °C’de IR ısıtma aralarda 120 s’lik +4 °C’de soğutma uygulandığında bakteri sayısında önemli bir azalma sağlandı (yaklaşık 4 log). İki defa daha IR ısıtma uygulaması ile yüzeydeki bakterilerin tamamının inaktif hale getirilebileceği düşünüldü.
- Yumurta yüzeyine yaklaşık 4,7 log KOB/cm² *L. monocytogenes* bakterisinden inoküle edildiğinde uygulanan, seri IR ısıtma + hava soğutma sistemi 6 defa tekrarlandığında, yüzeydeki bakterilerin tamamının inhibe edildiği gözlemlendi. Paraleller arasındaki farkın her analizde farklı yumurtanın kullanılmasından kaynaklandığı düşünüldü.
- Literatürde belirtilen kabuklu yumurta pastörizasyonu yöntemlerine göre ani ve homojen ısıtma, atık probleminin olmaması, kolay uygulanabilirlik gibi birçok avantajı bulunan kızılötesi ışının yumurta pastörizasyonunda kullanılabileceği yapılan deneyler sonucunda görüldü.
- Analiz sonuçlarına göre; IR ısıtma ve hava soğutma kombine sisteminin tekrarlanarak uygulanması ile tasarlanan sistemin kabuklu yumurtanın yüzey sterilizasyonu amacıyla kullanılabileceği belirlendi
- Seçilen IR işlemin matematiksel modellenmesinde kullanılmak üzere, yumurta şeklinde bakır cisim ile IR ısıtma ortamlarının ısı transfer katsayıları 180 °C için 16,9 W/m²K; 250 °C için 23,4; 300 °C için 26,3 ve 350 °C için 27,3 W/m²K olarak belirlendi. Isı akısı değerleri ise 180, 250, 300 ve 350 °C için sırasıyla 1617, 3596, 5367 v3 7131 W/m² olarak belirlendi.
- Matematiksel olarak bilgisayar tabanlı bir programda (COMSOL) kabuklu yumurta modellendikten sonra, ısıl işlemin modellenmesi için ortamın ısı transfer katsayıları, ısı akıları ve emissivite değeri de göz önünde bulundurularak hesaplanan ısı akıları kullanılarak, yumurtanın ortalama yüzey sıcaklık değerleri bulundu. Emissivite değeri göz önünde bulundurularak hesaplanan ısı akısının

kullanıldığı model sonucunda bulunan yumurta ortalama yüzey sıcaklık eğrileri ile kızılötesi kamerayla bulunun yüzey sıcaklıklar eğrilerinin birbirleri ile örtüştüğü gözlemlendi.

- İşlem görmüş yumurtaların model çalışmaları sonunda yumurta sarısı ve beyazının sıcaklıkları 250 °C’de 120 s için 32 ve 45 °C olarak bulundu. 300°C’de 60 s için 32 ve 36 °C; 350°C’de 30 s için ise 36 ve 39 °C olarak bulundu. Bu sıcaklıkların 57°C’den az olması ise işlem görmüş yumurtalarda denatürasyon olmadığını doğruladı.
- Modelleme sonuçlarının deneysel sonuçlarla benzer bulunması ile modelin doğru çalıştığı görüldü. Modelleme ile tasarlanan sistemlerin doğrulamasının yapılabileceği düşünüldü.

KAYNAKLAR

- Açıkğöz, Z. ve Soycan Öneç, S., “Fonksiyonel ymurta üretimi”, Hayvansal Üretim 47 (1); 36 – 46, (2006).
- Anonim, Ed. Halkman, A. K., “Merck gıda mikrobiyolojisi uygulamaları”, Başak Matbacılık, Ankara, (2005).
- Avan, T. ve Alişarlı, M., “Muhafaza Şartlarının Yumurtanın Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Etkisi”, YYÜ. Vet Fak. Derg., 13(1-2):98-107, (2002).
- Bahobail, A. A. S., Hassan, S. A. ve El-Deeb, B. A., “Microbial quality and content aflatoxins of commercially available eggs in Taif, Saudi Arabia”, African Journal of Microbiology Research, 6: (13), 3337 - 3342, (2012).
- Bobuş Alkaya, G., Erdoğdu, F., Halkman, A. K., and Ekiz, H. İ., “Surface decontamination of whole-shell eggs using far-infrared radiation”, Food and Bioproducts Processing, 98: 275 - 282, (2016).
- Çengel, Y. A., “Heat transfer: a practical approach, 2nd ed.”, McGraw-Hill Companies, (2003).
- Devres, Y. O. ve Pala, M., “Gıda sanayisinde matematiksel modellemenin önemi ve uygulamaları”, Gıda, 18 (3): 173- 181, (1993).
- Eblen, D.R., Annous, B.A. and Sapers, G. M., “Studies to Select Appropriate Nonpathogenic Surrogate *Escherichia coli* Strains for Potential Use in Place of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* in Pilot Plant Studies”, Journal of Food Protection, 68: (2), 282-291, (2005).
- Eliasson, L., Isaksson, S., Lövenklev, M. and Ahrne, L., “A comparative study of infrared and microwave heating for microbial decontamination of paprika powder”, Frontiers in Microbiology, 6: 1 - 8 (2015).

Engez, S. T. ve Eriş, A., “ Gıda mühendisliğinde kullanılan bazı yazılımlar”, Gıda Mühendisliği Dergisi, 13 Aralık: 19 – 22, (2002).

Erdogdu, F., Ferrua, M., Singh, S. K. and Singh, R. P., “Air-impingement cooling of boiled eggs: Analysis of flow visualization and heat transfer”, Journal of Food Engineering, 79: 920 - 928, (2007).

Erdoğdu, F., ‘Kızılötesi ısıtma ile yumurtalarda *Salmonella* Enteritidis hedefli bir yüzey pastörizasyon prosesi geliştirilmesi’, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, MÜH.F.GM (FE), (2006).

Erdoğdu, S. B. and Ekiz, H.I., “Effect of ultraviolet and far infrared radiation on microbial decontamination and quality of cumin seeds”, Journal of Food Science, 76 (5): 284 - 292, (2011).

Erkan, M. E., Vural, A. ve Güran, H. ř., “Diyarbakır ilinde satışa sunulan köy ve market yumurtalarının hijyenik kalitesi üzerine bir araştırma”, Dicle Üniversitesi veterinerlik Fakültesi dergisi, 1 (1): 11-16, (2008).

Erkmen, O., “Gıda mikrobiyolojisi, 3. baskı”, Elif Yayınevi, Ankara, (2011).

Eser, E. ve Ekiz, H. İ., “Surface temperature a critical parameter to control peanut quality during far infrared pretreatment process”, International Food Research Journal, (Baskıda) (2016).

Foster, A. M., Ketteringham, L. P., Purnell, G. L., Kondjoyan, A., Havet, M., and Evans, J. A., “New apparatus to provide repeatable surface temperature-time treatments on inoculated food samples”, Journal of Food Engineering, 76: 19 - 26, (2006).

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği, (2013/Taslak).

http://www.gidamo.org.tr/resimler/ekler/732bf0dd6ee1cd3_ek.pdf

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği, (2014/55).

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-5.htm>

Hou, H., Singh, R. K., Muriana, P. M. and Stadelman, W. J., “Pasteurization of Intact Shell Eggs”, *Food Microbiology*, 13:93-101, (1996).

Howard, Z.R., O’Bryan, C. A., Crandall, P. G. and Ricke, S.C., “*Salmonella* Enteritidis in shell eggs: current issues and prospects for control”, *Food Research International*. 45: 755-764, (2012).

Huang, E., Mittal, G. S. and Griffiths, M.W., “Inactivation of *Salmonella* Enteritidis in Liquid Whole Egg Using Combination Treatments of Pulsed Electric Field, High Pressure and Ultrasound”, *Biosystems Engineering*, 94: (3), 403-413, (2006).

Huang, L., “Infrared surface pasteurization of Turkey frankfurters”, *Innovative Food Sci Emerging Technol*, 5: 345–351, (2004).

Hudson, R.D., “Infrared system engineering”, Wiley, New York, (1969).

James, C., Lechevalier, V. and Ketteringham, L., “Surface pasteurization of shell eggs”, *Journal of Food engineering*, 53:193-197, (2002).

Jimenez-Munoz, J. C. and Sobrino, J.A., “Comment on “Ecological importance of the thermal emissivity of avian eggshells”. *Journal of Theoretical Biology*, Letter to Editor, 304: 304-307, (2012).

Keener, K. M., “21st Century Egg Processing Technologies”, Pennsylvania Poultry Sales and Service Conference 84th Northeastern Conference on Avian Diseases, (2012).

Keklik, N. M., Demirci, A., Patterson, P. H. and Puri, V. M., “Pulsed UV light inactivation of *Salmonella* Enteritidis on eggshells and its effects on egg quality”, *Journal of Food Protection*, 73 (8); 1408-1415, (2010).

- Kim, J. K. and Harrison, M. A., “Surrogate selection for *Escherichia coli* O157:H7 based on cryotolerance and attachment to romaine lettuce”, *Journal of Food Protection*, 7: 1385 - 1391, (2009).
- Koçan, D., “*Listeria monocytogenes* 'in belirlenmesinde minimum inhibisyon konsantrasyonu”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Müh., Doktora tezi, Ankara, (2007).
- Konak, İ. Ü., Certel, M. ve Helhel S., Gıda Sanayisinde Mikrodalga Uygulamaları, (Derleme) *Electronic Journal of Food Technologies*, 4(3):20-31, (2009).
- Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Jun, S., Irudayaraj, J. and Demirci A., “ Infrared heating in food processing: An overview”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7: 2-13, (2008).
- Kuo, F-L., Carey, J. B. and Ricke, S. C., “UV-irradiation of Shell Eggs: Effect on Populations of Aerobes, Molds, and Inoculated *Salmonella typhimurium*”, *Journal of Food Protection*, 60 (6): 639-643, (1997).
- Kümes Hayvancılığı Ürün Raporu, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, TEPGE yayın no: ISBN : 978-605-4672-97-4, (2014).
- Lakins, D.G., Alvarado, C. Z., Thompson, L. D., Brashears, M. T., Brooks, J. C. and Brashears, M. M., “Reduction of *Salmonella* Enteritidis in Shell Eggs Using Directional Microwave Technology”, *Poultry Science*, 87:985-991, (2008).
- Layman, D. K. and Rodriguez, N. R., “Egg proteins as a source of power, strength and energy”, *Nutrition Today (Food Science)*, 44 (1): 43-48, (2009).
- Luis Alberto Rodríguez Romo, M. S., “Control Of *Salmonella Enterica* Serovar Enteritidis In Shell Eggs By Ozone, Ultraviolet Radiation, and Heat”, Phd Thesis, The Ohio State University, (2004).

- Monfort, S., Sagarzazu, N., Condon, S., Raso, J. and Alvarez. I., “Liquid whole egg ultra-pasteurization by combination of PEF, heat and additives”, Food Bioprocess Technol, 6: 2070 - 2080, (2013).
- Özdemir, H. H., “Determination of Quality Parameters and Shelf Life of Hen Egg”, M.Sc. Thesis, Gaziantep, (2010).
- Özkoç, S. Ö., “Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı”, Gıda Dergisi, GD09065, (2009).
- Pan, Z., and Atungulu, G. G., “Infrared heating for food and agricultural processing”, CRS Press, New York, (2011).
- Panyam, D. and Kilara, A., “ Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification (review)”, Food Science and Technology 7:120-125, (1996).
- Pasquali, F., Fabbri, A., Cevoli, C., Manfreda, G. and Franchini, A., Hot Air Treatment for Surface Decontamination of Table Eggs, Food Control, 21, 431-435, (2010).
- Perry, J.J., Rodriguez-Saona, L.A. and Yousef, A.E., “Inactivation of *Salmonella* enteric serovar Enteritidis in shell eggs by sequential application of heat and ozone”, Letters in Applied Microbiology, The Society for Applied Microbiology, 46: 620- 625, (2008).
- Perry, J.J., Rodriguez-Saona, L.A. and Yousef, A.E., “Quality of shell Eggs Pasteurized with Heat or Heat-Ozone Combination during Extended Storage”, Journal of Food Science, 76 (7): 437- 444, (2011).
- Ramachandran, R., Malhotra, D., Anishparvin, A. and Anandharamakrishnan, C., “ Computational fluid Dynamics simulation studies on pasteurization of egg in stationary and rotation modes”, Innovative Food Science and Engineering Technologies, 12: 38-44, (2011).

- Rastogi, N. K., “Recent trends and developments in infrared heating in food processing”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52: 737 – 760, (2012).
- Roberts, J. R., “Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens”, *Journal of Poultry Science*, 41 (3): 161 – 177, (2004).
- Saldamlı, İ. B., “Gıda Kimyası”, 4. Baskı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, (2014).
- Sakai, N. and Hanzawa, T., “ Application and advances in far-infrared heating in Japan”, *Trends in Food Science and Technology*, 5: 357 – 362, (1994).
- Sarıbay, M. U. ve Köseoğlu T., “İşınlamanın yumurta beyazının köpük oluşturma özelliği üzerine etkisi”, *Gıda*, 37 (5): 273-278, (2012).
- Sarıbay, M.U. ve Köseoğlu, T., İşınlanmış yumurta ve yumurta ürünlerinde kalite değişimleri”, *Gıda ve Yem Bilimi – Teknoloji Dergisi*, 12: 41- 48 (2012).
- Schuman, J. D., Sheldon, B. W., Vandepopuliere, J.M. and Ball Jr., H. R., “Immersion heat treatments for inactivation of *Salmonella* Enteritidis with intact eggs”, *Journal of Applied Microbiology*, 83: 438–444, (1997).
- Serdaroğlu, M. ve Deniz, E. E., „Sıvı yumurtaların dondurulması ve dondurma nedeniyle oluşan kalite problemleri”, *Hayvansal Üretim*, 43 (1); 55 – 63, (2002).
- Shenga, E., Singh, R.P. and Yadav, A. S., “Effect of pasteurization of shell egg on its quality characteristics under ambient storage”, *Journal of Food Science*, 47 (49): 420-425, (2010).
- Stadelman, W. J., Singh, R. K., Muriana, P. M. and Hou, H., “Pasteurization of Eggs in the Shell”, *Poultry Science*, 75, 1122-1125, (1996).
- Tanaka, F., Verboven, P., Scheerlinck, N., Morita, K., Iwasaki, K. and Nicolai, B., “Investigation of far infrared radiation heating as an alternative technique

for surface decontamination of strawberry”, *Journal of Food Eng*, 79, 445-452, (2007).

Tayyar, M., “Yumurta Hijyeni”, Ders notu, (2005)

<http://homepage.uludag.edu.tr/~mtayar/yumurtahijyeni.htm>, (E.T.: 19.04.2012)

Temiz, A., “Genel mikrobiyoloji uygulama teknikleri, 4. baskı”, Hatiboğlu yayınevi, Ankara, (2008).

Turhan, İ., Topuz, A., Tetik, N. ve Karhan, M., “Meyve ve Sebzelerin Muhafazasında Ultraviyole Işık Uygulamaları”, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 289-292, Bolu, (2006).

Turner, J.S., “Cooling rate and size of birds’ eggs – A natural isomorphic body”, *J. Therm. Biol*, 10(2): 101-104, (1985).

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği - Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2000/11, Yayımlandığı Resmi Gazete; 27.03.2000-24002.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği - Yumurta Ve Yumurta Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2007/54, Resmi Gazete; 23.01.2008-26765.

Ünlütürk, A. ve Turantaş, F., “Gıda Mikrobiyolojisi, 3. baskı”, Meta Basım, (2003).

Yüncü, H. ve Kakaç, S., “Temel Isı Transferi”, Bilim kitapevi, Ankara, (1999).

EK – 1

23 Ocak 2008
ÇARŞAMBA

Resmî Gazete

Sayı : 26765

TEBLİĞ

Tarım ve Köyişleri Bakanlığından:

TÜRK GIDA KODEKSİ YUMURTA VE YUMURTA ÜRÜNLERİ TEBLİĞİ

(TEBLİĞ NO: 2007/54)

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu Tebliğin amacı sağlıklı yumurtacı tavuklardan elde edilmiş yumurta ve tekniğine uygun, hijyenik şekilde üretilmiş yumurta ürünlerinin, paketlenmesi, muhafazası, depolanması, taşınması ve pazarlanmasını sağlamak üzere bu ürünlerin özelliklerini belirlemektir.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu Tebliğ, evcil tavuktan (*Gallus gallus var. domesticus*) elde edilen yumurta ve yumurta ürünlerini kapsar. Diğer kanatlı hayvanlara ait yumurta ve yumurta ürünleri ile kuluçkalanmış ve pişmiş yumurtalar bu Tebliğ kapsamında değildir.

