

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEME VE IŞINLAMANIN
PIŞIRMEYE HAZIR KÖFTELERİN MİKROBİYAL KALİTESİ VE
GÜVENLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Neriman YILMAZ**

Anabilim Dalı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2008

**MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEME VE IŞINLAMANIN
PIŞIRMEYE HAZIR KÖFTELERİN MİKROBİYAL KALİTESİ VE
GÜVENLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Neriman YILMAZ
506051506**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 18 Aralık 2007

Tezin Savunulduğu Tarih: 28 Ocak 2008

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gürbüz GÜNEŞ

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Necla ARAN (İ.T.Ü.)

Yrd.Doç.Dr. Ramazan KIZIL (İ.T.Ü.)

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Kullanıma ve tüketime hazır gıdalara olan tüketici taleplerinde tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli artışlar olmuştur. Bu ürün kategorisinde pişirmeye hazır ve yarı pişmiş et ürünleri önemli bir yer tutmaktadır. Buna benzer ürünler mikroorganizmalar için ideal bir ortam oluşturmakta ve bu ürünlerde bazı patojenik mikroorganizmalar (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*) büyük risk teşkil etmektedir. Bu ve benzeri et ürünlerinden son zamanlarda çok sayıda gıda kaynaklı enfeksiyon vakaları ortaya çıkmıştır. Ayrıca kullanıma hazır et ürünlerinin raf ömürleri mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalardan dolayı oldukça kısadır. Dolayısıyla bu gıdalar için uygun muhafaza tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu tez çalışmasında, farklı atmosfer koşullarında paketlemenin ve farklı dozlarda gama ışını uygulamasının pişirmeye hazır köftelerin mikrobiyolojik kalitesi ve güvenliği üzerinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir.

Tez çalışmasının tüm aşamalarında desteği ve katkısını esirgemeyen ihtiyaç duyduğum her an bana zaman ayıran danışmanım Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli yardımlarından dolayı Prof. Dr. Necla ARAN'a teşekkürü borç bilirim. Laboratuvar çalışmalarına özverili katkılarından dolayı Ar. Gör. Harika Çankaya' ya, Ar. Gör. Funda Karbancıoğlu Güler' e ve Levent Dinçer' e teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hayata geçmesine imkan sağlayan Gamma-Pak Işınlama Tesisi Genel Müdürü Dr. Hasan Alkan' a ve firmanın tüm çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma; TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenen 105 O 152 No' lu proje kapsamında gerçekleşmiştir. Ayrıca İ.T.Ü. Araştırma Fon Saymanlığı tarafından destek sağlanmıştır. Paketleme materyallerini temin etmemizi sağlayan Koroza Ambalaj San. Ve Tic. A.Ş.'e teşekkür ederim.

Tezin ve eğitim hayatımın tüm aşamasında maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan anneme, babama, kardeşime, Prof. Dr. İlhan AVCI' ya ve bu çalışma süresince yanımda olup manevi desteğini benden esirgemeyen Aylin Öztürk'e şükranlarımı sunarım.

OCAK, 2008.

Neriman YILMAZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Tüketime Hazır Et Ürünleri	3
2.2. Tüketime Hazır Et Ürünlerideki Potansiyel Riskler	4
2.2.1. <i>Escherichia coli</i> O157:H7	4
2.2.2. <i>Salmonella</i> spp.	5
2.2.3. <i>Listeria monocytogenes</i>	6
2.3. Hasarlı patojenlerin sayımı için geliştirilen yöntemler	7
2.3.1 Thin Agar Layer (İnce Agar Tabakası) yöntemi	8
2.4. Tüketime Hazır Et Ürünlerinde Mikrobiyal Güvenliğin Sağlanması	9
2.4.1. Gıdaların gama ışınları ile ısınlaması	9
2.4.1.1. Işınlama kaynakları	14
2.4.1.2. Işınlama uygulamalarının amaçları uygulamaya etki eden faktörler	15
2.4.1.3. Et ve et ürünlerinin mikroflorası üzerine ısınlamanın etkileri	16
2.4.1.4. Et ve et ürünlerinde halk sağlığını ilgilendiren patojenler üzerine ısınlamanın etkileri	17
2.4.1.5. Tüketicinin ısınlanmış gıdaya bakış açısı	19
2.4.2. Modifiye atmosferde paketleme	21
2.4.2.1. Modifiye atmosferde paketlemede kullanılan gazlar	23
2.4.2.2. Modifiye atmosfer paketlemenin kırmızı et ve tavuk ürünlerindeki patojenler üzerine etkileri	24
2.4.3. Işınlama ve modifiye atmosferde paketlemenin birlikte kullanımının et ürünleri üzerine etkileri	26
3. MATERYAL VE METOD	28
3.1. Materyal	28
3.1.1. Malzemeler	28
3.1.2. Ambalaj materyali	28
3.2. Metotlar	28
3.2.1. Köftenin hazırlanması	29
3.2.2. Patojenlerin hazırlanması ve köfteler inokülasyonu	30
3.2.3. Paketleme	31
3.2.4. Işınlama	31
3.2.5. Depolama	32
3.2.6. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı	32

