

**GAMA IŞINLARININ ÇİĞ KÖFTENİN MİKROBİYAL
GÜVENLİĞİ VE KALİTESİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Zafer GEZGİN
506021403

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Haziran 2005

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Gürbüz GÜNEŞ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Necla ARAN (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Harun AKSU (İ.Ü.)

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Çiğ Köfte, geleneksel gıdalarımızdan biri olup, aslen doğu bölgelerimize özgü bir ürün olmasına rağmen yurdun batısında da yaygın olarak tüketilmektedir. İçerdiği hammaddelerin mikrobiyal yükü ve herhangi bir ısıtma işlemine tabi tutulmuyor olması sebebiyle, çiğ köfte sağlık açısından riskli bir gıdadır. Bu çalışmada gama ışınlarının, çiğ köftenin mikrobiyal güvenliği ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Fikir aşamasından bu teze son noktanın konulduğu ana kadar her aşamadaki büyük desteği ve katkısı, ayırdığı zaman ve gösterdiği özveri dolayısıyla danışmanım Yrd. Doç. Dr. Gürbüz Güneş'e teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışmanın hayata geçmesine imkan sağlayan Gamma-Pak Işınlama Tesisi Genel Müdürü Dr. Hasan Alkan'a ve firmanın tüm çalışanlarına; sağladıkları imkanlar, harcadıkları mesai ve sabırları dolayısıyla sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Projeye verdikleri maddi destekten dolayı İ.T.Ü. Araştırma Fon Saymanlığı'na teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarına özverili katkılarından dolayı Levent Dinçer'e, tüm Gıda Mühendisliği Bölümü asistanlarına, Nalan Demir'e ve özellikle bana çiğ köfte yoğurmayı öğreten ve gerekli ekipmanları sağlayan dostum Ar. Gör. Serkan Çağlı'ya teşekkür borçluyum. Ayrıca duyuşal panellere katılım gösteren tüm öğrenci, öğretim üyesi, öğretim görevlisi ve memurlara tekrar teşekkür etmek isterim.

Bu çalışma süresince yanımda olup ihtiyaç duyduğum her anda maddi manevi desteğini esirgemeyen Gökçe Baykal'a ve binbir özveriyle bugünlere gelmemi sağlayan aileme minnetlerimi ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca akademik kariyer yapmama, dolayısıyla bu çalışmanın meydana gelmesine vesile olduğu için Prof.Dr. Dilek Boyacıoğlu'na şükranlarımı sunarım.

MAYIS, 2005

Zafer GEZGİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xii
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ÖZETİ	2
1.1. Çiğ Köfte	2
1.1.1. Tarihi ve Önemi	2
1.1.2. İçeriği ve Hazırlanışı	2
1.1.3. Raf Ömrü,Kalite ve Güvenliği	3
1.1.4. Potansiyel Riskler	6
1.1.4.1. Kırmızı etlerde <i>Salmonella</i> , <i>S.aureus</i> ve <i>E.coli</i> O157:H7 tehlikesi	6
1.1.4.2. Kırmızı ette <i>Trichinella spiralis</i> ve diğer parazitlerden kaynaklanabilecek riskler	7
1.1.4.3. Baharatlardan kaynaklanabilecek küf ve mikotoksin riski	7
1.2. Et Ürünlerinde Mikrobiyal Güvenliğin Sağlanması	8
1.2.1. Modifiye Atmosferle Paketleme (MAP)	8
1.2.2. Diğer Isıl Olmayan Teknikler	9
1.2.2.1. Yüksek Hidrostatik Basınç (HHP)	10
1.2.2.2. Darbeli Elektrik Alan (PEF)	10
1.2.3. Işınlama	11
1.3. Gıda Işınlama	12
1.3.1. Tarihçe	12
1.3.2. Genel Bilgi	12
1.3.3. Işınlama Kaynakları	13
1.3.4. Doz Ölçüm Sistemleri	14
1.3.5. Etki Mekanizması	15
1.3.6. Dünya Çapında Uygulamalar ve Şuanki Durum	15
1.3.7. Tüketici Perspektifi	18
1.3.8. Türkiye'deki durum	21
1.4. <i>E.coli</i> O157:H7 Patojeni	22
1.4.1. Çiğ Köfte ve benzeri Et Ürünlerinde <i>E.coli</i> O157:H7 Riski ve Yol Açtığı Sağlık Sorunları	22
1.4.2. Hasarlı <i>E.coli</i> O157:H7 sayımı için geliştirilen farklı yöntemlerin karşılaştırılması	22
1.4.2.1. Sıvı Zenginleştirme	22
1.4.2.2. Overlay Yöntemi	23

1.4.2.3.	Membran Yöntemi	23
1.4.2.4.	Thin Agar Layer (İnce Agar Tabakası) Yöntemi	24
2.	MATERYAL&METOT	26
2.1.	Materyal	26
2.2.	Metotlar	27
2.2.1.	Çiğ Köftenin Hazırlanması	27
2.2.2.	Işınlama	28
2.2.3.	Kimyasal Analizler	28
2.2.4.	Duyusal Analizler	29
2.2.5.	Toplam Bakteri Sayımı	30
2.2.6.	<i>E.coli</i> O157:H7 Aşılama ve Sayımı	30
2.2.6.1.	McFarland Standardının Hazırlanışı	31
2.2.6.2.	Thin Agar Layer Besiyerlerinin Hazırlanışı	31
2.2.6.3.	Belirli Düzeyde Kontamine Edilmiş Çiğ Köfte Numunesinin Hazırlanması	33
2.2.6.4.	Lateks Aglutinasyon Testi ile Konfirmasyon	33
2.2.7.	İstatistiksel Analiz Yöntemleri	33
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	35
3.1.	Kimyasal Analiz Bulguları	35
3.1.1.	pH	35
3.1.2.	Titrasyon Asitliği	35
3.1.3.	a_w (Su aktivitesi)	35
3.2.	Duyusal Analiz Bulguları	36
3.2.1.	Işınlanmış Çiğ Köftelerin Kontrol Numunesinden Farklılık Düzeylerinin Tespiti	36
3.2.2.	Işınlanmış Çiğ Köftelerin Kontrol Numunesinden Ayırt Edilebilirliği	41
3.3.	Mikrobiyolojik Bulgular	43
3.3.1.	Işınlamanın Toplam Aerobik Bakteri Sayısı Üzerine Etkisi	43
3.3.1.1.	0-6 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki Toplam Aerobik Bakteri Sayımlarına Etkisi.	43
3.3.1.2.	0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki Toplam Aerobik Bakteri Sayımlarına Etkisi	45
3.3.1.3.	0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Oda Sıcaklığında Saklanan Çiğ Köftelerdeki Toplam Aerobik Bakteri Sayımlarına Etkisi	47
3.3.2.	<i>E.coli</i> O157:H7 Sayımları	48
3.3.2.1.	TAL Yönteminin Çiğ Köftelerdeki Hasarlı <i>E.coli</i> O157:H7'lerin Toparlanmasındaki Etkinliğinin Doğrulanması	48
3.3.2.2.	0-6 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki <i>E.coli</i> O157:H7 Sayımlarına Etkisi.	49
3.3.2.3.	0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki <i>E.coli</i> O157:H7 Sayımlarına Etkisi	50
3.3.2.4.	0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Oda Sıcaklığında Saklanan Çiğ Köftelerdeki <i>E.coli</i> O157:H7 Sayımlarına Etkisi	52
3.4.	Duyusal ve Mikrobiyolojik Bulguların Sentezlenerek Değerlendirilmesi	53
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	55
	KAYNAKLAR	57

EKLER

66

ÖZGEÇMİŞ

69

KISALTMALAR

BCIG	: 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronide
CT	: Cefixime Tellurit
FDA	: Food and Drugs Administration
kGy	: KiloGray (Işınlama birimi)
Kob	: Koloni oluşturan birim.
NIST	: Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
NPL:	: İngiltere Ulusal Fizik Laboratuvarı
PCA	: Plate Count Agar
PMMA	: Polimetilmetakrilat
SMAC	: Sorbitol MacConkey Agar
TAB	: Toplam Aerobik Bakteri
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TSA	: Tryptic Soy Agar
mTSB+n	: Novobiosin ilave edilmiş modifiye triptikaz soy brot.
mEC+n	: Novobiosin ilave edilmiş modifiye <i>E.coli</i> brot.
TAL	: Thin Agar Layer (İnce Agar Tabakası)

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. 1. Alfabetik sıra ile ışınlamanın onaylandığı ülkelerden bazıları ve onaylanan ürün sayıları. (KAERI, 2002).....	16
Tablo 1. 2. Türk Gıda Işınlama Yönetmeliği'ne göre gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Anonim, 1999).....	17
Tablo 1. 3. A.B.D'de FDA(Food and Drug Administration) tarafından kabul edilen iyonize edici ışınlama uygulamaları (Olson, 1998).....	18
Tablo 2. 1.1 kg çiğ köfte hazırlamak için kullanılan malzemeler ve miktarları.	26
Tablo 2. 2. Işınlama işlemi süresince gerçekleştirilen sıcaklık ölçümleri.....	28
Tablo 2. 3. Mc Farland Standardı için hazırlanan tüplerdeki çözelti oranları ve bu bulanıklığa karşılık gelen bakteri sayıları.....	31
Tablo 3. 1. Ölçülen pH değerleri.....	35
Tablo 3. 2. Ölçülen sarfiyat ve laktik asit cinsinden % titrasyon asitliği değerleri.....	35
Tablo 3. 3. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin 4'lük skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları ile farkı olumlu bulanların oranı.....	40
Tablo 3. 4. Işınlanmış çiğ köftelerin kontrol numunesinden ayırt edilebilirliği.....	41
Tablo 3. 5. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerdeki canlı <i>E.coli</i> O157:H7 nin farklı agarlardaki sayıları.....	48
Tablo 3. 6. <i>E coli</i> O157:H7 stok kültürü ve bu kültür ile aşılınmış çiğ köfte numunelerinden farklı besiyerlerine yapılan ekimlerin karşılaştırılması.....	49
Tablo B.1. Ön denemede ışınlanmış/ışınlanmamış numuneler arasındaki farkı olumlu bulanların oranı.....	67
Tablo C.1. Çeşitli kaynaklardan temin edilen çiğ köfte formülasyonları. (Kaynaklara ulaşılan tarih: 10.12.2004).....	68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1. 1. Harwell firmasının ürettiği Amber 3042 cinsi dozimetreler.....	14
Şekil 1. 2. Işınlanmış ürünlerin ambalajında bulunması zorunlu olan ışınlama işleminin uygulandığını ifade eden ‘radura’ sembolü.....	20
Şekil 2. 1. İnce agar tabakası uygulamasının şematik gösterimi (Wu ve Fung, 2001).	32
Şekil 3. 1. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin 8’lik skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları (Gün 1).....	37
Şekil 3. 2. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin (4’lük skalada) günlere göre değişimi ve standart sapmaları.....	37
Şekil 3. 3. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin 8’lik skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları (Gün 5).....	38
Şekil 3. 4. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden tat açısından farklılık düzeylerinin 4’lük skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları.....	39
Şekil 3. 5. 0-6 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına etkisi.....	44
Şekil 3. 6. Gün ve doz değişkenlerinin, 0-6 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi.....	44
Şekil 3. 7. 0-2 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına etkisi.....	45
Şekil 3. 8. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi.....	46
Şekil 3. 9. 0-2 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince TAB sayımlarına etkisi.....	47
Şekil 3. 10. Gün ve doz değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi.....	47
Şekil 3. 11. 0-6 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince <i>E.coli</i> O157:H7 sayımlarına etkisi.....	49
Şekil 3. 12. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-6 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince <i>E. coli</i> O157:H7 sayımlarına ortalama etkisi.....	49
Şekil 3. 13. 0-2 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince <i>E.coli</i> O157:H7 sayımlarına etkisi.....	50
Şekil 3. 14. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince <i>E. coli</i> O157:H7 sayımlarına ortalama etkisi.....	51
Şekil 3. 15. 0-3 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince <i>E.coli</i> O157:H7 sayımlarına etkisi.....	52
Şekil 3. 16. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince <i>E. coli</i> O157:H7 sayımlarına ortalama etkisi.....	53
Şekil A.1. Kontrolden farklılık testi için kullanılan formlardan bir örnek.....	66
Şekil A.2. Üçgen testte kullanılan formlardan bir örnek.....	66
Şekil B.1. 0-6 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına etkisi (Ön deneme sonuçları).....	67

Şekil B.2. Gün ve doz değişkenlerinin, 0-6 kGy dozlarında ısıtılmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi (Ön deneme sonuçları).... **67**

GAMA IŞINLARININ ÇİĞ KÖFTENİN MİKROBİYAL GÜVENLİĞİ VE KALİTESİNE ETKİLERİ

ÖZET

Çiğ köfte, içinde çiğ kırmızı et bulunduran geleneksel bir gıdadır. Raf ömrü oldukça kısadır ve herhangi bir ısıtma işlemi görmeden tüketilmektedir. Bu sebeple ancak günlük olarak hazırlanıp tüketilebilmektedir. Üretiminde ısıtma veya mikrobiyal inaktivasyon sağlayacak herhangi bir işlem bulunmadığından, tüketimi gıda kaynaklı rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, gama ışınlamanın, çiğ köftenin kalite ve mikrobiyal güvenliğine etkilerinin incelenmesidir.

Çiğ köfteler üç ayrı denemede bulgur, kıyılmış yağsız sinirsiz et, salça, soğan, isot, karabiber, tuz ve su kullanılarak hazırlanmış ve yaklaşık 10^6 kob/gr düzeyinde *E.coli* O157:H7 ile aşılanmışlardır. Aşılanmayan çiğ köfteler duyu analizler ve toplam bakteri sayımlarında kullanılmıştır. Numuneler; köpük kutularda, $9\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, Co^{60} kaynağıyla 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4.5 ve 6 kGy'lik dozlarda 2 ayrı seferde sırasıyla 1 ve 1,8 kGy/st'lik doz hızlarında ışınlanmışlardır. $3-5^\circ\text{C}$ 'de 14 güne kadar saklanmış numunelerde mikrobiyolojik ve duyu analizler, 25°C 'de saklanan numunelerde 3 gün süreyle mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

$3-5^\circ\text{C}$ 'de saklanan çiğ köftelerde ilk günde 1,5 kGy'lik ışınlamayla toplam bakteri sayısı 5×10^7 'den 10^4 kob/gr düzeyine inmiştir. 6 kGy ile 6 loga varan inaktivasyon sağlanmıştır. 5. günde ışınlanmış numunelerde bakteri sayıları önemli düzeyde değişmezken, ışınlanmamış numunelerde sayımlar 10^9 kob/gr'a yükselmiştir. İkinci denemede toplam bakteri sayımları 2 kGy ışınlama ile, 10^7 'den 10^3 kob/gr'a inmiştir. D_{10} değeri 0,83 kGy olarak hesaplanmıştır. *E.coli* O157:H7 sayımları ilk günde 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde 2×10^5 'den tespit seviyesinin altına inmiştir. D_{10} -değeri 0,29 kGy olarak hesaplanmıştır. 1,5 ve 2 kGy ile ışınlanmış ve $3-5^\circ\text{C}$ 'de saklanmış çiğ köftelerde, 7. ve 14. günlerde *E.coli* O157:H7 tespit edilememiştir.

Duyu analizler mikrobiyal analizlerle paralel şekilde ön deneme hariç 2 ayrı denemede gerçekleştirilmiştir. İlk denemede 6 kGy'e varan dozlarla ışınlanmış numunelerin ışınlanmamışlardan farklılık düzeyleri tespit edilmiştir. 5. günde ışınlanmamış numunelerde belirgin bir bozulma kokusu meydana gelmiştir. 1,5 ve 3 kGy ile ışınlanmış numunelerin kabul edilebilirliği en yüksek olmuş, 6 kGy ile ışınlanmış numunelerde kabul edilebilir olmakla beraber renkte belirgin bir matlaşma meydana gelmiştir. İkinci denemede 0-2 kGy doz aralığında ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamışlardan ayırt edilebilirliği incelenmiştir. İlk gün analizlerinde panelistler farkı ayırt edememişler, 7. ve 14. günlerde ışınlanmamış örneklerde meydana gelen bozulma kokusu ışınlanmış numunelerde tespit edilmemiştir. Fakat 2 kGy ile ışınlanmış çiğ köftelerde belirgin bir renk farkı tespit edilmiştir. Genel olarak

bakıldığında panelistler, ışınlanmış çiğ köfteleri ışınlanmamış çiğ köftelere tercih etmişlerdir.

Bu alışma, ışınlamanın önemli kalite kayıplarına yol açmadan çiğ köftenin raf ömrünü arttırma ve *E.coli* O157:H7 ve diğerk mikroorganizmaları elimine ederek mikrobiyal güvenliğini sağlama potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. İleriki çalışmalarda ışınlama ile ambalajlama işlemlerinin kombinasyonu ile optimum proses koşullarının tespit edilmesi tarafımızdan nerilmektedir.

EFFECTS OF GAMMA IRRADIATION ON QUALITY AND SAFETY OF ‘ÇİĞ KÖFTE’ (RAW MEATBALL)

SUMMARY

‘Çiğ köfte’ (raw meatball), is a traditional Turkish food containing raw ground beef. It has a short shelf life and is eaten uncooked. It is prepared and consumed daily due to very short shelf life. Because there isn’t any thermal or other microbial inactivation steps in its production, consumption of ‘Çiğ köfte’ can cause foodborne diseases. The aim of this study was to investigate the effect of irradiation on quality and and safety of ‘Çiğ Köfte’.

‘Çiğ Köfte’ samples were prepared for three times in laboratory using the following ingredients: bulgur, minced meat, tomato paste, onion, red pepper, black pepper, salt and water, inoculated with approx. 10^6 CFU/g of *E.coli* O157:H7. Uninoculated samples were used in sensory evaluations and total microbial counts. Samples were irradiated at doses of 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4.5 and 6 kGy in iced-boxes at $9\pm 2^\circ\text{C}$ with a Co^{60} source at a rate of 1 and 1,8 kGy/h on two separate trials. Microbiological and sensory analyses were made during storage at $3-5^\circ\text{C}$ and microbial analyses were made at 25°C .

Total microbial counts on PCA decreased from 10^7 to 10^4 CFU/g at 1,5 kGy on first day. Irradiation at 6 kGy resulted in 6-log inactivation. Similar effect of irradiation on microbial count was observed on the 5th day, but the untreated sample had 10^9 CFU/g. On the second trial, total microbial counts decreased from 10^7 to 10^3 CFU/g at 2 kGy on the first day and D_{10} value was 0,83. *E.coli* O157:H7 counts decreased from 2×10^5 to undetectable level at 2 kGy after 1 day. D_{10} -value was 0,29 kGy. No *E.coli* O157:H7 was detected on samples irradiated at 1,5 and 2 kGy on 7th and 14th days.

Sensory evaluations were made on two trials, parallel to the microbial analysis. First trial was conducted with doses up to 6 kGy and rate of difference from control was evaluated. There was a detectable off-odor for untreated samples on the fifth day. Samples irradiated with 1,5 and 3 kGy were acceptable, but color change was detectable in samples irradiated at 6 kGy after 10-day storage. The color of this sample was lighter than the other samples, but was still acceptable. Second trial covered doses up to 2 kGy and a triangle test was conducted. No differences between the samples were detected in sensory analysis after one day storage. Irradiation prevented formation of off odor detected in unirradiated samples after 7-day storage. However, there was detectable color loss on samples irradiated at 2 kGy. Overall, irradiated samples were preferred over unirradiated ones.

Irradiation has a great potential for extending the shelf life of ‘çiğ köfte’ and assuring product safety by inactivating *E.coli* O157:H7 and other microorganisms without any

quality loss. Further studies with combination of irradiation and packaging are needed to develop an optimum process for the product.

GİRİŞ

Çiğ köfte kaynaklı gıda enfeksiyonu vakaları (Dağdeviren, 2004; Efe ve diğ., 2004) ve bu konuda yapılan bilimsel çalışmalar (Tunçel ve Tiryaki, 2001; Yıldırım ve diğ., 2005; Arslan ve diğ., 1992; Pekel ve diğ., 2003; Küplülü, ve diğ., 2003; Sancak ve İşleyici, 2005) ülkemize özgü geleneksel gıdalarımızdan çiğ köftenin, şu anda uygulanan üretim ve pazarlama koşullarıyla mikrobiyal açıdan halk sağlığı için önemli risk teşkil ettiğini ortaya koymaktadır. Hammaddeler büyük bir özenle seçilse ve hijyen kurallarına uygun olarak üretilip saklansa dahi, çiğ et ve baharatlardan kaynaklanabilecek kontaminasyondan ve ürünün çiğ olarak tüketiminden kaynaklanan bu risk tamamen ortadan kaldırılamamakta ve uzun bir raf ömrü sağlanamamaktadır.

Özellikle son 50 yılda ışınlamanın et ürünlerine uygulanması konusunda dünya çapında bir çok çalışma yapılmış ve bu işlemin etkinliği ortaya konulmuştur. Ülkemizde ıslama işlemi yaygınlaşmamış olmakla birlikte devlet bazında bazı adımlar atılmış ve Gıda ıslama Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir (Anonim, 1999). Dolayısıyla özellikle çiğ köfte ve bunun gibi bize özgü ürünlerde gıdaların tazeliğini muhafaza eden ıslama ve benzeri teknolojiler bu ürünlere bağlı sağlık risklerini ortadan kaldırabilir ve ürünlerin raf ömrünü uzatabilir.

Bu çalışmanın amacı çiğ köftenin, insan sağlığı için tehlike arz etmeyecek hale getirilebilmesi, mikrobiyal güvenlik ve kalitesinin korunmasında; uygulanacak ıslama dozunun mikroorganizmalar ve özellikle *E.coli* O157:H7'ye ve bunun paralelinde duysal özelliklere etkisini incelemek, tavsiye edilebilecek optimum doz değerlerini tespit etmektir.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Çiğ Köfte

1.1.1. Tarihi ve Önemi

“Günümüzden 3500 yıl önce, Hz. İbrahim döneminde yaşayan bir avcı, ceylan avlayıp evine döner. O dönemin hakimi Nemrut’un adamları Hz. İbrahim’in ateşte yakılması için yakacak olarak kullanabilecekleri herşeye el koyduğu için eti pişiremeyen karısı, ceylanın budundan çıkardığı bir parça yağsız eti, bir taşın üzerine koyarak başka bir taşla ezer, ardından içine biraz bulgur ve çeşitli baharatlar ilave eder ve yoğurmaya başlar. Karı koca bu yemeği yerler ve çok beğenirler.” (Öcal, 1997).

Çiğ köftenin ortaya çıkışı çoğu kaynakta benzer şekilde rivayet edilmekle beraber küçük nüans farkları bulunmaktadır. Örneğin bir kaynakta; Nemrut’un ateşi yasaklaması, pişmemiş gıdalar yemekten bıkan halkın bu durumu Hz. İbrahim’e şikayet etmesi üzerine ilk çiğ köftenin bizzat Hz. İbrahim tarafından hazırlandığı iddia edilmektedir (Gülseren, 1987). Çiğ köfte, peygamberin ateşe atılmasıyla ilişkilendirilmesi sebebiyle, aşure gibi dini vasfı olan geleneksel bir gıda olarak kabul edilmektedir. Ayrıca çiğ köftenin 8 ila 9. yüzyıllarda, ilk çağlardan beri varlığı bilinen Harran Üniversitesi’ndeki hekimler tarafından keşfedildiği, tedavi sonrası güçlenip sağlığa kavuşmaları amacıyla veremli, zayıf, kansız ve iştahsız hastalara et yedirmek için bulunmuş bir çözüm olduğu da rivayetler arasındadır (Barlas, 1990).

1.1.2. İçeriği ve Hazırlanışı

Çiğ köfte, daha çok Güneydoğu Bölgemize has bir yiyecek olmasına karşın ülkemizin batısında da tüketimi yaygınlaşmıştır. İçeriğindeki gıdalar bölgeden

bölgeye farklılık göstermekle beraber temelde bulgurun kıyılmış et, domates veya biber salçası ve çeşitli baharatlarla yoğrulması ile elde edilen bir gıdadır. Baharatlardan ise isot ve/veya kırmızı biber, kimyon, yenibahar, tarçın, nane ve karabiber kullanılmaktadır (Öcal, 1997). Tablo C.1’de, yapılan araştırmalar sonucu farklı internet sitelerinde bulunan çeşitli çiğ köfte reçeteleri yer almaktadır.

Mehmet Hulusi Öcal’ın “Özellikleri ve Güzellikleriyle Çiğ Köftemiz” adlı kitabındaki (1997) tarife göre, çiğ köfte hazırlarken önce bulgur madeni bir tepsiye konur, sonra tuz, kırmızı biber/isot, karabiber, salça ve et eklenir. Ardından incecik soyulan kuru soğan, yeşil soğan, maydanoz gibi yeşillikler tepsiye konur. Önceden tepsiye konan malzemeler yavaş yavaş eklenen suyla bastırarak yoğrulur. Bulgurlar iyice yumuşayınca kadar yoğurma işlemi devam eder. Sonra maydanoz, soğan karışımı hafifçe ezilir ve bir süre daha yoğrulur. Çiğ köfte küçük sıklıklar haline getirilerek servis edilir. Kitapta yoğurma işleminin özel bir yetenek gerektirdiği, aksi takdirde çiğ köftenin hamurlaşacağı özellikle belirtilmiştir (Öcal, 1997).

Etin bulgurun yoğurma ile yeterince yumuşamasının ardından eklendiği, yoğurmanın buzla yapıldığı, bulgurların kolay yumuşaması için suya bırakıldığı çok çeşitli tarifler de vardır. Yukarıdaki tarifi kullanılmasının sebebi, çiğ köftenin doğduğu yer olarak kabul edilen Urfa yöresine ait olmasıdır.

1.1.3. Raf Ömrü, Kalite ve Güvenliği

Çiğ köftenin raf ömrü, muhafaza koşullarına göre 1 ila 2 gündür. Fakat, bileşenlerinden kaynaklanan yüksek risk sebebiyle hazırlanışını takiben hemen tüketilmesi tavsiye edilmektedir (Öcal, 1997). Piyasada çiğ köfteler günlük yapıp servis edilmekte ve ancak aynı gün içinde tüketilebilmektedir. Çiğ köfte, ısıl veya mikrobiyal inaktivasyon özelliği olan herhangi bir işleme tabi tutulmadan çiğ olarak tüketildiğinden ve pişmemiş et içerdiğinden mikrobiyolojik açıdan yüksek riskli bir gıdadır.