Dayanak

MADDE 3 – (1) Bu Tebliğ, 16/11/1997 tarihli ve 23172 mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği’ne göre hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 4 – (1) Bu Tebliğe geçen;

a) A sınıfı yumurta: *Gallus gallus var. domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine sunulan kabuklu yumurtayı,

b) B sınıfı yumurta: *Gallus gallus var. domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen, A sınıfı yumurtanın özelliklerini karşılayamayan ve yumurta ürünlerinin hazırlanmasına uygun kabuklu yumurtayı,

c) Çatlak yumurta: Yumurta kabuğunun sert kısmının hasar gördüğü, ancak kabuk altı zarının bütünlüğünün bozulmadığı ve oluşan hasarın çıplak gözle görülebildiği yumurtayı,

ç) Ekstra taze yumurta: Paketlendiği tarihte hava boşluğu 4 mm veya daha düşük olan, raf ömrü üretim tarihinden itibaren dokuz günü geçmeyen A sınıfı yumurtayı,

d) İşletme numarası: Tarım ve Köyişleri Bakanlığının bilgisayar destekli veri tabanına kaydedilirken kanatlı işletmelerine Bakanlık il/ilçe müdürlükleri tarafından verilen, iki haneli ülke kodu ve iki haneli il trafik kodunun ardından gelen işletmeye özgü 10 rakamlı bir sayı ile birlikte toplam 14 haneden oluşan numarayı,

e) Kırık yumurta: Yumurta kabuğunun sert kısmının ve kabuk altı zarının bütünlüğünün bozulduğu yumurtayı,

f) Kuluçkalık yumurta: Cıvciv üretimi amacı ile elde edilen yumurtayı,

g) Kuluçkalanmış yumurta: Kuluçka makinesine konmuş kuluçkalık yumurtayı,

ğ) Kümes numarası: Tarım ve Köyişleri Bakanlığının bilgisayar destekli veri tabanına kaydedilirken kanatlı işletmelerinde bulunan her bir kümesteki sürülere Bakanlık il/ilçe müdürlükleri tarafından verilen 1, 2, 3, ... gibi sıra numarasını,

h) Pastörizasyon: Yumurtadaki, Salmonella başta olmak üzere patojen mikroorganizmaların vejetatif formlarının tamamını yok etmek amacıyla uygulanan, ürünün üretim teknolojisine uygun yeterli bir sıcaklık-zaman kombinasyonu ile gerçekleştirilen işlemi,

ı) Temiz yumurta: Kabuk yüzeyinde hiçbir yabancı madde içermeyen yumurtayı,

i) Yabancı madde: Doğal olarak yumurtanın yapısında yer almayan iç ve dış kaynaklı, organik ve inorganik maddeleri; yumurta içinde bulunabilecek kan lekeleri, kanlı oluşumlar, et benekleri ve embriyonal oluşumları,

j) Yumurta: Gallus gallus var. domesticus cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine sunulan veya yumurta ürünlerinin hazırlanmasına uygun kabuklu yumurtayı,

k) Yumurta akı: Yumurta kabuğu ve yumurta sarısı arasında bulunan saydam maddeyi,

l) Yumurta kabuğu: Yumurta içeriğini dıştan çevreleyen, dıştan içe doğru kütikula, kalsiyum tabakası ve çift katlı kabuk altı zarından oluşan yapıyı,

m) Yumurta sarısı: Yumurtanın ortasında bulunan, vitelin zarı ile çevrilmiş sarı renkli maddeyi,

n) Yumurta ürünleri: Kabuğundan ayrılmış tüm yumurta, yumurta sarısı, yumurta akı veya karışımlarından elde edilen, diğer gıda maddeleri ile de kombine

edilebilen; tekniğine uygun şekilde üretilmiş, en az %50 oranında yumurta içeren sıvı, konsantre edilmiş, kurutulmuş, dondurulmuş, koagüle edilmiş, kristalize ve benzeri ürünleri,

ifade eder.

Hammadde, işlem ve ürün özellikleri

MADDE 5 – (1) Bu Tebliğ kapsamındaki ürünlerin genel özellikleri aşağıda verilmiştir:

- a) Yumurtalar sağlıklı hayvanlardan elde edilmiş olacaktır.
- b) Yumurtalar ve yumurta ürünleri kendine has tat, koku ve renkte olacaktır.
- c) Doğal renk ve kokusunu kaybetmiş, çürümüş, kokuşmuş, yumurtalar ile kuluçka işlemi uygulanmış yumurtalar doğrudan tüketime sunulamaz ve gıda sanayinde de kullanılamaz.
- ç) Yumurta ürünlerinin üretiminde kullanılacak yumurtaların kabukları yapısal gelişimini tam olarak tamamlamış olur ve kırık içermez.
- d) Kırık yumurtalar yumurta ürünlerinin üretimi de dâhil olmak üzere, gıda maddelerinin üretiminde kullanılamaz.
- e) Çatlak yumurtalar üretildikleri çiftlikten ve paketlenme merkezinden doğrudan yumurtaların işlenecekleri işletmeye getirilmesi ve işletmeye alındıktan sonra bekletilmemesi koşuluyla yumurta ürünlerinin üretimi de dâhil olmak üzere gıda maddelerinin üretiminde kullanılabilir.
- f) Yumurtalar, temiz ve kuru olmadıkça kırılmaz.
- g) Yumurta kırma işlemi, yumurta ürünlerinin üretimindeki diğer işlemlerden ayrı bir yerde, kontaminasyonu en aza indirecek şekilde yapılır. Çatlak yumurtalar mümkün olduğunca çabuk işlenir.
- ğ) Bu Tebliğ kapsamındaki yumurta ürünlerinin yanı sıra diğer kanatlı hayvanlara ait yumurta ürünlerinin de üretildiği işletmelerde, farklı kanatlı türlerine ait yumurtalar birlikte işlenmez. Farklı bir türe ait yumurtaların işlenmesine başlanmadan önce tüm ekipmanlar temizlenir ve dezenfekte edilir.
- h) Yumurtaların içeriği santrifüj ile ya da ezilerek alınmamalı, ayrıca boş yumurta kabuklarında kalan yumurta akı kalıntılarının ayrılması için santrifüj kullanılmamalıdır.
- ı) Kırılan yumurtalar, mikrobiyolojik riskleri elimine etmek veya kabul edilebilir bir seviyeye indirmek için mümkün olduğunca hızlı bir şekilde işleme tabi tutulur. Yetersiz işlem gören bir parti, eğer yeni bir işlemle insan tüketimi için uygun

hale getirilebilecekse, aynı işletmede tekrar işleme alınabilir. İnsan tüketimi için uygun olmadığı tespit edilen ürünler, insan tüketimine sunulamaz ve bunu sağlamak için denatüre edilir.

i) Kuru veya kristalize albümin üretiminde kullanılacak olan yumurta akı, sonradan ısıtılma işlemine tabi tutulacağından önceden ısıtılma işlemine uygulanmasına gerek yoktur.

j) Yumurta içeriği yumurtaların kırılmasından sonra hemen işlenmeyecekse, dondurularak ya da +4 °C'den yüksek olmayan bir sıcaklıkta muhafaza edilir. +4 °C'de tutulması durumunda, ürüne işlenmeden önceki muhafaza süresi 48 saati aşamaz. Ancak bu şartların yerine getirilmesi, yumurta akındaki şekerin ayrılması işlemi hemen gerçekleştirilecekse, şekeri ayrılan ürünler için zorunlu değildir.

k) Oda sıcaklığında tutulan stabilize edilmemiş ve işleme devam edecek olan ara ürünler +4°C'yi geçmeyecek şekilde soğutulur. Dondurulacak ürünler ise işleme basamakları tamamlandıktan sonra hemen dondurulur.

l) Modifiye edilmemiş yumurta ürünlerinde, kuru maddedeki 3 OH-butirik asit miktarı 10 mg/kg'ı aşamaz.

m) Yumurta ürünlerinin üretiminde kullanılacak olan hammaddenin kuru maddesindeki laktik asit miktarı 1000 mg/kg'ı aşamaz. Fermente ürünlerde bu değer fermantasyon işleminden önce kaydedilen değer olacaktır.

n) Yumurta ürünlerindeki yumurta kabuğu ve zar kalıntısı ile diğer partiküllerin toplam miktarı 100 mg/kg'ı aşamaz.

o) İşlenmemiş yumurta ürünlerini işlemek veya işlenmiş yumurta ürünlerini daha ileri düzeyde işlemek için kullanılan herhangi bir ısıtılma işlem yöntemi; işleme tabi tutulan ürünün tamamını belirlenen bir süre içinde belirlenen sıcaklığa yükseltmeli, işlem sırasında ürünün kontamine olmasını önlemelidir.

ö) Yumurta ürünlerinin üretimi sırasında uygulanan ısıtılma işleminin istenen amaca ulaşmasını sağlamak için, sıcaklık, basınç, mikrobiyolojik özellikler gibi temel parametreler düzenli olarak kontrol edilir.

p) Yumurta ürünlerinin üretimi sırasında kullanılan ısıtılma işlem yöntemi uluslararası kabul görmüş standartlara uygun olmalıdır.

r) Pastörize yumurta ürünleri alfa amilaz testine negatif reaksiyon vermelidir.

s) Yumurtalar özelliklerine göre A sınıfı ve B sınıfı olmak üzere ikiye ayrılır.

(2) A sınıfı yumurtaların özellikleri aşağıda verilmiştir:

a) A sınıfı yumurtaların özellikleri Ek-1'e uygun olacaktır.

b) A sınıfı yumurtalar yıkanarak veya başka bir yöntemle temizlenemez ve yağlama işlemine tabi tutulamaz.

c) A sınıfı yumurtalar ağırlıklarına göre sınıflandırılır ve ağırlık sınıfları Ek-2'ye uygun olur.

(3) B sınıfı yumurtalar gıda sanayinde kullanılır.

(4) Ek-1'de yer alan özelliklerini kaybetmiş olan A sınıfı yumurtalar B sınıfına alınabilir.

Katkı maddeleri

MADDE 6 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerde kullanılan katkı maddeleri, 25/8/2002 tarihli ve 24857 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Gıdalarda Kullanılan Renklendiriciler Tebliği 21/9/2006 tarihli ve 26296 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Gıda Maddelerinde Kullanılan Tatlandırıcılar Tebliği ve 25324 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği'nde yer alan hükümlere uygun olacaktır.

Aroma maddeleri

MADDE 7 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan yumurta ürünlerinde kullanılan aroma maddeleri, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin Gıda Aroma Maddeleri Bölümü'ne uygun olacaktır.

Bulaşanlar

MADDE 8 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerdeki bulaşanların miktarları, 23/9/2002 tarihli ve 24885 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ'e uygun olacaktır.

Pestisitler

MADDE 9 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerdeki pestisit kalıntı düzeyleri, 11/1/2005 tarihli ve 25697 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Gıdalarda Maksimum Bitki Koruma Ürünleri Kalıntı Limitleri Tebliği'nde yer alan hükümlere uygun olacaktır.

Veteriner ilaçları kalıntı düzeyleri

MADDE 10 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerdeki veteriner ilaçları kalıntı düzeyleri, 28/4/2002 tarihli ve 24739 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Hayvansal Kökenli Gıdalarda Veteriner İlaçları Maksimum Kalıntı Limitleri Tebliği'nde yer alan hükümlere uygun olacaktır.

Hijyen

MADDE 11 – (1) Bu Tebliğ kapsamındaki ürünler, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin Gıda Hijyeni Bölümü ile 2/9/2001 tarihli ve 24511 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'nde yer alan hükümlere uygun olacaktır.

(2) Yumurta ürünlerinin mikrobiyolojik özellikleri Ek-3'e uygun olacaktır.

İşyeri özellikleri

MADDE 12 – (1) Yumurta ürünlerinin üretimi için kurulan, tasarlanan ve donatılan işletmelerde aşağıdaki işlemler birbirinden ayrı bölümlerde gerçekleştirilir.

- a) Kirli yumurtaların yıkanması, dezenfekte edilmesi ve kurutulması,
- b) Yumurtaların kırılması, muhteviyatlarının toplanması ve kabuklarının ve zarlarının uzaklaştırılması,
- c) Bu maddenin (a) ve (b) bentlerinde bahsedilenler dışındaki işlemler.

Ambalajlama, etiketleme ve işaretleme

MADDE 13 – (1) Bu Tebliğ kapsamındaki ürünler; Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin Ambalajlama ve Etiketleme-İşaretleme Bölümü ile 25/8/2002 tarihli ve 24857 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliği'nde yer alan hükümlere uygun olacaktır. Bu kurallara ek olarak;

a) A sınıfı yumurtalarda işletme ve kümes numarası, kolayca görülebilir, okunaklı ve en az 2 mm yükseklikte olacak şekilde yumurta kabuğu üzerine damgalanır.

b) A sınıfı yumurtaların ağırlık ve özellik sınıfları etikette, ürün adı ile aynı yüzde belirtilir. Özellik sınıfı belirtilirken "A sınıfı" ifadesi veya "A" harfi kullanılır. A sınıfı yumurtaların ağırlık sınıflarını simgeleyen harfler en az 2 mm yükseklikte olmak ve çevresinde en az 12 mm çapında bir çember bulunmak koşulu ile yumurta kabuğu üzerine de damgalanabilir.

c) A sınıfı yumurtaların ağırlık sınıfları, Ek-2'de verilen harflerle veya bunlara karşılık gelen ifadelerle veya her ikisiyle belirtilir. Ayrıca ilgili ağırlıklar da verilebilir. Ek-2'de verilen ağırlık sınıfları farklı renk, sembol, ticari marka veya başka bir gösterim şekliyle alt sınıflara bölünemez.

ç) A sınıfı yumurtaların etiketinde son tüketim tarihi ".....tarihine kadar tüketilmelidir." veya ".....tarihinden önce tüketilmelidir." ifadeleri kullanılarak yazılır. Yumurtaların etiketinde üretim tarihi de yazılabilir.

d) A sınıfı yumurtalar yumurtlama tarihinden itibaren 21 gün içinde tüketiciye ulaştırılır. A sınıfı yumurtaların son tüketim tarihi, yumurtlama tarihinden itibaren 28 günden fazla olamaz. Eğer yumurtlama tarihi farklı olan yumurtalar aynı paket içinde satışa sunuluyorsa, son tüketim tarihi belirlenirken ilk yumurtlama tarihi dikkate alınır.

e) Paketlendiği tarihte hava boşluğu 4 mm veya daha düşük olan A sınıfı yumurtalar yumurtlama tarihinden itibaren dokuzuncu güne kadar "ekstra taze" olarak tanımlanabilir. Bu ifade kullanıldığında " tarihine kadar ekstra taze" şeklinde belirtilir ve "....." yerine yumurtlama tarihinden sonraki dokuzuncu günün tarihi yazılır. Ayrıca "ekstra taze" olarak nitelendirilen yumurtaların etiketi üzerinde yumurtlama tarihi yer alır.

f) B sınıfı yumurtaların ambalajı üzerinde "B sınıfı" ifadesi veya "B" harfi yer alır. B sınıfı yumurtaların sınıfını simgeleyen harf, yüksekliği en az 5 mm olmak ve çevresinde en az 12 mm çapında bir çember bulunmak koşulu ile yumurta üzerine damgalanabilir.

g) B sınıfı yumurtaların ambalajı üzerine son kullanım tarihi ile birlikte paketleme tarihi de yazılır.

ğ) B sınıfı yumurtaların ambalajı üzerinde, en az 2 cm yükseklikte büyük harflerle "GIDA SANAYİ İÇİNDİR" yazısı yer alır.

h) Yumurtaların üretim tarihi yumurtlama tarihiyle aynı olur.

ı) Yumurta ambalajının üzerinde net olarak görülebilecek biçimde "Satın aldıktan sonra buzdolabında/soğukta muhafaza ediniz" ifadesi yer alır.

i) Yumurtalar ambalajsız olarak mübadele konusu yapılamaz.

j) Yumurtaların dağıtım ambalajlarının üzerinde aşağıdaki bilgiler de yer alır:

1) Üreticinin ve paketleyicinin adı ve adresi

2) İşletme numarası

3) Üretim izni tarihi ve sayısı

4) Yumurtaların sayısı ve/veya ağırlığı

5) Üretim tarihi veya periyodu

6) Sevkiyat tarihi

k) Başka bir gıdanın üretiminde bileşen olarak kullanılmak üzere sevk edilen yumurta ürünlerinin etiketi üzerinde, ürünün depolanması gereken sıcaklık ve bu sıcaklıkta tutulabileceği süre yer alır.