3.2.7. Thin agar layer (TAL) besiyerlerinin hazırlanması ve patojen bakterilerin sayımı	33
3.2.8. İstatistiksel analizler	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	36
4.1. Işınlama Dozu ve Paket İçi O ₂ ve CO ₂ Konsatrasyonlarının Köftelerde Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri	36
4.1.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sonuçları	37
4.1.2. <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayımı sonuçları	40
4.1.3. <i>Salmonella enteritidis</i> sayımı sonuçları	42
4.1.4. <i>Listeria monocytogenes</i> sayımı sonuçları	44
4.2. Işınlama (0-3 kGy) ve Modifiye Atmosferde Paketlemenin (%3 O ₂ + %50CO ₂ +%47 N ₂) Köftelerde Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri	48
4.2.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sonuçları	48
4.2.2. <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayımı sonuçları	50
4.2.3. <i>Salmonella enteritidis</i> sayımı sonuçları	51
4.2.4. <i>Listeria monocytogenes</i> sayımı sonuçları	52
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	56
EKLER	69
ÖZGEÇMİŞ	72

KISALTMALAR

ATCC	: The American Type Culture Collection
BCIG	: 5-bromo-4chloro-3indolyl- β -D-glucuronide
Co⁶⁰	: Kobalt-60
Cs¹³⁷	: Sezyum-137
CT	: Cefixime Tellurit
EHEC	: Enterohemorajik <i>Escherichia coli</i>
FAO	: Food and Agricultural Organization
FDA	: Food and Drugs Administration
HUS	: Hemolitik Üremik Sendrom
IAEA	: Uluslararası Atomik Enerji Ajansı
kGy	: kiloGray (Işınlama birimi)
Kob	: Koloni oluşturan birim
MAP	: Modifiye Atmosfer Paketleme
SMAC	: Sorbitol MacConkey Agar
TAEK	: Türkiye Atom Enerji Kurumu
TAL	: Thin Agar Layer (İnce Agar Tabakası)
TAMB	: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
TSA	: Tryptic Soy Agar
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
TTP	: Trombotik-Trombositopenik Purpura
USDA	: United States Department of Agriculture
XLD	: Xylose Lysine Deoxycholate

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1:	Avrupa Birliğine üye ülkelerde 2005 yılında meydana gelmiş çeşitli et ürünlerinin sebep olduğu salmonellosis vakalarının kaynakları ve bu salgından etkilenen insan sayısı (Nørrung ve Buncic, 2008)	6
Tablo 2.2:	A.B.D 'de FDA tarafından izin verilen ışınlama dozları (Olson, 1998).....	10
Tablo 2.3:	İşinlanmanın onaylandığı ülkelerden bazıları ve onaylanan ürün sayısı (Kaeri, 2002).....	12
Tablo 2.4:	Türk Gıda Kodeksi Işınlama Yönetmeliği'ne göre gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Anonim, 2002).....	13
Tablo 3.1:	Köftelerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve miktarları ...	30
Tablo 4.1:	Farklı dozlarda işinlanmış paketlerin depolama boyunca ortalama % O ₂ ve % CO ₂ konsantrasyonları.....	37
Tablo 4.2:	Farklı dozlarda işinlanmış paketlerin depolama boyunca ortalama % O ₂ ve % CO ₂ konsantrasyonları	48
Tablo 4.3:	Aerobik ve MAP koşullarında işinlanmış köftelerdeki mikroorganizmaların D ₁₀ .değerleri.....	54
Tablo A.1:	2 ve 4 kGy dozla işinlanan örneklerin dozimetre sonuçları.....	69
Tablo A.2:	0,75 ve 1,5 kGy dozla işinlanan örneklerin dozimetre sonuçları....	70
Tablo A.3:	3 kGy dozla işinlanan örneklerin dozimetre sonuçları.....	71