Ülkemizde çiğ köftelerin mikrobiyal güvenliği ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bir çalışmada piyasadaki çiğ köfteler de patojenik mikroorganizma taraması yapılmış ve çok sayıda koliform bakteri tespit edilmiş, taranan örneklerin %14’ünden *Salmonella* izole edilmiştir (Tuncel&Tiryaki, 2001). Çiğ köftedeki bu patojenlerin çiğ etten, diğer katkı maddelerinden yada personelden kaynaklanmış

olabileceği vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada çiğ köfteye katılan baharatların antimikrobiyal etkisi olabileceği düşünülse de bu etkinin *Salmonella* yada diğer patojenik mikroorganizma riskini ortadan kaldıracak düzeyde olmadığı saptanmıştır. Bir diğer çalışmada çiğ köftelerde A tipi enterotoksin oluşturan *Staphylococcus aureus* 'un gelişimi izlenmiştir (Erol ve diğ., 1993). Bu çalışmada çiğ köftede 24 saatlik oda sıcaklığında depolama sonunda başlangıçta inokule edilen patojenin sayısında (10^3 , 10^4 , 10^5 kob/g) sınırlı bir azalma gözlemlenmiş olup numunelerin hiçbirinde toksin oluşumuna rastlanmamıştır. Numunelerin tuz miktarı %1.9 olarak ölçülmüş, ve pH değerinin 5.7 den 24 saat sonunda 6.0-6.2'ye yükseldiği, rutubet miktarının ise %60 dan %58 e düştüğü tespit edilmiştir.

2003 yılında İzmir'de domuz eti ile hazırlanmış çiğ köftelerin tüketilmesi sonucu gerçekleşen "*Trichinella spiralis*" vakasıyla çiğ köftenin mikrobiyal güvenliği konusu tekrar gündeme gelmiştir (Dağdeviren, 2004). Olayda hastahaneye başvuran hastaların sayısı 128'i bulmuş, halk valilik tarafından çiğ köfte yememeleri konusunda uyarılmıştır (Efe ve diğ., 2004). Bu vaka öncesinde yine 2003 yılında çiğ köftenin mikrobiyal güvenliği ile ilgili yayınlanmış üç önemli çalışma bulunmaktadır (Küplülü ve diğ., 2003; Sağun ve diğ.,2003; Uzunlu ve Yıldırım,2003). Bu çalışmalar, piyasadan toplanan numuneler mikrobiyal açıdan incelenmesi ve deneysel olarak hazırlanan numunelerle aşılama ve sayım denemelerini kapsamaktadır.

Ankara'da piyasada farklı semtlerden satılmakta olan 50 çiğ köfte örneğinin mikrobiyal açıdan incelendiği bir çalışmada; toplam aerob mezofil bakteri, laktobasil, mikrokok/stafilokok, koagulaz pozitif stafilokok, enterobakteri, koliform, enterokok, pseudomonas ve maya/küf, *B. Cereus* ve *Salmonella* tespiti olmak üzere geniş çapta bir mikrobiyal analiz çalışması gerçekleştirilmiştir (Küplülü ve diğ., 2003). Böylece çiğ köfte, gıda güvenliği açısından tehlike arz eden tüm mikroorganizmalar açısından incelenmiştir. Analizler sonucunda; toplam aerob mezofil bakteri sayısı yaklaşık 10^6 kob/g, laktobasiller 10^5 kob/g olarak bulunmuş, ortalama 10^4 kob/g düzeyinde mikrokok/stafilokok izole edilmiş, koagulaz pozitif stafilokokların örneklerin % 18'inde 10^2 - 10^3 kob/g arasında değişen düzeylerde olduğu, kalan numunelerde ise saptama sınırının altında kaldığı belirlenmiştir. Hijyen indeksi mikroorganizma olan enterobakteriler, koliform bakteriler ve enterokoklar ortalama 10^4 kob/g düzeyinde bulunmuştur. Pseudomonaslar ortalama 10^3 kob/g,

maya ve küfler ise ortalama 10^4 kob/g düzeyinde izole edilmiştir. Numunelerin % 46'sında *B.cereus* sayısı 10^2 - 10^4 kob/g değerinde bulunurken örneklerinin 25 gramında *Salmonella* varlığına rastlanmamıştır. Bu sonuçlar göstermektedir ki piyasada şu anda satılmakta olan çiğ köftelerin mikrobiyal kalitesi sağlık açısından tehlike arz etmektedir. Araştırmacılar bu durumun ürünün özelliği sebebiyle çiğ tüketiliyor ve satış yerlerinde herhangi bir soğutma yapılmadan uzun süre ortam sıcaklığında bekletiliyor olmasından kaynaklanabileceğine ve üretimde kullanılan araç gereçlerin dezenfeksiyonu ve düzenli kontrolünün sağlanması, hammaddelerin hijyenik kalitelerine ve üretim şekli sebebiyle personel hijyeni gibi faktörlerin önemine dikkat çekmişlerdir (Küplülü ve diğ., 2003).

Diğer bir çalışmada, A,B,C ve D tipi enterotoksin oluşturan *Staphylococcus aureus* suşlarının çiğ köftede gelişimi ve toksin oluşturma yeteneği incelenmiştir (Sağun ve diğ.,2003). Bu çerçevede çiğ köfte örnekleri deneysel olarak hazırlanmış, *S. aureus* suşları ile 10^5 kob/g düzeyinde kontamine edilerek 10, 21-23 oda sıcaklığı ve 30°C olmak üzere üç farklı sıcaklık derecesinde muhafaza sırasında 0., 2., 6., 12. ve 24. saatlerde örnekler alınarak *S. aureus* sayımı ve enterotoksin tayini yapılmıştır. Analizler sonucunda 10 °C'de muhafaza edilen örneklerde *S. aureus* sayılarında artış ve toksin saptanmamış, oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde enterotoksin sadece I. Grup'da (enterotoksin A) 24. saatte tespit edilmiş, 30°C'de muhafaza edilen tüm gruplarda, *S. aureus* suşlarında 12. saate kadar artış, 12. ve 24. saatler arasında ise azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında araştırmacılar başlangıçta 10^5 kob/g düzeyinde *S. aureus* bulaşması halinde, belirtilen oda sıcaklığında 24 saat ve 30°C'de 12 saat muhafaza edildiğinde *S. aureus*'un toksin oluşturabildiğini ve bunun halk sağlığı açısından risk teşkil ettiğini belirterek, bir önceki çalışmada da (Küplülü ve diğ., 2003) vurgulanan personel sağlığı, soğukta muhafaza, hijyen gibi faktörlere ek olarak bu ürünün hazırlanmasını takiben mümkün olduğunca kısa zamanda tüketilmesini tavsiye etmişlerdir.

2003 yılında çiğ köfte ile ilgili yapılmış diğer bir çalışmada, (Uzunlu ve Yıldırım, 2003) inokulasyonu takiben farklı sıcaklık ve sürelerde sayım gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla önemli gıda patojenlerinden *Salmonella enteritidis* SZH suşu kullanılmış, 10^3 kob/gr düzeyinde inokulasyonu takiben 0, 4, 12 ve 24. saatlerde yapılan sayımlar neticesinde sırasıyla $3,7 \times 10^3$, $5,8 \times 10^3$, $3,7 \times 10^3$ $3,5 \times 10^3$ değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerlerin işaret ettiği en önemli sonuç, hammaddelerde bulunan

mikroorganizmaların farklı sıcaklık ve sürelerde önemli ölçüde değişmediği, yani halk arasında çiğ köfteyle ilgili yaygın inanışlardan biri olan ve “hammaddelerin baharatlar (acı) vasıtasıyla pişmesi” şeklinde tabir edilen durumun gerçekte mümkün olmadığını göstermesidir. Araştırmacılar bu konuda yapılan çalışmaların yetersizliğine ve kullanılan isot ve karabiber gibi baharatların antimikrobiyal etkisinin sınırlı olması sebebiyle “ışınlama” vb. yöntemlerin incelendiği daha detaylı çalışmaların gerekliliğine dikkat çekmişlerdir (Uzunlu ve Yıldırım, 2003).

1.1.4. Potansiyel Riskler

Etin bu üründe çiğ olarak bulunuyor olması ve ürünün çiğ olarak tüketimi mikrobiyal tehlike yaratan temel etkidir. Ayrıca içeriğindeki baharatlar genellikle çok yüksek sayıda toplam mikroorganizma yükü taşımakta ve bunların direkt olarak üründe kullanılması çiğ köftelerin hemen üretim sonrası mikrobiyal yükünün yüksek olmasına sebep olmakta ve buna bağlı olarak da ürünün raf ömrü çok kısa olmaktadır.

1.1.4.1. Kırmızı etlerde *Salmonella*, *S.aureus* ve *E.coli* O157:H7 tehlikesi

Bu patojenler, günümüzde gıda güvenliği açısından en önemli patojenler arasında yer almakta ve kırmızı ette risk oluşturmakta, tüketimleri neticesinde insanlarda çeşitli sağlık sorunlarına hatta ölümlere yol açmaktadırlar (Molins ve diğ., 2001).

Salmonella, bilinen gıda patojenleri arasında en yaygın enfeksiyona yol açandır. Özellikle az pişmiş kırmızı etler, tavuk ve balık etlerinde etkili olan bu patojen, gram (-) 'ler arasında ışınlamaya en dirençli olanıdır (Monk ve diğ., 1995).

Gıda kaynaklı zehirlenmelere yol açan diğer bir patojen ise *Staphylococcus aureus*'tur. Her ne kadar hayvan bazlı gıdalardan kaynaklanıyor olsa da, diğer gıdalarda da insandan bulaşma neticesinde etkili olduğu görülmüştür (Monk ve diğ., 1995). Çalışmalar bu patojenin oluşturduğu enterotoksinin ışınlamaya botulin toksininden dahi daha dirençli olduğunu göstermiştir. 23,7 kGy ile ışınlanmış numunelerde bile stafilokok enterotoksin A'nın %16-26 kadarı tespit edilebilmiştir (Rose ve diğ., 1988).

E.coli O157:H7, sıcakkanlı hayvanların bağırsak mikroflorasında doğal olarak ve hakim düzeyde bulunan *Escherichia coli* bakterilerinin en tehlikeli kabul edilenidir.

Doğadaki *E.coli* varlığı insan ve diğer hayvanların dışkılarından kaynaklanmaktadır. Ortamda *E.coli* mevcudiyeti, fekal kontaminasyon ve enterik patojenlerin muhtemel varlığı için bir indikatör olarak kabul edilmektedir (Monk ve diğ., 1995).

Enfeksiyon vakaları genellikle az pişmiş kırmızı etlerin tüketimiyle gerçekleşmektedir (Molins ve diğ., 2001). Yapılan çalışmalar ışınlamanın *E.coli* O157:H7'nin kontrolünde oldukça etkin bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur (Thayer ve Boyd, 1993).

1.1.4.2. Kırmızı ette *Trichinella spiralis* ve diğer parazitlerden kaynaklanabilecek riskler

Günümüzden 170 sene evvel bir tıp öğrencisi kadavra kasında bir kurt gözlemlemiş ve bu gözlem *Trichinella spiralis*'in keşfi ve isimlendirilmesi ile sonuçlanmıştır (Gajadhar ve Gamble, 2000). Trişin vakaları genellikle ısıl işlem görmemiş kırmızı etler, özellikle domuz etinden kaynaklanmaktadır. Kesin bilgi olmamakla beraber dünyada yaklaşık 11 milyon insanın bu paraziti taşıdığı tahmin edilmektedir (Camet, 2000).

Çalışmalar kas dokusundaki *T.spiralis* larvasının ısıya ve donmaya dayanıklı olmadığını göstermiştir. Yıllar boyu dondurma ve ısıtma, bu ve benzeri parazitlerin inaktivasyonu için yegane prosesler olarak kabul edilmiştir (Pozio, E., 2000). ICT (Uluslararası Trişin Komisyonu) ise 71°C'lik merkezi sıcaklığa kadar ısıtma veya kalınlığı 15 cm'e kadar olan etler için 3 hafta, 69 cm'e kadar olanlar için 4 hafta - 15°C veya daha düşük sıcaklıkta saklamayı şart koşmakta; mikrodalga ile ısıtma, kürlenme, kurutma ve tütsülemeyi güvenli prosesler olarak kabul etmemektedir (Gamble, H.R., 2000). Bunlar dışında komisyonun kabul ettiği ısıl olmayan tek proses 0,3 kGy civarındaki dozlarda ışınlamadır. Komisyon ışınlamanın sadece ambalajlanmış ürünlere uygulanmasını tavsiye etmektedir (Gamble, H.R., 2000).

1.1.4.3. Baharatlardan kaynaklanabilecek küf ve mikotoksin riski

Çiğ köftede yaygın olarak kullanılan baharatlar kırmızı biber ve/veya isot ve karabiberdir. Tercihe göre kimyon, yenibahar, tarçın ve nane gibi baharatlar da kullanılabilmektedir (Öcal, 1997). En yüksek oranda kullanılan baharat ise kırmızı

biber ve isottur, dolayısıyla baharatlardan kaynaklanabilecek mikrobiyal riskin ana kaynağıdır.

Bu konuda yapılan çalışmalarda başta kırmızı biber olmak üzere bu baharatlardaki aflatoksin riskine dikkat çekilmiştir. Mikotoksinler küflerin oluşturduğu ikincil toksik bileşiklerdir ve bu kimyasal bileşikler insan ve hayvan sağlığı için önemli tehlike arz etmektedirler (Heperkan, 2003). Kırmızı biberin üretim, hasat, kurutma ve diğer işleme safhalarında maruz kaldığı şartlar, aflatoksin gelişimi için elverişli bir ortam sağlamaktadır (Çoksöyler, 1999). Üretimin %80'inin gerçekleştirildiği Kahramanmaraş, Gaziantep ve Şanlıurfa'da baharatların hala geleneksel yöntemlerle asfalt veya toprak üzerinde açık bir şekilde kurutuluyor olması riski arttırmaktadır (Duman, 2003). Türkiye'deki bazı biber çeşitlerinde aflatoksin bulaşmasının incelendiği bir çalışmada, 44 adet pul kırmızı biber, 26 toz kırmızı biber ve 20 adet isot numunesi incelenmiş, pul kırmızı biber numunelerinin %18,2'si, toz kırmızı biberlerin %10,7'si ve isot örneklerinin %5'inde aflatoksin B+G'ye rastlanmıştır. Aflatoksin miktarlarının 1,1 ile 97,5 ppb değerleri arasında değiştiği görülmüştür. (Erdoğan, 2004). Bu sonuçlar, isotun daha düşük risk taşıdığını ve çiğ köfte hazırlanmasında kırmızı bibere tercih edilmesinin daha sağlıklı olduğunu göstermektedir. Başka bir çalışmada da kırmızı biberdeki aflatoksin seviyelerininin 0,64-160,5 ppb aralığında olduğu ortaya konulmuştur (Yurdun, 2003).

Avrupa Birliği'nde geçerli olan yönetmeliklere göre baharatlarda kabul edilebilir maksimum toplam aflatoksin miktarı 10 ppb olup, aflatoksin B1 için bu değer 5 ppb'dir (Anklam ve Stroka, 2002). Dolayısıyla ülkemizde limit değerlerin oldukça üzerinde aflatoksin içeren baharatlar bulunmaktadır. Buna rağmen riski tamamen yok etmek için baharatların da ısıtılması mümkündür. Türkiye'de özellikle son zamanlarda kırmızı biber, isot vb. baharatların ısıtılmasında önemli gelişmeler kaydedilmiştir ve bu ürünler piyasada satılmaktadır.

1.2. Et Ürünlerinde Mikrobiyal Güvenliğin Sağlanması

1.2.1. Modifiye Atmosferle Paketleme (MAP)

Modifiye atmosferle paketleme kısaca, gıdaların kompozisyonu değiştirilmiş bir atmosferde, gaz bariyeri özelliğine sahip materyaller vasıtasıyla saklanması olarak tanımlanabilir (Young ve diğ, 1988). Her gıda için farklı optimum gaz

kompozisyonları vardır. Bu optimum atmosfer koşulları; gıdanın pH, su aktivitesi, yağ içeriği ve içerdiği yağın türü gibi iç özellikleri ile seçilen ambalaj materyalinde gaz hacminin gıda hacmine oranı gibi parametrelere bağlıdır (Devlieghere ve diğ., 2004).

Modifiye atmosferle paketlenme yönteminin, et ve et ürünlerinin raf ömrüne etkilerinin incelendiği bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Kennedy ve diğ., 2004; Pexara ve diğ., 2002; Skandamis ve Nycas, 2002; Devlieghere ve diğ., 1999; Ahn ve diğ., 2004). Farklı gaz konsantrasyonlarıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, etteki raf ömrünün hava < vakum ambalaj < 40% CO₂/30% N₂/30% O₂ < 80% CO₂/20% hava < 100% CO₂ yönünde arttığı gözlenmiştir. Bu durum atmosferdeki CO₂ miktarı arttıkça raf ömrünün arttığını göstermiş ve işlemin etkinliğini ortaya koymuş olmasına rağmen, %100 CO₂ içeren ortamda taze et renginin paketlemeyi takiben kaybolduğu, fakat modifiye atmosfere esansiyel yağ ilavesinin rengin korunmasına katkıda bulunduğu görülmüştür. (Skandamis ve Nycas, 2002). Koyun etiyle gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise ilk 6 gün renkte önemli farklılık gözlenmezken, 9 ve 12. günlerde p<0,01 düzeyinde önemli fark tespit edilmiş, kırmızı rengin azaldığı gözlenmiştir (Kennedy ve diğ., 2004).

Sosis ürünlerinde ışınlama ve MAP işleminin kombine olarak uygulanmasını inceleyen bir çalışmada hava, vakum, CO₂, N₂ ve CO₂/N₂ olmak üzere beş farklı atmosferde paketlenen numuneler, 5 kGy'lık doz ile ışınlanmıştır (Ahn ve diğ., 2004). 4 haftalık saklama süresi boyunca, ışınlamanın etteki kırmızı rengi önemli oranda etkilediği ve azalttığı gözlenmiştir. Vakum, CO₂ ve CO₂/N₂ ile paketlenen numunelerde renk kaybı, hava ve N₂ ile paketlenenlere göre daha az olmuştur. Araştırmacılar ışınlamanın sosisteki nitrit ve nitrozamin gibi toksik bileşiklerin miktarını azalttığı ve renk kaybının MAP teknolojisi ile önlenilebileceği sonucuna varmışlardır (Ahn ve diğ., 2004).

1.2.2. Diğer Isıl Olmayan Teknikler

Özellikle son on yılda, tüketicilerin besin değeri yüksek, taze ve az işlem görmüş ürünlere gösterdiği talep, ısıl olmayan gıda saklama tekniklerini önemli bir araştırma alanı haline getirmiştir. Bunun sonucunda; iyonize radyasyon, yüksek hidrostatik basınç (HHP), darbeli elektrik alan, yüksek basınçla homojenizasyon, ultraviyole (UV) ile dekontaminasyon, darbeli yüksek yoğunluklu ışık, yüksek yoğunluklu lazer,

darbeli beyaz ışık, yüksek güçlü ultrasound, titreşimli manyetik alan ve yüksek voltajlı ark boşalımı gibi bir çok ısı olmayan teknik geliştirilmiştir. Bu alanda çalışmaların en fazla yoğunlaştığı iki konu ise yüksek hidrostatik basınç ve darbeli elektrik alanıdır (Devlieghere ve diğ, 2004). Son yıllarda ısı olmayan işlemlerle ilgili yayınlanan makaleler incelendiğinde, 650 makale ile üzerinde en çok çalışma yapılan konunun yüksek hidrostatik basınç olduğu, bunu 150 makale ile darbeli elektrik alan teknolojisinin takip ettiği görülmüştür (Knorr ve diğ., 2001).

1.2.2.1. Yüksek Hidrostatik Basınç (HHP)

Yüksek veya ultra basınç uygulaması olarak da tabir edilen bu yöntem, sıvı ve katı gıdaların, ambalajsız veya ambalajlı şekilde, 100 ila 800 MPa'lık basınçlara maruz bırakılması olarak tanımlanabilir (Devlieghere ve diğ, 2004). Bu işlem günümüzde reçel, meyve suları ve jöleleri, yoğurt, tropik içecekler, greyfurt, portakal ve mandalina suları, yumuşatılmış et ve avokado gibi ürünlere farklı basınç ve süre parametreleriyle endüstriyel olarak uygulanmaktadır (Ohlsson ve Bengtsson, 2002). Uygulama sıcaklıkları 0-100°C, süre ise milisaniyeler ile 1200 saniye (20 dakika) arasında değişebilmektedir (Farkas ve Hoover, 2000).

Üzerinde araştırmalar yapılan ısı olmayan işlemler arasında endüstriyel uygulamaya sahip olan sadece iki işlem bulunmaktadır. Bunlardan biri ışınlama diğer yüksek basınç uygulamasıdır. Işınlama 30 yılı aşkın zamandır kullanılıyor iken, ilk HHP uygulaması 1990 yılında Japonya'da gerçekleştirilmiştir (Knorr ve diğ., 2001). Son yıllarda yüksek basınç uygulamasının çeşitli gıdalar (Yan ve Canovas, 2001; Hugas ve diğ., 2002; Ade-Omowaye, 2001; Wennberg ve Nyman, 2004), duyu özellikler (Ahmed ve diğ., 2003; Lopez-Malo ve diğ., 1998; Polydera, 2005) ve çeşitli patojenler (Alpas ve diğ., 2003; Ross ve diğ., 2003; Erkmén ve Doğan, 2004; Bozoğlu ve diğ., 2004; Balasubramaniam ve diğ., 2004) üzerindeki etkileri konusunda yapılan çalışmalar giderek artmış ve yoğun şekilde devam etmektedir.

1.2.2.2. Darbeli Elektrik Alan (PEF)

Bu yöntemde 2 elektrot arasına yerleştirilen gıdalara, 1 saniyeden kısa bir süre boyunca yüksek voltajda elektrik (20-80 kV/cm) darbeleri uygulanır. Meydana gelen elektrik yükü hücre zarını harap eder ve elektroporasyon meydana gelir. Elektroporasyon neticesinde hücre zarı küçük moleküllerin geçişini engelleyemez ve hücre şişerek parçalanır (Knorr ve diğ, 2001).

Bu yöntemle süt (Sepulveda ve diğ., 2005) ve meyve suyu (Torregrosa, 2005; Liang, 2005; Cortes, 2005; Evrendilek ve Zhang, 2005) gibi sulu solüsyonlarda mikrobiyal inaktivasyonun sağlanabildiğini gösteren bir çok çalışmanın yanısıra, enzim inaktivasyonunda da etkili olduğunu gösteren bazı çalışmalar mevcuttur (Zhong ve diğ., 2005). Yumurta akı için *E.coli* O157:H7'nin inaktivasyonunda ısıtma işlemi ve ısıtma işlemi ile PEF'in ortak kullanımının incelendiği bir çalışmada, ısıtma işlemiyle sağlanan 2 log azalmanın, iki işlemin kombinasyonu sonucunda 4 loga çıktığı, belli bir sıcaklık aralığında bu işlemlerin sinerjistik etki gösterdiği ortaya konmuştur (Bazhal, 2005).

1.2.3. Işınlama

Işınlama metoduyla çiğ köftelerin hem raf ömrü uzatılabilir hem de mikrobiyal güvenliği sağlanabilir. Işınlama tekniği gıdalara katkı maddelerinden, üretim aşamasında personelden veya ekipmanlardan, yada üretim sonrası koşullar sebebiyle bulaşabilecek patojenik mikroorganizmaların yok edilmesini sağlayabilecek etkin bir yöntemdir. Çeşitli ürünlerle yapılan çalışmalar sonucunda, bu tekniğin çiğ köftede de bulunabilecek potansiyel patojenleri etkin bir şekilde yok ettiği görülmüştür. (Radomyski ve diğ., 1994; Thayer, 1990;1995). Işınlama tekniği çiğ köfteler ambalajlandıktan sonra uygulanacağından işlem sonrası herhangi bir mikrobiyal bulaşma olasılığı da bulunmamaktadır. Ancak ışınlama işleminin değişik gıdalarda belirli dozların üzerinde istenmeyen tat, koku, renk ve yapı değişimlerine sebep olabildiği bildirilmiştir (Kima ve diğ., 2002). Bu durum özellikle taze et ürünlerinde kötü koku ve renk değişimi olarak kendini göstermekte olup, ışınlama dozuna, ortamına, gıdanın bileşimine bağlı olarak değişmektedir (Kima ve diğ., 2002). Bu nedenle her bir ürün için en uygun olan ve değişimlerin minimum olduğu ışınlama koşullarının tespit edilmesi gerekmektedir. Işınlama ile ayrıca çiğ köftelerdeki katkı maddelerinden gelen yüksek sayıda doğal bakteri popülasyonu da düşük seviyelere indirilerek ürünün mikrobiyal bozulması da engellenecektir. Raf ömrü bir günden az olan çiğ köftelerin ışınlama ile daha uzun süre kalitesini muhafaza ederek saklanabilmesi sağlanabilir.

Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilen bir çalışmada, bir restorandan alınan çiğ köfteler, 4°C'de saklanarak Ankara TAEK'deki Co⁶⁰ kaynaklı Işınlama Tesisi'ne götürülmüş; 2, 4 ve 7 kGy'lik dozlarda gama ışınlamaya maruz bırakılmışlardır. Ardından numunelerin kuru madde, protein, yağ, TBA ve pH gibi özellikleri tespit edilmiş, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus*, toplam

aerobik bakteri (TAB), maya-küf ve koliform grubu bakterilerin tespiti için mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir (Yıldırım ve diğ.,2005).

Çalışma sonucunda ışınlanmış numunelerle ışınlanmamış kontrol arasında; pH, kuru madde, protein ve yağ içeriklerinde $p>0,05$ düzeyinde önemli fark tespit edilmemiştir. Kuru madde 38.88–39.11%, pH ise 4.37–4.41, aralığında ölçülmüştür. (Yıldırım ve diğ.,2005). Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, toplam bakteri sayısında 4 kGy ile 2,2 log azalma sağlanmış, 7 kGy ile ışınlananlarda bakteri tespit edilememiştir. İşlemin D_{10} değeri 1,506 kGy olarak hesaplanmıştır. Koliform, Salmonella ve *E.coli* analizlerinde 2 kGy ile ışınlanmış numunelerden yapılan ekimlerde koloni tespit edilememiştir. Maya- küf ve stafilokok analizlerinde 2 kGy 1 log civarında azalma sağlamış, 4 kGy’de bakteri tespit edilememiştir. Bu sonuçlar ışınlamanın çiğ köftenin mikrobiyal güvenliğinin sağlanmasında etkin bir metot olarak kullanılabileceğini, kimyasal özelliklerinde ise önemli farka yol açmadığını ortaya koymuştur (Yıldırım ve diğ.,2005).