Taşıma ve depolama

MADDE 14 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin taşınması ve depolanması sırasında Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin Gıdaların Taşınması ve Depolanması Bölümü'ndeki kurallara uyulur. Bu kurallara ek olarak;

a) Yumurtalar üretildikleri işletmelerde, toplanma işleminden hemen sonra depolarda violler içinde muhafaza edilir.

b) A sınıfı yumurtalar (+5) – (+12)°C sıcaklıklarda muhafaza edilir ve taşınır. Ancak 24 saatten fazla olmamak üzere sevkiyat sırasında veya 72 saatten fazla olmamak üzere perakendecide +5°C'nin altındaki bir sıcaklıkta tutulabilir.

c) B sınıfı yumurtalar (+5) – (+12)°C'de ve % 70 – 85 bağıl nem içeren depolarda muhafaza edilir ve belirtilen sıcaklıklarda taşınır.

ç) Yumurta ürünlerinin depolama sıcaklıkları aşağıdaki dereceleri aşamaz:

<u>Ürün Tipi</u>	<u>Depolama Sıcaklığı</u>
Derin dondurulmuş ürünler	- 18 °C
Dondurulmuş ürünler	- 12 °C
Soğutulmuş ürünler	+ 4 °C
Pastörize ürünler	+ 4 °C

Kurutulmuş ürünler (yumurta akı hariç)+ 15 °C

d) Yumurtalar üretildiği yerde ve tüketiciye ulaştırılana kadarki tüm aşamalarda temiz ve kuru yerlerde ve yabancı kokulardan arı biçimde depolanır; darbelerden, doğrudan güneş ışığından ve büyük sıcaklık dalgalanmalarından korunur.

Numune alma ve analiz yöntemleri

MADDE 15 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerden Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin Numune Alma ve Analiz Metotları Bölümü'nde belirtilen kurallara uygun olarak numune alınır ve uluslararası kabul görmüş analiz metotları uygulanır.

Tescil ve denetim

MADDE 16 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünleri üreten ve satan işyerleri; tescil ve izin, ithalat işlemleri, kontrol ve denetim sırasında bu Tebliğ hükümlerine uymak zorundadır. Bu hükümlere uymayan işyerleri hakkında 5/6/2004 tarihli ve 25483 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 5179 sayılı Gıdaların Üretimi,

Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun hükümlerine göre yasal işlem yapılır.

Denetim

MADDE 17 – (1) Bu Tebliğde yer alan hükümlerin uygulanması ile ilgili denetim 5/6/2004 tarihli ve 25483 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 5179 sayılı Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun’a göre Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yerine getirilir.

Avrupa Birliği’ne uyum

MADDE 18 – (1) Bu Tebliğ, 1028/2006/EC sayılı Yumurtaların Pazarlama Standartlarına İlişkin Konsey Tüzüğü ve 557/2007/EC sayılı Yumurtaların Pazarlama Standartlarına İlişkin 1028/2006/EC sayılı Konsey Tüzüğü’nün Uygulama Esaslarına Dair Komisyon Tüzüğü dikkate alınarak Avrupa Birliği’ne uyum çerçevesinde hazırlanmıştır.

Yürürlükten kaldırılan mevzuat

MADDE 19 – (1) Bu Tebliğ ile 27/3/2000 tarihli ve 24002 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi-Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Uyum zorunluluğu

GEÇİCİ MADDE 1 – (1) Halen faaliyet gösteren ve bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünleri üreten ve satan işyerleri, bu Tebliğin 13 üncü maddesinin (a) bendinde yer alan hükme bir yıl içerisinde, diğer hükümlerine ise üç ay içerisinde uymak zorundadır.

Yürürlük

MADDE 20 – (1) Bu Tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 21 – (1) Bu Tebliği Tarım ve Köyişleri Bakanı yürütür.

Ek-1

A Sınıfı Yumurtaların Özellikleri

- 1) Yumurta kabuğu; normal, temiz ve hasarsız olur.
- 2) Hava boşluğu; "ekstra taze" olarak satışa sunulan yumurtalarda 4 mm, diğerlerinde 6 mm’den yüksek olamaz ve sabit olur.

3) Yumurta akı; berrak, saydam ve jel kıvamında olur, yabancı madde içermez.

4) Yumurta sarısı; ışık muayenesinde merkezde yuvarlak gölge şeklinde görülür, yumurtanın döndürülerek hareket ettirilmesinde merkezden belirgin şekilde ayrılmaz ve yabancı madde içermez.

5) Yumurta içeriğinde gözle görülebilir embriyo bulunmaz.

6) Yabancı koku içermez.

Ek-2

A Sınıfı Yumurtaların Ağırlık Sınıfları

Ağırlık Sınıfı	Ağırlık
XL – Çok Büyük	≥ 73 g
L - Büyük	63 – 72 g
M - Orta	53 – 62 g
S - Küçük	≤ 52 g

Ek-3

Yumurta Ürünleri İçin Mikrobiyolojik Kriterler

	n	c	m	M
<i>Salmonella</i>	5	0	25 gramda bulunmamalıdır.	
<i>Enterobacteriaceae</i>	5	2	10 KOB/g - mL	1×10^2 KOB/g - mL

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

EK – 2

20 Aralık 2014
CUMARTESİ

Resmî Gazete

Sayı : 29211

TEBLİĞ

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından:

TÜRK GIDA KODEKSİ YUMURTA TEBLİĞİ

(2014/55)

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu Tebliğin amacı yumurtacı tavuklardan elde edilmiş kabuklu yumurtanın tekniğine uygun ve hijyenik şekilde paketlenmesi, muhafazası, depolanması, taşınması ve pazarlanmasında dikkate alınacak özellikleri belirlemektir.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu Tebliğ, evcil tavuktan (*Gallus gallus var. domesticus*) elde edilen yumurtayı kapsar. Diğer kanatlı hayvanlara ait yumurta ve yumurta ürünleri ile kuluçkalanmış ve pişmiş yumurtaları kapsamaz.

(2) Yumurta ürünleri ile ilgili olarak 27/12/2011 tarihli ve 28155 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Hayvansal Gıdalar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliğinde yer alan hükümler uygulanır.

Dayanak

MADDE 3 – (1) Bu Tebliğ, 29/12/2011 tarihli ve 28157 3 üncü mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine dayanılarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 4 – (1) Bu Tebliğde geçen;

a) A sınıfı yumurta: *Gallus gallus var. domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine veya gıda sanayisinin kullanımına sunulan ve Ek-1 de yer alan kalite özelliklerini taşıyan kabuklu yumurtayı,

b) B sınıfı yumurta: *Gallus gallus var. domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen, A sınıfı yumurtanın Ek-1 de yer alan kalite özelliklerini karşılayamayan ve yumurta ürünlerinin hazırlanmasına uygun kabuklu yumurtayı,

c) Çatlak yumurta: Yumurta kabuğunun sert kısmının hasar gördüğü, ancak kabuk altı zarının bütünlüğünün bozulmadığı ve oluşan hasarın çıplak gözle görülebildiği yumurtayı,

ç) Ekstra taze yumurta: Paketlendiği tarihte hava boşluğu 4 mm veya daha düşük olan, raf ömrü üretim tarihinden itibaren dokuz günü geçmeyen A sınıfı yumurtayı,

d) İşletme numarası: Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının bilgisayar destekli veri tabanına kaydedilirken kanatlı işletmelerine Bakanlık il/ilçe müdürlükleri tarafından

verilen iki haneli ülke kodu ve iki haneli il trafik kodunun ardından gelen işletmeye özgü 10 rakamlı bir sayı ile birlikte toplam 14 haneden oluşan numarayı,

e) Kırık yumurta: Yumurta kabuğunun sert kısmının ve kabuk altı zarının bütünlüğünün bozulduğu yumurtayı,

f) Kuluçkalık yumurta: Cıvciv üretimi amacı ile elde edilen yumurtayı,

g) Kuluçkalanmış yumurta: Kuluçka makinesine konmuş kuluçkalık yumurtayı,

ğ) Kümes numarası: Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının bilgisayar destekli veri tabanına kaydedilirken kanatlı işletmelerinde bulunan her bir kümesteki sürülere Bakanlık il/ilçe müdürlükleri tarafından verilen 1, 2, 3, ... gibi sıra numarasını,

h) Temiz yumurta: Kabuk yüzeyinde hiçbir yabancı madde bulunmayan yumurtayı,

ı) Yabancı madde: Doğal olarak yumurtanın yapısında yer almayan iç ve dış kaynaklı, organik ve inorganik maddeleri; yumurta içinde bulunabilecek kan lekeleri, kanlı oluşumlar, et benekleri ve embriyonal oluşumları,

i) Yumurta: Gallus gallus var. domesticus cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine veya gıda sanayisinin kullanımına sunulan veya yumurta ürünlerinin hazırlanmasına uygun kabuklu yumurtayı,

j) Yumurta akı: Yumurta kabuğu ve yumurta sarısı arasında bulunan saydam maddeyi,

k) Yumurta kabuğu: Yumurta içeriğini dıştan çevreleyen, dıştan içe doğru kütikula, kalsiyum tabakası ve çift katlı kabuk altı zarından oluşan yapıyı,

l) Yumurta sarısı: Yumurtanın ortasında bulunan, vitelin zarı ile çevrilmiş sarı renkli maddeyi,

m) Yumurta ürünleri: Kabuğundan ayrılmış tüm yumurta, yumurta sarısı, yumurta akı veya karışımlarından elde edilen, diğer gıda maddeleri ile de kombine edilebilen; teknolojisine uygun şekilde üretilmiş, en az %50 oranında yumurta içeren sıvı, konsantre edilmiş, kurutulmuş, dondurulmuş, koagüle edilmiş, kristalize ve benzeri ürünleri,

ifade eder.

Hammadde, işlem ve ürün özellikleri

MADDE 5 – (1) Bu Tebliğ kapsamındaki ürünlerin genel özellikleri aşağıda verilmiştir:

a) Yumurta sağlıklı hayvanlardan elde edilmiş olmalıdır.

b) Yumurta kendine has tat, koku ve renkte olmalıdır.

c) Doğal renk ve kokusunu kaybetmiş, çürümüş, kokuşmuş yumurta ile kuluçka işlemi uygulanmış yumurta doğrudan tüketime sunulamaz ve gıda sanayiinde

kullanılamaz.

ç) Kırık yumurta, yumurta ürünlerinin üretimi de dâhil olmak üzere, gıda maddelerinin üretiminde kullanılamaz.

d) Yumurta, özelliklerine göre A sınıfı ve B sınıfı olmak üzere ikiye ayrılır.

(2) A sınıfı yumurtanın özellikleri aşağıda verilmiştir:

a) A sınıfı yumurtanın kalite özellikleri Ek-1'e uygun olacaktır.

b) A sınıfı yumurta yıkanarak veya başka bir yöntemle temizlenemez ve yağlama işlemine tabi tutulamaz.

c) A sınıfı yumurta ağırlıklarına göre sınıflandırılır ve ağırlık sınıfları Ek-2'ye uygun olur.

(3) B sınıfı yumurta gıda sanayiinde kullanılır.

(4) Ek-1'de yer alan özelliklerini kaybetmiş olan A sınıfı yumurta B sınıfına alınabilir.

(5) A sınıfı yumurtanın ağırlık toleransları Ek-3'te verilmiştir.

Katkı maddeleri

MADDE 6 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin katkı maddeleri hususunda, 30/6/2013 tarihli ve 28693 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde yer alan hükümler uygulanır.

Bulaşanlar

MADDE 7 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerdeki bulaşan miktarları hususunda 29/12/2011 tarihli ve 28157 3 üncü mükerrer sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan hükümler uygulanır.

Pestisit kalıntıları

MADDE 8 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerdeki pestisit kalıntı miktarları hususunda 25/8/2014 tarihli ve 29099 1 inci mükerrer sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliğinde yer alan hükümler uygulanır.

Veteriner ilaçları kalıntı düzeyleri

MADDE 9 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerdeki veteriner ilaçları kalıntı düzeyleri hususunda, 4/5/2012 tarihli ve 28282 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Hayvansal Gıdalarda Bulunabilecek Farmakolojik Aktif Maddelerin Sınıflandırılması ve Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliğinde yer alan hükümler uygulanır.

Hijyen

MADDE 10 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin mikrobiyolojik kriterleri ve hijyen hususlarında, 29/12/2011 tarihli ve 28157 3 üncü mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği, 27/12/2011 tarihli ve 28155 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Hayvansal Gıdalar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği ile 17/12/2011 tarihli ve 28145 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Gıda Hijyeni Yönetmeliğinde yer alan hükümler uygulanır.

Ambalajlama

MADDE 11 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin ambalajları, 29/12/2011 tarihli ve 28157 3 üncü mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliğinde yer alan hükümlere uygun olur.

Etiketleme ve işaretleme

MADDE 12 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin etiketlenmesi hususunda, 29/12/2011 tarihli ve 28157 3 üncü mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliğinde yer alan hükümlere ek olarak aşağıdaki kurallar uygulanır.

a) A sınıfı yumurtada işletme ve kümes numarası ile yumurtlama tarihi kolayca görülebilir, okunaklı ve en az 2 mm yükseklikte olacak şekilde yumurta kabuğu üzerine damgalanır. İşletme numarası damgalanırken, il trafik kodu ve işletmeye özgü kod arasında bulunan ve bilgisayar destekli veri tabanında işletme numarasını 14 haneye tamamlamak için kullanılan sıfırlar damgalanmayabilir. Yumurtlama tarihi gün, ay, yıl olarak (Örnek: YT:1/1/2015 veya YT:1/1/15) damgalanır.

b) İşletme ve kümes numarası ile yumurtlama tarihi kümeste veya gerekli tedbirleri almak şartıyla aynı işletmeye ait tasnif veya paketleme tesisinde yazılmalıdır. Kümes ve işletme numarası ile yumurtlama tarihi yazılmamış olan A sınıfı yumurta toptan veya perakende olarak satışa arz edilemez.

c) Yumurtanın üzerindeki işletme ve kümes numaralarının ve yumurtlama tarihinin kontrolünde okunabilirlik yönünden tolerans her bir hazır ambalajın içerisindeki yumurtaların % 20’si olarak uygulanır.

ç) A sınıfı yumurtanın ağırlık ve özellik sınıfları etikette, ürün adı ile aynı yüzde belirtilir. Özellik sınıfı belirtilirken “A sınıfı” ifadesi veya “A” harfi kullanılır. A sınıfı yumurtanın ağırlık sınıflarını simgeleyen harfler en az 2 mm yükseklikte olmak ve çevresinde en az 12 mm çapında bir çember bulunmak koşulu ile yumurta kabuğu üzerine de damgalanabilir.

d) A sınıfı yumurtanın ağırlık sınıfları, Ek-2’de verilen harflerle veya bunlara karşılık gelen ifadelerle veya her ikisiyle belirtilir. Ayrıca ilgili ağırlıklar da verilebilir. Ek-2’de verilen ağırlık sınıfları farklı renk, sembol, ticari marka veya başka bir gösterim şekliyle alt sınıflara bölünemez.

e) A sınıfı yumurtanın etiketinde son tüketim tarihi “....tarihine kadar tüketilmelidir.” veya “.....tarihinden önce tüketilmelidir.” ifadeleri kullanılarak yazılır.

f) A sınıfı yumurta, yumurtlama tarihinden itibaren 21 gün içinde tüketiciye ulaştırılır. A sınıfı yumurtanın son tüketim tarihi, yumurtlama tarihinden itibaren 28 günden fazla olamaz. Eğer yumurtlama tarihi farklı olan yumurtalar aynı paket içinde satışa sunuluyorsa, son tüketim tarihi belirlenirken ilk yumurtlama tarihi dikkate alınır.

g) Paketlendiği tarihte hava boşluğu 4 mm veya daha düşük olan A sınıfı yumurta yumurtlama tarihinden itibaren dokuzuncu güne kadar “ekstra taze” olarak tanımlanabilir. Bu ifade kullanıldığında “ tarihine kadar ekstra taze” şeklinde belirtilir ve “.....” yerine yumurtlama tarihinden sonraki dokuzuncu günün tarihi yazılır. Ayrıca “ekstra taze” olarak nitelendirilen yumurtanın etiketi üzerinde yumurtlama tarihi yer alır.

ğ) B sınıfı yumurtanın ambalajı üzerinde “B sınıfı” ifadesi veya “B” harfi yer alır. B sınıfı yumurtanın sınıfını simgeleyen harf, yüksekliği en az 5 mm olmak ve çevresinde en az 12 mm çapında bir çember bulunmak koşulu ile yumurta üzerine damgalanabilir.

h) B sınıfı yumurtanın ambalajı üzerine son tüketim tarihi ile birlikte paketleme tarihi de yazılır.