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Işınlanmış gıdayı ifade eden “radura” sembolü.....	11
Şekil 4.1 : Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki TAMB sayısı üzerine etkisi.....	39
Şekil 4.2 : Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayısı üzerine etkisi.....	41
Şekil 4.3 : Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki <i>Salmonella enteritidis</i> sayısı üzerine etkisi.....	43
Şekil 4.4 : Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı üzerine etkisi.....	45
Şekil 4.5 : Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 °C’de depolama sırasında TAMB sayısı üzerine etkileri	49
Şekil 4.6 : Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 °C’de depolama sırasında <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayısı üzerine etkileri.....	51
Şekil 4.7 : Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 °C’de depolama sırasında <i>Salmonella enteritidis</i> sayısı üzerine etkileri....	52
Şekil 4.8 : Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 °C’de depolama sırasında <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı üzerine etkileri.....	53

MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEME VE IŞINLAMANIN PİŞİRMeye HAZIR KÖFTELERİN MİKROBİYAL KALİTESİ VE GÜVENLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZET

Kullanıma ve tüketime hazır gıdalara olan tüketici taleplerinde tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli artışlar olmuştur. Bu ürün kategorisinde pişirmeye hazır köfte çeşitleri önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, bu ürünler mikroorganizmalar için ideal bir ortam oluşturmakta ve bu ürünlerde bazı patojenik mikroorganizmalar (*E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) büyük risk teşkil etmektedir. Bu ve benzeri et ürünlerinden son zamanlarda çok sayıda gıda kaynaklı enfeksiyon vakaları ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla bu gıdalar için mikrobiyal güvenliği sağlayacak uygun muhafaza tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada iki farklı deney planı tasarlanmıştır. İlk çalışmada laboratuvar ortamında hazırlanan köfteler farklı O₂ ve CO₂ kombinasyonları içeren gaz karışımlarıyla (%O₂+%CO₂ olarak: 0+0, 0+50, 5+0, 5+50, 21+0, 21+50) paketlenerek 0, 2 ve 4 kGy dozlarda Co⁶⁰ ile ışınlanmıştır. İkinci çalışmada; laboratuvar ortamında hazırlanan köfteler hava atmosferi ve % 3 O₂ + % 50 CO₂ ile paketlenerek 0, 0,75, 1,5 ve 3 kGy dozlarda ışınlanmıştır. Her iki denemede de örneklerle toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* sayımları yapılmıştır.

İlk denemede; ışınlama patojenler üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır. *S. enteritidis*, *L. monocytogenes* sayısı 4 kGy dozda ışınlamayla tespit sınırının (<10² kob/g) altına inmiştir ve depolama süresince bu sınırın altında kalmıştır. *E. coli* O157:H7'nin ışınlamaya karşı daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir: 2 kGy dozda ışınlama patojen sayısını tespit sınırının (<10² kob/g) altına indirmiş ve 2-hafta depolama süresince patojen sayısı bu sınırın altında kalmıştır. Elde edilen verilerden *L. monocytogenes* ve *S. enteritidis*'in D₁₀-değerleri sırasıyla 0,46 kGy ve 0,51 kGy olarak hesaplanmıştır. *E. coli* O157:H7 için D₁₀-değerinin 0.33 kGy veya daha düşük olabileceği bulunmuştur.

Her üç patojeninde oksijen içeren ambalajlarda ışınlamaya karşı daha duyarlı oldukları görülmüştür. Yüksek oksijen içeren ambalajlardaki inaktivasyon miktarı daha fazla olmuştur. Bunun yanında CO₂'nin ışınlamanın öldürücülüğü üzerine herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir. Ancak yüksek CO₂ patojenlerin depolama sırasında toparlanmasını ve çoğalmasını yavaşlatmıştır. Depolama sırasında zamana bağlı olarak *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes* sayısında artış görülmüştür. Depolama süresi boyunca en düşük patojen sayımı %21 O₂+%50 CO₂ ile ambalajlanan örneklerde gözlenmiştir.