1.3. Gıda Işınlama

1.3.1. Tarihçe

Gıda ışınlamanın tarihi 1895’de Roentgen’in X ışınlarını keşfetmesi ve 1896’da Becquerel’in radyoaktiviteyi bulmasına kadar uzanır. Bu keşiflerle beraber iyonize edici ışınların canlı organizmalar üzerine etkisi konusundaki araştırmalarda büyük bir artış olmuş ve bu konudaki ilk patent 1905 yılında alınmıştır. 1609 no’lu bu İngiliz patenti; gıdaların, özellikle tahılların, radyoaktif kaynaklarca üretilmiş gama ışınlarına tabi tutuldukları takdirde kimyasal katkılara gerek kalmadan uzun süre yüksek kalitede saklanabileceklerini iddia ediyordu (Diehl, 2002). İlk yapılan araştırmalarda ışınlama ile çok uzun raf ömürlü gıdaların üretilebileceği düşünülmüş ancak beklenen bu sonuç elde edilemediğinden ve nükleer enerji karşıtı tutumların oluşmasından dolayı yapılan araştırmalar giderek azalmıştır.

1.3.2. Genel Bilgi

Gıda ışınlama; basitçe, gıdaların pozitif ve negatif yükler oluşturabilecek derecede iyonize edici ışın kaynaklarına maruz bırakılmasıdır (Olson, 1998). Gelişmiş ülkelerde, özellikle Amerika Birleşik Devletleri’nde son yıllarda büyük artış gösteren

gıda kaynaklı zehirlenme ve enfeksiyonlar; araştırma çevrelerini, sanayici, ve mevzuat ile ilgili resmi kurumları gıda güvenliği sağlayıcı etkin teknolojilerin araştırılmasına yönlendirmiştir. USDA tarafından yayınlanan bir çalışmaya göre, gıda kaynaklı yedi patojen (*Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* ve *Toxoplasma gondii*) A.B.D.'de her sene yaklaşık 3,3 ila 12,3 milyon arası hastalık vakasına sebebiyet vermekte ve yaklaşık 3,900 kişinin ölümüne ve büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. (Buzby ve Roberts, 1996). Bu verilerle gerçekleştirilen istatistikler ileriki senelerde hızla artan zararlara işaret etmiş ve böylece aslında eski bir teknik olan ışınlama tekrar gündeme gelmiştir.

1.3.3. Işınlama Kaynakları

Gıda ışınlama kaynakları; radyoaktif kaynaklar ve elektrikle çalışan makineler olmak üzere ikiye gruba ayrılabilir. Radyoaktif kaynaklar; kapalı Kobalt-60 (Co^{60}) ve Sezyum-137 (Cs^{137}) radyonüklit kaynaklarının yaydığı gama ışınları, elektrikle çalışanlar ise 5 MeV ve daha düşük enerjili makine kaynaklı X ışınları veya 10 MeV ve daha düşük enerjide çalışan elektron hızlandırıcılar olabilmektedir (Olson, 1998). Bu kaynaklardan endüstride en yaygın olarak kullanılanı ise, Co^{60} 'dır (WHO, 1994). Co^{60} kaynaklı gama ışınlarının gıda endüstrisinde tercih edilmesinin sebebi, penetrasyon yani maddelerden geçebilme özelliklerinin kuvvetli olmasıdır (Erkmen, 2000). Co^{60} 'ın dezavantajları ise sürekli bir radyoaktif kaynak olması dolayısıyla X ışınları gibi istendiği zaman açılıp kapanma özelliğinin olmaması ve 5,3 yıl gibi kısa bir yarılanma ömrüne sahip olması sebebiyle kaynağın zamanla tükenmesi ve yenileme gerekliliğinin bulunması olarak özetlenebilir (Kilcast, D. 1995). Co^{60} , radyoaktif olmayan doğal Co^{59} 'un nötronlarla bombardımanı sonucu elde edilmektedir. Diğer bir gama ışını kaynağı olan Cs^{137} , nükleer reaktörlerdeki kullanılmış yakıt çubuklarının tekrar işlenmesiyle elde edilmektedirler. Maliyeti daha düşük olmasına rağmen, hem nükleer enerji karşıtı çevrelerin eleştirileri hem de nükleer santrallerin giderek azalıyor olması, dolayısıyla bu çubukların da sınırlı sayıda bulunabilmeleri sebebiyle Cs^{137} gıda ışınlamada tercih edilmemektedir (Satin, 1993).

Gıda ışınlamada kullanılan bir diğer yöntem ise elektron hızlandırıcılardır. Elektron hızlandırıcılarla elde edilen enerjinin nüfuz etme özelliği zayıf olduğundan, uygulama alanı yüzey etkisinin arzulandığı ürünlerle sınırlıdır. İzin verilen

maksimum enerji seviyesi olan 10 MeV’de hızlandırılmış elektronların geçiş derinliği 8 cm kadardır (Kilcast, 1995). Elektron hızlandırıcılar, Fransa’da ticari olarak donmuş tavuk ve kurbağa etinin ışınlanmasında, A.B.D. kırmızı ve beyaz et ürünlerinde başarıyla kullanılmaktadır. (Lagunas-Solar, 1995). Aynı zamanda bu ışınların uygulama alanları; hazır gıdalarda yüzey kontaminasyonunun engellenmesi, bir konveyör üzerindeki tahılların veya baharatların ışınlanması olmak üzere çeşitlendirilebilmektedir (Satin, 1993). Bu yöntemin en önemli avantajı, cihazın istendiği zaman açılıp kapanabilmesi, böylece radyasyona maruz kalma tehlikesinin düşük olmasıdır (Kilcast, 1995).

1.3.4. Doz Ölçüm Sistemleri

Gama ışınlama tesislerinde ürünün maruz kaldığı radyasyon dozunun tespiti, dozimetreler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Harwell Dozimetreleri’ne ait broşürde, ışınlamaya hassas polimetilmetakrilat (PMMA) malzemesinden imal edilen dozimetre çubuklarının, 30x11mm’lik parçalar halinde kesilip alüminyum folyolara yerleştirildiği belirtilmektedir. Maruz kaldıkları ışınlama dozuyla orantılı şekilde kararan bu çubuklardaki renk değişimi spektrofotometreler yardımıyla ölçülerek absorblanan doz tespit edilmektedir.



Şekil 1. 1. Harwell firmasının ürettiği Amber 3042 cinsi dozimetreler.

Bir ışınlama tesisi kurulduğunda, dozimetre sisteminin kalibrasyonu için Ceric-Cerious model dozimetreler kullanılmaktadır. Bu dozimetrelerin seçilmesinin sebebi, ışınlandıklarında aldıkları rengi 3-4 ay gibi uzun süreler koruyabilmeleri, böylece Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) ve İngiltere Ulusal Fizik laboratuvarı (NPL) geçişli olarak kalibrasyonu gerçekleştirilen dozimetreler yardımıyla yeni kurulan tesis için kalibrasyon eğrilerinin oluşturulmasında

kullanılabilirlerdir . Kalibrasyonda meydana gelebilecek sapmalar, 5, 10, 15, 20 ve 25 kGy'lik dozlarla ışınlanmış dozimetreler ile 3 ayda bir kontrol edilmektedir (Alkan, 1994).

Günlük doz ölçümlerinde ise Red 4034, Amber 3042 ve Gammachrome® YR olmak üzere üç farklı tipte dozimetre kullanılmaktadır. Red 4034 cinsi dozimetreler, 5-50 kGy aralığında kullanılabilir ve absorbanları 640 nm'de ölçülmektedir. Amber 3042 ise daha hassas bir dozimetre olup 1-30 kGy aralığındaki ölçümlerde kullanılmakta, absorban ölçümleri için 1-10 kGy ve 10-30 kGy aralıklarında sırasıyla 603 ve 651 nm'lik dalga boyları tavsiye edilmektedir. En hassas ölçümler ise absorbanı 530 nm'de ölçülen, 100 Gy ile 3 kGy arasında kullanılabilen Gammachrome® YR dozimetreler ile elde edilebilmektedir. Bu çalışmada Harwell Amber 3042 dozimetreler kullanılmıştır (Şekil 1. 1).

1.3.5. Etki Mekanizması

Işınlamanın etkisi temel olarak iki mekanizma ile açıklanmıştır: fiziksel (direkt) etki ve kimyasal (indirekt) etki. Fiziksel etkide gama ışınları doğrudan mikroorganizmalarla, enzimlerle ya da kritik bileşiklerle etkileşerek moleküllerin yapısındaki kimyasal bağların kırılmasına yol açar ve bir takım serbest radikallerin oluşmasına veya moleküllerin parçalanmasına sebep olur (Satin, 1993). Kimyasal ya da indirekt etkide ise gama ışınlarının direkt etkisi sonucu oluşan reaktif bileşikler gıdada değişik bileşenlerle reaksiyona girerek ışınlamada elde edilen sonucu ortaya koymaktadır (Karel, 1975).

1.3.6. Dünya Çapında Uygulamalar ve Şuanki Durum

Işınlama tekniği, gıdalara birçok farklı amaçla uygulanabilmektedir. Başlıca uygulamalar ise; beyaz ve kırmızı et, balık ve baharatlarda hijyenik kalite ve dayanma süresinin yükseltilmesi, meyve ve tahıl gibi tarım ürünlerinde böceklerle mücadele, patates ve soğan gibi ürünlerde filizlenmenin engellenmesi, hasat sonrasında meyvelerin olgunlaşma sürelerinin uzatılması dolayısıyla daha uzun süre saklanabilmelerinin sağlanması ve soğutmaya gerek duyulmadan uzun süre dayanabilen, ışınlanarak sterilizasyona uğratılmış gıdaların üretilmesi olarak sıralanabilir (WHO, 1994). Günümüzde et ve tavuk ürünleri için daha çok ısıl prosesler tercih edilmekte, fakat bu yöntemler ürünün ısıl merkezinde ve ürün boyunca gerekli sıcaklıklara çıkılamadığından mikrobiyal riskler konusunda gerekli

güvenliği sağlayamamaktadırlar. Oysa ışınlamada homojen bir nüfuz söz konusu olduğundan bu risk ortadan kalkmaktadır (Satin, 1993). Böceklerle mücadele ve karantina uygulamalarında, 1984’de etilen dibromid gazının yasaklanmasıyla birlikte bir açık oluşmuş ve ışınlama, özellikle tropik meyvelerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir (Kader, 1986). Bu alanda, sıcak su ve soğuk hava uygulamalarının yanısıra metil bromid ve benzeri kimyasalların kullanımı ve bu tekniklerin kombinasyonları gibi alternatifler de bulunmakla beraber ürün yelpazesi olarak bakarsak hiçbiri ışınlama kadar geniş kullanım alanına sahip değildir (Kader, 1986). Işınlama sayesinde ürünler, alternatif proseslerin zorunlu kıldığı şekilde yeşilken değil, olgunlaştıktan sonra toplanabilmekte, böylece doğal olarak olgunlaşmış daha lezzetli ve kaliteli ürünler elde edilmektedir. Örnek vermek gerekirse ışınlama yöntemiyle, Hawaii’den Amerika’ya ağaçta olgunlaşmış olmasına rağmen böcek ve yumurtalarını içermeyen papaya ve diğer tropik meyvelerin ithalatı mümkün olmaktadır (Diehl, 2002). Filizlenmenin önlenmesinde ise, özellikle haşlama vb. alternatif yöntemlerin duyuşal özellikler açısından istenmeyen değişimlere yol açtığı patates ve soğan gibi ürünlerde düşük dozlarda ışınlama yeterli olmaktadır (Satin, 1993).

Tablo 1. 1. Alfabetik sıra ile ışınlamanın onaylandığı ülkelerden bazıları ve onaylanan ürün sayıları. (KAERI, 2002)

Ülkeler	Onaylanan ürün sayısı	Ülkeler	Onaylanan ürün sayısı
A.B.D	55	İsrail	42
Arjantin	10	İtalya	2
Bangladeş	19	Japonya	1
Belçika	10	Kanada	7
Birleşik Krallık	51	Kore	13
Brezilya	16	Küba	3
Bulgaristan	18	Macaristan	13
Çek Cumhuriyeti	3	Meksika	8
Çin	22	Norveç	3
Danimarka	2	Pakistan	4
Endonezya	7	Polonya	6
Filipinler	3	Suriye	16
Finlandiya	2	Şili	18
Fransa	38	Tayland	26
Güney Afrika	80	Tayvan	14
Hindistan	4	Uruguay	1
Hollanda	20	Vietnam	5
İran	1	Yugoslavya	23
İspanya	2		

Gıda ışınlama işleminin kullanımı, aralarında A.B.D, Fransa, Kanada, İngiltere gibi gelişmiş ülkeler de bulunan birçok ülkede çeşitli ürünler için onaylanmıştır. Tablo 1.

1’de belirtilen ülkelere ilave olarak ışınlama prosesinin onaylandığı ülkeler arasında Hırvatistan, Rusya Federasyonu, Ukrayna ve ülkemiz Türkiye de bulunmaktadır.

Tablo 1. 2. Türk Gıda Işınlama Yönetmeliği’ne göre gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Anonim, 1999).

GIDA GRUBU	AMAÇ	DOZ (kGy)	
		Minimum	Maksimum
Grup 1- Soğanlar, kökler ve yumrular	Depolama sırasında filizlenme, çimlenme ve tomurcuklanmayı önlemek		0,2
Grup 2- Taze meyve sebzeler (Grup 1’in dışındakiler)	a) Olgunlaşmayı geciktirmek b) Böceklenmeyi önlemek c) Raf ömrünü uzatmak d) Karantina kontrolü	(X)	1,0 1,0 2,5 1,0
Grup 3- Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyveler	a) Böceklenmeyi önlemek b) Mikroorganizmaları azaltmak c) Raf ömrünü uzatmak		1,0 5,0 5,0
Grup 4- Çiğ balık kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbaga bacağı	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b) Raf ömrünü uzatmak c) Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(X) (XX)	5,0 3,0 2,0
Grup 5- Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b) Raf ömrünü uzatmak c) Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(X) (XX)	7,0 3,0 3,0
Grup 6- kuru sebzeler, baharatlar, kuru otlar, çeşniler ve bitkisel çaylar	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b) Böceklenmeyi önlemek	(X)	10,0(XXX) 1,0
Grup 7- Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	a) Böceklenmeyi önlemek b) Küflerin kontrolü		1,0 3,0
(X) Minimum doz düzeyi belli bir zararlı organizma için belirlenebilir. (XX) Minimum doz düzeyi gıdanın hijyenik kalitesini temin edecek düzeyde belirlenebilir. (XXX) 10 kGy’nin üzerindeki maksimum doz düzeyleri, gıdanın tümündeki minimum ve maksimum doz ortalaması 10 kGy’i aşmayacak şekilde uygulanır.			

Işınlamada uygulanacak doz ışınlanacak gıdanın bileşenlerine (nem, yağ, protein, karbonhidrat), ışınlama anındaki sıcaklık ve atmosferin bileşenlerine (özellikle O₂ içeriğine) ve ışınlama hızına göre değişebilmektedir (Karel, 1975). Genellikle kuru yada az nemli gıdalara uygulanacak ışınlama dozu taze ve su içeriği düşük gıdalara göre daha fazladır. Örneğin, meyve ve sebzelerde yaklaşık %80-95 oranında su ve hücre boşluklarında toplam hacmin ortalama %20’si kadar oksijen bulunduğundan, büyük miktarda su ve O₂ bazlı serbest radikal oluşur, dolayısıyla ışınlamanın etkinliği artar (Kader, 1986). Buna binaen her gıda grubunda farklı amaçlar için kullanılabilecek doz aralıkları standartlarla belirlenmiştir. Tablo 1. 2 ve Tablo 1. 3’de

sırasıyla ülkemiz Gıda İşinlama Yönetmeliği ve FDA'nın belirlediği sınırlar yer almaktadır. Standart ve yönetmeliklerde belirtilen bu sınırlar tamamen gıdanın kalitesi ile ilgilidir. Yani steril ürün elde etme amacıyla bu dozların aşılması durumunda işinlama işleminde gıdalarda kalite düşüşüne sebep olabilmekte ve böylece gıdanın pazarlanması ve tüketiciler tarafından organoleptik olarak kabul edilebilirliği olumsuz yönde etkilenmektedir (Tritsch, 2000).

Tablo 1. 3. A.B.D’de FDA(Food and Drug Administration) tarafından kabul edilen iyonize edici işinlama uygulamaları (Olson, 1998).

Ürün	Doz (kGy)	Amaç	Tarih
Buğday, buğday unu	0,2-0,5	Böceklerle mücadele	1963
Patates	0,05-0,15	Filizlenmeyi önleme	1964
Domuz eti	0,3-0,1	<i>Trichinella spiralis</i> kontrolü	22.7.1985
Enzimler(kurutulmuş)	En fazla 10	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Meyveler	En fazla 1	Böceklerle mücadele ve olgunlaşmayı geciktirme	18.4.1986
Taze sebzeler	En fazla 1	Böceklerle mücadele	18.4.1986
Otlar	En fazla 30	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Baharatlar	En fazla 30	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Sebze kaynaklı çeşniler	En fazla 30	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Taze veya donmuş kümes hayvanları	En fazla 3	Mikrobiyal kontrol	2.5.1990
Donmuş ve paketlenmiş etler*	En az 44	Sterilizasyon	8.3.1995
Hayvan yemleri	2-25	Salmonella kontrolü	28.9.1995
Soğutulmuş çiğ etler	En fazla 4,5	Mikrobiyal kontrol	2.12.1997
Dondurulmuş çiğ etler	En fazla 7	Mikrobiyal kontrol	2.12.1997

* Sadece NASA uzay programları için geçerli.

1.3.7. Tüketici Perspektifi

Gama ışınları ne kadar yüksek dozda uygulanırsa uygulansın gıdaları radyoaktif hale getirmezler (Joint FAO/IAEA/WHO Study Group, 1999). Yönetmeliklerle belirlenen doz sınırları daha önce de belirtildiği gibi tamamen gıdanın kalitesini düşüren doz sınırları olarak tespit edilmiştir. Özellikle son 35 yılda A.B.D.’de USDA ve FDA’nın yoğun çabalarıyla işinlama prosesinin gıda endüstrisi ve toplum sağlık ve refahı için önemi ortaya konulmuştur. Son 6 yıl içerisinde Amerika’da bu konuda önemli adımlar atılmış olup, bir devlet kurumu olan “National Radiation Information Center”(Gıda İşinlama Bilgi Merkezi) kurulmuş ve USDA tarafından kırmızı et ve kümes hayvanı etlerinin işinlanmasının sağlıklı olduğunu kabul eden yasalar yayınlanmıştır (Young, 2003). Günümüzde tüketicilerin bir kısmının hala işinlama işleminin gıdaları radyoaktif hale getirebileceğini zannetmeleri ve bir takım nükleer enerji karşıtı grupların bu konudaki faaliyetleri sonucu işinlamanın kabul edilebilirliği henüz arzulanan seviyeye ulaşmamıştır (Young, 2003). Oysa işinlama

konusu, şimdiye kadar üzerinde en çok araştırma ve çalışma yapılmış gıda prosesidir ve şu an uygulanan bir çok yöntemden daha güvenli olduğu da bu çalışmalarla ispatlanmıştır (Satin, 1993). Bu durum, tüketicinin bilinçlendirilmesinin ne kadar önemli bir unsur olduğunu göstermektedir.

Yaklaşık 100 yıl kadar önce, pastörizasyonun kullanımını geciktiren sebepler ne tesadüftür ki günümüzde de ısınlama prosesine karşı çıkar amaçlı tüketici grupları tarafından aynı şekilde kullanılmaktadır. Pastörizasyon karşıtları, düşük kaliteli süt satımına olanak sağlayacağı ve sağlıklı laktik asit bakterilerini öldürerek sütün ekşimeden kokuşmasına yol açacağını savunmuşlar, ısınlama karşıtları da benzer şekilde ısınlamanın bozulmuş gıdaları maskeleyerek için kullanılacağı ve faydalı mikroorganizmaları öldürerek zararlı mikroorganizmaların gelişmesi için uygun ortam oluşturacağı iddiasıyla ortaya çıkmışlardır (Satin, 1993). O yıllarda pastörizasyon karşıtları ayrıca bu işlemin sütün kompozisyonunu bozduğunu, enzim ve hormonlara zarar vererek sütteki “yaşam”ı öldürdüğünü ve besin değerini düşürdüğünü ileri sürerek, bir anlamda farkında olmadan günümüzde ısınlanmış gıdaların doğal olmadığı yönünde oluşan yanlış imajın temelini atmışlardır. Hem pastörizasyon karşıtları hem de ısınlama karşıtları benzer şekilde bu işlemlerin bakteriyel toksinleri yok etmediğini savunmuşlar ve her iki grup da bu prosesler sonucunda gıdaların lezzetinin olumsuz yönde etkilendiği savıyla toplumu etkilemeye çalışmışlardır (Satin, 1993). Pasteur’ün 1860’larda temelini attığı, bugün faydaları neredeyse herkes tarafından kabul edilmiş ve yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan pastörizasyon, tüketici gruplarının engelleme çalışmaları sonucu ancak bundan 60 sene sonra yani 1920’lerde yaygın hale gelebilmiştir (Satin, 1993).

Gıda ısınlama halen kısıtlı olarak kullanılıyor olsa da, şimdiye kadar yapılmış olan tüketici araştırmaları göstermiştir ki, konu ile ilgili bilince ulaşmış tüketiciler daha yüksek ücret ödemek pahasına ısınlanmış gıdaları tercih etme eğilimi göstermektedirler (Satin, 1993). 1994’de Atlanta bölgesinde posta yoluyla gerçekleştirilen bir anketin sonuçlarına göre, tüketicilerin %72’si ısınlamadan haberdar olmakla beraber, bu grubun %87,5’i bu konuda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını belirtmişlerdir (Resurreccion ve diğ., 1995). “İşinlanmış gıda tüketir misiniz?” sorusuna ise %45 evet yanıtını verirken, %19 tüketmeyeceğini, kalan %36 ise kararsız olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar bu sonuçların, tüketicilere ısınlanmış et, balık ve beyaz et ürünleri tüketme olanağı sunulduğu takdirde daha

olumlu yanıtlar elde edileceğine işaret ettiğini savunmuşlardır (Resurreccion ve diğ., 1995). Hatta Tayvan’da yerel bir et ürününün satışında yapıldığı gibi, ısınlanan ürünlerin üzerine ürünün ısımlandığını gösteren “radura” sembolünün (Şekil 1. 2) yanı sıra bu ürünün neden ısımlandığı ve ısılanmamış benzerlerinin ne gibi riskler taşıdığı belirtilirse, hem tüketicilerin bu konudaki bilgisi hem de ısılanmamış ürünlerin tercih edilirliliği artacaktır (Satin, 1993).



Şekil 1. 2. ısılanmamış ürünlerin ambalajında bulunması zorunlu olan ısınlama işleminin uygulandığını ifade eden ‘radura’ sembolü.

Türk tüketicilerle yapılan bir anketin sonuçları halkın sadece %29’unun gıda ısınlama tekniğinden haberdar olduğunu ortaya koymuştur (Güneş ve Tekin, 2005). Bu oranın %72 civarında olduğu A.B.D. gibi gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğu görülmektedir. (Resurreccion ve diğ, 1995). Türkiye nüfusunun %15’inin yaşadığı kozmopolit bir şehir olan İstanbul’da, farklı yaş, cinsiyet iş ve gelir gruplarından 444 katılımcı ile gerçekleştirilen ankette, başlangıçta tüketicilerin %80’i ısınlamanın güvenliği konusunda bilgi sahibi olmadıklarını, sadece %11’i güvenli olduğunu düşündüklerini belirtmiştir (Güneş ve Tekin, 2005). ısınlamanın sağladığı avantajlar konusunda bilgilendirildikten sonra ise olumlu görüş belirtenlerin oranı %62’ye yükselmiştir. Tüketicilerin %44 gibi bir çoğunluğu, fiyatı ısılanmamış ürünlerle aynı olduğu takdirde ısılanmamış ürünü tercih edeceklerini, önemli bir kısmı da %5 gibi bir fiyat artışında dahi bu tercihlerinin değişmeyeceğini belirtmişlerdir. Anket sonucunda, halkın ısınlamanın mekanizması ve faydaları konusunda bilgilendirilmesiyle tüketici kabulünün artacağı, ısılanmamış ürünlerin ısılanmamış ürünlerle aynı fiyatta satılması durumunda ise tüketicilerin ısılanmamış ürünleri tercih edecekleri sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde halkın bu konuda bilimsel kaynaklarla bilgilendirilmesi için gerekli çaba ve yatırımın yapılmasını önermişler, okul, konferans ve eğitim fuarlarında verilecek bilgilerle tüketici kabulünün artacağına dikkat çekmişlerdir (Güneş ve Tekin, 2005).

1.3.8. Türkiye'deki durum

Türk Gıda Işınlama Yönetmeliği, ilk olarak 6 Kasım 1999'da Resmi Gazete'de yayınlanmış ve ilk değişiklik 15 Ekim 2002'de gerçekleştirilmiştir. Yönetmelik tabloda belirtilen doz sınırlamalarına ek olarak; gıda maddelerinin ışınlanmasındaki esas ve usülleri, gıda ışınlama tesislerinin kurulması, ışınlanmış gıdaların pazarlanması ve bu işlemlere ilişkin lisans, tescil, istihdam, kontrol, denetim, ithalat ve ihracata dair esas ve usülleri içermektedir. 2002'de yapılan değişiklik uyarınca yönetmeliğin, tıbbi gözetim altındaki steril gıdaya ihtiyaç duyan hastalar için hazırlanan gıdaları kapsamadığı özellikle belirtilmiştir. Yönetmeliğin hazırlanması, 560 Sayılı Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin 4,5,6,7 ,12,13 ve 15. maddeleri ile 2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanununun 4 ve 10. maddelerindeki hükümlerine dayandırılmaktadır (Anonim, 1999).