ı) B sınıfı yumurtanın ambalajı üzerinde, en az 2 cm yükseklikte büyük harflerle “GIDA SANAYİ İÇİNDİR” yazısı yer alır.

i) Yumurtanın üretim tarihi yumurtlama tarihiyle aynı olur.

j) Yumurta etiketinin üzerinde net olarak görülebilecek biçimde “Satın aldıktan sonra buzdolabında/soğukta muhafaza ediniz” ifadesi yer alır.

k) Yumurta son tüketiciye hazır ambalajlı olarak sunulur.

l) Yumurta, hazır ambalajlı hale getirilmeden önce nakliye ve depolama sırasında aşağıdaki bilgiler bulundurulur:

1) Üretildiği işletmenin (kümes) adı ve adresi

2) İşletme ve kümes numarası

3) Yumurtaların sayısı ve/veya ağırlığı

4) Yumurtlama tarihi veya periyodu

5) Sevkiyat tarihi

m) Yumurta, yumurtlamadan sonraki 10 gün içerisinde sınıflandırılmalı, işaretlenmeli ve paketlenmelidir.

Taşıma, depolama, muhafaza ve satış

MADDE 13 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin depolanması ve taşınmasında, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinin Üçüncü Bölümündeki hükümlere uyulur. Bu kurallara ek olarak;

a) Yumurtalar üretildikleri işletmelerde, toplanma işleminden hemen sonra

depolarda viyoller içinde muhafaza edilir.

b) Yumurta üretildiği yerde ve tüketiciye ulaştırılana kadarki tüm aşamalarda temiz ve kuru yerlerde ve yabancı kokulardan arı biçimde depolanır; darbelerden, doğrudan güneş ışığından ve büyük sıcaklık dalgalanmalarından korunur.

c) Yumurtlama tarihinden sonraki 18 inci güne kadar yumurtanın soğutulması zorunlu değildir. Ancak 18 inci günden itibaren (+8)-(+5) °C arasında muhafaza edilmelidir.

ç) A sınıfı yumurtanın muhafaza edildiği alanlar yapay olarak +5 °C'den daha düşük derecelerde soğutulmuş olmamalıdır. Ancak 24 saatten fazla olmamak üzere sevkiyat sırasında veya 72 saatten fazla olmamak üzere perakendecide +5 °C'nin altındaki bir sıcaklıkta tutulabilir.

d) Yumurta, hijyenik olmayan malzemeler (yaprak, saman vb.) içinde satışa sunulamaz.

Numune alma ve analiz yöntemleri

MADDE 14 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerden numune alınması ve analizleri, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine uygun olur.

İdari yaptırım

MADDE 15 – (1) Bu Tebliğe aykırı davranışlar hakkında 11/6/2010 tarihli ve 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanununun ilgili maddelerine göre idari yaptırım uygulanır.

Avrupa Birliği'ne uyum

MADDE 16 – (1) Bu Tebliğ, 1234/2007/EC sayılı Yumurtaların Pazarlama Standartlarına İlişkin Konsey Tüzüğü ve 589/2008/EC sayılı Yumurtaların Pazarlama Standartlarına İlişkin 1234/2007/EC sayılı Konsey Tüzüğü'nün Uygulama Esaslarına Dair Komisyon Tüzüğü dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Yürürlükten kaldırılan tebliğ

MADDE 17 – (1) Bu Tebliğ ile 23/1/2008 tarihli ve 26765 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Uyum zorunluluğu

GEÇİCİ MADDE 1 – (1) Bu Tebliğin yayımı tarihinden önce faaliyet gösteren gıda işletmecileri bu Tebliğin yayımı tarihinden itibaren bir yıl içerisinde bu Tebliğ hükümlerine uymak zorundadır.

(2) Bu Tebliğ hükümlerine bir yıl içerisinde uymak zorunda olan gıda işletmecileri; uyum sağlayıncaya kadar 23/1/2008 tarihli ve 26765 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği hükümlerini uygulamak zorundadır.

Yürürlük

MADDE 18 – (1) Bu Tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 19 – (1) Bu Tebliğ hükümlerini Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanı yürütür.

Ek-1

A Sınıfı Yumurtanın Kalite Özellikleri

- 1) Yumurta kabuğu temiz olmalıdır. Kabuk, hafif pütürlü olabilir. Kabuk, sağlam yapılı, çatlaksız, kırıksız ve şekli normal olmalıdır.
- 2) Hava boşluğu; "ekstra taze" olarak satışı sunulan yumurtada 4 mm, diğerlerinde 6 mm'den yüksek olmamalı ve sabit olmalıdır.
- 3) Yumurta akı; berrak, saydam ve jel kıvamında olmalı, yabancı madde içermemelidir.
- 4) Yumurta sarısı; ışık muayenesinde merkezde yuvarlak gölge şeklinde görülmeli, yumurtanın döndürülerek hareket ettirilmesinde merkezden belirgin şekilde ayrılmamalı ve yabancı madde içermemelidir.
- 5) Yumurta içeriğinde gözle görülebilir embriyo bulunmamalıdır.
- 6) Yabancı koku içermemelidir.

Ek-2

A Sınıfı Yumurtanın Ağırlık Sınıfları

Ağırlık Sınıfı	Ağırlık
XL – Çok Büyük	≥ 73 g
L - Büyük	$\geq 63 - < 73$ g
M - Orta	$\geq 53 - < 63$ g
S - Küçük	< 53 g

Ek-3

A Sınıfı Yumurtanın Ağırlık Kontrolüne Dair Toleranslar

- 1) 180 adet veya daha fazla sayıdaki yumurtanın kontrolünde, bir alt sınıftan karışma % 5'i geçmemelidir. Etiketle belirtilen ağırlık sınıfının 2 veya daha aşağı alt sınıflarından yumurta bulunmamalıdır. Üst sınıflardan bulunabilecek yumurta hususunda sınırlama yoktur.

- 2) Kontrol edilen yumurta sayısının 180'den daha az olduğu durumlarda ağırlık kontrolüne dair toleranslar 1 inci maddede belirtilen oranların 2 katı olarak uygulanır.
- 3) Ağırlık kontrolüne dair tolerans uygulanabilecek yumurta sayısının belirlenmesinde, hesaplanan sayının tam sayı olmaması durumunda, hesap sonucunda bulunan değerden büyük olan en yakın tam sayı esas alınır.



EK – 3

8 Ocak 2010 CUMA

Resmî Gazete

Sayı : 27456

TEBLİĞ

Tarım ve Köyişleri Bakanlığından:

TÜRK GIDA KODEKSİ MİKROBİYOLOJİK KRİTERLER TEBLİĞİNDE

DEĞİŞİKLİK YAPILMASI HAKKINDA TEBLİĞ

(TEBLİĞ NO: 2009/68)

MADDE 1 – 6/2/2009 tarihli ve 27133 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Türk Gıda Kodeksi – Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği’nin 4 üncü maddesinin 1 inci fıkrasının (g) bendinde yer alan Ticari steril ve (ğ) bendinde yer alan Sterilite kontrolü tanımı aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“g) Ticari steril: 35°C - 37°C ve 50°C - 55°C’de 7 gün yapılan inkübasyon sonrası, ambalajlarda sızıntı ve bombaj görülmediği veya inkübasyon öncesi ve sonrası ölçülen pH değerleri arasındaki fark 0,5’den fazla olmadığı gıda maddesini,

ğ) Sterilite kontrolü: 30°C’da 15 günlük ve 55°C’da 7 günlük inkübasyondan sonra yapılan ekimlerde aerobik ve anaerobik koşullarda gıda maddelerinden mikrobiyolojik üreme olmamasını garanti eden işlemler,”

MADDE 2 – Aynı Tebliğin 5 inci maddesinin 4 üncü fıkrası aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“(4) Bu Tebliğ kapsamında; Ek-1’de yer alan tüm gıda maddeleri için, asgari, teknik ve hijyenik şartların uygunluğu bakımından öncelikle Ek-1 de yer alan kriterler dikkate alınır. Diğer taraftan Ek-1’de yer alan tüm gıda maddeleri için, eğer asgari, teknik ve hijyenik şartlar uygun bulunmazsa veya şüpheler ve şikayet hallerinde Ek- 1 ile birlikte Ek-2’de yer alan ilave kriterler de dikkate alınır. Ek-1’de yer almayan tüm gıda maddeleri için ise asgari, teknik ve hijyenik şartların uygun bulunmaması veya şüpheler ve şikayet hallerinde Ek-2’de yer alan kriterler dikkate alınır.”

MADDE 3 – Aynı Tebliğin Ek-1’i aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Ek-1

Mikrobiyolojik Kriterler

	Gıda	Mikroorganizmalar	Numune alma planı		Limitler (¹)	
			n	c	m	M
	1. Süt, süt ürünleri ve süt bazlı ürünler					
	1.1. İçme sütü					
	1.1.1. Pastörize süt	AKS (²)	5	2	10 ⁴	10 ⁵
		<i>E. coli</i> (³)	5	0	<0,3	
	1.1.2. UHT süt (meyveli, aromalı vb. dâhil)	Sterilite kontrolü	5	0	Madde 4-(ğ)	
	1.2. Fermente süt ürünleri					
	1.2.1. Kefir	Koliform bakteriler (³)	5	2	9	95
		Küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>E. coli</i> (³)	5	0	<3	
	1.2.2. Yoğurt, meyveli vb. yoğurtlar, ayran ve diğer fermente süt ürünleri	Koliform bakteriler (³)	5	2	9	95
		Maya (probiyotik kullanılanlar hariç)	5	2	10 ²	10 ³
		Küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>E. coli</i> (³)	5	0	<3	
	1.3. Krema ve ürünleri					
	1.3.1. Krema (pastörize)	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>E. coli</i> (³)	5	0	<3	
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	1.3.2. Tereyağı ve sürülebilir süt ürünleri ve sadeyağ	<i>E. coli</i> (³)	5	0	<3	
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	1.3.3. Kaymak	Koliform bakteriler	5	2	9	95

		(³)				
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	1.4. Süttozu ve krema tozu, dondurma için toz karışımlar, peyniraltı suyu tozu, yayıkaltı suyu tozu ve süt bazlı toz ürünler, kazein ve kazeinat	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		Enterobacteriaceae	5	0	<10 ¹	
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ¹	10 ²
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	1.5. Peynir (eritme peynir hariç diğer tüm peynirler)	Enterobacteriaceae	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
	1.6. Eritme peynirler ve eritme peynir ürünleri	AKS (²)	5	2	10 ²	10 ³
		Maya ve küf	5	2	10 ¹	10 ²
		Koliform bakteriler (³)	5	0	<3	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	1.7. Koyulaştırılmış süt	AKS (²)	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	1.8. Dondurma ve sütlü buz	<i>E. coli</i> (³)	5	0	<3	
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	2. Yumurta ürünleri (pastörize ve dondurulmuş yumurta, yumurta tozu vb.)	Enterobacteriaceae	5	2	10 ¹	10 ²
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	3. Et ve et ürünleri					
	3.1. Karkas, parça					

	etler, kıyma ve sakatat					
	3.1.1. Kasaplık hayvanların karkası, çiğ kırmızı et ve kıyma, kanatlı karkası ve çiğ kanatlı eti ve dondurulmuş hindi kıyma	AKS ⁽²⁾	5	2	5x10 ⁵	5x10 ⁶
		<i>S. aureus</i> ⁽⁴⁾	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>E. coli</i> O157:H7 (sadece kasaplık hayvanların karkası, çiğ kırmızı et ve kıymada)	5	0	0/25 g-mL	
	3.1.2. Sakatat	<i>C. perfringens</i>	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
	3.2. Hazırlanmış et karışımları					
	3.2.1. Hazırlanmış kırmızı et karışımları ve hazırlanmış kanatlı eti karışımları (soğutulmuş, dondurulmuş)	AKS ⁽²⁾	5	2	10 ⁵	10 ⁶
		<i>S. aureus</i> ⁽⁴⁾	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>C. perfringens</i>	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
	3.3. Et ürünleri					
	3.3.1. Isıl işlem görmemiş et ürünleri					
	3.3.1.1. Kürlenmiş ve kurutulmuş (pastırma, vb.)	Maya ve küf	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>S. aureus</i> ⁽⁴⁾	5	2	10 ²	10 ³
		<i>C. perfringens</i>	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	3.3.1.2. Fermente (sucuk vb.)	Küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>S. aureus</i> ⁽⁴⁾	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
	3.3.2. Isıl işlem	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³

görmüş et ürünleri (sosis, salam, kavurma, döner, köfte, jöle işkembe vb.)	<i>S. aureus</i> (4)	5	2	10 ²	10 ³
	<i>C. perfringens</i>	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
3.3.3. Konserve et ve ürünleri	Ticari steril	5	0	Madde 4-(g)	
3.4. Hayvansal Diğer Ürünler					
3.4.1. Jelatin ve kollajen	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
4. Et suyu tabletleri, tozları, kuru formdaki çorbalar, çeşniler, krem şanti, soslar gibi toz ve tablet formdaki diğer gıda karışımları					
4.1. Doğrudan tüketime sunulan çözünen toz karışımlar	Enterobacteriaceae	5	2	10 ²	10 ³
	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
	<i>S. aureus</i> (4)	5	2	10 ²	10 ³
	<i>B. cereus</i>	5	2	10 ²	10 ³
	<i>C. perfringens</i> (sadece et içerenlerde)	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
4.2. Pişirildikten sonra tüketime sunulan çözünen toz karışımlar	Koliform bakteriler	5	2	10 ²	10 ³
	<i>S. aureus</i> (4)	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>B. cereus</i>	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>C. perfringens</i> (sadece et içerenlerde)	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
5. Hububat ve fırıncılık ürünleri					
5.1. Tahıl unları, soya unu ve diğer	Koliform bakteri	5	2	10 ³	10 ⁴
	Küf	5	2	10 ⁴	10 ⁵

	unlar (patates unları dâhil)					
	5.2. Ekmek ve ekmek çeşitleri, pide, bazlama, simit, lavaş, poğaç vb.	Sünme (rop) sporu (³)	5	2	4,5x10 ³	1,1x10 ⁴
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp. (sadece yumurta içerenlerde)	5	0	0/25 g-mL	
	5.3. Yufka, kadayıf vb.	Koliform bakteri	5	2	10 ²	10 ³
		Küf	5	2	10 ³	10 ⁴
	5.4. Tahıl gevrekleri, irmik, tüm tane ürünleri, müsli, mısır gevreği, patlamış mısır, pirinç patlağı, cips vb. tahıl bazlı ürünler (aromalılar dâhil), insan tüketimine sunulan kepek	AKS (²)	5	2	10 ⁴	10 ⁵
		Koliform bakteri	5	2	10 ²	10 ³
		Maya ve küf	5	2	10 ³	10 ⁴
	5.5. Makarna, erişte vb. makarnacılık ürünleri	AKS (²)	5	2	10 ³	10 ⁴
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp. (sadece yumurta içerenlerde)	5	0	0/25 g-mL	
	5.6. Et, sebze ve diğer dolgu maddeleri ile doldurulmuş makarna, mantı benzeri ürünler (çiğ, dondurulmuş)	<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>C. perfringens</i> (sadece et içerenlerde)	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	5.7. Et, sebze ve diğer dolgu maddeleri ile doldurulmuş makarna, mantı benzeri ürünler (fırınlanmış)	<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>C. perfringens</i> (sadece et içerenlerde)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	5.8. Pizza, hamur ve hamur bazlı ürünler	Küf	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ³	10 ⁴

	(dondurulmuş, pişime hazır)	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	5.9. Hafif fırıncılık ürünleri					
	5.9.1. Sade kek, sade bisküvi, sade krakerler vb.	Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
	5.9.2. Kaplamalı, dolgulu ve/veya çeşnili bisküviler, kekler ve krakerler	Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	5.9.3. Tartlar ve yaş pastalar (kremalı, çikolatalı, dolgulu, meyveli vb.)	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>E. coli</i> (³)	5	0	<3	
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	5.10. Gofret (sade, kremalı, dolgulu, kaplamalı vb.)	Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
	5.11. Nişasta	<i>E. coli</i>	5	0	<10 ¹	
	6. Meyve ve sebzeler ile işlenmiş ürünleri					
	6.1. Yıkanmış, doğrama ve paketleme işleminden geçmiş, ayrı ayrı veya karıştırılmış çiğ sebzeler ile dondurulmuş veya kurutulmuş sebzeler	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
	6.2. Kurutulmuş veya dondurulmuş meyveler	Maya ve küf	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	6.3. Reçel, marmelat ve püreler	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
	6.4. Konserve meyve	Ticari steril	5	0	Madde 4-(g)	

	ve sebzeler					
	7. Baharat					
	7.1. Baharat, bitki ve/veya bunların karışımları (toz, macun formları, karışımları vb.)	Enterobacteriaceae	5	2	10 ²	10 ³
		Maya ve küf	5	2	10 ⁴	10 ⁵
		<i>S. aureus</i> (4)	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>B. cereus</i>	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	8. Meyve suları, alkolsüz içecekler ve benzerleri					
	8.1. Pastörize meyve ve sebze suları, bunların karışımları (nektarlar, püreler, konsantreler vb. ürünler dâhil) ve aromalı, meyveli vb. içecekler (gazlı olanlar hariç) ve şuruplar	Ticari steril	5	0	Madde 4-(g)	
	8.2. Doğrudan sıkılmış, pastörize edilmemiş, soğukta muhafaza edilmesi gereken, tüketime hazır meyve ve sebze suları	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
	8.3. İçecek tozları	Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
	9. Alkollü içkiler					
	9.1. Meyve şarapları	<i>E. coli</i> O157:H7	5	0	0/25 g-mL	
	10. Kahve ve çay					
	10.1. Çay (yeşil, siyah), bitki ve meyve çayları ve bunların karışımları (süzen poşet çaylar dâhil)	Maya ve küf	5	2	10 ⁴	10 ⁵
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	