İkinci denemede; ışınlama patojenler ve TAMB üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır. *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* 3 kGy dozda ışınlamayla, *E.coli* O157:H7 ise 1,5 kGy doz ile ışınlamayla tespit sınırının (<10² kob/g) altına inmiş ve

depolama süresince bu sınırın altında kalmıştır. Her üç patojenin ve TAMB' nin hava atmosferi ile paketlenen ambalajlarda ışınlamaya karşı daha duyarlı olduğu ve inaktivasyon miktarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun yanında CO₂'nin ışınlamanın öldürücülüğü üzerine herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir. Depolama sırasında zamana bağlı olarak mikroorganizma sayılarında artış olmuştur. Elde edilen verilerden TAMB, *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* için D₁₀-değerleri hava atmosferi ile paketlenen örneklerde sırasıyla; 0,70, 0,22, 0,39 ve 0,39 kGy, MAP örneklerde sırasıyla; 0,72, 0,24, 0,43 ve 0,41 kGy olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak pişirmeye hazır köftelerde potansiyel patojen riski 3 kGy doza kadar ışılamayla önemli ölçüde ortadan kaldırılabilmektedir. Hava atmosferli paketlerde ışınlama patojen inaktivasyonunu az da olsa artırmıştır. Ancak hava atmosferli paketler ürün kalitesini olumsuz etkileyebileceğinden optimum ışınlama dozu ve paketlenme koşulları mikrobiyal ve organoleptik kalite kriterlerinin değerlendirilmesiyle belirlenmelidir. Sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında; modifiye atmosferde paketlenme ve ışınlamanın birlikte kullanımı pişirmeye hazır köftelerin mikrobiyal kalite ve güvenliğinin sağladığı gözlenmiştir.

EFFECT OF DIFFERENT MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING AND IRRADIATION ON MICROBIAL QUALITY AND SAFETY OF READY-TO-COOK MEATBALLS

SUMMARY

There has been a significant increase in consumer demand for minimally processed ready-to-cook and ready-to-eat food products throughout the World. Among these food products, ready-to-cook or partially cooked meat products such as meatballs with various spices are very popular. However, these types of products present an ideal environment for growth of microorganisms, and potential pathogens including *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* in these products pose great risks for foodborne diseases. Therefore, effective food preservation techniques to assure microbial safety of the products need to be developed. The objective of this study was to investigate the effects of different modified atmosphere packaging conditions and irradiation on survival of *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis*, and *L. monocytogenes* in ready-to-cook refrigerated meatballs during storage.

Two experiment steps were designed in this research. For the first experiment pathogen inoculated meatballs were packaged in gas mixtures of different O₂ and CO₂ (%O₂+%CO₂ in the packages were: 0+0, 0+50, 5+0, 5+50, 21+0, 21+50), and irradiated with Co⁶⁰ at 2 and 4 kGy doses. For the second experiment, meatballs were packaged with aerobic and MAP (%3 O₂+%50 CO₂) atmospheres and irradiated at 0.75, 1.5 and 3 kGy and stored at 4 °C during storage periods. Total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) count, *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis*, and *L. monocytogenes* counts were periodically enumerated in samples during storage.

In the first experiment; irradiation at 4 kGy inactivated all the pathogens: their counts dropped below the detection limit ($>10^2$ cfu/g) in the samples. It was observed that *E. coli* O157:H7 was more sensitive to irradiation than other pathogens and even 2 kGy dose was enough to decrease the *E. coli* O157:H7 count below the detection limit during storage. D₁₀-values were 0.46 kGy and 0.51 kGy for *L. monocytogenes* and *S. enteritidis*, respectively. D₁₀-value for *E. coli* O157:H7 was 0.33 kGy or lower. Results indicate that pathogen microorganisms were much more sensitive to gamma irradiation in the presence of oxygen. Inactivation of pathogens was much more in packages containing higher concentration of O₂. Although CO₂ had no effects on irradiation-induced inactivation of pathogens it inhibited recovery and multiplication of the pathogens in the irradiated samples. The number of *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* in the product increased during storage. The least number of pathogen was found in samples packaged in gas mixture containing 21% O₂+50% CO₂.