Türkiye'de biri ticari diğeri daha çok araştırma amaçlı olarak çalışan iki adet ışınlama tesisi bulunmaktadır. Ticari olarak çalışan tesis Çerkezköy'de 1994 yılında kurulmuştur ve kaynak olarak 101 PBq (3.000.000 Ci) kapasiteli, metal şeklinde çift kapsüllü Co⁶⁰ radyoaktif kaynak kalemleri kullanılmaktadır (Anonim, 2003). Bu firma, tıbbi malzeme ve gıda ışınlama alanlarında faaliyet gösterirken (Anonim, 2003), daha çok araştırma amaçlı olarak kurulan diğeri tesis Ankara'daki TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) bünyesindedir. TAEK, 1956 yılında Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği olarak kurulan, 1982 yılında ise Başbakanlık'a bağlı olarak yeniden yapılanan resmi bir kurum olup; gıda ışınlama tesislerine lisans verme, gıdaların ışınlanıp ışınlanmadığı, ışınladıysa hangi dozlarda ışınladığına dair analizleri gerçekleştirme, ışınlama tesislerinin radyasyon güvenliği ve ışınlama proses kontrolü gibi görevlerinin yanı sıra insan sağlığı ve çevrenin radyasyondan korunması, radyoaktif maddeleri ve radyasyon cihazlarını bulunduran tesislerin ve nükleer reaktörlerin denetlenmesi için uygulanacak yasa, tüzük ve yönetmeliklerin hazırlanması ve halkın nükleer enerji ile ilgili konularda doğru, eksiksiz ve tarafsız bilgilendirilmesi gibi görevleri de bulunmaktadır (TAEK, 2004). TAEK'e ait araştırma amaçlı sterilizasyon tesisi 1993 yılında kurulmuştur (Alkan, 2003).

1.4. *E.coli* O157:H7 Patojeni

1.4.1. Çiğ Köfte ve benzeri Et Ürünlerinde *E.coli* O157:H7 Riski ve Yol Açtığı Sağlık Sorunları

Enterohemorajik *E.coli* (EHEC) grubunu oluşturan iki patojenden biri olan *E.coli* O157:H7; insanda hemorajik kolitis, hemolitik üremik sendrom (HUS) ve trombositopenik trombotik purpura(TTP) adlı enfeksiyonlara yol açan enterik bir patojendir. (Monk ve diğ., 1995). *E.coli* O157:H7 ilk kez ağır kanlı ishal geçirmekte olan bir hastadan 1975 yılında izole edilmiştir (Padhye ve Doyle, 1992). 1982 yılında patojen olarak tanımlanmıştır. O güne kadar belirlenmiş olan 3 *Escherichia coli* grubuna dahil edilemediğinden, mide-bağırsak *E.coli*'si olarak da adlandırılan Entereohemorajik *E.coli* grubu oluşturulmuştur (Padhye ve Doyle, 1992). Bu patojenle ilgili gerçekleşen en önemli vakada, 1993 yılında A.B.D.'de dört çocuk ölmüş ve toplam 500 kişi rahatsızlanmıştır. Az pişmiş hamburger etlerinin tüketiminden kaynaklanmış olan bu vaka, sağlık ve bilim otoritelerinin dikkatini bu konuya çekmiştir.

1.4.2. Hasarlı *E.coli* O157:H7 sayımı için geliştirilen farklı yöntemlerin karşılaştırılması

Çalışmalar, *E.coli* O157:H7'nin sorbitolü fermente edememesi ilkesine dayanarak selektiflik sağlayan Sorbitol MacConkey agarın (SMAC) tek başına kullanımının, hasarlı hücrelerin sayımında etkin olmadığını ortaya koymuştur (Blackburn ve McCarthy, 2000). Fermentasyon ortamının simüle edildiği bir çalışmada kültürlerden SMAC ve TSA besiyerine paralel olarak yapılan ekimler sonucunda 3 loga varan fark tespit edilmiştir (McCarthy ve diğ., 1998). Bunun üzerine daha etkin bir yöntem arayışına girilmiştir.

1.4.2.1. Sıvı Zenginleştirme

Sıvı zenginleştirmede, ekimi yapılacak olan homojenat veya dilüsyon, öncelikle zenginleştirme brotuna alınır ve çalkalayıcılı su banyosunda 3 saat boyunca 37 veya 42°C'de inkübe edilir, ardından selektif besiyeri üzerine ekim yapılır (Restaino ve diğ., 2001). Süre ve sıcaklık parametreleri; çalışılan ürün, işlem, hızlı *E.coli* O157:H7 tespit yöntemlerinde yönteme göre farklılık gösterebilmektedir (Blackburn ve McCarthy, 2000).

En yaygın olarak kullanılan zenginleştirme brotu, novobiosin veya akriflavin ilave edilmiş modifiye triptikaz soy brottur (Padhye ve Doyle, 1991). Çeşitli zenginleştirme brotlarının ısı hasarlı *E.coli* O157:H7 hücrelerinin sayımındaki etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışma sonucunda, novobiosin ilave edilmiş mTSB'nin en iyi toparlanmayı sağladığı görülmüştür (Taormina ve diğ., 1998). Hızlı *E.coli* O157:H7 tespit yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada da, mTSB+novobiosin'in etkinliği vurgulanmıştır (Blackburn ve McCarthy, 2000). Selektif olması sebebiyle sadece *E.coli* O157:H7 hücrelerine mahsus olmak üzere, novobiosin ilave edilmiş modifiye *E.coli* brot (mEC+n) ile zenginleştirme tavsiye edilmektedir (Onoue, 1999).

1.4.2.2. Overlay Yöntemi

İlk kez 1975 yılında Speck ve diğ. tarafından hasarlı *E.coli* hücrelerinin sayımı için kullanılan bu yöntemde, önce TSA üzerine sürme plak yöntemi ile ekim yapılır ve petri 4 saat süre ile 37°C'de inkübe edilerek hasarlı hücrelerin gelişmesi sağlanır. Ardından petri ler inkübatörden çıkarılır ve üzerine seçici besiyeri (SMAC) ilave edilir. Petri ler tekrar inkübatöre yerleştirilerek 20 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra sayımlar gerçekleştirilir (Han, Y. ve diğ., 2002).

Overlay yöntemi, gıda mikrobiyolojisinde geleneksel bir yöntem olarak kabul edilmesine rağmen, oldukça zahmetli olması ve agarın sonradan ilavesi sonucu kolonilerdeki renk değişimlerinin gözlenememesi (Kang ve Fung, 2000) sebebiyle tercih edilmiyor olsa da, bu yöntem daha kullanışlı ve etkili bir yöntem olan İnce Agar Tabakası (TAL) yönteminin temelini oluşturmuştur. (Sandel ve McKillip, 2004).

1.4.2.3. Membran Yöntemi

Membran yöntemi, ilk kez McCarthy ve diğ. tarafından (1998) asit hasarlı *E.coli* O157:H7 hücrelerinin tespiti için geliştirilmiştir. Mekanizma olarak Overlay yöntemine benzerlik gösteren bu yöntemde, TSA petrisinin üzerine yerleştirilen membran filtreye sürme plak yöntemi ile 0,1 ml'lik gıda homojenatı veya dilüsyonu ekilip, hasarlı hücrelerin toparlanması için 4 saat süreyle 37°C'de inkübasyona bırakılır (Blackburn ve McCarthy, 2000). Bu 4 saatlik süre, uygulanacak numunenin niteliğine göre arttırılıp azaltılabilirken, ortamdaki diğer hücrelerin rekabet edecek

derecede fazla olabileceği düşünülerek 10 saati geçmemesi önerilmektedir (Han, Y. ve diğ., 2002). Ardından membran, TSA petrisi üzerinden alınıp CT-SMAC petrisinin üzerine yerleştirilir ve 20 saatlik inkübasyonu takiben sayım gerçekleştirilir (Blackburn ve McCarthy, 2000).

Çalışma sonucunda membran yöntemiyle, SMAC üzerine direkt ekimle alınan sonuçlara nazaran 4 log fazla hasarlı hücre sayılabilmektedir (McCarthy ve diğ., 1998). Klorin dioksit (ClO₂) hasarlı *E.coli* O157:H7 hücreleri ile yapılan diğer bir çalışmada membran yöntemiyle yapılan ekimlerde CT-SMAC üzerine direkt ekimlere nazaran sayımlar 1,4 log kadar fazla olmuş ve bu yöntemle hasarlı hücrelerin toparlanması sağlanırken, selektivitenin de korunduğu vurgulanmıştır (Han, Y. ve diğ., 2002).

E.coli O157:H7 olmayan ve farklı renk vermesi beklenen kolonilerin tespiti açısından membran seçimi önem arz etmektedir. Selüloz asetat membranlarda renk reaksiyonlarının tespiti mümkün olmadığından, polikarbonat membranların kullanımı tavsiye edilmektedir (Blackburn ve McCarthy, 2000). Membran yöntemi, hassasiyeti yüksek, etkin ve kolay uygulanabilir bir yöntem olmasına rağmen, 85 mm'lik selüloz membran filtrelerin hem pahalı hem de zor bulunur olması önemli bir dezavantajdır (Boer, E.D., 1998). Yapılan çalışmada bu yöntemin tercih edilmemesinin en önemli sebebi budur.

1.4.2.4. Thin Agar Layer (İnce Agar Tabakası) Yöntemi

Gıda işleme proseslerinin ardından mikroorganizma popülasyonunun bir kısmı ölümcül hasar görür ve ölürken, bir kısmı hasar görmeden valığını sürdürür, bir kısmı ise hasar görmesine rağmen ölmez ve tekrar uygun koşullara kavuştuğunda yaşamsal aktivitelerine devam edebilirler. TAL yöntemi, bu mikroorganizmaların da sayılabilmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir (Wu ve Fung, 2001).

Bu yöntem, Kang ve Fung tarafından geliştirilmiş ve ilk olarak 1999 yılında ısıl hasar görmüş *Listeria monocytogenes* hücreleri için uygulanmıştır. Overlay ve membran yöntemlerinden farklı olarak tek aşamalı olan bu yöntemde, petriye önce selektif, ardından onun üzerine 14 ml selektif olmayan besiyeri ilave edilir, besiyerleri donduktan sonra sürme plak yöntemiyle ekim yapılır (Yuste ve Fung, 2003). Selektif besiyerinin üzerine genel amaçlı besiyerinin 7'şer ml olmak üzere iki aşamada eklenmesi de uygulanmakla beraber bu konuda yapılan bir çalışmada iki

uygulama arasındaki fark önemsiz bulunduğundan zaman kaybını önlemek amacıyla tek aşamalı uygulama tavsiye edilmiştir (Hajmeer ve diğ., 2001).

Son beş yılda çeşitli proses ve işlemlerle hasar görmüş çeşitli patojenlerle ve farklı gıdalarla yapılan çalışmalar, TAL yöntemiyle neredeyse genel amaçlı besiyerleri kadar toparlanma sağlandığını göstermiş ve doğru sayım sonuçlarının elde edilmesindeki etkinliği ortaya konulmuştur (Kang ve Fung, 1999; 2000; Wu ve Fung, 2001; 2003; 2004; Yuste ve Fung, 2003; 2004; Yuste ve diğ., 2002; 2004; Hajmeer ve diğ., 2001). *E.coli* O157:H7 ile yapılan çalışmalarda, selektif besiyeri olarak SMAC, genel amaçlı besiyeri olarak TSA kullanılmıştır (Yuste ve Fung, 2004; Hajmeer, 2001; Yuste ve diğ., 2002; Wu ve Fung, 2003; 2004).

2. MATERYAL&METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada numune olarak bir süpermarketten temin edilen hammaddelerle laboratuvar ortamında hazırlanan çiğ köfte kullanılmıştır. Çiğ köftenin hazırlanışında kullanılan malzemeler ve reçetedeki miktarları Tablo 2. 1’de verilmektedir. Asıl denemelerde, ön denemede duyuşal analizdeki kuruma probleminin önüne geçmek amacıyla su oranı, ilkinine göre yaklaşık %50 oranında arttırılmıştır. Bunun dışında formülasyondaki oranlar korunmuştur. Bu reçetedeki et/bulgur oranı yaklaşık 0,4’dür. Bu oran tariften tarife farklılık gösterebilmektedir (Tablo C.1). Sağlıklı bir karşılaştırma yapılabilmesi için duyuşal analizde kullanılan numuneler ile toplam bakteri sayımı ve patojen sayımı için hazırlanan tüm karışımlarda aynı formülasyon kullanılmıştır.

Patojen denemesinde çiğ köfteye aşılacak üzere temin edilen *E.coli* O157:H7 (ATCC-700728) suşu kullanılmıştır (Anonim, 2004). Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan tüm kimyasal, mikrobiyolojik, cam ve diğer malzemeler, İ.T.Ü. Araştırma Fon Saymanlığı’nın sağladığı ödenek ile temin edilmiştir. Numunelerin ışınlama ünitesine belirlenen sıcaklıkta (0-4°C) nakli için buz ve köpük kutu gibi malzemeler, duyuşal analizde kapaklı kaplar kullanılmıştır.

Tablo 2. 1. 1 kg çiğ köfte hazırlamak için kullanılan malzemeler ve miktarları.

Malzeme	Miktar(gr)
Bulgur	303,81
Et (Kıyma halinde)	119,14
Salça	33,75
Kuru Soğan	101,27
İsot	40,51
Karabiber	1,01
Tuz	3,37
Su	397,14
Toplam (gr)	1000

2.2. Metotlar

Bu tez kapsamında üç farklı çalışma gerçekleştirilmiştir. Ön denemede laboratuvar ortamında hazırlanan çiğ köfte numunesi 1,5-3,4,5 ve 6 kGy dozlarında ışınlanmış, ardından ışınlamadan sonraki gün ve 5. günde dökme plak yöntemiyle toplam bakteri sayımı, mikrobiyolojik analizle paralel olarak kontrolden farklılık testiyle duyuşal analiz yapılmıştır.

İlk çalışmada ön denemenin tekrarına ilave olarak *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728) kültürüyle belli bir düzeyle aşılaraq hazırlanan çiğ köfteler, ilk denemeye aynı dozlarda ışınlanmış ve gelişimi incelenmiştir. TAL yöntemine ek olarak 0, 3 ve 6 kGy dozlarında SMAC ve TSA besiyerlerine de ekim yapılarak yöntemin etkinliği test edilmiştir. İlk çalışmadaki kontrolden farklılık testlerinin istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermemesinden dolayı bazı modifikasyonlar yapılarak değerlendirmeye sadece 0, 3 ve 6 kGy ile ışınlanmış numuneler alınmış ve değerlendirme skalası 8'den 4'lük skalaya çevirilmiştir.

İkinci çalışmada, ilk çalışmadaki *E.coli* O157:H7 sayımlarından yola çıkılarak daha düşük bir doz aralığında (0-0,5-1-1,5 ve 2 kGy) toplam bakteri ve *E.coli* O157:H7 sayımları gerçekleştirilmiş, duyuşal analizler yine toplam bakteri sayımına paralel olacak şekilde, bu kez üçgen test yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Çiğ Köftenin Hazırlanması

Materyal bölümündeki malzemeler temin edildikten sonra, çiğ köfte hazırlamak için özel olarak tasarlanmış bir tepside bulgur, salça, kuru soğan, isot, karabiber, tuz ve bir miktar su karıştırılarak yoğrulmuştur. Karışım kurudukça su ilave edilerek yoğurma işlemine yaklaşık yarım saat süre ile devam edilmiş, ardından karışıma et eklenerek karışım on dakika daha yoğrulmuştur.

Hazırlanan çiğ köftelerden, mikrobiyolojik analizler için 25'er gramlık numuneler alınarak aseptik koşullarda stomacher poşetlerine aktarılmış, duyuşal analizde kullanılacak numuneler ise ayrı olarak paketlenmiştir. Farklı dozlar için hazırlanan numuneler buz torbaları içeren köpük kutulara alınarak ışınlama işlemine tabi

tutulmuştur. İşlem öncesi, sırasında ve sonrasında yapılan ölçümler sonucunda ışınlama sıcaklığının $9\pm3^{\circ}\text{C}$ düzeyinde olduğu görülmüştür (Tablo 2. 2).

Tablo 2. 2. Işınlama işlemi süresince gerçekleştirilen sıcaklık ölçümleri.

Doz/Zaman	Işınlama Öncesi	Işınlama Sırasında	Işınlama Sonrası	Ortalama($^{\circ}\text{C}$)
0 kGy	11	6	7	8
1 kGy	11,5	11,5	12	11,6
2 kGy	5	12	8	8,3
Ortalama($^{\circ}\text{C}$)	9,1	9,8	9	9,3

2.2.2. Işınlama

Işınlama işlemi Gamma-Pak Işınlama Tesisi'nde gerçekleştirilmiştir. İşlemin gerçekleştirildiği ışınlama cihazı, Kanada'da Nordion firması tarafından üretilen JS 9600 model, IR-185 seri no'su ile Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA) tarafından tescil edilmiş, 101 BBq (3,000,000 Ci) kapasiteli kaynak paneline sahip, kutu taşıyıcılı çift kapsüllü bir Co^{60} kaynağıdır.

Cihazın kalibrasyonu Ceric–Cerious kimyasal (transfer) dozimetreyle gerçekleştirilmiş, ölçülen absorbansa karşılık gelen doz değerleri tespit edilmiştir. Işınlamaya giren ürünlerin aldıkları dozlar ise üzerilerine yapıştırılan, 1-30 kGy aralığında kullanılabilen Harwell marka dozimetrelerin 640 nm'de ölçülen absorbanslarının, kalibrasyon eğrisine fit edilmesi ile tespit edilmektedir.

0-6 kGy denemesinde doz ölçümü dozimetreler ile yapılmıştır. 0-2 kGy denemesinde ise, cihazın kalibrasyonu 2,5- 10,7 aralığını kapsadığından hem 1 kGy ve üzerini ölçebilen dozimetreler hem de 2 kGy'lik numunenin ışınlanması için geçen süreden hesaplanan doz hızı baz alınarak ışınlama süresi belirlenmiştir. Sistemin doz hızı 1,846 kGy/st olarak hesaplanmıştır. Her iki çalışmadaki dozimetre ölçümleri, hedef değerlerden maksimum sapmanın 0,2 kGy düzeyinde olduğunu göstermiştir.

2.2.3. Kimyasal Analizler

Çiğ köftelerin pH, titrasyon asitliği ve su aktivitesi gibi kimyasal özellikleri de incelenmiştir. pH ölçümü ışınlanmış numuneler ve kontrol numunesine uygulanmış, ölçüm WTW markalı pH330i model pH-metre cihazıyla tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği 0,1 N NaOH ile titre edilerek ölçülmüş, asitlik değeri laktik asit cinsinden

rapor edilmiştir. Su aktivitesi ölçümü ise, Protimeter markalı cihaz ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. Duyusal Analizler

Bu kapsamda çeşitli testlerle çiğ köftede ışınlamanın duyusal özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Farklı dozlar ve depolama süresinin çiğ köftenin doku, koku ve renk gibi duyusal özellikleri üzerinde farklılığa yol açıp açmadığı tespit edilmiştir.

Ön deneme ve asıl denemelerin ilkinde uygulanan yöntem kontrolden farklılık testidir (Meilgaard ve Civille, 1999). Bu test farklılığın az veya çok hissedildiği ancak farklılığın boyutunun kararı etkilediği durumlarda kullanılır. Çiğ köftenin ışınlaması işleminde de farklılık az olmakla beraber kararı etkileyebilecek düzeyde olduğu kabul edilmektedir. Kalite kontrol ve raf ömrü çalışmaları, karar vermede farkın göreceli büyüklüğünün önemli olduğu çalışmalardır. Heterojen bir içeriğe sahip ürünlerin incelendiği çalışmalarda kontrolden farklılık testi kullanılabilmektedir (Meilgaard ve Civille, 1999).

İlk iki denemede elde edilen sonuçlar neticesinde daha düşük bir doz aralığında gerçekleştirilen son denemede ise farkın az ve tespitinin zor olmasından dolayı daha kolay bir test olan üçgen test uygulanmıştır (Meilgaard ve Civille, 1999).

0 (kontrol), 1.5, 3.0, 4.5 ve 6 dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin hemen ışınlama sonrası ve 5 günlük depolama süresinin ardından kontrolden farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Her iki denemede 30'ar panelist değerlendirme yapmış, panelistlerden üçer haneli farklı kodlardaki numuneleri kontrol numuneleri ile karşılaştırarak farkı değerlendirmeleri istenmiştir. Panelistler kontrol örneğini bilmekle beraber, kodlanmış örneklerin birbirinden veya kontrolden farklı olup olmadığını bilmeden değerlendirme yapmışlardır. Değerlendirilmesi istenen kriterler koku, doku ve renktir. Ayrıca panelistlerin numuneler arasındaki farkı genel olarak yorumlamaları için de bir bölüm bulunmaktadır. Fark değerlendirmesine ek olarak panelistlerden numuneler arasında fark olduğunu düşündükleri takdirde bu farkın olumlu mu yoksa olumsuz yönde mi olduğunu belirtmeleri istenmiştir (Şekil A.1).

İkinci denemede ilkinden farklı olarak, özellikle dozların fazlalığı ve skalanın genişliği sebebiyle testin yorucu ve uzun olması sonucunda ilk denemede elde edilen verilerin istatistiksel açıdan yorumlanmasında problem yaşanmıştır. Bunu önlemek

için kontrol numunesiyle birlikte sadece 3 ve 6 kGy ile ışınlanmış numuneler panelistlere sunulmuş, ayrıca 0-8 yerine 0-4 aralığı skala olarak seçilmiştir. Bunun dışında beş kişilik kısıtlı bir panelist grubundan aynı skalayı kullanarak tat değerlendirmesi yapmaları da istenmiştir.

Üçüncü denemede üçgen test uygulanmış, panelistlerden belli bir kriteri dikkate almadan kendilerine verilen iki kontrol ve bir ışınlanmış numune olmak üzere 3 numuneden oluşan sette hangisinin farklı olduğunu bulmaları istenmiştir. Bu testte de panelistlere farklı numunenin kontrol numunelerinden olumlu mu yoksa olumsuz yönde mi farklı olduğunu değerlendirmeleri ayrıca istenmiştir (şekil A.2). Elde edilen doğru yanıtlar; panelist sayısına göre farklı olasılık düzeylerinde ihtiyaç duyulan minimum panelist sayısını veren tablo ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir (Roessler ve diğ, 1978).

2.2.5. Toplam Bakteri Sayımı

Toplam bakteri sayımı her üç çalışmada olmak üzere toplam 3 kez gerçekleştirilmiştir. Tüm alışmalar 2 tekrarlı (duplicate) olarak gerçekleştirilmiştir. İlk iki çalışmada 0-6 kGy doz aralığında 1,5’ar kGy’lik artışlarla çalışılırken, üçüncü denemede özellikle *E.coli* O157:H7’nin gelişimi gözlemek amacıyla doz aralığı 0-2 kGy olmuş, artışlar da 0,5’er kGy olarak belirlenmiştir.

Toplam bakteri sayıları için dökme plak yöntemi uygulanmış, selektif olmayan Plate Count Agar (Oxoid-CM0325) kullanılmıştır. Belli dilüsyonlardan ikişer petriye duplicate ekim yapılmış, 35°C’lik etüvde 2 gün inkübasyona bırakılan petrilere bu süre sonunda sayılarak farklı dozlarda ışınlanmış ve ışınlanmamış çiğ köftelerdeki yaklaşık bakteri sayıları tespit edilmiştir.

2.2.6. *E.coli* O157:H7 Aşılama ve Sayımı

E.coli O157:H7 sayımı 0-6 ve 0-2 kGy aralığında olmak üzere iki ayrı denemeyle gerçekleştirilmiştir. 0-6 kGy denemesi iki tekrarlı (duplicate), 0-2 kGy denemesi ise üç tekrarlı (triplicate) olarak gerçekleştirilmiştir. 10⁻¹’lik dilüsyondan ekim yapılacak numunelere, 225 ml yerine 75 ml peptonlu su ilave edilmiş, ¼ oranında seyreltilmiş numuneden petrilere 0,4 ml ekilmiştir. Böylece uygulanan sürme ekim yönteminin hassasiyetinin minimum 10 bakteri olması hedeflenmiştir.

2.2.6.1. McFarland Standardının Hazırlanışı

Çiğ köftede belli bir *E.coli* O157:H7 konsantrasyonu sağlamak amacıyla kullanılacak stok kültür, McFarland standardıyla hazırlanmıştır.

Bu standart, %1'lik seyreltik baryum klorür ($BaCl_2$) ve sülfürik asit (H_2SO_4) çözeltilerinin farklı oranlardaki karışımlarının oluşturduğu bulanıklığın, peptonlu su içindeki bakteri popülasyonunun meydana getirdiği bulanıklığa benzerliğinden faydalanarak, bu bulanıklığa karşılık gelen bakteri sayısının tahmini prensibine dayanmaktadır (Gürgün ve Halkman,1990).

Bu doğrultuda öncelikle laboratuarda baryum klorür ve sülfürik asidin %1'lik çözeltileri, balonjojede saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır. Daha sonra 10 ml'lik pipet ve 0,1 ile 1 ml aralığındaki mikropipetler yardımıyla vida kapaklı tüplere Tablo 2. 3'de belirtilen oranlarda karışımlar hazırlanmıştır. Ardından buharlaşmayı önlemek amacıyla tüplerin ağızları sıkıca kapatılmıştır.

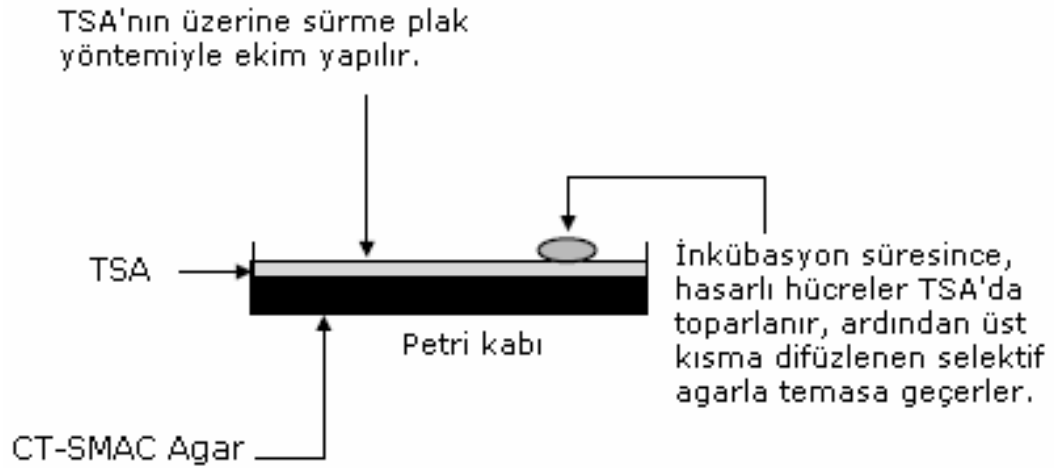
Tablo 2. 3. Mc Farland Standardı için hazırlanan tüplerdeki çözelti oranları ve bu bulanıklığa karşılık gelen bakteri sayıları.