	10.2. Kavrulmuş kahve çekirdeği, kavrulmuş öğütülmüş kahve, kahve ekstraktı ve aromalize kahve bileşeni içeren tüketime hazır kahve	Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
	11. Kakao ve kakao ürünleri, çikolata ve çikolata ürünleri					
	11.1. Kakao ve kakao ürünleri	AKS (²)	5	2	10 ⁴	10 ⁵
		Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	11.2. Çikolata ve çikolata ürünleri	AKS (²)	5	3	10 ⁴	10 ⁵
		Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	12. Şekerli ürünler					
	12.1. Helva, pekmez, lokum, baklava ve diğer şerbetli tatlılar, ezme, cezerye, fındık ve fıstık ezmeleri, şekerlemeler vb.	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>E. coli</i>	5	0	<10 ¹	
	12.2. Nişasta bazlı şekerler/şuruplar ve tüketime hazır diğer tatlı soslar	Maya ve küf	5	2	10 ¹	10 ²
	13. Hazır yemekler					
	13.1. Tüketime hazır (pişirilmiş) her türlü et ve sebze yemeği vb.	<i>E. coli</i>	5	0	<10 ¹	
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>B. cereus</i>	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	13.2. Tüketime hazır her türlü salata, şarküteri ürünleri ve	<i>E. coli</i>	5	2	<10 ¹	10 ¹
		<i>S. aureus</i> (⁴)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	

	soğuk mezeler vb.	<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	13.3. Tüketime hazır (pişirilmiş) her türlü unlu mamul (makarna, her türlü börek, lahmacun, pide, pizza, mantı vb.)	<i>E. coli</i>	5	0	<10 ¹	
		<i>B. cereus</i>	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella spp.</i>	5	0	0/25 g-mL	
	13.4. Tüketime hazır (pişirilmiş) her türlü tatlı (puding, muhallebi, krema, aşure, su muhallebisi vb.)	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³
		<i>S. aureus</i> (4)	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella spp.</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	13.5. Konserve hazır yemekler	Ticari steril	5	0	Madde 4-(g)	
	14. Özel beslenme amaçlı gıdalar					
	14.1. Bebek formülleri ve devam formülleri (özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar dahil)	<i>B. cereus</i>	5	2	10 ²	10 ³
		<i>E. sakazakii</i>	10	0	0/25 g-mL	
		<i>Salmonella spp.</i>	10	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	10	0	0/25 g-mL	
	14.2. Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları (özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar dahil)	<i>B. cereus</i>	5	2	10 ²	10 ³
		Enterobacteriaceae	5	0	<10 ¹	
		<i>Salmonella spp.</i>	5	0	0/25 g-mL	
		<i>L. monocytogenes</i>	5	0	0/25 g-mL	
	14.3. Konserve bebek ve küçük çocuk ek gıdaları	Sterilite kontrolü	5	0	Madde 4-(ğ)	
	15. Diğer gıdalar					
	15.1. Tuz	Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
	15.2. Soya sütü ve soyalı ürünler	<i>E. coli</i>	5	2	<1	10 ¹
		<i>Salmonella spp.</i>	5	0	0/25 g-mL	
	15.3. Soya sütü (toz formda)	Koliform bakteriler	5	2	10 ²	10 ³
	15.4. Mayonez ve mayonez içeren salata sosları	Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		<i>Salmonella spp.</i>	5	0	0/25 g-mL	
	15.5. Salata ve	Maya ve küf	5	2	10 ²	10 ³

	yemek sosları, domates bazlı soslar (ketçap, soya sosu, hardal, nar ekşisi vb dâhil)	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	15.6. Tereyağı hariç hayvansal yağlar	AKS ⁽²⁾	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	15.7. Süt esaslı olmayan yenilebilir buzlar (meyveli buz, sorbe ve diğerleri)	Enterobacteriaceae	5	2	10 ²	10 ³
		<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0/25 g-mL	
	15.8. Kahve beyazlatıcısı	AKS ⁽²⁾	5	2	10 ³	10 ⁴
		<i>E. coli</i>	5	0	<10 ¹	
	15.9. Gıda takviyeleri (probiyotik içerenler hariç)	AKS ⁽²⁾	5	2	10 ²	10 ³
	15.10. Kuruyemiş	AKS ⁽²⁾	5	2	10 ⁴	10 ⁵
		Küf	5	2	10 ³	10 ⁴
	15.11. Zeytin	Küf	5	2	10 ³	10 ⁴
	15.12. Ekmek mayası (yaş ve kuru)	Sünme (rop) sporu ⁽³⁾	5	3	95	210
	15.13. Sürülebilir yağlar, margarin ve yoğun yağlar	AKS ⁽²⁾	5	2	10 ³	10 ⁴
		Koliform bakteriler	5	2	10 ¹	10 ²
		Maya ve küf	5	2	10 ¹	10 ²

(¹) : Aksi belirtilmedikçe limit KOB/g-mL olarak değerlendirilir. KOB: Koloni oluşturan birim (katı besiyerinde)

(²) : AKS: Aerobik koloni sayısı

(³) : En Muhtemel Sayı (EMS) Yöntemi

(⁴) : Koagülaz pozitif stafilkoklar

”

MADDE 4 – (1) Aynı Tebliğın EK-2’sinde yer alan *S. aureus* ait satır aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“

Koagölaz pozitif stafilokok	Tüketime hazır olmayan	5	2	10 ³	10 ⁴
	Tüketime hazır	5	2	10 ²	10 ³

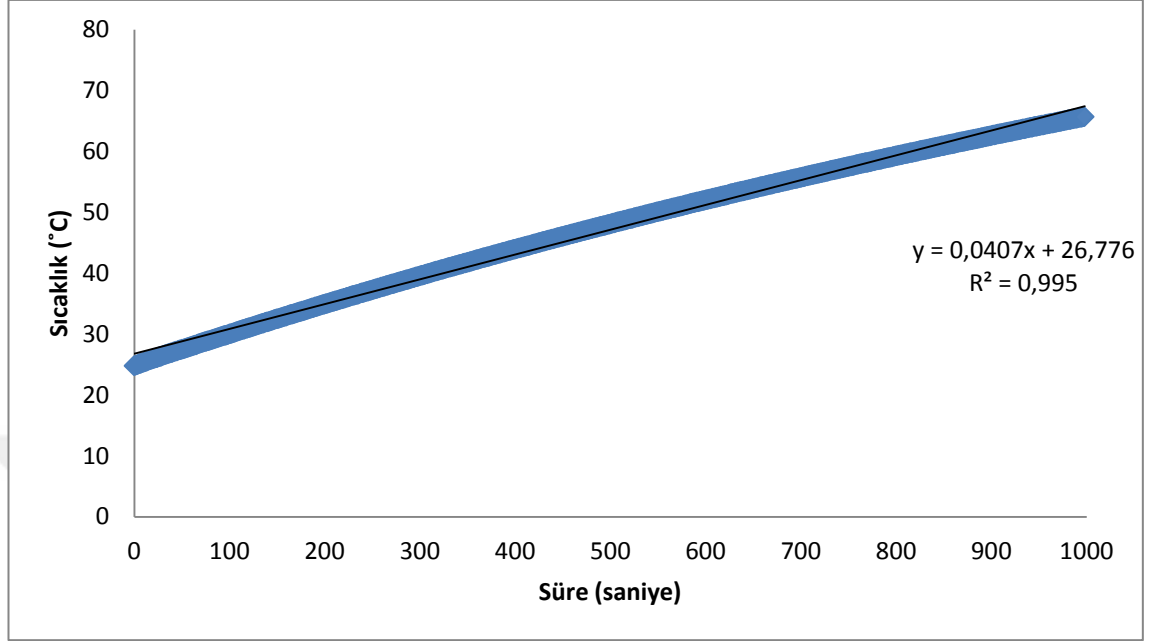
”

MADDE 5 – (1) Bu Tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

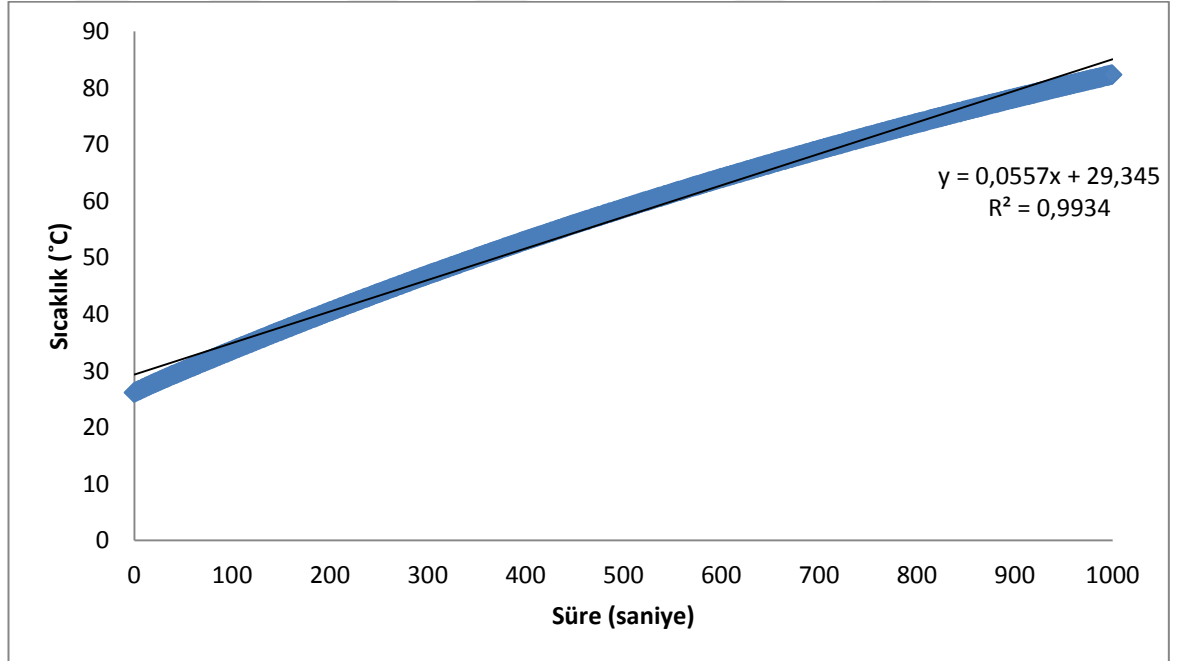
MADDE 6 – (1) Bu Tebliğ hükümlerini Tarım ve Köyişleri Bakanı yürütür.

EK – 4: FARKLI SICAKLILARDA CİSİM MODEL SONUÇLARI

150 °C işlem

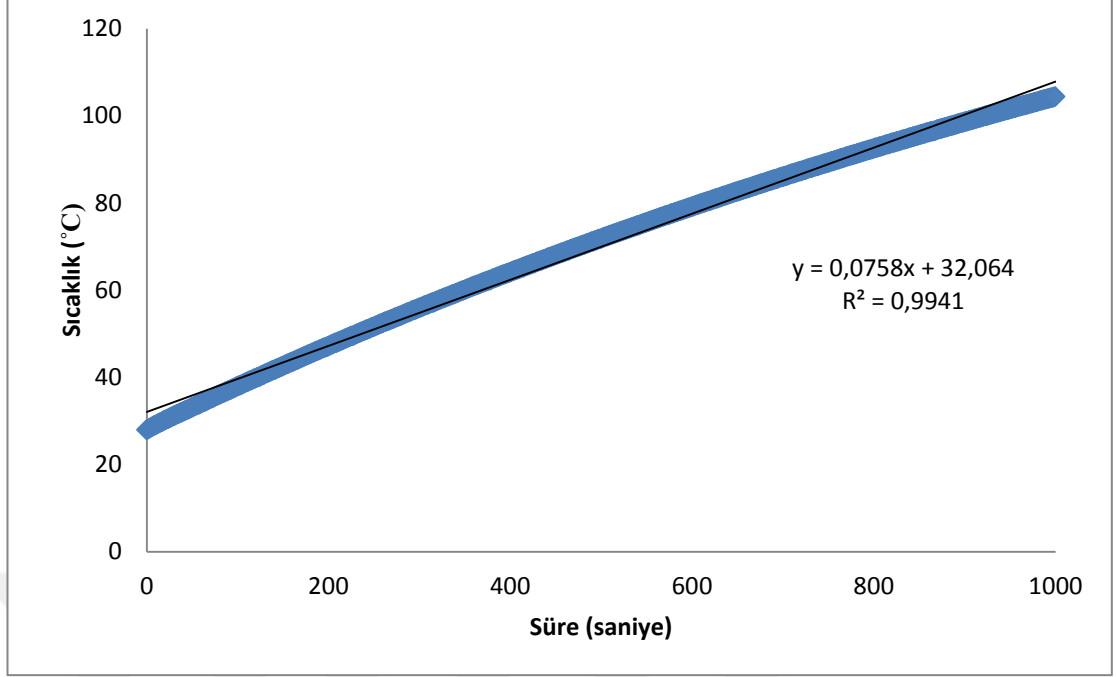


Şekil 4.1. 150 °C IR tünelde işlem görmüş alüminyum cismin zamanla sıcaklık dağılımı