%1'lik $BaCl_2$ (ml)	%1'lik H_2SO_4 (ml)	Bakteri Sayısı(kob/ml)
0,1	9,9	3×10^8
0,2	9,8	6×10^8
0,3	9,7	9×10^8
0,4	9,6	$1,2 \times 10^9$
0,5	9,5	$1,5 \times 10^9$
0,6	9,4	$1,8 \times 10^9$
0,7	9,3	$2,1 \times 10^9$
0,8	9,2	$2,4 \times 10^9$
0,9	9,1	$2,7 \times 10^9$
1,0	9,0	3×10^9

2.2.6.2. Thin Agar Layer Besiyerlerinin Hazırlanışı

Yöntem, *E.coli* O157:H7'nin sorbitolü fermente edememesi prensibiyle selektiflik sağlayan 14 ml Sorbitol MacConkey Agar-SMAC (Oxoid CM0981) besiyerinin üzerine 14 ml genel amaçlı Tryptic Soy Agar-TSA (Oxoid CM0131) ilavesiyle uygulanmıştır (Şekil 2. 1). Sorbitolü fermente eden bakteriler pembe-kırmızı renk koloni oluşturmakta, negatif koloniler ise şeffaf-saman renkte görünmektedir. Kullanılan SMAC besiyeri aynı zamanda 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronide (BCIG) içerdiğinden ve *E.coli* O157:H7 patojeni β -glukuronidaz

aktivitesi göstermediğinden renk farklılığı sağlamakta ve yanlış koloni sayma riskini %36'ya varan oranda azaltmaktadır (Padhye ve Doyle, 1992). β -glukuronidaz enzimi için bir substrat olan BCIG sayesinde, bu enzimi içermeyen *E.coli* O157:H7 kolonileri saman renkli görünürken, diğer koloniler bu substratı parçalamakta ve ortama indoksil salmaktadırlar. İndoksilin okside olması sonucu, koloniler mavi-yeşil renk aldığından kolayca ayırt edilmektedirler. Hem sorbitolü fermente eden, hem de β -glukuronidaz aktivitesine sahip olan koloniler ise mor renkte görünmektedir.



Şekil 2. 1. İnce agar tabakası uygulamasının şematik gösterimi (Wu ve Fung, 2001).

Çiğ köfte numunesinin doğal mikroflorasında gr (-) bakterilerin yüksek miktarda bulunabileceği beklendiğinden besiyerine Cefixime Tellurit katkısı (Oxoid SR0172) ilave edilerek ortam daha selektif hale getirilmiştir. *E.coli* O157:H7'nin gelişimine izin veren ama diğer *E.coli* türlerini kısmen veya tamamen inhibe eden CT katkısı (Park ve diğ., 2001), 50°C'ye soğutulmuş besiyerine ilave edilerek karıştırılmış, ardından agar petrilere dökülmüştür. Agarın donması için 10 dakika beklenmiş ve üzerine TSA ilave edilmiştir.

İşlemin etkinliği, patojen denemesinin ilk gününde sadece SMAC ve sadece TSA içeren petrilere paralel ekim yapılarak doğrulanmıştır. Yapılacak ekimlerde kullanılacak dilüsyonlar bu değere göre belirlenmiştir.

2.2.6.3. Belirli Düzeyde Kontamine Edilmiş Çiğ Köfte Numunesinin Hazırlanması

Yatık TSA’da yetiştirilmiş *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728), deney öncesinde hücrelerin aktivitesini arttırmak amacıyla 2 kez tazelenmiş, ardından taze koloniler öze yardımıyla peptonlu suya aktarılmış, tüp karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılmıştır.

MacFarland standardından faydalananak bulanıklığının $1,3 \times 10^9$ kob/ml konsantrasyonuna karşılık geldiği tahmin edilen stoktan 500 gr çiğ köfte numunesini aşılama için 0,4 ml alınarak çiğ köfte kullanılamak et ve suyun bulunduğı behere, ardından da çiğ köfte karışımına ilave edilmiş, karışım çiğ köfte hazırlama usulüne uygun olarak yoğrularak hazırlanmıştır. Böylece çiğ köfte 10^6 kob/gr düzeyinde *E.coli* O157:H7 olması hedeflenmiştir.

0-2 kGy ile gerçekleştirilen denemede ise aynı oranda aşılama 1700 gr çiğ köfte hazırlamak için $1,6 \times 10^9$ kob/ml düzeyinde *E.coli* O157:H7 içeren stoktan 1,06 ml alınmıştır. Böylece çiğ köfteye $1,7 \times 10^9$ adet patojen ilave edilerek gramında 10^6 kob içermesi hedeflenmiştir.

2.2.6.4. Lateks Aglütinasyon Testi ile Konfirmasyon

Her ne kadar Cefixime Tellurit ile hedef patojen dışındaki kolonilerin gelişimi azaltılıyor, BCIG ile diğer kolonilerin reaksiyon vererek farklı renkte görünmesi sağlanıyor olsa da, *E.coli* O157:H7’nin doğrulanması için serolojik testlere ihtiyaç vardır. Şüpheli kolonilerin *E.coli* O157:H7 olup olmadığını teyit etmek amacıyla Dryspot lateks test kitleri (Oxoid DR0120M) kullanılmıştır. Bir dakika içinde aglütinasyon gösteren koloniler pozitif olarak değerlendirilmiştir. Farklı renkteki koloniler de dahil olmak üzere sayıma dahil edilen ve edilmeyen irili ufaklı tüm koloniler teste tabi tutulmuştur.

2.2.7. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Analizler için “Minitab® for Windows Release 1.12” kullanılmıştır. Microsoft® Excel 2003’de hazırlanan veriler bu programa aktarılarak, varyans analizi (ANOVA) tablosu oluşturulmuş, genel lineer modelleme yapılmıştır. Ardından bu modelin Anderson-Darling normalite eğrisi çizilerek bu eğrinin p değerine ve deneysel olarak

gözlemlenen değerlere karşı modelleme ile elde edilen değerlere bakılmış ve verilerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir.

Eğer modelin normalite eğrisi $p > 0,05$ düzeyinde anlamlı ise, Tukey ikili karşılaştırma testiyle yine %95 güven düzeyinde ikili karşılaştırmalar yapılarak dozlar ve günler arasındaki farka bakılmıştır. Ana etkiler olan doz, gün ve bu etkilerin interaksiyonuna karşı elde edilen sonuçların verildiği tablolardan yararlanılarak veriler yorumlanmıştır. Son olarak deneysel sonuçlar ve bu sonuçların standart sapmalarıyla “Microsoft® Excel 2003” kullanılarak sonuçların özetlendiği grafikler oluşturulmuştur.

Üçgen testte p değerleri, denklem (1.1) ile hesaplanan X (gerekli minimum doğru yanıt sayısı) değerlerinin yer aldığı tablodan okunmuştur (Roessler ve diğ., 1978). “n” değişkeni, panelist sayısını ifade etmektedir.

$$X = \frac{(z\sqrt{n} + n + 1)}{2} \quad (1.1)$$

D_{10} değeri, bakteri sayısında %90 azalma sağlamak için gerekli olan işlem dozunu ifade etmektedir. Bu değer uygulanan bakteri ve koşullara göre farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışmada ışınlamanın D_{10} değerleri, doza karşı bakteri sayımları logaritmik ekseninde çizilerek elde edilen eğriye fit edilen denklemin eğiminden hesaplanmıştır. Örneğin eğrinin denklemi şu şekilde ise (1.2);

$$LOG (\text{bakteri sayısı}) = -A \times \text{doz}(kGy) + B \quad (1.2)$$

Sayılan bakteri için D_{10} değeri $|1/A|$ şeklinde olacaktır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kimyasal Analiz Bulguları

3.1.1. pH

Numunelerin pH değeri ortalama 4,4'dür (Tablo 3. 1). Bu değer daha önceki çalışmalarda çiğ köfte için elde edilen değerlerle paralellik göstermektedir (Sancak ve İşleyici, 2005; Yıldırım ve diğ, 2005; Tunçel ve Tiryaki, 2001). Ürünün pH'ı, mikrobiyal gelişmeyi önleyecek seviyede değildir (Tunçel ve Tiryaki, 2001).

Tablo 3. 1. Ölçülen pH değerleri.

Doz (kGy)	pH	T(°C)
0	4,438	19
1	4,374	17,8
2	4,450	19

3.1.2. Titrasyon Asitliği

0,1 N NaOH sarfiyatından faydalanarak hesaplanan sarfiyat titrasyon asitliği değerleri Tablo 3. 2'de verilmiştir. Çiğ köfte et ürünü olarak kabul edildiğinden asitlik değeri laktik asit cinsinden verilmiştir (Murthy, 1997). Ortalama asitlik değeri 0,735'dir.

Tablo 3. 2. Ölçülen sarfiyat ve laktik asit cinsinden % titrasyon asitliği değerleri.

Doz (kGy)	1. Paralel	2. Paralel	3. Paralel	Ortalama	% Asitlik
0	2,2	2,0	2,2	2,13	0,7675
1	2,0	2,1	2,1	2,06	0,7422
2	1,9	2,0	1,9	1,93	0,6954

3.1.3. a_w (Su aktivitesi)

Numunenin su aktivitesi değeri 22,9°C'de 0,92 olarak ölçülmüştür. Ürün yüksek su aktivitesine sahip bir gıdadır.

3.2. Duyusal Analiz Bulguları

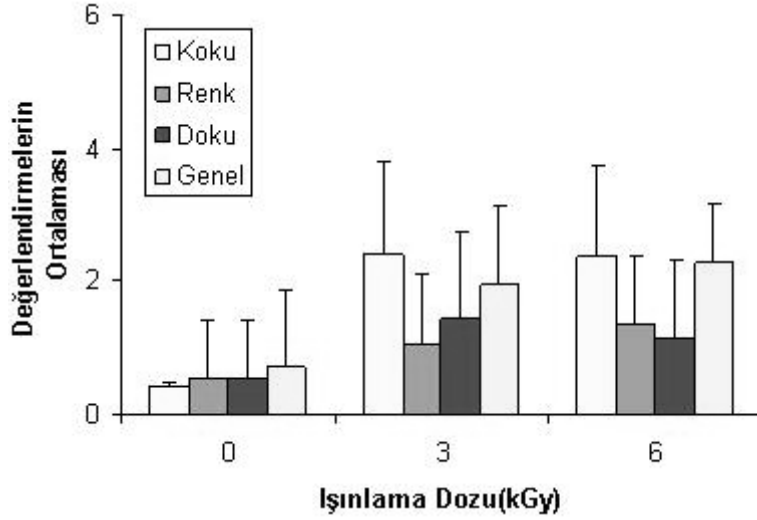
3.2.1. Işınlanmış Çiğ Köftelerin Kontrol Numunesinden Farklılık Düzeylerinin Tespiti

İlk günkü duyusal panelde, Tukey testi ile yapılan değerlendirme neticesinde 3 ve 6 kGy ile ışınlanmış örneklerin ışınlanmamış kontrolden farkı önemli ($p=0,0001$) bulunmuştur. Koku ile ilgili yorumlarda; kontrol numunesindeki keskin baharat kokusunun ışınlanmış numunelerde olumlu yönde değiştiği, kokudaki keskinliğin törpülendiği, sırasıyla 6 kGy'in 3 kGy'den, 3 kGy'in kontrolden daha olumlu bir kokuya sahip olduğunu belirtilmiştir. Işınlanmış numunelerde baharat kokusunun kaybolduğu, kontrol numunesinde ise bozuk ürün kokusunu andıran hafif bir koku hissedildiği de yorumlarda yer almıştır. Ayrıca kontrolde ekşi ve olumsuz bir koku olduğunu belirtilmiş, 6 kGy'de daha belirgin olmak üzere ışınlanmış örneklerde koku daha olumlu olarak değerlendirilmiştir. Yorumlar karakteristik çiğ köfte kokusunun azaldığı, fakat rahatsız edici bir kokunun olmadığı göstermektedir. İstatistiksel analizler 3 ve 6 kGy ile ışınlanmış numunelerin maruz kaldığı doz farkının kokuda önemli bir fark yaratmadığını ortaya koymuştur ($p=0,98$).

Renk değerlendirmelerinde, kontrolün ışınlanmış numunelerden farklı olduğu (3 ve 6 kGy için sırasıyla $p= 0,03$ ve $p=0,0003$), ışınlanmış numunelerin ise birbirinden farklı olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır ($p=0,22$). Ortalamalara bakıldığında ise 6 kGy ile ışınlanmış numuneye verilen puanların ortalamasının 3 kGy ile ışınlanmış numunelere göre yüksek çıktığı görülmüştür. Bu durum, dozun renge etkisini göstermektedir. Bir panelist 6 kGy ile ışınlanan numunede rengin olumsuz bir şekilde matlaştığını belirtmiştir. Bazı panelistler ise ışınlanmış çiğ köfte rengi daha koyu ve olumlu olduğunu savunmuşlardır.

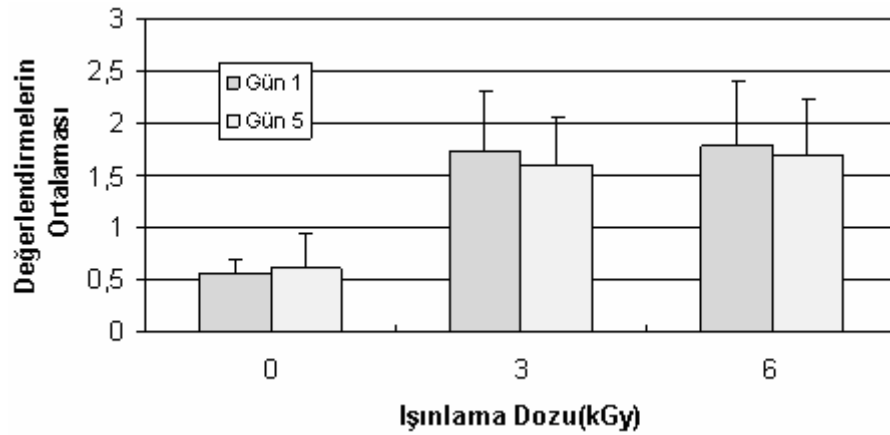
Doku değerlendirmesiyle ilgili yorumlarda; 3 kGy ile ışınlanmış numunenin daha yumuşak olduğu, onu sırasıyla 6 kGy ile kontrol numunesinin takip ettiği belirtilmiştir. Yumuşaklık çiğ köfte için olumlu bir özellik olarak kabul edilmektedir. Panelistler ışınlanmış numunelerin daha homojen bir kıvama sahip olduğunu belirtmiş ve bunu olumlu bir özellik olarak nitelendirmişlerdir. Dokunun sertlik/kıvam gibi özelliklerinin, hammaddelerin fazla akışkan bir yapıya sahip olmaması sebebiyle ışınlama sonucu önemli farklılık göstermediği düşünülmektedir.

Genel değerlendirmeler sonucunda kontrol numunesinin hem 3 kGy hem de 6 kGy ile ışınlanmış numunelere göre önemli düzeyde farklı olduğu ($p=0,0043$), ışınlanmış numuneler arasındaki farkın ise önemli düzeyde olmadığı sonucuna varılmıştır ($p=0,46$) (Şekil 3. 1).



Şekil 3. 1. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin 8'lik skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları (Gün 1).

Şekil 3. 2'de günlere göre fark değerlendirmelerindeki değişim şematize edilmiş, 1. ve 5. günler arasındaki farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).



Şekil 3. 2. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin (4'lük skalada) günlere göre değişimi ve standart sapmaları.

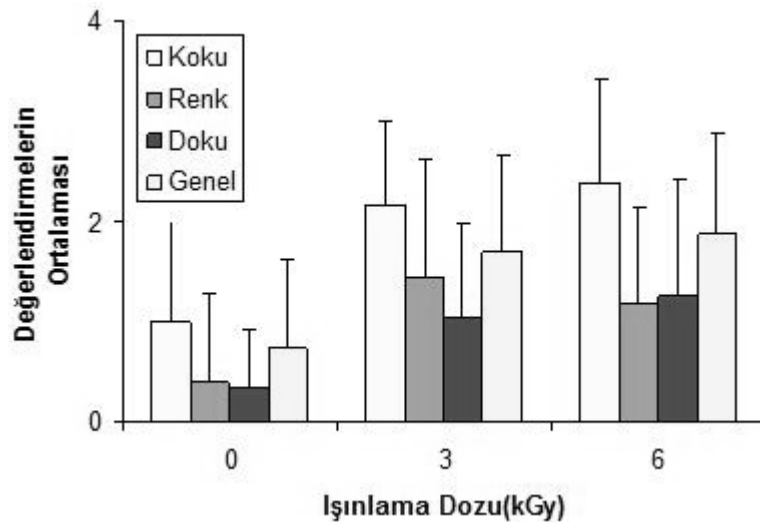
Beşinci gün koku analizlerinde ışınlanmış ile kontrol numunesi arasında önemli fark olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 3. 3). Farklı dozlar arasında önemli fark tespit edilmemiştir ($p=0,73$). Yorumlar dikkate alındığında ortaya çıkan sonuç, ışınlanmış köftelerin ışınlamaya özgü bir kokuya sahip olması nedeniyle ilk gün kendine özgü

kokusu olan ve bu kokuyla kabul görmüş çiğ köfteden ayırt edilebildiği ve bu farklılık sebebiyle panelistler tarafından beğenilmediği, 5. günde ise kontrol numunesi bozulma sonucu hoş olarak kabul edilmeyen bir koku yaydığından ve ışınlanmış numunelerde bu koku oluşmadığından daha iyi olarak değerlendirildiğidir. Bu durumda ışınlamanın uzun raf ömrü sağlamak için kullanılması durumunda tüketiciler tarafından kabul görebileceği fakat çiğ köfteye has kokunun tamamıyla korunamayacağı görülmektedir.

Renk ile ilgili yorumlar incelendiğinde farkı doğru şekilde tespit edebilen panelistlerin ilk günde olduğu gibi yorumlarda rengin matlaştığına dikkat çektiği görülmüştür. Kontrol numunesinin daha güzel bir renge sahip olduğuna dikkat çekilmiştir.

Doku değerlendirmeleri sonucunda, kontrol numunesinin hem 3 kGy hem de 6 kGy ile ışınlanmış numunelere göre önemli düzeyde farklı olduğu (sırasıyla $p=0,011$ ve $p=0,0008$), ışınlanmış numuneler arasındaki farkın ise önemli düzeyde olmadığı ($p=0,61$) sonucuna varılmıştır.

Genel değerlendirmedeki yorumlar, gün geçtikçe kontrol numunesinde oluşan ve bozulma olarak tanımlanan olumsuz duyuşal değişimlerin ışınlanmış numunelerde oluşmadığını ve bunun uzun raf ömrüne sahip ışınlanmış çiğ köftelerin tüketici kabulü açısından umut verici olduğunu göstermiştir.

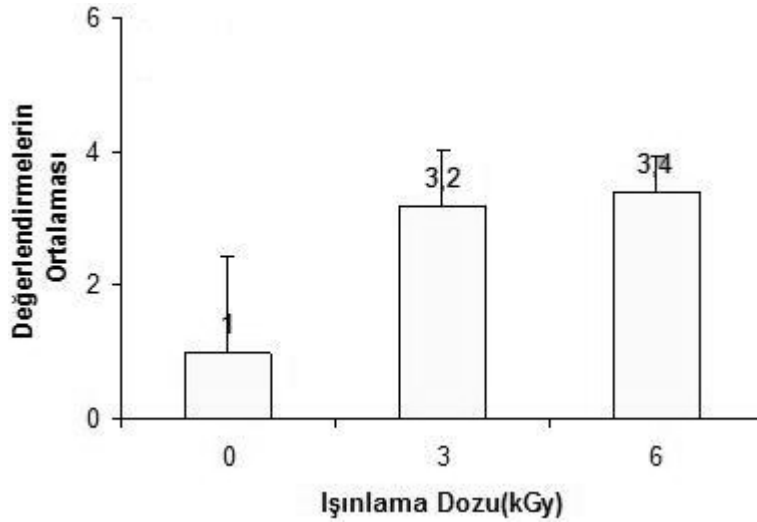


Şekil 3. 3. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin 8’lik skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları (Gün 5).

Çiğ köftenin çiğ et içermesi sebebiyle potansiyel tehlike arz eden bir ürün olması ve herkes tarafından tüketilen bir gıda olmamasından dolayı tat faktörü kriterler arasında yer almamıştır. Fakat numunelerin içeriği, hazırlanışı ve gördükleri işlem konusunda bilgi verilmiş ve bu şartlarda değerlendirmeyi kabul etmiş beş kişilik bir panelist grubu, numuneleri tat açısından karşılaştırmışlardır. Tat testi, ışınlanmamış çiğ köftelerin raf ömrünün 2 gün olarak kabul edilmesi sebebiyle, sadece ilk gün analizlerinde ve yalnızca beş kişilik özel bir panelist grubuyla gerçekleştirilmiştir.

Veriler, kontrol ile ışınlanmış numuneler arasında önemli derecede fark olduğu ortaya koymuştur (Şekil 3. 4). 3 ve 6 kGy için p değerleri sırasıyla 0,026 ve 0,017 olmuştur. Işınlanmış numuneler arasındaki fark ise önemli bulunmamıştır ($p=0,95$).

Panelistler yorumlarında ışınlanmış numunelerin daha yavan bir tada sahip olduğunu, ağızda yağlı ve zayıf aromalı bir tat kaldığını, baharatların tadının azaldığını belirtmişlerdir. Bu durumda ışınlamanın özellikle baharatlar üzerindeki etkisiyle tadı olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. 4. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden tat açısından farklılık düzeylerinin 4'lük skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları.

Mikrobiyal analiz için seçilen tüm ışınlama dozlarının (0, 1,5, 3, 4,5 ve 6 kGy) dahil edildiği ön denemede gerçekleştirilen duyu analize ait olumlu/olumsuz değerlendirmeleri, ekler bölümünde Tablo B.1'de verilmiştir.

Bu verilere göre koku karşılaştırmalarında ilk günde doz artışıyla azalan bir beğeni söz konusudur. Beğeni oranı kontrol için %61 iken 6 kGy de %22'ye kadar düşmüştür. 1,5 kGy'de beğeni %3 kadar azalırken, 1,5-3 kGy arasında beğeni

maksimum oranda (%22) azalmıştır. Bu durumda 3 kGy belirgin koku farkı için eşik değeri olarak kabul edilebilir. 5. günde ise, ilk çalışmada elde edilen sonuçlara paralel şekilde doz ile beğenide artış olmuştur. Dozlar arasında önemli fark tespit edilmezken, kontrol ile ışınlanmış numuneler arasındaki fark %30-40 civarında olmuştur.

Doku değerlendirmelerinde ilk günde ışınlanmış örnekler, kontrol örneğine göre yaklaşık %20 kadar daha az beğenilmişlerdir. 5. günde ise değişim lineer olmamakla beraber ışınlanmış örnekler genel olarak daha iyi bulunmuştur.

Genel değerlendirmede, ilk gün için doz artışıyla beğenide %44'e varan azalma olmuştur. En büyük azalma 1,5-3 kGy arasındadır. Bu durum 1,5 kGy'in belirgin fark için eşik değeri olabileceğini tekrar vurgulamıştır. 5. günde ise ışınlama ile beğenide artış olmuş ve en büyük oranda artış (%38) uygulanan minimum doz olan 1,5 kGy ile gerçekleştirilmiştir. Yani ilk gün ışınlanmış numunelere özgü olabilecek farklı özellikleri 1,5 kGy'in üzerinde tespit edebilen panelistler, beşinci günde kontrol numunesinin bozulup kokuşmasından kaynaklanmış olması muhtemel farkın ışınlanmış numunelerde olmadığını tüm ışınlanmış numunelere kontrolden daha yüksek puan vererek ortaya koymuşlardır. Ön denemeye ait sonuçlar, tüm örnekler arasında 1,5 kGy ile ışınlanmış numunelerin duyuşal özellikler açısından optimum özelliklere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Tablo 3. 3. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerin ışınlanmamış kontrolden farklılık düzeylerinin 4'lük skalada değerlendirilmesi ve standart sapmaları ile farkı olumlu bulanların oranı.

Kriter /Doz	Koku		Doku		Renk		Genel	
	1. Gün	5. Gün	1. Gün	5. Gün	1. Gün	5. Gün	1. Gün	5. Gün
0 kGy	0,40±0,07 ☺ % 17	1±1 ☺ %57	0,54±0,86 ☺ %29	0,34±0,57 ☺ %45	0,54±0,85 ☺ %62	0,39±0,89 ☺ %50	0,72±1,12 ☺ %39	0,73±0,87 ☺ %66
3 kGy	2,40±1,4 ☺ %39	2,17±0,83 ☺ %55	1,45±1,26 ☺ %31	1,04±0,92 ☺ %23	1,04±1,04 ☺ % 38,5	1,43±1,2 ☺ %25	1,95±1,17 ☺ %53,8	1,69±0,97 ☺ %44
6 kGy	2,36±1,39 ☺ %42	2,39±1,03 ☺ %61	1,13±1,16 ☺ %34	1,26±1,17 ☺ %60	1,36±1 ☺ %21,4	1,17±0,98 ☺ %29	2,27±0,88 ☺ %38,5	1,86±1,01 ☺ %63

Ana çalışmanın sonuçları, kokunun ilk günde dozla olumlu yönde değiştiğini, beşinci günde ise oranların birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Doku değerlendirmelerinde en beğenilen örnek 6 kGy olmuştur. Renkte her iki günde de ışınlanmış numuneler kontrolden daha az beğenilmiştir. Genel değerlendirmeye

bakıldığında ilk gün için en beğenilen numune 3 kGy ile ışınlanan olmuştur. Beşinci günde ise tam ters şekilde 3 kGy ile ışınlanan numune en düşük notu alırken 0 kGy ve 6 kGy neredeyse aynı puanı almıştır. Sonuçlar ön denemeye benzerlik göstermekle beraber oranlardaki istikrarsız artış ve azalmalar değerlendirmeyi zorlaştırmıştır.

Kontrolde farklılık testinden elde edilen tüm sonuçlar özetlenirse, taze çiğ köftelerde panelistler ışınlanmamış ürünü tercih edilirken, bekleme süresi arttıkça beğeninin ışınlanmış çiğ köfteler yönünde olduğu görülmektedir. İlk gün değerlendirmeleri incelenirken, tüketicilerin yerleşik tat ve diğer duyuşsal alışkanlıkları sebebiyle ve ışınlanmış ürünle ilk kez karşılaşılıyor olmaları sonucu bu ürünü farklı ve bu nedenle olumsuz olarak algılamış olmaları da muhtemeldir.

3.2.2. Işınlanmış Çiğ Köftelerin Kontrol Numunesinden Ayırt Edilebilirliği

Üçgen test sonucu ilk gün numuneler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz, yedi ve ondördüncü günlerde ise önemli çıkmıştır (Tablo 3. 4). Panelistler farkı tespit etmenin oldukça zor olduğuna dikkat çekmişlerdir. Farkı tespit edebilen panelistler yorumlarında kontrol numunesinin daha kuru olduğunu, 1 kGy ile ışınlanmış numunenin daha iyi bir kokuya sahip olduğunu belirtmişlerdir. Olumlu/olumsuz değerlendirmelerine göre 1 kGy için oranlar neredeyse eşitken, 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde ise yorumlar olumsuz yönde olmuştur.

Tablo 3. 4. Işınlanmış çiğ köftelerin kontrol numunesinden ayırt edilebilirliği.

Doz	Depolama Süresi	Panelist Sayısı	Doğru Yanıt	☺	☹	Nötr	Farkın Önemi
1 kGy	Gün 1	28	12	3	4	5	Ö.D.
	Gün 7	40	33	17	5	11	**
	Gün 14	33	25	10	7	5	*
2 kGy	Gün 1	28	14	0	9	5	Ö.D.
	Gün 7	40	30	13	8	9	**
	Gün 14	33	31	9	16	6	**

☺, ☹, Nötr: Farkı doğru şekilde tespit edebilen panelistlerin farkın yönüne dair olumlu/olumsuz değerlendirmeleri.

* : Fark $p < 0,005$ düzeyinde önemli.

** : Fark $p < 0,001$ düzeyinde önemli.

Ö.D.: Fark önemli değil.

Yedinci günde fark %0,1 düzeyinde önemli olup, 1 kGy ile ışınlanan numune panelistler tarafından 2 kGy ve ışınlanmamış numuneye göre koku, renk ve doku açısından daha olumlu bulunmuştur. Yorumlarda kontrol numunelerinde kokuşma

meydana geldiği ve ortaya çıkan kokunun rahatsız edici olduğu belirtilmiştir. 2 kGy ile ışınlanmış numunenin kokuşmadığı fakat farklı şekerimsi bir yanık kokusuna sahip olduğu yorumlarda yer almıştır. Buna rağmen ağırlıklı olarak baharat ve et kokusunun daha az olduğu, rahatsız edici kokunun bulunmadığı belirtilmiştir. Dokunun daha sert olduğu ve kolay dağılmadığı, rengin ise daha mat olduğu da yorumlar arasındadır. 1 kGy için kokunun rahatsız etmediği ve farklı bir koku bulunmadığı, dokunun da istenilen özelliklere daha yakın olduğu yorumlarda yer almıştır. Olumlu/olumsuz değerlendirmeleri ışınlanmış numunelerin daha fazla beğenildiği ve en çok beğenilen numunenin 1 kGy ile ışınlanan olduğunu göstermiştir.

Ondördüncü gün sonuçları yedinci gün ile benzerlik göstermektedir. Farklı olarak 2 kGy ile ışınlanmış numune kontrole göre daha az beğenilmiştir. Yorumlara bakıldığında ise kimi panelistlerin bu numuneyi bozuk koku olmaması sebebiyle daha olumlu bulurken bazılarının ise kesif ve ekşi bir kokuya ve cansız mat renge sahip olması sebebiyle olumsuz bulduğu görülmektedir. Bazı panelistler mayhoş bir koku tespit ettiklerini belirtirken diğerleri ekşi koku ve kokuşmanın bu numunede hissedilmediğini belirtmişlerdir. 1 kGy numunesinde renk farkı daha az bulunmuş, kokuda ise yorumların çoğu olumlu yönde olmuştur. Kontrol numunesinde yağsı bir acılaşma kokusu tespit eden panelistler, düşük dozda ışınlanmış numuneyi bu sebeple tercih etmişlerdir. Olumlu/olumsuz değerlendirmeleri 1 kGy ile ışınlanmış numunenin ışınlanmamış ve 2 kGy ile ışınlanmış numuneden daha fazla beğenildiğini göstermiştir. Bireysel yorumlar da bu sonucu desteklemektedir.

Farkın tespit edilebildiği 1. ve 2. hafta değerlendirmelerinde tüketici tercihi ışınlanmış numuneler yönünde olmuştur. İstisnai olarak 2. haftadaki yorumlarda 2 kGy ile ışınlanmış numunenin kontrolden daha az beğenildiği görülmüştür. Işınlamanın ette yol açtığı ve nedeni henüz tam olarak belirlenemeyen, yağ oksidasyonundan kaynaklandığı düşünülen koku, sadece çiğ etlerde problem teşkil etmekte, ancak pişirme ile ortadan kalkmaktadır (Lagunas-Solar, 1995). Bu durum, yüksek dozlarda çiğ köftede ışınlama kokusunun tüketici kabulünü olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir. Renk değişimi ise, ışınlama sonucu ortamdaki O₂'nin ozona dönüşmesi, ozonun miyoglobini okside ederek rengi ağartması ile açıklanmaktadır. Dolayısıyla et ürünlerinde renk kaybı, ozonun miyoglobine etkisi sebebiyle oksijenli (aerobik) ortamda daha fazla olmaktadır (Lagunas-Solar, 1995).

Işınlama sonucu et ve ürünlerinde meydana gelen renk kaybının etin cinsi ve içerdiği pigmentlere bağlı olarak, özellikle vakum, CO₂ ve CO₂/N₂ içeren atmosferlerle paketlenerek minimize edilebildiği ortaya konmuştur (Ahn ve diğ., 2004). Çalışmalar modifiye atmosferde paketlemenin, sığır etinde *E.coli* O157:H7 patojeninin kontrolünde de etkili olduğunu ortaya koymuştur (Nissen ve diğ., 2000).

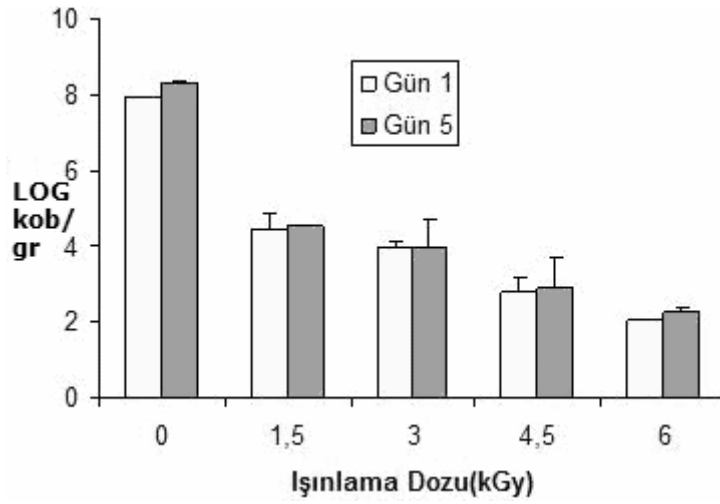
3.3. Mikrobiyolojik Bulgular

3.3.1. Işınlamanın Toplam Aerobik Bakteri Sayısı Üzerine Etkisi

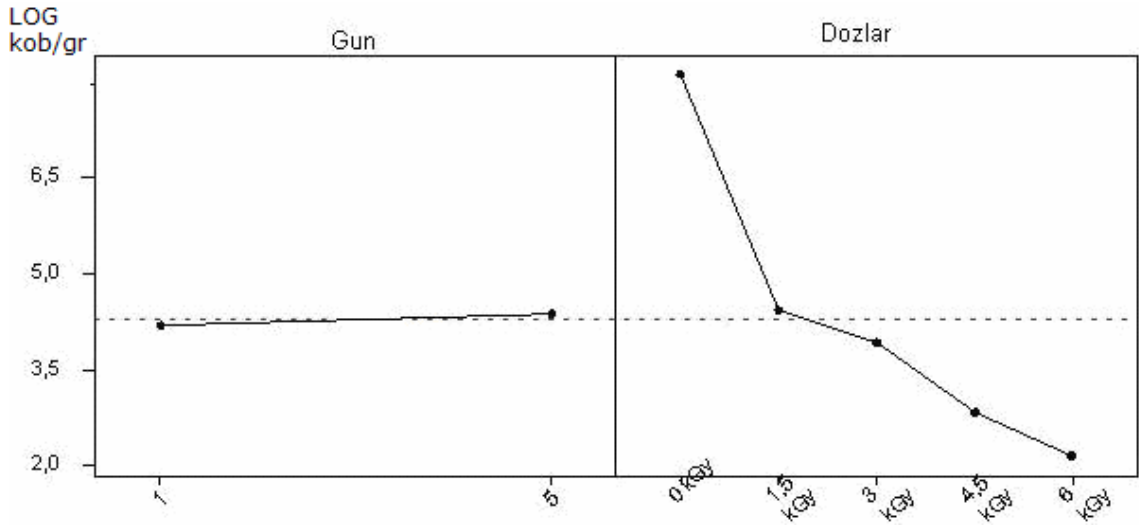
3.3.1.1. 0-6 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki Toplam Aerobik Bakteri Sayımlarına Etkisi.

Daha önce çiğ köfte ile yapılan çalışmalarda toplam bakteri sayıları 10⁵-10⁹ arasında değişmiştir (Tunçel ve Tiryaki, 2001; Yıldırım ve diğ., 2005; Arslan ve diğ., 1992; Pekel ve diğ., 2003; Küplülü, ve diğ., 2003; Sancak ve İşleyici, 2005). Bu büyük varyasyon, çalışmaların çoğunlukla farklı yörelerde piyasadan temin edilen farklı çiğ köftelerle gerçekleştirilmiş olması ve bu çiğ köftelerin yapımında kullanılan hammaddeler ve miktarlarındaki belirsizlikten kaynaklanmaktadır. Çiğ köftede mikrobiyal riskin temel kaynağı çiğ ettir. Bu çalışmada kullanılan formülasyondaki et/bulgur oranı yaklaşık 0,4'dür. Bu oran, tarife göre 1, 0,5 veya 0,5'in altında olabilmekte, hatta maliyeti düşürmek için et formülasyona katılan farklı hammaddelerle ikame edilerek hiç eklenmeyebilmektedir. Çalışma esnasında piyasadan temin edilen ve et içermediği bilinen, fakat et çok başarılı ve çiğ köfte aromasını etkilemeyecek şekilde ikame edildiğinden duyuşal açıdan tespiti oldukça zor bir çiğ köfte numunesinden yapılan ekim sonucu toplam bakteri sayısı 5x10⁴kob/gr olarak tespit edilmiştir.

Laboratuar ortamında et/bulgur oranı 0,4 olacak şekilde farklı denemeler için üç kez hazırlanan çiğ köftelerde ise toplam bakteri sayısı yaklaşık 10⁸ kob/gr düzeyinde olmuştur. Uygulanan maksimum doz olan 6 kGy ile toplam bakteri sayısı 10² kob/gr'a inmiş, yani 6 log gibi önemli bir azalma sağlanmıştır (Şekil 3. 5 ve Şekil 3. 6). İlk denemede uygulanan minimum dozda (1,5 kGy) ışınlama, toplam bakteri sayısını 3,5 log azaltmıştır. 5. günde kontrol numunesinde sayımlar yaklaşık 0,3 log, ışınlanmış numunelerde ise 0,1 log seviyesinde artmıştır. Günler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (p=0,232). Işınlamanın sayımlara etkisi p=0,0001 düzeyinde önemlidir.



Şekil 3. 5. 0-6 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına etkisi.

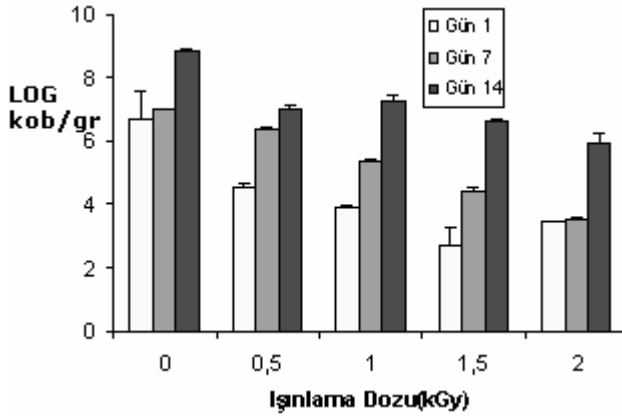


Şekil 3. 6. Gün ve doz değişkenlerinin, 0-6 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi.

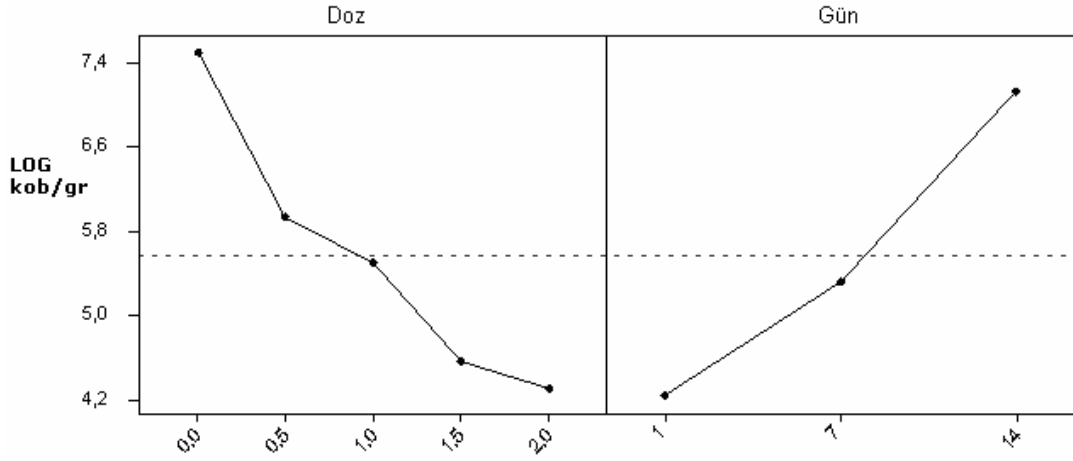
Ön denemede elde edilen toplam bakteri sayım sonuçları benzer çıkmış, bu denemeye ait sonuçlar Şekil B.1 ve Şekil B.2’de verilmiştir. Işınlanmamış numuneler zamana göre karşılaştırıldığında 5.gündeki TAB sayısında ilk güne göre yaklaşık 1,5 log artış olmuştur. Işınlanmış numunelerin TAB değerleri ilk günden düşük olmakla beraber günler arasındaki fark önemsiz ($p=0,4$) bulunmuştur. Her iki günde 1,5 kGy ışınlama sonucunda 3 log azalma ile bakteri sayıları 10^5 kob/gr seviyesine düşmüştür. 6 kGy ışınlama sonucunda TAB sayısı ortalama 6 log azalma ile 10^2 seviyesine inmiştir.

3.3.1.2. 0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki Toplam Aerobik Bakteri Sayımlarına Etkisi

0-2 kGy doz aralığında gerçekleştirilen çalışmada sayımlar ışınlama sonrası, yedinci ve ondördüncü günlerde gerçekleştirilmiştir. İlk günde 2 kGy ile yaklaşık 4 log azalma sağlanmış, sayı 10^7 'den 10^3 'e inmiştir (Şekil 3. 7 ve Şekil 3. 8). En düşük doz olan 0,5 kGy ile elde edilen azalma 3 log düzeyindedir. Bu ve 0-6 kGy aralığında gerçekleştirilen çalışmada elde edilen veriler beraber değerlendirildiğinde, ışınlamanın toplam bakteri sayımları için D_{10} değeri 0,831 kGy olarak hesaplanmıştır. Başlangıçta 10^5 kob/gr toplam aerobik bakteri içeren çiğ köftelerin 0, 2, 4 ve 7 kGy'lik dozlarla ışınladığı bir çalışmada 4 kGy ile 2,2 log civarında azalma elde edilmiş, 7 kGy'de bakteri tespit edilememiş ve D_{10} değeri 1,5 kGy olarak hesaplanmıştır (Yıldırım ve diğ., 2005). Araştırmacılar belli bakteriler için et ve et ürünlerinde ışınlamanın D_{10} değerinin genellikle 1 kGy'in altında olduğunu belirtmişler fakat bu değer ışınlama ortamının su içeriği, hedef DNA'nın boyutu, bakteri hücresinin vegetatif veya spor formunda olması, sıcaklık ve ürün içeriği gibi bir çok faktöre bağlı olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bu açıdan bakıldığında, 4°C'de ışınlama sonucu elde edilen 1,5'luk D_{10} değerinin bu çalışmada ortalama 9°C sıcaklıkta ışınlanan ürünlerde elde edilen 0,831'lik D_{10} değeriyle tutarlı olduğu söylenebilir.



Şekil 3. 7. 0-2 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına etkisi.



Şekil 3. 8. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi.

Yedinci ve ondördüncü günlerde bakteri sayısında ilk güne göre sırasıyla $p=0,001$ ve $p=0,0001$ düzeyinde önemli artış meydana gelmiş, özellikle ondördüncü günde 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde dahi toplam bakteri sayısı artarak 10^6 kob/gr seviyesine dayanmıştır. Yedinci günde ise 1, 1,5 ve 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde sayımların sırasıyla 10^5 , 10^4 ve 10^3 seviyesinde kaldığı görüşmüştür. Yedinci ve ondördüncü günler arasındaki farkın önem düzeyi $p<0,001$ 'dir. Raf ömrü açısından bakıldığında iki hafta için 2 kGy ışınlamanın yeterli olmayacağı, bir hafta için ise 1 kGy ve üzeri dozların uygulanabileceği görülmektedir.

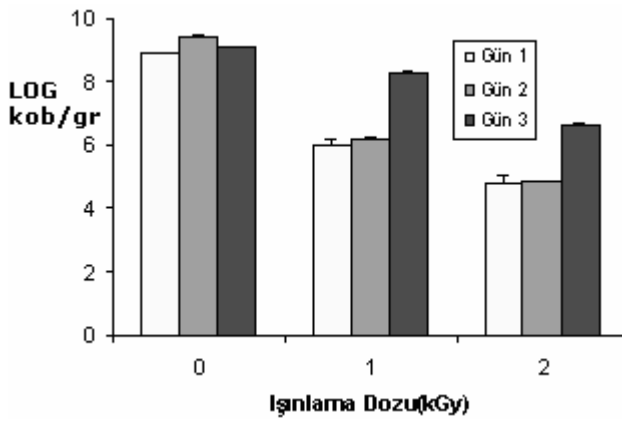
0,831'lik D_{10} değeriyle teorik olarak yapılan hesaplamalar, 2 kGy dozunda ışınlamanın toplam aerobik bakteri sayısında 2,5 loga varan azalma sağlanabileceği göstermektedir. Dondurularak ışınlanmış ürünlerde D_{10} değerleri daha yüksek olmakla beraber, kimyasal değişimler az, moleküllerin hareketi ve interaksyonu kısıtlı olduğundan, koku ve lezzet kaybının daha az olduğu belirtilmektedir (Lagunas-Solar, 1995). Bu durumda, daha önceki bir çalışmada da önerildiği gibi (Tunçel ve Tiryaki, 2001), çiğ köftenin ışınlanması yerine çiğ köfteler, duysal özelliklerin korunması amacıyla optimum koşullarda ışınlanmış hammaddeler ile hazırlanabilir. Bu şekilde hem duysal hem mikrobiyal açıdan yüksek kalitede ürün eldesi mümkün olabilir.

Sonuç olarak uygulanan minimum doz (1,5 kGy) ile 4 loga varan inhibisyonla çiğ köfteler için önemli bir mikrobiyal inaktivasyon sağlanabilmektedir. Çiğ et içeren ürünler için 10^{4-5} kob/gr, kabul edilebilir bir toplam bakteri seviyesidir ve patojen

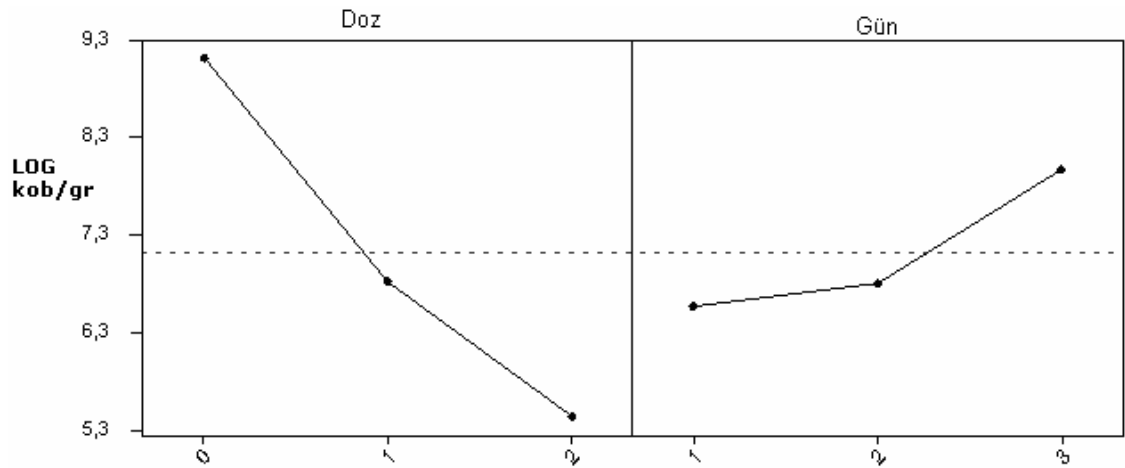
olmamak kaydıyla bu düzeyde mikroorganizma içeren bir ürün tüketime uygundur (Frazier ve Westhoff, 1978).

3.3.1.3. 0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Oda Sıcaklığında Saklanan Çiğ Köftelerdeki Toplam Aerobik Bakteri Sayılarına Etkisi

İlk günde 2 kGy ile buzdolabı sıcaklığında olduğu gibi yaklaşık 4 log azalma sağlanmıştır (Şekil 3. 9 ve Şekil 3. 10). Fakat, numuneler ışınlama dönüştürme geceyi oda sıcaklığında geçirdiklerinden ilk gün başlangıç yükü 10^9 kob/gr, 2 kGy ile ışınlanmış numunenin bakteri sayısı 10^5 kob/gr civarında tespit edilmiştir. 1 kGy ile elde edilen azalma 3 log düzeyindedir.



Şekil 3. 9. 0-2 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince TAB sayımlarına etkisi.



Şekil 3. 10. Gün ve doz değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi.

Üçüncü günde ilk iki güne göre sırasıyla $p=0,0017$ ve $p=0,0066$ düzeyinde önemli artış meydana gelmiş, 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde dahi toplam bakteri sayısı 10^7 kob/gr seviyesine çıkmıştır. İlk iki gün arasındaki fark, $p=0,74$ düzeyinde

önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar oda sıcaklığında muhafaza edilen çiğ köftelerin 2 kGy ile ışınlansalar dahi maksimum iki gün muhafaza edilebileceklerini göstermiştir.

3.3.2. *E.coli* O157:H7 Sayımları

3.3.2.1. TAL Yönteminin Çiğ Köftelerdeki Hasarlı *E.coli* O157:H7'lerin Toparlanmasındaki Etkinliğinin Doğrulanması

Kullandığımız Thin Agar Layer (TAL) yöntemine göre hazırlanmış besiyerlerinin hasarlı hücrelerin gelişmesindeki etkinliği ve diğer hücreler üzerindeki inhibisyon etkisi ilk gün ekimlerinde 0, 3 ve 6 kGy dozlarında TSA ve CT-SMAC petrilere de ekim yapılarak gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3. 5'de verilmiştir.

Tablo 3. 5. Farklı dozlarla ışınlanmış çiğ köftelerdeki canlı *E.coli* O157:H7 nin farklı agarlardaki sayıları.

Doz/Besiyeri	TAL	SMAC	TSA
0 kGy	$1,29 \times 10^5$	$1,18 \times 10^5$	$3,07 \times 10^7$
0,5 kGy	$5,50 \times 10^1$	$2,00 \times 10^1$	$2,00 \times 10^5$
1 kGy	$1,33 \times 10^1$	$1,00 \times 10^1$	$1,00 \times 10^4$
1,5 kGy	T.E.	T.E.	$7,00 \times 10^3$
3 kGy	T.E.	T.E.	$7,25 \times 10^3$
6 kGy	T.E.	T.E.	$3,50 \times 10^2$

T.E.: Tespit Edilemedi.

Görüldüğü gibi TSA'da elde edilen sonuçlar, toplam bakteri sayımında elde edilen sonuçlara oldukça yakın ve aşılama düzeyine göre oldukça yüksektir. Çiğ köfteler *E.coli* O157:H7 ile 6×10^5 kob/gr düzeyinde aşılانmış ve toplam bakteri sayısı bunun 2 log üzerinde olduğundan TSA'daki sayım sonuçları üzerinde etkileri olmamıştır. SMAC'deki sayımlar ise TAL'e göre 0,1-1 log düzeyinde daha düşük olmuştur.

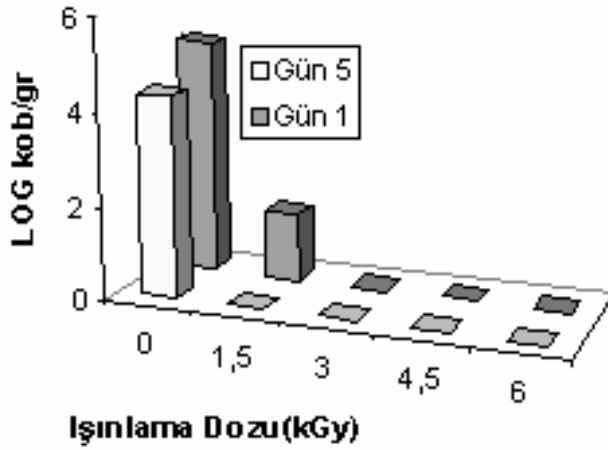
Bu çalışma öncesinde stok kültür ve bu kültürle aşılانmış çiğ köfte numunesiyle yapılan bazı denemelerde Tablo 3. 6'daki sonuçlar elde edilmiştir. Veriler stok kültür ve çiğ köftede, SMAC besiyerine oranla sırasıyla 0,7 log ile 0,8 log oranında yüksek sayımların elde edildiğini ortaya koymuştur. Bu durum, TAL'in *E.coli* O157:H7 hücrelerinin toparlanıp gelişmesi için SMAC'e direkt ekimden daha uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir. Böylece gıdada gelişmesi muhtemel hasarlı hücrelerin de toparlanıp koloni oluşturabilmesi sayesinde SMAC'de yanlış şekilde elde edilebilecek düşük sayımlar engellenmiştir.