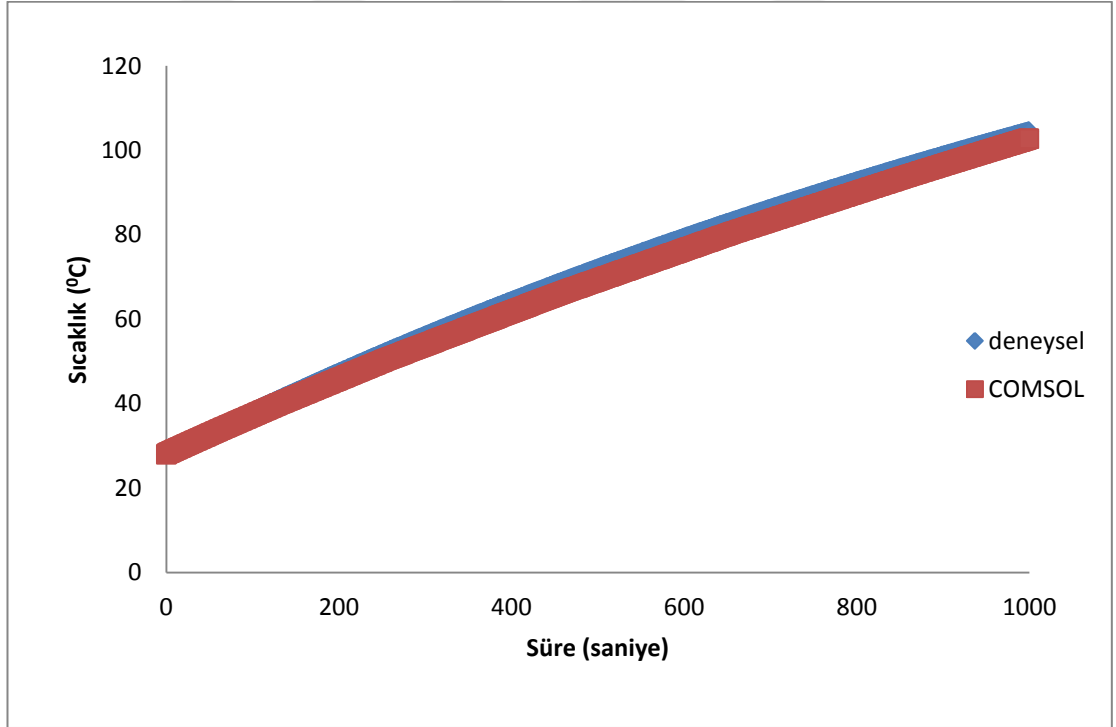


Şekil 4.2. 150 °C IR tünelde işlem görmüş bakır cismin zamanla sıcaklık dağılımı

250 °C IR işlem

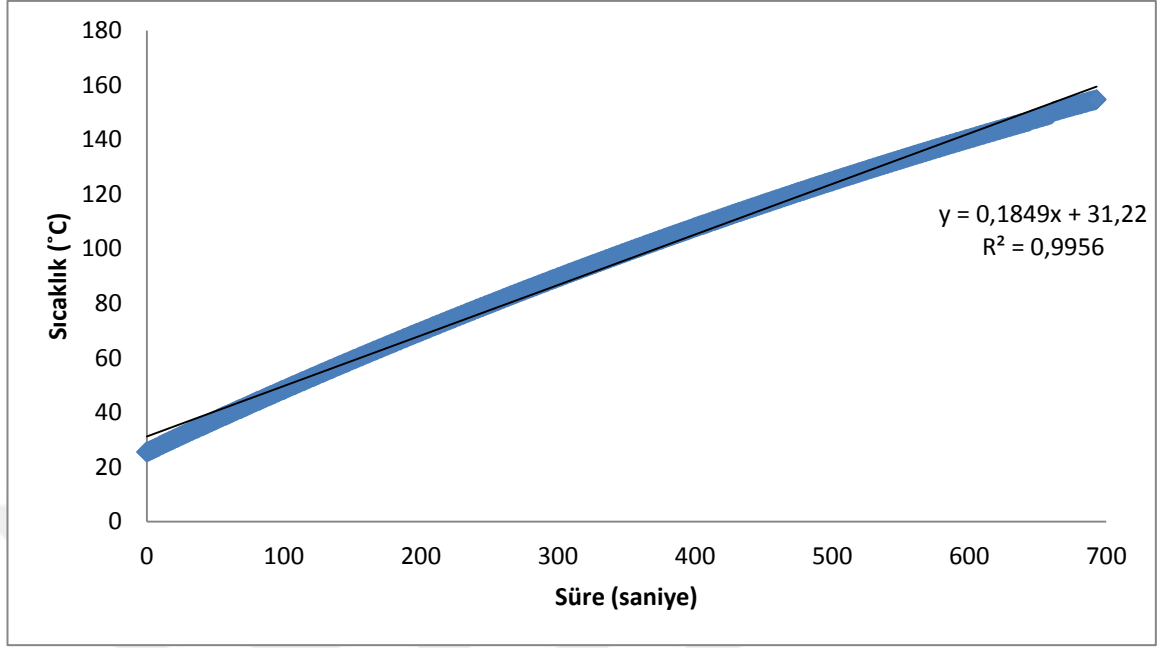


Şekil 4.3. 250 °C IR tünelde işlem görmüş alüminyum cismin zamanla sıcaklık dağılımı

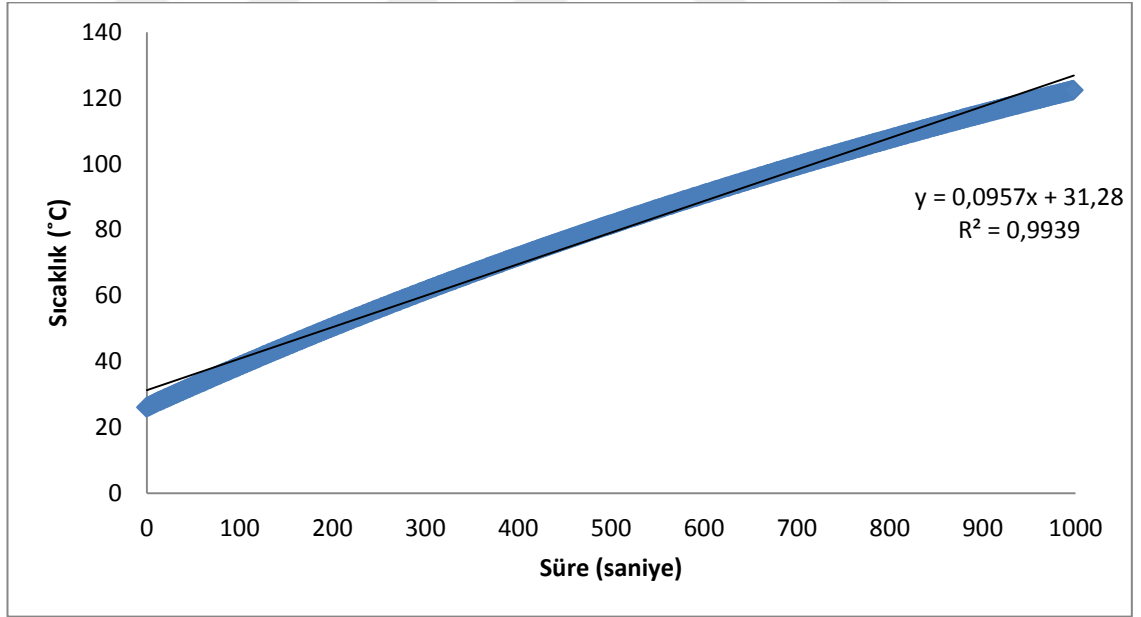


Şekil 4.4. 250 °C IR tünelde işlem görmüş alüminyum cismin deneysel ve COMSOL model sonuçları

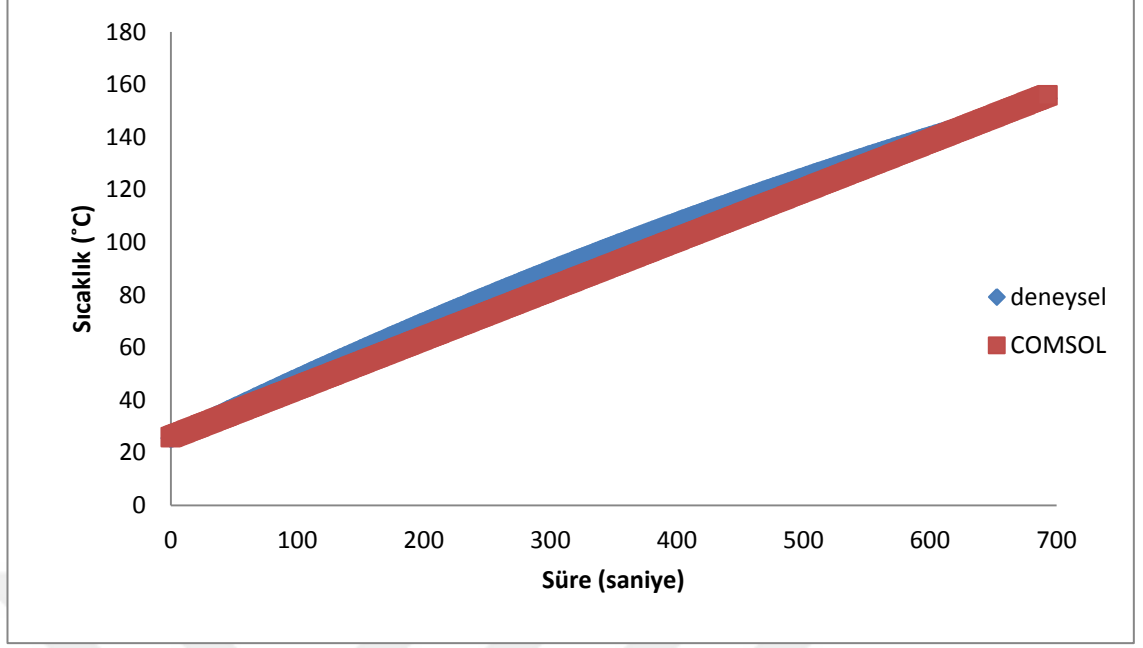
300 °C IR işlem



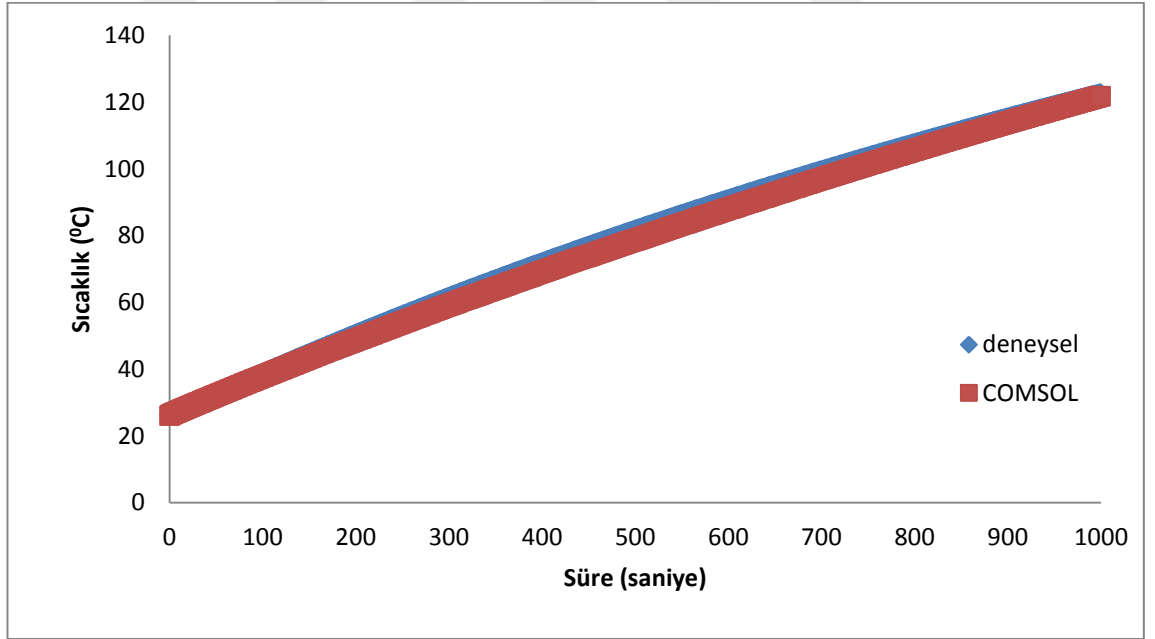
Şekil 4.5. 300 °C IR tünelde işlem görmüş bakır cismin zamanla sıcaklık dağılımı



Şekil 4.6. 300 °C IR tünelde işlem görmüş alüminyum cismin zamanla sıcaklık dağılımı

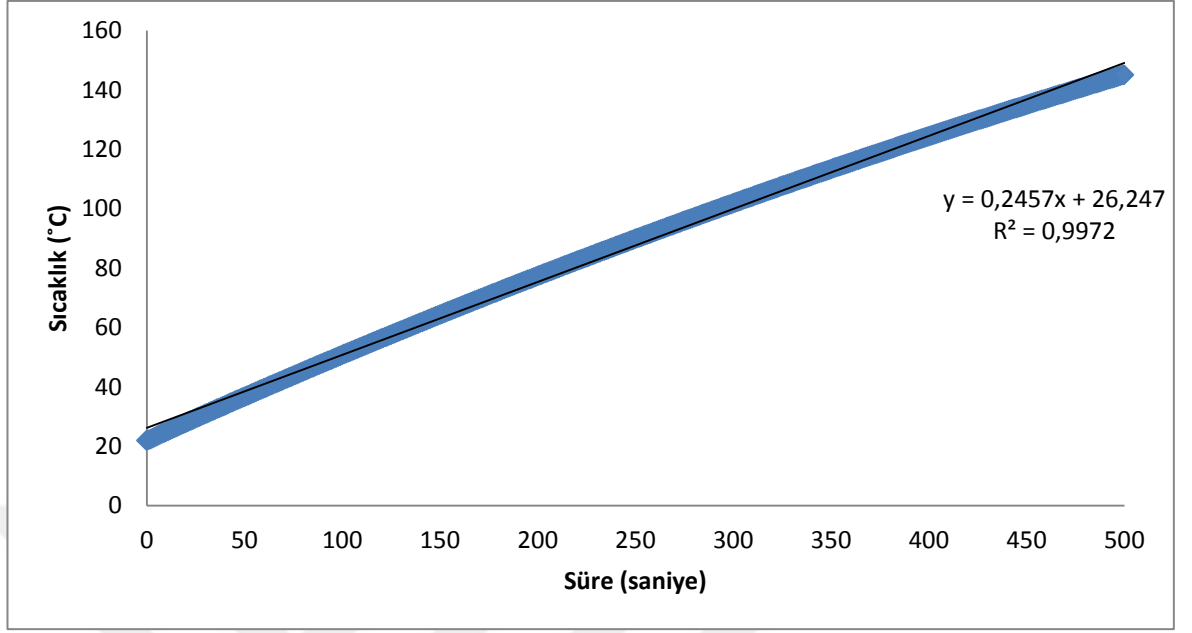


Şekil 4.7. 300 °C IR tünelde işlem görmüş bakır cismin deneysel ve COMSOL model sonuçları

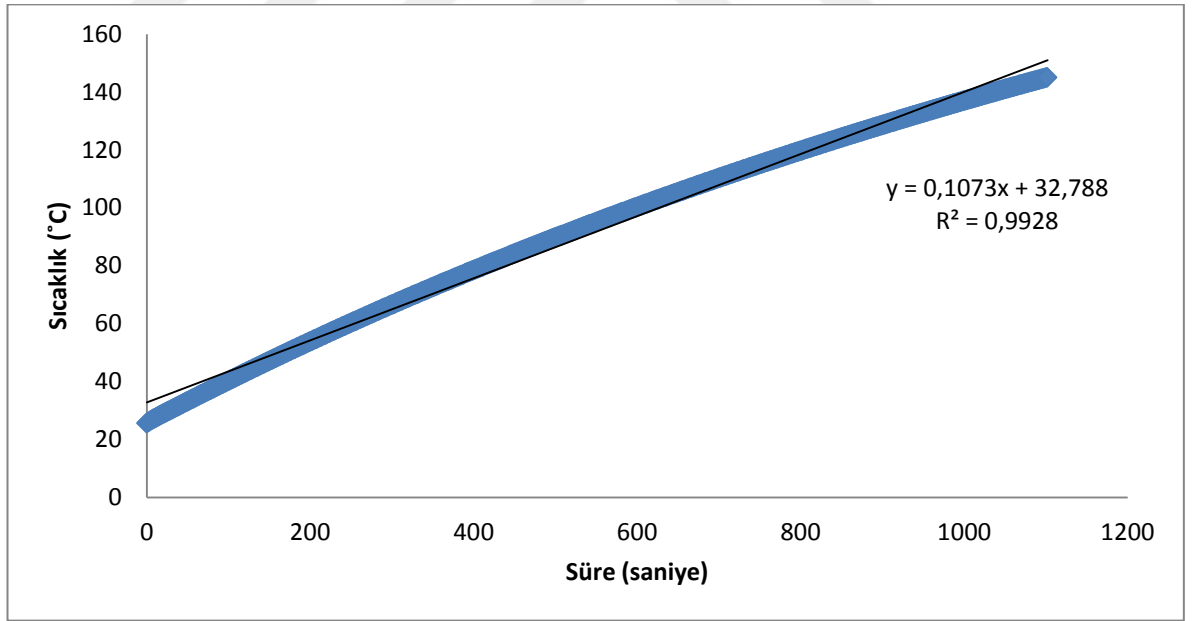


Şekil 4.8. 300 °C IR tünelde işlem görmüş alüminyum cismin deneysel ve COMSOL model sonuçları