Tablo 3. 6. *E coli* O157:H7 stok kültürü ve bu kültür ile aşılanmış çiğ köfte numunelerinden farklı besiyerlerine yapılan ekimlerin karşılaştırılması.

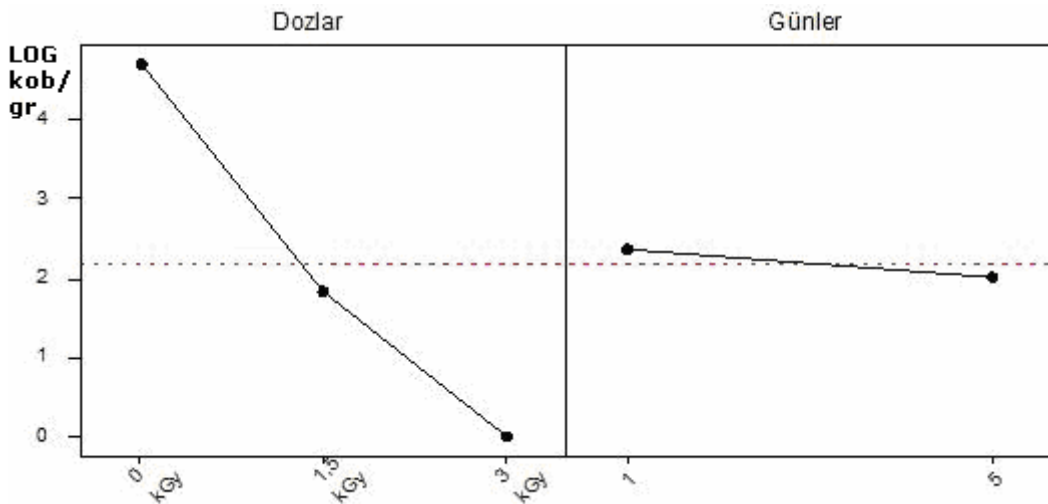
Numune/Besiyeri	TAL	SMAC	TSA
Stok Kültür	2×10^6	5×10^5	3×10^7
Aşılanmış Çiğ Köfte	2×10^3	4×10^2	5×10^4

3.3.2.2. 0-6 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki *E.coli* O157:H7 Sayımlarına Etkisi.

Çiğ köftee eklenen stoktan yapılan ekimler, numunenin pratikte 6×10^5 kob/gr seviyesinde inokule edildiğini göstermiştir. Bu değer, hedeflenen değer olan 10^6 kob/gr'ın sadece 0,4 log altındadır.



Şekil 3. 11. 0-6 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince *E.coli* O157:H7 sayımlarına etkisi.

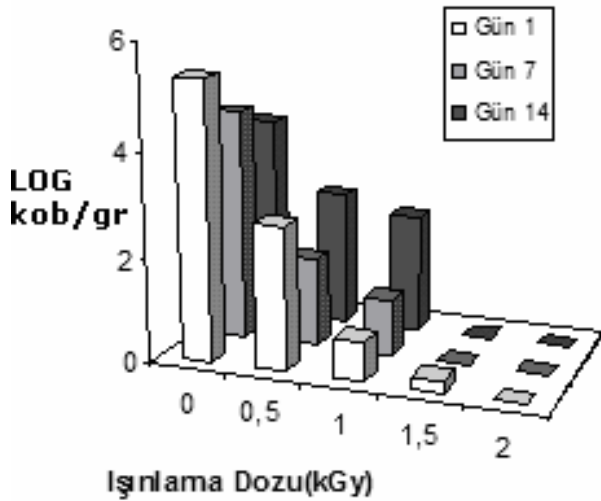


Şekil 3. 12. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-6 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince *E. coli* O157:H7 sayımlarına ortalama etkisi.

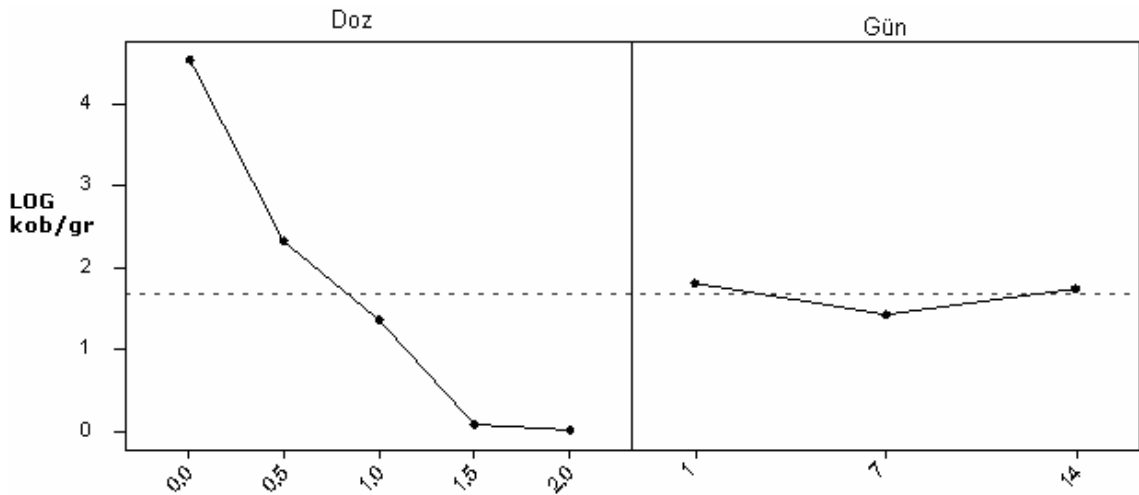
0-6 kGy denemesinde 3 kGy ve üzerinde *E.coli* O157:H7 tespit edilememiştir (Şekil 3. 11 ve Şekil 3. 12). Beşinci gün sayımlarında yaklaşık 1 log civarında azalma gerçekleşmiştir. Kontrol numunesinde sayımlar 10^4 kob/gr düzeyine kadar inerken, ışınlanmış numunelerin hiçbirinde gelişme görülmemiştir. Bu azalma formülasyondaki baharatların sınırlı antimikrobiyal etkisi olarak yorumlanmıştır (Sağdıç ve diğ., 2002; Ünlütürk, 1999).

3.3.2.3. 0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Soğukta Saklanan Çiğ Köftelerdeki *E.coli* O157:H7 Sayımlarına Etkisi

Bu denemede aşılama $1,1 \times 10^6$ kob/gr düzeyinde olmuştur. Yani inokülasyon, hedeflenen değerin yalnızca 0,1 log üzerinde gerçekleşmiştir. 0-2 kGy denemesinde elde edilen sonuçlar, 0-6 kGy aralığında yapılan denemenin sonuçlarını doğrulamış, ilk gün 1,5 kGy'in üzerinde bakteri tespit edilmemiş, yedi ve ondördüncü günlerde bu dozda da gelişim gözlenmemiştir (Şekil 3. 13 ve Şekil 3. 14). Her iki çalışmanın verilerinin bir araya getirilmesi ile elde edilen D_{10} değeri, 0,292'dir. Literatürde sığır etinde ışınlamanın *E.coli* O157:H7 için D_{10} değerlerinin 0,24-0,41 arasında değişebilmektedir (Meng ve diğ, 1994).



Şekil 3. 13. 0-2 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince *E.coli* O157:H7 sayımlarına etkisi.



Şekil 3. 14. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince *E. coli* O157:H7 sayımlarına ortalama etkisi.

Tukey yöntemiyle gerçekleştirilen karşılaştırmalar 0,5, 1 ve 1,5 kGy ile ışınlanmış numunelerdeki sayım sonuçlarının, kontroldeki sayımlardan $p < 0,0001$ düzeyinde farklı olduğunu göstermiştir. Dozlar arasındaki fark da bu düzeyde olmuş, sadece 1,5 ile 2 kGy arasındaki fark önemsiz çıkmıştır ($p = 0,99$).

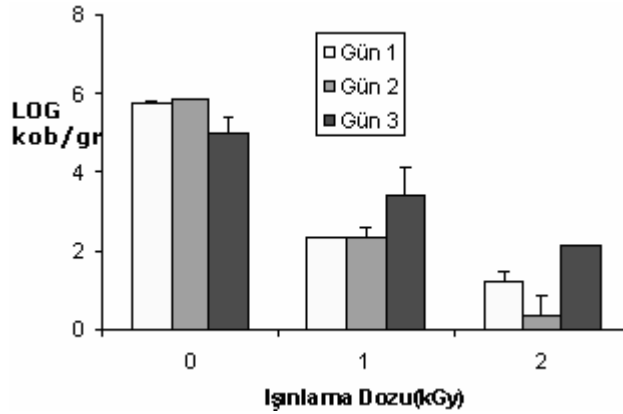
1 ve 7 günler arasındaki fark önemli ($p = 0,01$), 1 ve 14. gün ($p = 0,19$) ile 7. ve 14. günler arasındaki fark ise önemsiz çıkmıştır ($p = 0,45$). Kontrol numunesinde günlerle yaklaşık 1'er log azalma kaydedilirken, ışınlanmış numunelerde bu azalma sadece 7. günde gerçekleşmiş, 14. günde 0,5 ve 1 kGy ile ışınlanmış numunelerde patojen sayısında 1-1,5 log civarında artış olmuştur. Bu durum, baharatların kısıtlı antimikrobiyal etkisinin sağladığı azalmanın, daha geniş bir zaman aralığında bakterilerin toparlanıp gelişmesine engel olacak düzeyde olmadığını göstermektedir. 14. günde meydana gelen artışların ışınlanmış numunelerde gözlenip kontrol numunesinde gözlenmemesi, ışınlamanın genel bakteri mikroflorası üzerindeki inhibisyon etkisinden dolayı (Şekil 3. 5), ortamın *E.coli* O157:H7 patojeni için rekabet açısından daha elverişli duruma geldiğini ve canlı kalan hücrelerin gelişip çoğalabildiğini ortaya koymaktadır.

Buzdolabı sıcaklığında, ışınlanmamış kontrolde 5×10^5 kob/gr düzeyinde *E.coli* O157:H7 içeren çiğ köftelerde, 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde ışınlama sonrası, 7. ve 14. günlerde bu patojen tespit edilememiştir. Hesaplanan D_{10} değeri 0,29 olduğuna göre teorik olarak uygulanması gereken minimum ışınlama dozu $5,5 \times 0,29$, yani 1,6 kGy'dir. Ticari ışınlama tesislerinde üründe ışınlamanın minimum ve

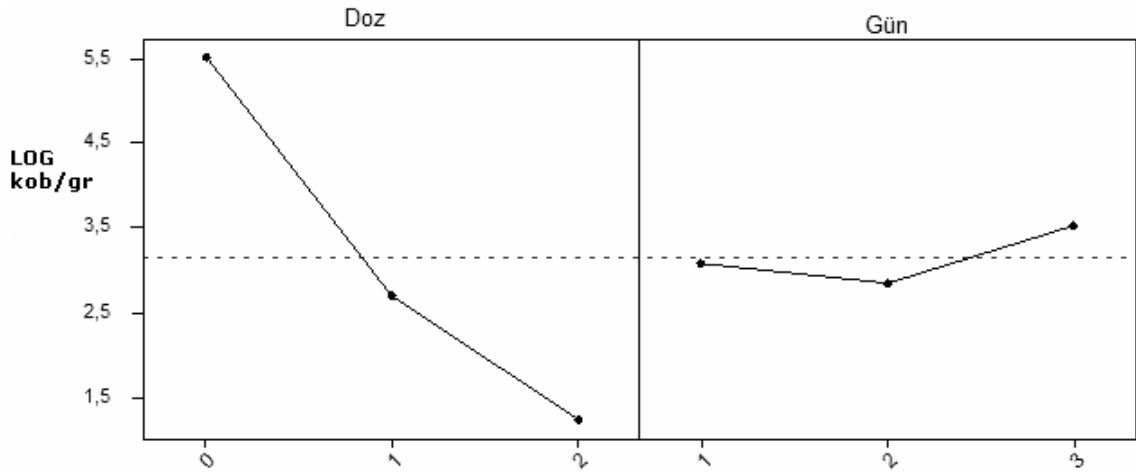
maksimum düzeyde absorbe edildiği noktalar arasında %100'lük fark olabileceği düşünülürse, 3,2 kGy'lik ışınlama ile bu eliminasyon temin edilebilir (Molins ve diğ., 2001). Başlangıç toplam bakteri yükünün, bu denemede olduğu gibi 10^8 kob/gr olduğu düşünülse dahi, taze et ürünleri için kötü koku ve kayganlaşmayla kendini gösteren bozulmanın alt sınırı olarak kabul edilen 10^6 kob/gr'ın (Frazier ve Westhoff, 1978) altına inmek için $2 \times 0,891$, yani 1,7 kGy ile ışınlama sınır değeri olarak kabul edilebilir.

3.3.2.4. 0-2 kGy Dozlarında Işınlamanın Oda Sıcaklığında Saklanan Çiğ Köftelerdeki *E.coli* O157:H7 Sayımlarına Etkisi

Şekil 3. 15 ve Şekil 3. 16'da görüldüğü gibi, sayımlarda artan dozla azalma gerçekleşmiştir. bakteri sayılarında İlk iki gün ve 1. ve 3. gün arasındaki fark önemsiz (sırasıyla $p=0,48$ ve $p=0,1$), 2. ve 3. günler arasındaki fark önemli ($p=0,01$) çıkmıştır. Bu sonuçlar 14 gün süresince gerçekleştirilen buzdolabı sıcaklığı denemesiyle paralellik göstermekte ve toplam bakteri sayımlarının işaret ettiği 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde dahi oda sıcaklığında raf ömrünün iki günden fazla olamayacağı savını desteklemektedir. Bütün gün ve dozlarda patojen tespit edilebildiğinden, 10^6 kob/gr düzeyinde kontamine olmuş ve oda sıcaklığında saklanmış çiğ köftelerin 2 kGy ile ışınlansalar dahi tüketilemeyeceği görülmektedir.



Şekil 3. 15. 0-3 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince *E.coli* O157:H7 sayımlarına etkisi.



Şekil 3. 16. Doz ve gün değişkenlerinin, 0-2 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin oda sıcaklığında depolama süresince *E. coli* O157:H7 sayımlarına ortalama etkisi.

3.4. Duyusal ve Mikrobiyolojik Bulguların Sentezlenerek Değerlendirilmesi

1 hafta gibi bir raf ömrü hedeflendiği takdirde, 2 kGy ile ışınlanmış numunelerin panelistler tarafından kabul edilebilirliği yüksektir. Üçgen testteki olumlu/olumsuz değerlendirmelerinde panelistlerin %73'ünün olumlu ve nötr yanıtı vermiş olması bu düşüncüyü desteklemektedir. Ayrıca toplam bakteri sayısında 2. haftada önemli artış olmuş, maksimum doz olan 2 kGy ile ışınlanmış numunelerde bile sayım sonuçları 10^6 kob/gr'ın üzerine çıkmıştır. Buna karşın 1. hafta sayımlarında 1 kGy ve üzeri dozlarda sayım sonuçları 10^{4-5} kob/gr civarında olmuştur ve bu değer mikrobiyal açıdan kabul edilebilir bir değerdir (Frazier ve Westhoff, 1978). Bulgular, 1 haftalık raf ömrünün duyusal açıdan olduğu kadar toplam bakteri yükü açısından da optimum süre olduğunu göstermiştir.

2 kGy ile ışınlanıp oda sıcaklığında (25°C) saklanmış numunelerde 14. gündeki *E.coli* O157:H7 sayısı, 10^2 kob/gr olarak ölçülmüştür. Bu durum, soğuk zincirin kırılması durumunda, ışınlama işlemiyle toplam bakteri sayısında gerçekleşen azalmanın da etkisiyle hasarlı hücrelerin toparlanıp hakim hale gelmesi ve gelişerek rahatsızlığa yol açmasının mümkün olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu analizde kullanılan sürme plak yönteminin hassasiyeti minimum 10 bakteri olduğundan, bu sayının altındaki kolonilerin tespit edilemeyeceği de dikkate alınmalıdır. *E.coli* O157:H7'nin potansiyel enfeksiyon dozunun oldukça düşük olduğu, 10 bakterinin altında bile etkili olabileceği tahmin edilmektedir (Willshaw ve diğ., 1994).

FDA (Food and Drug Administration) tarafından soğukta saklanan et ürünlerinde mikrobiyal kontrol amacıyla tavsiye edilen (Olson, 1998), ürün kalitesinin korunması için maksimum doz olarak tespit edilmiş olan 4,5 kGy'lik sınırın altında ve bu çalışma ile tespit edilen 2 kGy civarındaki dozlar, çiğ köftede kalite ve mikrobiyal güvenliğinin sağlanması için yeterli olmaktadır. Piyasada et oranının daha düşük tutularak ikamelerinin kullanıldığı ve toplam aerobik bakteri sayısı 10^{4-5} kob/gr civarında olan çiğ köfteler için 2 kGy; duyu özellikler, parazit kontrolü ve mikrobiyal güvenlik için optimum doz olarak tavsiye edilebilir. Geleneksel tarife göre hazırlanmış ve daha fazla et içeren numunelerde ise; hammaddelerin mikrobiyal kalitesi, hazırlama aşamasındaki hijyenik koşullar ve dolayısıyla başlangıç yüküne bağlı olarak 3 kGy ve üzerine çıkmak gerekebilir. Bu çalışmada uygulanan maksimum doz olan 6 kGy ile, 100 kob/gr civarında toplam bakteri içeren, mikrobiyal kalitesi oldukça yüksek çiğ köfteler elde edilmiştir. Türk Gıda İşleme Yönetmeliği, taze veya dondurulmuş kırmızı et ve ürünlerinde patojen kontrolü için 7 kGy'e kadarki işleme dozlarına izin vermektedir (Anonim, 1999).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, laboratuvar ortamında, aynı formülasyonla hazırlanan çiğ köfteler, 0-6 kGy aralığındaki çeşitli dozlarda gama ışınlarına maruz bırakılmışlardır. Duyusal analizler, *E.coli* O157:H7 ve toplam aerobik bakteri sayımları paralel şekilde gerçekleştirilerek, karşılaştırmalı şekilde ışınlama ile çiğ köftelerde hem mikrobiyal güvenliğin sağlandığı, hem de kalitenin korunduğu ışınlama koşullarının tespiti amaçlanmıştır. Bulgular, uygulanan doz belli bir düzeyin üzerine (2-3 kGy) çıktığında, tespit edilebilir koku ve renk değişimlerinin gözlemlendiğini, toplam bakteri ve *E.coli* O157:H7 sayımlarında ise artan dozla önemli düzeyde azalma kaydedildiğini göstermiştir. $9\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de ışınlama sonucu TAB için D_{10} değeri yaklaşık 0,83, *E.coli* O157:H7 için 0,29 olarak hesaplanmıştır. Depolama süresi ve sıcaklığı arttıkça bakteri sayımlarında artış gözlenmiştir.

Elde edilen bulgular, yasa ve yönetmeliklerde et ürünleri için tavsiye edilen dozlarla ışınlamanın çiğ köftenin kalite ve güvenliğini sağlamada önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. 2-3 kGy ile ışınlama toplam bakteri sayısında önemli bir azalma sağlamış, bunun yanı sıra 5×10^5 kob/gr düzeyinde *E.coli* O157:H7 içeren ve 2 hafta boyunca soğukta saklanan çiğ köftelerde bu patojen tespit edilememiştir. Işınlamayı takiben gerçekleştirilen duyusal analizde ışınlanmamış çiğ köftelerden fark ayırt edilememiş, saklama süresi boyunca panelistlerin beğenisi genel olarak ışınlanmış numuneler yönünde olmuştur. 2 kGy ile ışınlama ve soğukta muhafaza, çiğ köftelerin 1 hafta boyunca sağlıklı ve kaliteli bir şekilde saklanabilmesini sağlamıştır. Oda sıcaklığında ise aynı dozda 2. haftada sayımların 2 loga kadar yükselmesi, hasarlı hücrelerin uygun koşullarda toparlanıp gelişerek enfeksiyona yol açabileceğini göstermektedir.

Işınlanmamış köfteler özellikle çiğ et içeriyor olmaları ve 10^7 - 10^8 kob/gr düzeyinde yüksek toplam bakteri sayılarına sahip olmaları sebebiyle, 2 kGy'in üzerinde duyusal özelliklerde farklılık tespit edilebilmesine rağmen, daha yüksek dozlarda dahi bilinçlendirilmiş tüketicilerin bu ürünü tercih etmeleri sağlanabilir.

Bu çalışmada elde edilen deneysel veriler ve literatür araştırmaları ışığında bundan sonraki çalışmalarda; farklı formölasyon, katkılar ve ışınlanmadan etkilenmeyen aroma arttırıcılar kullanılarak ışınlanmış çığ köftelerin tüketici kabulünün arttırılması, uzun ömürlü ambalajlı çığ köfte üretimi için modifiye atmosferde paketlenme ve gama ışınlamanın birlikte uygulanması, küçük çapta günlük üretim yapan tesisler için ise ışınlanmış hammaddelerle hazırlanmış çığ köftelerin mikrobiyal güvenliği konularının incelenmesi tarafımızdan önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Ade-Omowaye, B.I.O., Rastogi, N.K., Angersbach, A. ve Knorr, D., 2001. Effects of high hydrostatic pressure or high intensity electrical field pulse pre-treatment on dehydration characteristics of red paprika. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **2**:1-7.

Ahmed, J., Ramaswamy, H.S., Alli, I. ve Ngadi, M., 2003. Effect of high pressure on rheological characteristics of liquid egg. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **36**: 517–524.

Ahn, H.J., Kim J.H., Jo, C., Lee, J.W., Yook, H.S., Kim, H.Y., Byun, M.W., 2004. Combined effects of gamma irradiation and a modified atmospheric packaging on the physicochemical characteristics of sausage. *Radiation Physics and Chemistry*, **71**:51–54.

Alkan, H., 2005. Kişisel görüşme.

Alkan, H., 2003. Radyasyonla Sterilizasyon ve Biyolojik Yük Kontrolü. [http://www.gammapak.com/RADYASYONLU %20STERIL_dosyalar/frame.htm](http://www.gammapak.com/RADYASYONLU%20STERIL_dosyalar/frame.htm).

Alpas, H.,Lee, J., Bozoglu, F. ve Kaletunc, G., 2003. Evaluation of high hydrostatic pressure sensitivity of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* O157:H7 by differential scanning calorimetry. *International Journal of Food Microbiology*, **87**: 229– 237.

Anonim, 1999. Gıda İşınlama Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarih: 06.11.1999, Sayı:23868.

Anonim, 2003. <http://www.gammapak.com/hakkimizda.html>.

Anonim, 2004. ATCC-LGC Promochem Partnership. <http://www.lgcromochem.com/atcc/>.

Arslan, A., Güven, A., Saltan, S. Ve Patır, B., 1992. Elazığ'da tüketime sunulan çiğ köftelerin mikrobiyolojik kalitesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bil. Dergisi*, **6** (1,2):13-18.

Balasubramaniam, V.M., Ting, E.Y., Stewart, C.M. ve Robbins, J.A., 2004. Recommended laboratory practices for conducting high-pressure microbial inactivation experiments. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **5**: 299– 306.

- Bozoğlu, F., Alpas, H ve Kaletunç, G.,** 2004. Injury recovery of foodborne pathogens in high hydrostatic pressure treated milk during storage. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, **40**: 243-247.
- Buzby, J.C. ve Roberts, T.** 1996. ERS Updates U.S. Foodborne Disease Costs for Seven Pathogens. *FoodReview*, September-October 1996: 20-25.
- Barlas, İ.,** 1990. Çiğ Köfteyle İlgili Doktor Görüşü. *Güneydoğu Gazetesi*, 19.12.1990.
- Bazhal, M.I., Ngadi, M.O., Raghavan, G.S.V. ve Smith, J.P.,** 2005. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid whole egg using combined pulsed electric field and thermal treatments. *LWT*, (in Press).
- Blackburn, C.W. ve McCarthy, J.D.,** 2000. Modifications to methods for the enumeration and detection of injured *Escherichia coli* O157:H7 in foods. *International Journal of Food Microbiology*, **55**: 285-290.
- Boer, E.D.,** 1998. Update on media for isolation of Enterobacteriaceae from foods *International Journal of Food Microbiology*, **45**: 43-53.
- Camet, J.D.,** 2000. Trichinellosis: a worldwide zoonosis. *Veterinary Parasitology*, **93**: 191-200.
- Çoksöyler, N.,** 1999. Farklı yöntemlerle kurutulan kırmızı biberlerde *Aspergillus flavus* gelişimi ve aflatoksin oluşumunun incelenmesi. *Gıda*, **24** (5), 297-306.
- Çopur, U. ve Tamer, E.,** 1998. Gıdaların Radyasyonla Muhafazaları. *Dünya Gıda Dergisi*, Ocak 1998: 40-44.
- Cortes, C. Esteve, M.J. Frigola ve Torregrosa, A. F.,** 2005. Quality characteristics of horchata (a Spanish vegetable beverage) treated with pulsed electric fields during shelf-life. *Food Chemistry*, **91**: 319-325.
- Dağdeviren, M.,** 2004. İzmir'de Domuz Eti Paniği. <http://www.kenthaber.com/sayfalar/haberdetay.asp?ID=5055&Action=Print>, İHA.
- Devlieghere, F., Belle, B.V. ve Debevere, J.,** 1999. Shelf life of modified atmosphere packed cooked meat products: a predictive model. *International Journal of Food Microbiology*, **46**: 57-70.
- Devlieghere, F., Vermeiren, L. ve Debevere, J.,** 2004. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal*, **14**: 273-285.
- Diehl, J.F.,** 2002. Food Irradiation-past,present and future. *Radiation Physics and Chemistry*, **63**: 211-215.
- Duman, A.D.,** 2003. Kırmızı Acı Pul Biber Üretiminde Aflatoksinin Önlenmesi ve Kontrolü Amacıyla HACCP Sistemi'nin Uygulanması. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu, 18-19 Eylül 2003, İstanbul, 159-164.

Efe, İ., Sezen, İ. ve Kuşen, M., 2004. Trişin sebebiyle İzmir’de çiğ köftecilere sıkı denetim. *Zaman Gazetesi*, 21 Ocak 2004 Sayısı.

Erdoğan, A., 2004. The aflatoxin contamination of some pepper types sold in Turkey. *Chemosphere*, **56** (2004) 321–325.

Erkmen, O., 2000. Kaliteli ve Güvenli Gıda Üretimi İçin Işınlama Yöntemi. *Dünya Gıda Dergisi*, Şubat 2000:58-61.

Erkmen, O. ve Doğan, C., 2004. Kinetic analysis of *Escherichia coli* inactivation by high hydrostatic pressure in broth and foods. *Food Microbiology*, **21**: 181–185.

Erol, I., B. Mutluer ve L. Vatansever., 1993. A tipi enterotoksin oluşturan *Staphylococcus aureus*’un çiğ köftede üreme ve toksin oluşturma yeteneğinin belirlenmesi. *Gıda*, **18** (5): 315-318.

Evrendilek, G. A. ve Zhang, Q.H., 2005. Effects of pulse polarity and pulse delaying time on pulsed electric fields-induced pasteurization of *E. coli* O157:H7. *Journal of Food Engineering*, **68**: 271–276.

Farkas, D.F., ve Hoover, D.G., 2000. High pressure processing. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. *J. Food Sci. Supplement*, **65**: 47-64.

Frazier, W.C. ve Westhoff, D.C.,1978. Food Microbiology, 4th Edition. McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.

Gajadhar, A.A. ve Gamble H.R., 2000. Historical perspectives and current global challenges of *Trichinella* and trichinellosis. *Veterinary Parasitology*, **93**: 183–189.

Gamble, H.R., Bessonov, A.S., Cuperlovic, K., Gajadhar, A.A, Knapen, F. V., Noeckler, K., Schenone ve H., Zhu, X., 2000. International Commission on Trichinellosis: Recommendations on methods for the control of *Trichinella* in domestic and wild animals intended for human consumption. *Veterinary Parasitology*, **93**: 393–408.

Gülseren, M., 1987. Şanlıurfa’yı ne kadar biliyorsunuz?. *Ekspres Gazetesi*, 20-30 Nisan 1987.

Güneş, G. ve Tekin, M.D., 2005. Consumer awareness and acceptance of irradiated foods: Results of a survey conducted on Turkish consumers. *LWT*, (in Press).

Gürgün, V. ve Halkman, A.K. 1990. Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:7.Ankara.

Hajmeer, M.N., Fung, D.Y.C., Marsden, J.L. ve Milliken, G.A., 2001. Effects of preparation method, age, and plating technique of thin agar layer media on recovery of *Escherichia coli* O157:H7 injured by sodium chloride. *Journal of Microbiological Methods*, **47**: 249–253.

Han, Y., Linton, R.H. Nielsen, S. S. ve Nelson, P. E., 2002. A comparison of methods for recovery of chlorine dioxide-injured *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology*, (19): 201-210.

Heperkan, 2003. Gıdalarda Mikotoksin ve Ülkemiz Açısından Önemi. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu, 18-19 Eylül 2003, İstanbul, 1-7.

Hugas, M. Garriga, M. ve Monfort, J.M., 2002. New mild technologies in meat processing: high pressure as a model Technology. *Meat Science*, 62: 359–371.

Joint FAO/IAEA/WHO Study Group, 1999. Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10 kGy. WHO technical report series:890. Geneva.

Kader, A.A. 1986. Potential Applications of Ionizing Radiation in Postharvest Handling of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technology*, June 1986: 117-121.

KAERI, 2002. International Assesment on Wholesomeness of Irradiated Foods. http://www.kaeri.re.kr/food/english/frame/newbody/body_3/1_4/intro3.htm.

Kang DH. ve Fung DYC., 1999. Thin agar layer method for recovery of heat injured *Listeria monocytogenes*. *Int J. Food Prot.*, 62 (11):1346-1349.

Kang DH. ve Fung DYC., 2000. Application of thin agar layer method for recovery of injured *Salmonella typhimurium*. *Int J. Food Microbiology*, 54:127-132.

Karel, M. 1975. Radiation Preservation of Foods. “Principles of Food Science”, Part II. Fennema (Ed.), sf 93-129. Marcel Dekker Inc., NY.

Kennedy, C., Buckley, D.J. ve Kerry J.P., 2004. Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. *Meat Science*, 68:649–658.

Kilcast, D. 1995. Food Irradiation: Current Problems and Future Potential. *International Biodeterioration&Biodegradation*, pp. 279-296.

Kima, Y.H., Namb, K.C. ve Ahn, D.U. , 2002. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Science*, 61: 257–265.

Knorr, D., Angersbach, A., Eshtiaghi, M.N., Heinz V. ve Lee D., 2001. Processing concepts based on high intensity electric field pulses. *Trends in Food Science & Technology*, 12: 129–135.

Küplülü, Ö., Sarımehtetoğlu, B. ve Oral N., 2003. Ankara’da Tüketime Sunulan Çiğ Köftelerin Mikrobiyal Kalitesi. *Doğa Türk Vet. ve Hayv. Derg.*, 27: 325-329.

Lagunas-Solar, M.C., 1995. Radiation Processing of Foods: An Overview of Scientific Principles and Current Status. *Journal of Food Protection*, 58 (2): 186-192.

Liang, Z, Cheng, Z. ve Mittal, G.S., 2005. Inactivation of spoilage microorganisms in apple cider using a continuous flow pulsed electric field system. *LWT*, (in Press).

Lopez-Malo, A., Palou, E., Barbosa-Canovas, G. V., Welti-Chanes, J. ve Swanson, B. G. 1998. Polyphenoloxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree. *Food Research International*, **31**, (8): 549-556.

McCarthy, J., Holbrook, R. Ve Stephens, P.J., 1998. An improved direct plate method for the enumeration of stressed *Escherichia coli* O157:H7 from food. *Journal of Food Protection*, **61**: 1093-1097.

Mead, P.S., Griffin, P.M., 1998. *Escherichia coli* O157:H7. *The Lancet*, **352**: 1207-1212.

Meilgaard, M. ve Civille, G.V., 1999. Sensory Evaluation Techniques: Third Edition, Chapter 6: Overall Difference Tests. CRC Press, Florida.

Meng, J., Doyle, M.P., Zhao, T. ve Zhao, S., 1994. Detection and control of *Escherichia coli* O157:H7 in foods. *Trends in Food Sci.&Tech.*, **5** (6): 179-185.

Molins, R.A., Motarjemi, Y. ve Käferstein, F.K., 2001. Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods. *Food Control*, **12**: 347-356.

Monk, J.D., Larry, R.B. ve Doyle, M.P., 1995. Irradiation Inactivation of Food-Borne Microorganisms. *Journal of Food Protection*, **58** (2):197-208.

Murty, T.R.K., Kesava Rao, V. ve Natarajan, C., 1997. Effect of *Lactococcus lactis* var. Biovar diacetylactis on Bacterial Counts, pH and Total Acidity of Minced Goat Meat during Refrigerated Storage. *Meat Science*, **47** (3/4): 231-236

Nissen, H., Alvseike, O., Bredholt, S., Holck, A. ve Nesbakken T., 2000. Comparison between the growth of *Yersinia enterocolitica* , *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. In ground beef packed by three commercially used packaging techniques. *International Journal of Food Microbiology*, **59**: 211–220.

Ohlsson, T. ve Bengtsson, N., 2002. Minimal Processing Technologies in the Food Industry. Chapter 2: Minimal processing of foods with thermal methods. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Olson, D.G.,1998. Scientific Status Summary: Irradiation of Food. *Food Technology*, **52** (1): 56-62.

Onoue, Y., Konuma, H., Nakagawa, H., Hara-Kudo, Y., Fujita, T. ve Kumagai, S., 1999. Collaborative evaluation of detection methods for *Escherichia coli* O157:H7 from radish sprouts and ground beef. *International Journal of Food Microbiology*, **46**: 27–36.

Öcal, M.H. 1997. Özellikleri ve Güzellikleriyle Çiğ Köftemiz. Özlem Kitabevi, Şanlıurfa.

Padhye, N. V. and Doyle, M. P., 1991. Rapid procedure for detecting enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in food. *Appl. Environ. Microbiol.* **57**, 2693-2698.

Padhye, N.V. ve Doyle, M.P., 1992. *Escherichia coli* O157:H7: Epidemiology, Pathogenesis, and Methods for Detection in Food. *Journal of Food Protection*, **55** (7): 555-565.

Park, S., Worobo, R.W. ve Durst, R.A., 2001. *Escherichia coli* O157:H7 As An Emerging Foodborne Pathogen: A Literature Review. *Critical Reviews in Biotechnology*, **21** (1): 27-48.

Pekel, Ç., Var, I., Kabak, B., Şener, A., ve Burcu, Ö., 2003. Çiğ köftelerin mikrobiyal kalitesi. *1. Gıda Mühendisliği Öğrencileri Konferansı*, Adana. ss.1-6.

Pexara, E.S., Metaxopoulos, J. and Drosinos, E.H., 2002. Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages—‘piroski’—stored under vacuum and modified atmospheres at +4 and +10°C. *Meat Science*, **62**: 33–43.

Polydera, A. C., Stoforos, N. G. ve Taoukis, P. S., 2005. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, (in Press).

Pozio, E., 2000. Factors affecting the flow among domestic, synanthropic and sylvatic cycles of *Trichinella*. *Veterinary Parasitology*, **93**: 241–262.

Radomyski, T., Murano, E.A., Olson, D.G. ve Murano, P.S., 1994. Elimination of pathogens of significance in food by low-dose irradiation: a review. *Journal of Food Protection*, **57**: 73-86.

Restaino, L, Frampton, E.W. ve Spitz, H., 2001. Repair and growth of heat- and freeze-injured *Escherichia coli* O157:H7 in selective enrichment broths. *Food Microbiology*, **18**: 617-629.

Resurreccion, A.V.A., Galvez, F.C.F, Fletcher, S.M. ve Misra, S.K., 1995. Consumer Attitudes Toward Irradiated Food:Results of a New Study. *Journal of Food Protection*, **58** (2):193-196 .

Roessler, E.B., Pangborn, R.M., Sidel, J.L. ve Stone, H., 1978. Expanded Statistical Tables for Estimating Significance in Paired Preference, Paired Difference, Duo-Trio and Triangle Tests. *Journal of Food Science*, **43**: 940-947.

Rose, S.A., Modi, N.K., Tranter, H.S., Bailey, N.E., Stringer, M.F. ve Hambleton, P., 1988. Studies on the Irradiation of Toxins of *Clostridium botulinum* and *Staphylococcus aureus*. *J.Appl. Bacteriol.*, **65**: 223-229.

Ross, A.I.V., Griffiths, M. W., Mittal, G. S. ve Deeth H. C., 2003. Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, **89**: 125– 138.

Sağdıç, O., Kuşçu, A., Özcan, M. ve Özçelik, S., 2002. Effects of Turkish spice extracts at various concentrations on the growth of *Escherichia coli* O157:H7. *Food Microbiology*, **19**: 473-480.

Sağun, E., Alişarlı, M. ve Durmaz H., 2003. Farklı Sıcaklıklarda Muhafazanın Çiğ Köftede *Staphylococcus aureus* Gelişimi ve Enterotoksin Üretimi Üzerine Etkisi. *Turk J. Vet. Ani. Sci.*, **27**:839-845.Tübitak.

Sancak, Y.C. ve İşleyici, Ö., 2005. Çiğ Köftelerin Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine bir Araştırma. *Gıda Kongresi*, Ege Üniversitesi, İzmir. 19-21 Nisan, s.353-256.

Sandel, M.K. ve McKillip J.L., 2004. Virulence and recovery of *Staphylococcus aureus* relevant to the food industry using improvements on traditional approaches. *Food Control*, **15**: 5–10.

Satin, M., 1993. Food Irradiation: A Guidebook. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, U.S.A.

Sepulveda, D.R., Gongora-Nieto, M.M., Guerrero, J.A. ve Barbosa-Canovas, G.V., 2005. Production of extended-shelf life milk by processing pasteurized milk with pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, **67**: 81–86.

Skandamis, P.N. ve Nychas, G.J.E., 2002. Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, **79**: 35– 45.

Speck, M., Ray, B., ve Read, R., 1975. Repair and enumeration of injured coliforms by a plating procedure. *Applied Microbiology*, **29**: 549–550.

TAEK, 2004. Gıda Işınlama Kurs Notları. Gıda Işınlama ve Sterilizasyon Bölümü, 4-6 Ekim 2004, Ankara.

Taormina, P. J., Rocelle, M., Clavero S. ve Beuchat, L. R., 1998. Comparison of selective agar media and enrichment broths for recovering heat-stressed *Escherichia coli* O157:H7 from ground beef. *Food Microbiology*, **15**:631-638.

Thayer, D.W. 1990. Food irradiation: benefits and concerns. *J. Food Qual.*, **13**: 147-169.

Thayer, D.W. ve Boyd, G., 1993. Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 in meats by gamma irradiation. *Appl. Environ. Microbiol.*, **59**: 1030-1034.

Thayer, D.W. 1995. Use of irradiation to kill enteric pathogens on meat and poultry. *J. Food Safety*, **15**: 181-192.

Tritsch, G.L. 2000. Food Irradiation. *Nutrition*, **16**: 698-718.

Torregrosa, F., Esteve, M.J., Frigola A., Cortes C., 2005. Ascorbic acid stability during refrigerated storage of orange–carrot juice treated by high pulsed electric field and comparison with pasteurized juice. *Journal of Food Engineering*, (in Press).

Tunçel, G. ve Tiriyaki, G., 2001. Çiğ köftelerin gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Dünya Gıda*, (12): 56-61.

Uzunlu, S. ve Yıldırım İ., 2003. Çiğ Köftenin Mikrobiyolojik Kalitesi ve Farklı Muhafaza Sıcaklık ve Sürelerindeki Mikrobiyal Değişimin İncelenmesi. *Gıda*, **28** (5): 553-558.

Ünlütürk, A., 1999. Gıda Mikrobiyolojisi, 2. Baskı.Bölüm 3.8: Mikrobiyal Gelişimin İnhibisyonu., Ed. Ünlütürk, A. ve Turantaş, F., Mengi Tan Basımevi, İzmir.

Wennberg, M. ve Nyman, M., 2004. The possibility of using high pressure treatment to modify physico-chemical properties of dietary fibre in white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **5**: 171-177.

WHO, 1994. Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food. World Health Organization, Geneva.

Willshaw, G.A., Thirwell, J., Jones, A.P., Parry, S., Salmon, R.L. ve Hickey, M., 1994. Verocytotoxin producing *Escherichia coli* in beefburgers linked to an outbreak of diarrhoea, haemorrhagic colitis and haemolytic uraemic syndrome in Britain. *Lett. Appl. Microbiology*, **19**: 304-307.

Wu, V.C.H. ve Fung, D.Y.C., 2001. Evaluation of Thin Agar Layer Method for Recovery of Heat-Injured Foodborne Pathogens. *Journal of Food Science*, **66** (4): 580-583.

Wu, V.C.H. ve Fung, D.Y.C., 2003. Simultaneous Recovery of Four Heat injured Foodborne Pathogens from a Four-compartment Thin Agar Layer Plate. *Journal of Food Science*, **68** (2): 646-648.

Wu, V.C.H. ve Fung, D.Y.C., 2004. An Improved Method for a Hydrophobic Grid-membrane Filter System to Detect Heat-injured Foodborne Pathogens in Ground Beef. *Journal of Food Science*, **69** (3): 85-89.

Yan, H. and Barbosa-Canovas, G. V., 2001. Density Changes in Selected Agglomerated Food Powders Due to High Hydrostatic Pressure. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **34**: 495-501.

Yıldırım, İ., Uzunlu, S., Topuz, A., 2005. Effect of gamma irradiation on some principle microbiological and chemical quality parameters of raw Turkish meat ball. *Food Control*, **16**: 363–367.

Young, A.L, 2003. Food irradiation: after 35 years, have we made progress. A government perspective. *Environmental Science And Pollution Research International*, **10** (2):82-88.

Young, L. L., Reverie, R. D., ve Cole, A. B., 1988. Fresh red meats: A place to apply modified atmospheres. *Food Technology*, **42** (9), 64–66, 68–69.

Yurdun, T. 2003. İstanbul Piyasasından Sağlanan Çeşitli Besin Maddelerinde Mikotoksinlerin Araştırılması: 1991-2001. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu, 18-19 Eylül 2003, İstanbul, 23-29.

Yuste, J., Fung, D.Y.C., Thompson, L.K. ve Crozier-Dodson, A., 2002. Combination of Carbon Dioxide and Cinnamon to Inactivate *Escherichia coli* O157:H7 in Apple Juice. *Journal of Food Science*, **67** (8): 3087-3090.

Yuste, J. ve Fung, D.Y.C., 2003. Evaluation of *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica* and *Staphylococcus aureus* counts in apple juice with cinnamon, by conventional media and thin agar layer method. *Food Microbiology*, **20**: 365–370.

Yuste, J. ve Fung, D.Y.C., 2004. Inactivation of *Salmonella Typhimurium* and *Escherichia coli* O157:H7 in Apple Juice by a Combination of Nisin and Cinnamon. *Journal of Food Protection*, **67** (2): 371–377.

Josep Yuste, J., Capellas, M., Fung, D.Y.C. ve Mor-Mur, M, 2004. Inactivation and sublethal injury of foodborne pathogens by high pressure processing: Evaluation with conventional media and thin agar layer method. *Food Research International*, **37**: 861–866.

Zhong, K., Hu, X., Zhao, G., Chen, F. ve Liao, X., 2005. Inactivation and conformational change of horseradish peroxidase induced by pulsed electric field. *Food Chemistry*, **92**: 473–479.

EKLER

EK A. DUYUSAL ANALİZ FORMLARI

ÇİĞ KOFTE KONTROLDEN FARKLILIK TESTİ				
Değerlendirme Formu				
İsim: _____ Tarih: _____				
Talimatlar				
1.Öncelikle kontrol olarak adlandırılan örneği değerlendirin.				
2. Ardından 3 farklı rakamla kodlanmış örnekleri değerlendirin.				
3. Her örnek ile kontrol arasındaki duyuşal farklılığı değerlendirmek için aşağıdaki 4'lük skalayı kullanın.				
4.Farklılığın boyutunu değerlendirmek için skaladan işaretleyin. (0=Fark Yok 2=Farklı 4=Çok Farklı)				
5.Dokuyu değerlendirmesinde örneklerin yumuşaklık sertlik, kolay dağılma-kıvrım gibi özelliklerini karşılaştırınız.				
6.Farklı bulduğunuz ürünlerde, farklılığın boyutunu değerlendirmenin yanı sıra sağdaki sıralardan birini işaretleyerek farklılığın olumlu muyoksa olumsuz yönde mi olduğunu belirtiniz.(Mesela, örneğin kokusu kontrolden farklı ve daha iyi ise ☺, daha kötü ise ☹ işaretleyiniz.)				
	KOKU	RENK	DOKU	GENEL
Kontrol vs 186	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹
Kontrol vs 312	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹
Kontrol vs 567	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹	0 1 2 3 4 ☺☹
ÖRNEKLERİN BAZILARININ KONTROL İLE AYNI OLABİLECEĞİNİ UNUTMAYINIZ.				
YORUMLAR: _____				

Şekil A.1. Kontrolden farklılık testi için kullanılan formlardan bir örnek.

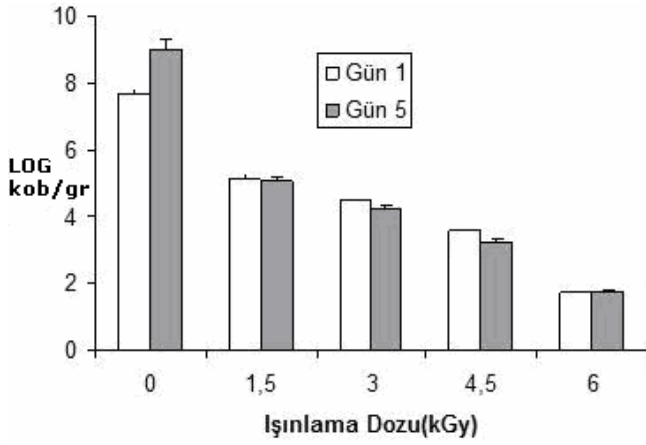
ÇİĞ KÖFTE ÜÇGEN TEST			
Tarih :			
Panelist :			
Önünüzde 3 adet kodlanmış çiğ köfte örneği bulunmaktadır; örneklerden ikisi aynı, birisi farklıdır. Koku, renk, doku gibi kriterleri göz önüne alarak diğerlerinden farklı olduğunu düşündüğünüz örneği daire içine alınız.			
Fark bulamasanız da birini seçmeniz gerekmektedir. Teşekkürler.			
642	123	764	
Fark sizce ne yönde? ☺ Olumlu ☹ Olumsuz O Nötr			
Ne açıdan farklı? _____			

Şekil A.2. Üçgen testte kullanılan formlardan bir örnek.

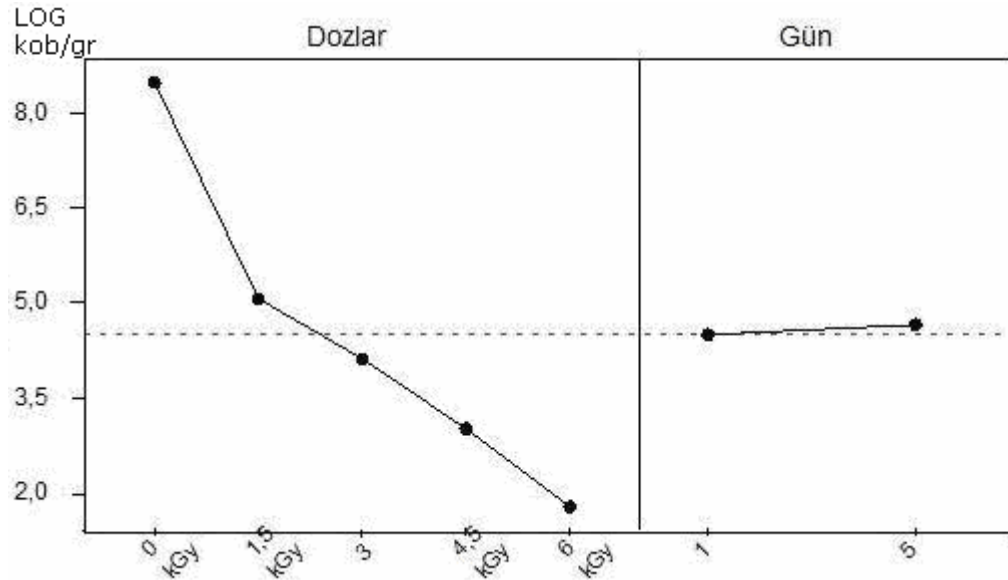
EK B. ÖN DENEMEDE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Tablo B.1. Ön denemede ışınlanmış/ışınlanmamış numuneler arasındaki farklı olumlu bulanların oranı.

Kriter Doz	Koku		Doku		Renk		Genel	
	1. Gün	5. Gün	1. Gün	5. Gün	1. Gün	5. Gün	1. Gün	5. Gün
0 kGy	% 61	%40	%53	%36	%45	%36	%47	%31
1,5 kGy	%58	%70	%31	%69	%54	%60	%44	%69
3 kGy	%36	%68	%33	%44	%55	%50	%33	%50
4,5 kGy	%35	%79	%33	%35	%55	%46	%37	%50
6 kGy	%22	%65	%26	%44	%45	%33	%23	%47



Şekil B.1. 0-6 kGy dozlarında ışınlamanın çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına etkisi (Ön deneme sonuçları).



Şekil B.2. Gün ve doz değişkenlerinin, 0-6 kGy dozlarında ışınlanmış çiğ köftelerin soğuk depolama süresince TAB sayımlarına ortalama etkisi (Ön deneme sonuçları).

EK C. ÇİĞ KÖFTE FORMÜLASYONLARI

Tablo C.1. Çeşitli kaynaklardan temin edilen çiğ köfte formülasyonları. (Kaynaklara ulaşılan tarih: 10.12.2004).

Et (kıyma)	Bulgur	Kırmızı Biber	Kimyon	Karabiber	Soğan	Salça	Tuz	Ekstra	Kaynak
500 gr (beklememi ş,sinirsiz)	1,5-2 su bardağı	3-4 çay kaşığı	1 çay kaşığı	2 çay kaşığı	1 adet	1 çorba kaşığı, biber salçası	2 çay kaşığı	-	www.yemekvakti.com
500 gr yağsız dana (Yağı ve sinirleri ayıklanmış)	500 gr köftelik ince	1 silme çorba kaşığı	1 silme çorba kaşığı	2 çay kaşığı	2 adet orta boy	1 çorba kaşığı biber, 1 yemek kaşığı domates	2 çay kaşığı	1 demet maydanoz	www.yemeklerimiz.com
250 gr. tamamen yağsız dana, 3 kez çekilmiş	2 su bardağı	Miktar belirtilmemiş.	Miktar belirtilmemiş.	Miktar belirtilmemiş.	100 gr., (1 orta boy),	1 Çorba kaşığı	Miktar belirtilmemiş.	-	www.hekimce.com
250 gr. doğulmuş yağsız kara	2 su bardağı köftelik	6 yemek kaşığı kuru isot,	YOK	“Biraz”	1 kuru soğan	bir tatlı kaşığı	1 tatlı kaşığı	bir tutam tarçın, bir demet yeşil soğan, 1 demet maydanoz	www.vahdet.com.tr
500gr.sinirsiz	2 su bardağı ince	4 çay kaşığı	2 çay kaşığı	Miktar belirtilmemiş.	1 adet	1 çorba kaşığı biber	2 çaykaşığı	10 ad.taze soğan 1 demet maydanoz 5 çay kaşığı sumak yarım fincan sıvıyağ 1 limon	www.sohbetci.com
500 gr	6 su bardağı	2 su bardağı yaprak biber	1 tatlı kaşığı	1 tatlı kaşığı	1 küçük baş	1 yemek kaşığı biber, 1/2 yemek kaşığı domates	Miktar belirtilmemiş	2 diş sarımsak 1 demet maydanoz, yeterince yeşil soğan	http://www.kadinlarkulubu.com/modules.php?name=News&new_topic=17

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul’da doğdu. 1997 yılında Tekirdağ Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini tamamlayarak aynı yıl, aynı bölümde yüksek lisans eğitime başladı, aynı zamanda bölüme araştırma görevlisi olarak atandı. Halen görevine devam etmektedir.