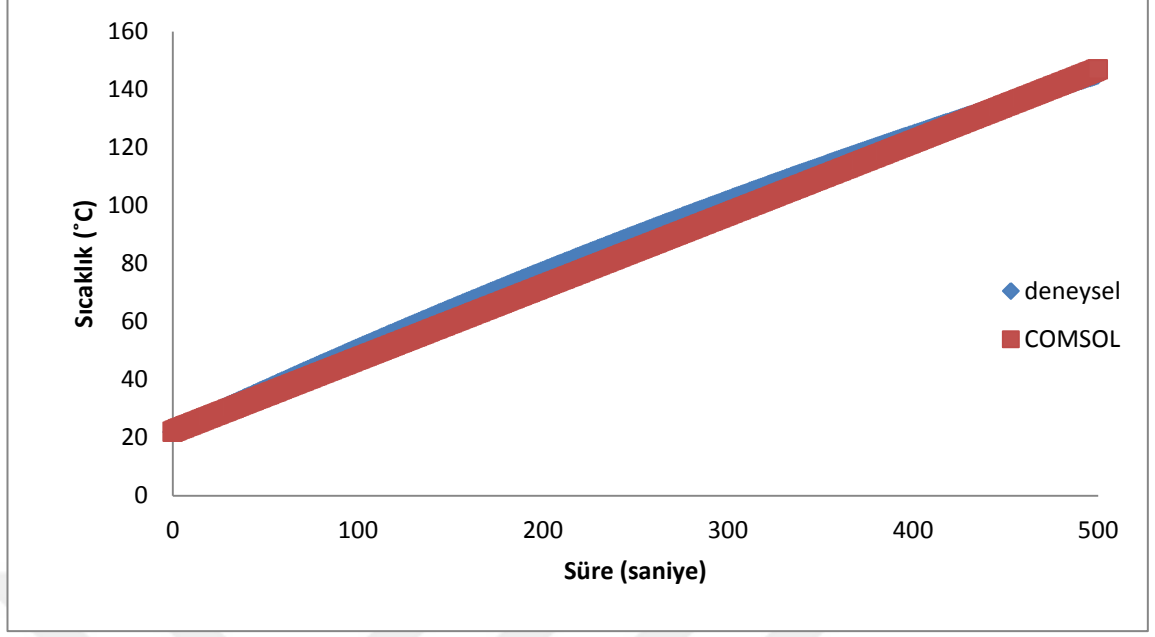
350° C IR işlem



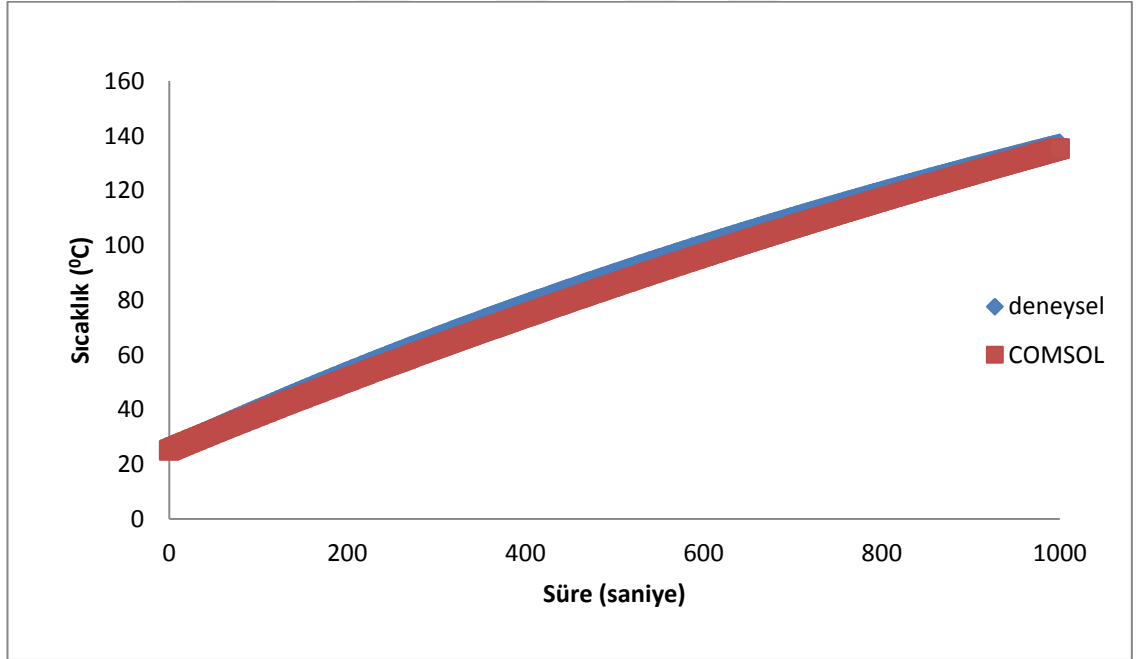
Şekil 4.9. 350 °C IR tünelde işlem görmüş bakır cismin zamanla sıcaklık dağılımı



Şekil 4.10. 350 °C IR tünelde işlem görmüş alüminyum cismin zamanla sıcaklık dağılımı



Şekil 4.11. 350 °C IR tünelde işlem görmüş bakır cismin deneysel ve COMSOL model sonuçları



Şekil 4.12. 350 °C IR tünelde işlem görmüş alüminyum cismin deneysel ve COMSOL model sonuçları

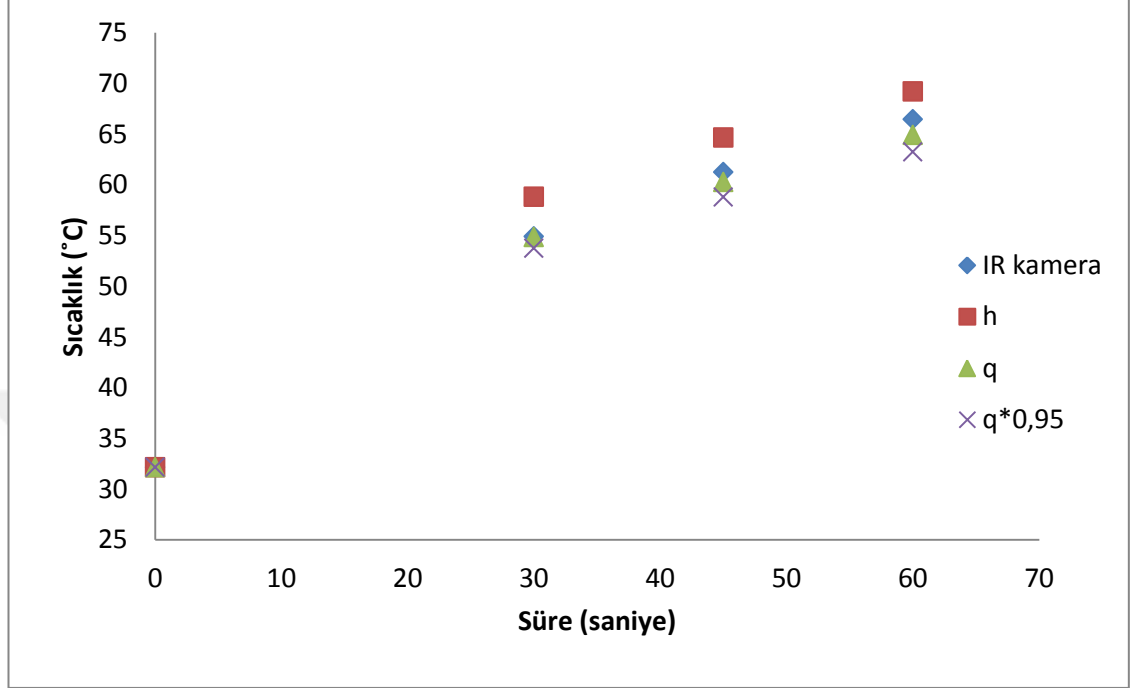
Parlak yumurta şeklindeki alüminyum cisim				
IR tünel sıcaklıkları (°C)	150	250	300	350
Tbaşlangıç (°C)	25	28	26	26
h (W/m²K)	8,3	9,6	9,9	9,5
q'' (W/m²)	927	1725	2178	2443

Şekil 4.13. Farklı IR tünel sıcaklıklarında işlem görmüş alüminyum cisim için hesaplanan değerler

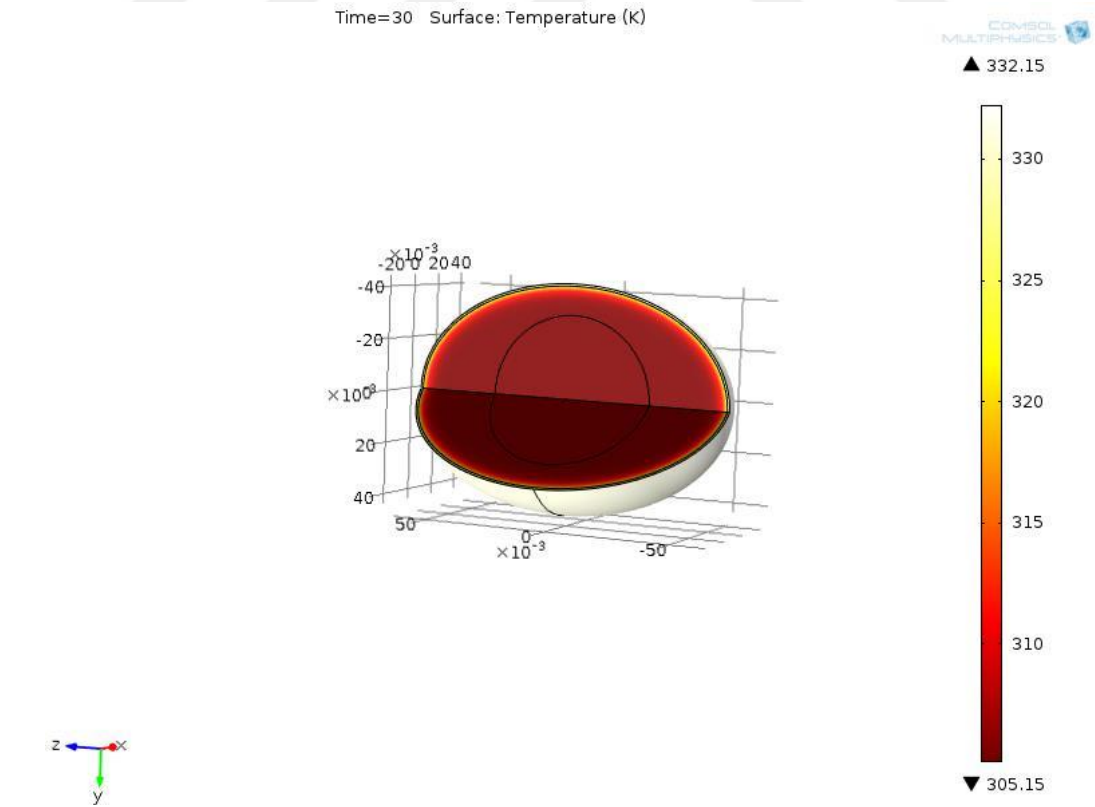
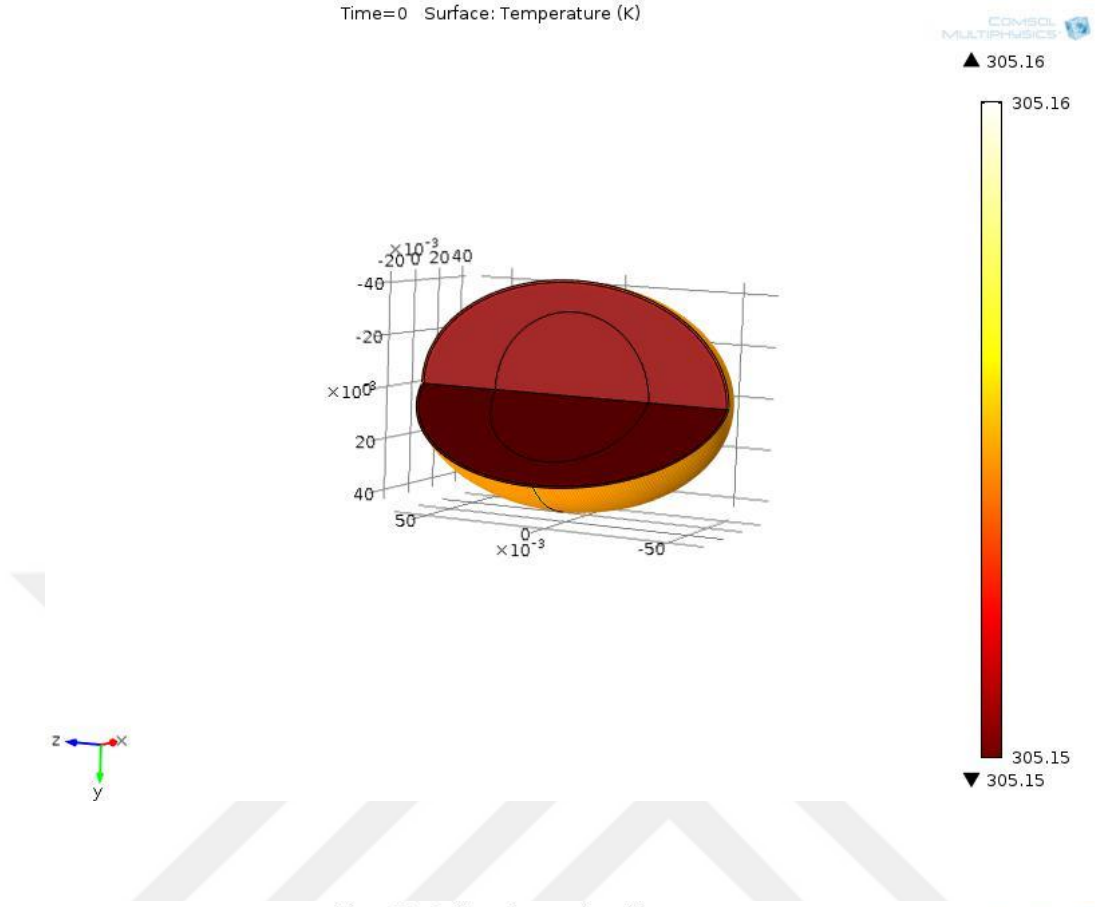


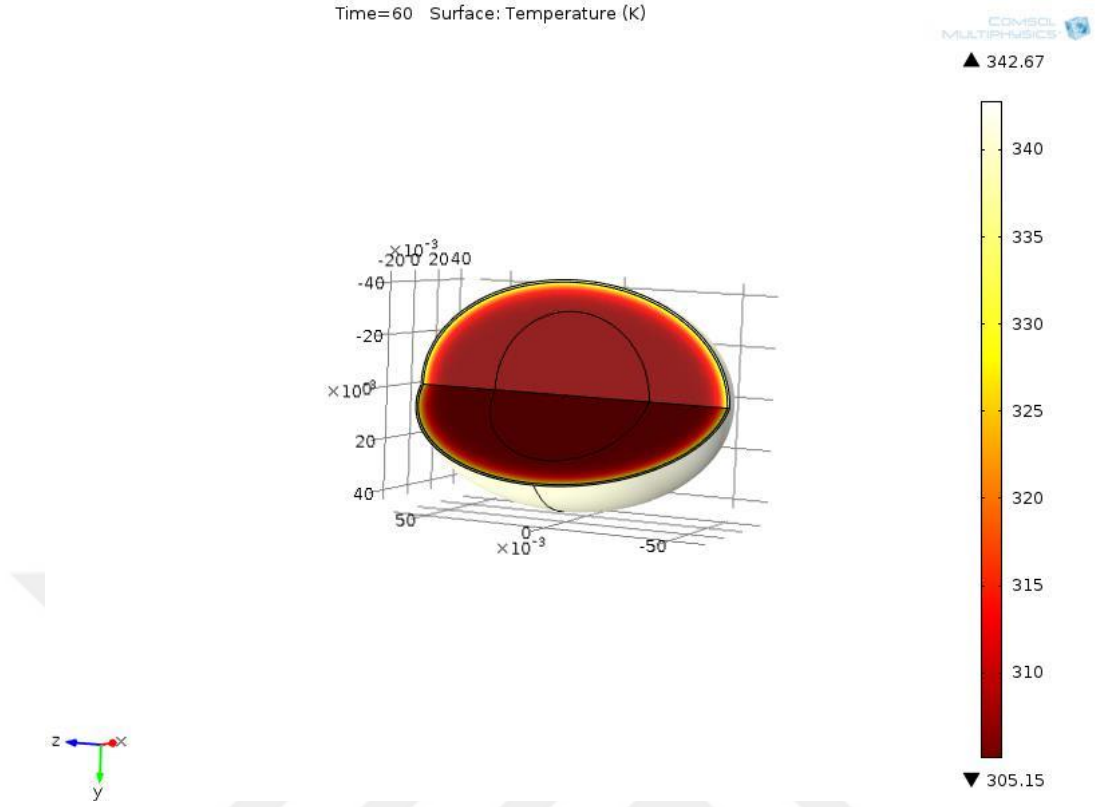
EK – 5: FARKLI SICAKLIKLARDA İŞLEM GÖRMÜŞ YUMURTA YÜZEY ORTALAMA SICAKLIKLARI

300 °C için



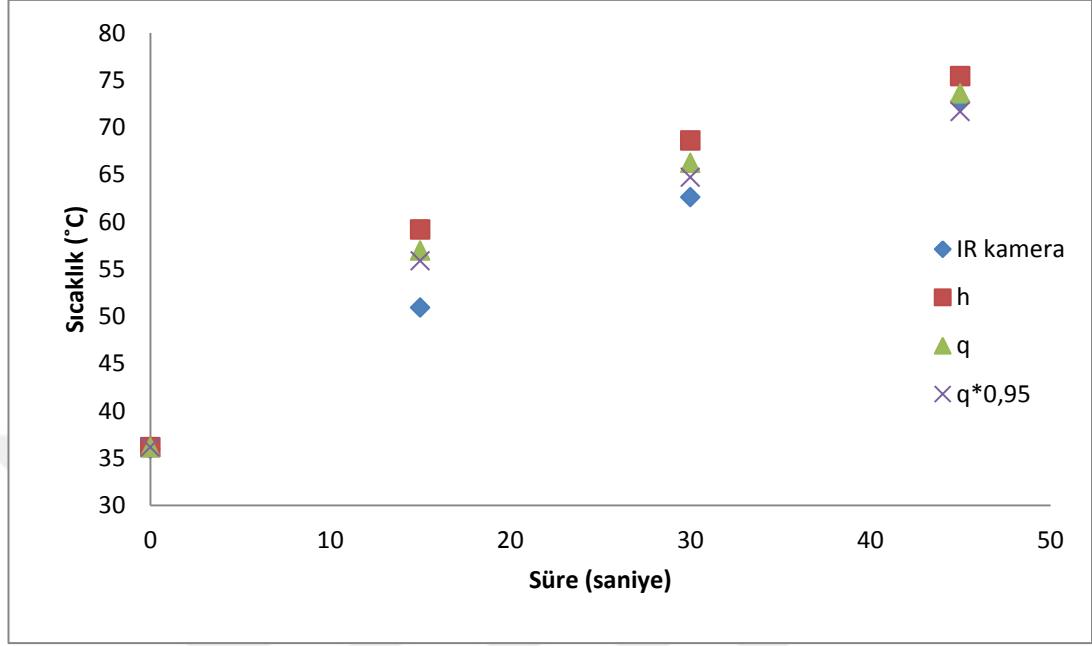
Şekil 5.1. 300 °C sıcaklıktaki Kızılötesi tünelde 60 s ısıtım işlem uygulaması sonucu farklı yöntemlerle elde edilen yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları





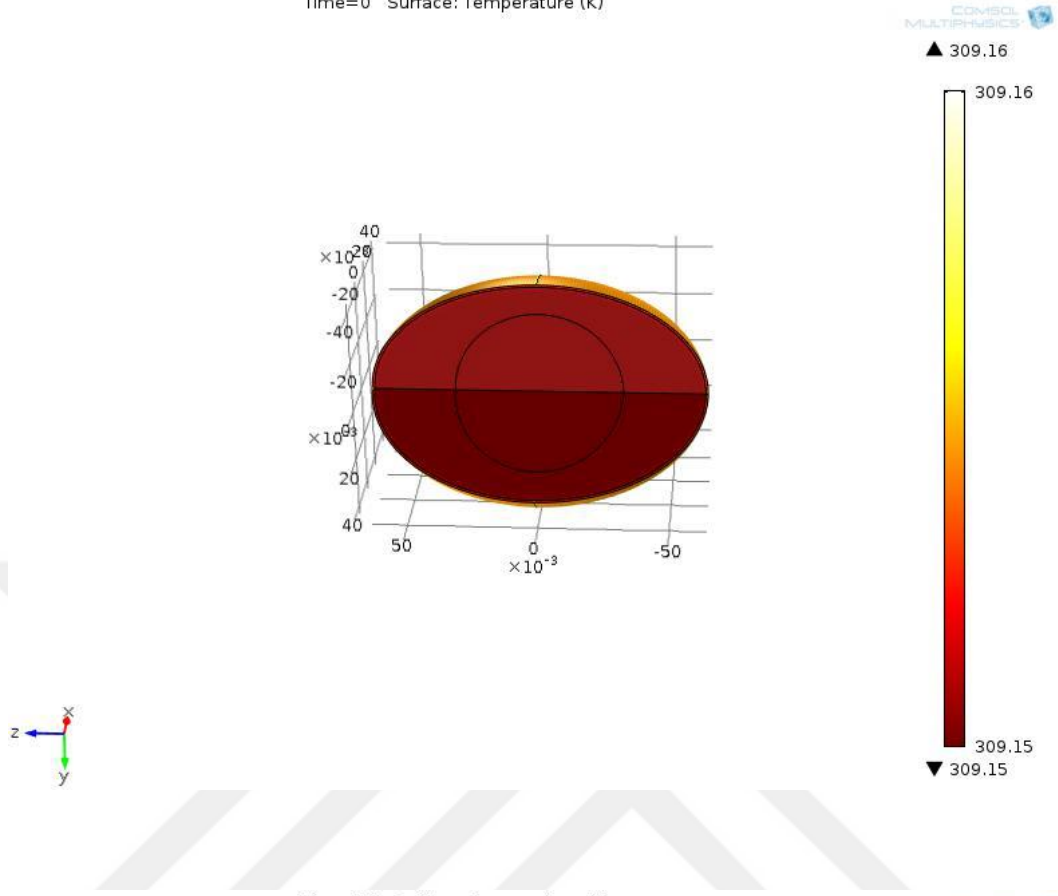
Şekil 5.2. 300 °C - farklı sürelerde IR işlem uygulanan yumurtaların yüzey ortalama sıcaklık dağılımı

350 °C için

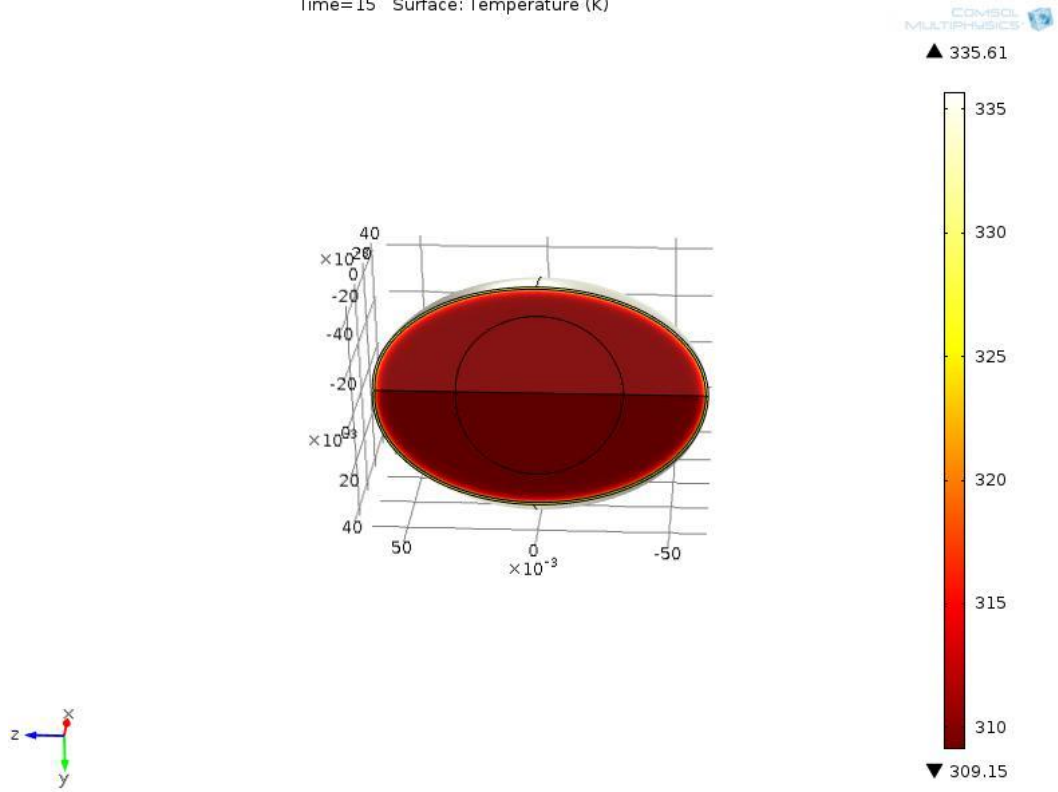


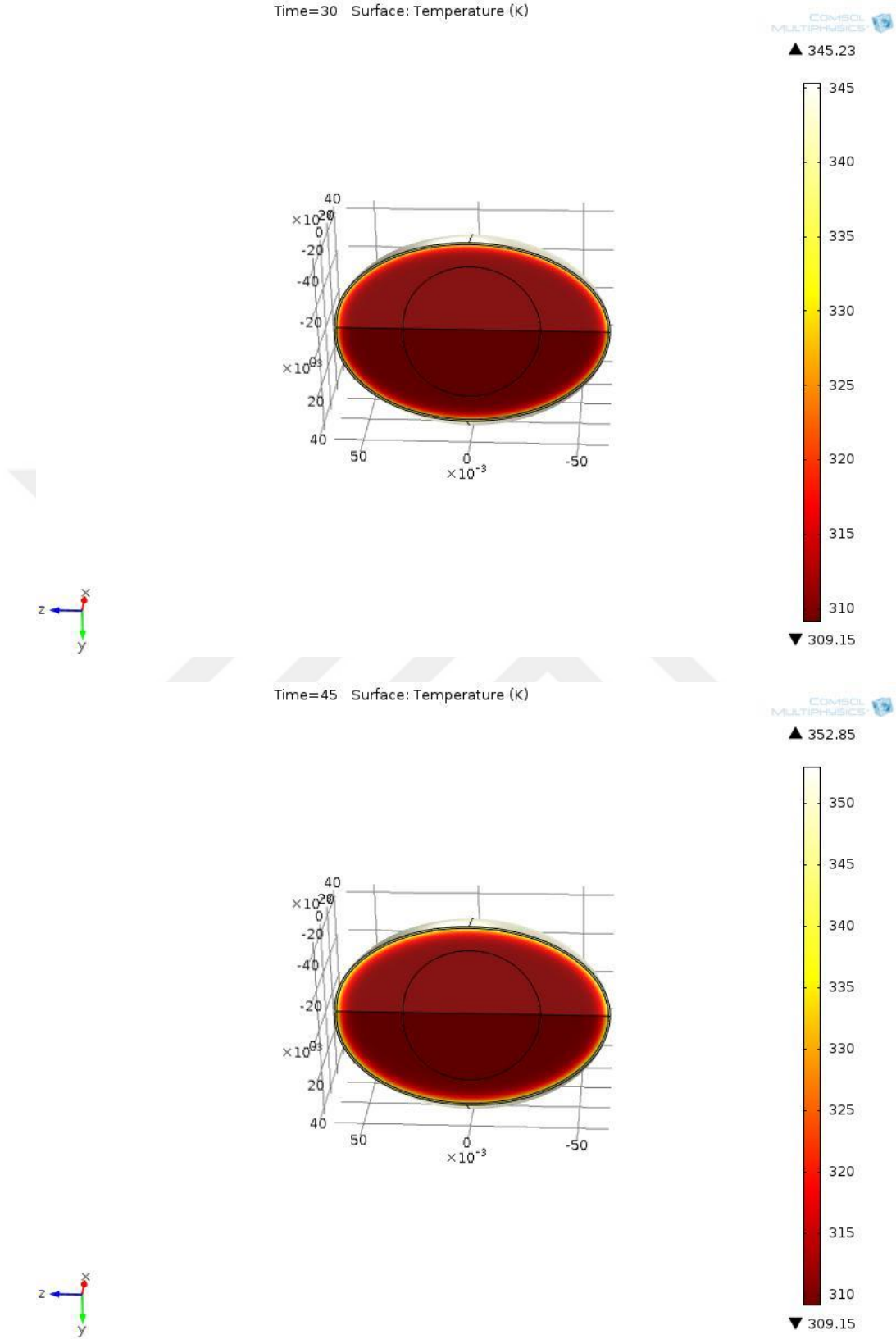
Şekil 5.3. 350 °C sıcaklıktaki Kızılötesi tünelde 45 s ısıtım işlem uygulaması sonucu farklı yöntemlerle elde edilen yumurta yüzeyi ortalama sıcaklıkları

Time=0 Surface: Temperature (K)



Time=15 Surface: Temperature (K)





Şekil 5.4. 350 °C - farklı sürelerde IR işlem uygulanan yumurtaların yüzey ortalama sıcaklık dağılımı

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: GÜNSELİ BOBUŞ ALKAYA

Doğum Tarihi: 25/03/1984

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Fen Bilimleri	Muğla Anadolu Lisesi	1999-2002
Lisans	Gıda Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2003-2007
Erasmus Lisans	Food Technology	University of Algarve – Portugal	2005-2006
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2007-2010
Doktora	Gıda Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2010- 2016

(Varsa) Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Araştırma Görevlisi	Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü	2007-2016

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

Yüksek Lisans Tezi

Bobuş, G., “Mercimek Proteini Konsantresi ve Hidrolizatının Bazı Fonksiyonel ve Biyoaktif Özelliklerinin İncelenmesi” Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s., (2010).

Makaleler

1. Bobuş Alkaya, G., Erdogdu, F., Halkman, A.K. ve Ekiz, H.İ., “Surface decontamination of whole-shell eggs using far-infrared radiation”, FOOD AND BIOPRODUCTS PROCESSING, 98; 275-282 (2016).

2. Bobuş Alkaya, G., Eser, E. and Ekiz, H.İ., “Evaluation of different detachment methods for the bacterial recovery from parsley surface”, JOURNAL OF FOOD, AGRICULTURE & ENVIRONMENT, 14; 34-37, (2016).

3. Bobuş Alkaya, G., Erdogdu, F. ve Ekiz, H.İ., “Kızılötesi uygulama ile yüzey dekontaminasyon prosesi sırasında yumurta kabuğu yüzey sıcaklığının Kızılötesi termografi ile belirlenmesi”, GIDA, 42; 13-17, (2017).

Sunumlar

1. Bobuş Alkaya, G.; Erdoğan, F.; Halkman, K.; Ekiz, İ., Evaluation of Salmonella Enteritidis Decontamination on Shell Egg by Far Infrared Treatment. 4 th International ISEKI Food Conference, 2016-07-06, 2016-07-08, Viyana, Avusturya, 2016. <http://www.isekiconferences.com/vienna2016/index.php>

2. Bobuş Alkaya, G.; Eser, E.; Ekiz, İ., Mersin ilinde satışa sunulan maydanozların (Petroselinum crispum) mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi, 5. Gıda Güvenliği Kongresi, 2015-05-07, 2015-06-08, İstanbul, Türkiye, 2015.

3. Bobuş Alkaya, G.; Aksay, S., Changes in functional and bioactive properties of lentil protein concentrates by hydrolyses. INDC 2012 , 2012-08-27, 2012-08-30, Prague, Çek Cumhuriyeti, 2012.

4. Bobuş Alkaya, G.; Erdoğan, F., Surface pasteurization of shell eggs by infrared treatment. EFFoST Annual Meeting, 2012-11-20, 2012-11-23, Montpellier, Fransa, 2012.

5. Bobuş, G.; Aksay, S., Solubility and antioxidant activities of lentil protein concentrate and hydrolysate. Novel approaches in food industry international food congress, 2011-05-26, 2011-05-29, İzmir, Türkiye, 2011.

6. Özer, E.; Akyıldız, A.; Aksay, S.; Ağçam, E.; Bobuş, G., Cezerye üretimi ve bazı özellikleri. 1. Uluslar arası Adarıyatik'ten Kafkaslar'a geleneksel gıdalar sempozyumu, 2010-04-15, 2010-04-17, Tekirdağ, Türkiye, 2010.

7. Bobuş, G.; Aksay, S., *E.coli* (O157:H7) Aşılannmış Nar Sularında UV Işınlama ve Isıl Pastörizasyon İşlemlerinin *E. Coli* sayısı, Antosiyanin ve Antioksidan Kapasiteye Etkileri. TMMOB GMO GIDA MÜHENDİSLİĞİ 6. KONGRESİ , 2009-11-06, 2009-11-08, Antalya, Türkiye, 2009.

Projeler

1. Kızılötesi İşlemin Yumurta Yüzey Pastörizasyonu Amacıyla Uygulanabilirliğinin Araştırılması ve Prosesin Matematiksel Modellenmesi, BAP, Proje No: 2015-TP3-1164, 15000 TL, Araştırmacı, **Devam ediyor.**

2. Antimikrobiyal Biyobozunur Buzdolabı Poşeti Üretimi ve Et/Süt Ürünlerine Uygulanması, BAP, Proje No: BAP-MÜH F GMB (KNT) 2010-3 A, 25000 TL, Araştırmacı, 2012, **Tamamlandı.**

3. Mercimek Proteini Konsantresi Ve Hidrolizatının Bazı Fonksiyonel Ve Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi, BAP, Proje No: BAP-FBE GM (GB) 2009-2 YL, 6000 TL, Araştırmacı, 2010, **Tamamlandı.**

4. Çocuklara Yönelik Fonksiyonel Muz Dilimi Üretimi, BAP, Proje No: BAP-MÜH F GM (KNT) 2007-1, 6000 TL, Araştırmacı, 2008, **Tamamlandı.**

Patent

1. Ekiz, H.İ., Bobuş Alkaya, G. ve Erdoğan, F., “Infrared ışın ve soğutma sisteminin ardardına kullanımı ile kabuklu yumurta yüzeyinin sterilizasyonu”, Patent 2015/10728, (2015).