In the second experiments; irradiation was significantly inactivated both pathogens and TAMB. 3 kGy dose was enough to decrease the *S. enteritidis* ve

L.monocytogenes counts and 1.5 kGy was enough to decrease the *E.coli* O157:H7 count below the detection limit ($<10^2$ kob/g) during storage. Results indicate that pathogen microorganisms and TAMB were much more sensitive to gamma irradiation in the presence of oxygen. Inactivation of pathogens was much more in packages containing higher concentration of O₂. However; CO₂ had no effects on irradiation-induced inactivation of pathogens, it inhibited recovery and multiplication of the pathogens in the irradiated samples. The pathogen microorganisms and TAMB counts were significantly increased during storage. D₁₀-values for TAMB, *E.coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* in aerobic conditions were; 0.70, 0.22, 0.39 ve 0.39 kGy and in MAP conditions were; 0.72, 0.24, 0.43 ve 0.41 kGy, respectively.

In conclusion, the safety risk due to the potential pathogens in ready-to-cook meatballs can be significantly eliminated by irradiation up to 4 kGy doses. Aerobic packaging increased irradiation-induced inactivation of the pathogens, but high O₂ in packages may result in quality degradations in the products. Thus, the optimum irradiation dose and modified atmosphere packaging conditions must be determined by considering both the microbial safety and organoleptic quality of the product. The comparison of the results with the literature; it was observed that the combine use of modified atmosphere packaging and irradiation provide the microbial safety and quality of ready-to-cook meatballs.

1. GİRİŞ

Özellikle son yıllarda gıda kaynaklı zehirlenme ve enfeksiyonlarda büyük artış görülmesinin ardından birçok gelişmiş ülkeler (AB ve ABD) gıda güvenliği ve kalitesi alanlarındaki araştırmalara büyük yatırımlar yapmaktadırlar. Tüketicilerin yaşam biçimlerindeki değişiklikler (hızlı iş temposu, tüm aile fertlerinin çalışması, yemek hazırlama zamanının azalması vs) sonucu kullanıma veya tüketime hazır gıdalara yönelik taleplerde önemli artışlar olmuştur (Lee ve diğ., 2005; Wilcock ve diğ., 2004). Tüketicilerin gıdaların besleyici ve duyuşal özelliklerine ilişkin beklentilerin de artması yeni gıda isleme ve muhafaza metotları ve bu metotların 'hurdle' yaklaşımı ile beraber kullanımı konusundaki araştırmaları hızlandırmıştır (Leistner ve Gorris, 1995).

Tüketime hazır et ürünlerinin raf ömürleri mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalardan dolayı oldukça kısadır. Ayrıca bu ürünler mikroorganizmalar için ideal bir ortam oluşturmakta ve bu ürünlerde bazı patojenik mikroorganizmalar (*E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) büyük risk teşkil etmektedir. Bu ve benzeri et ürünlerinden son zamanlarda çok sayıda gıda kaynaklı enfeksiyon vakaları ortaya çıkmıştır (Padhye ve Doyle, 1992; Cowden ve diğ., 2003; Frye ve diğ., 2002). Gerek katkı maddesi içermeyen gıdalara yönelik eğilimler, gerekse soğuk zincir uygulamasında sık karşılaşılan problemler sonucu ürünün yüksek sıcaklıklara maruz kalması sebeplerinden dolayı bu ürünlerin sağlıklı bir şekilde pazarlanabilmesi için gerekli raf ömür sağlanamamakta ve ürün mikrobiyal güvenlik açısından riskler taşımaktadır. Dolayısıyla bu gıdalar için uygun muhafaza tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Modifiye atmosferde paketlenme (MAP) ve ışınlamanın kombine kullanılması gıdalarda çeşitli mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmaları önlediğı bir çok çalışmada ortaya konmuştur (Lee ve diğ.,1996; Thakur ve Singh, 1995; Lee ve diğ., 2005). Bu iki tekniğın beraber kullanımı ve düşük sıcaklıkta (3-7°C) depolama ile pişirilmemiş hazır köftelerin kimyasal katkı maddesi içirmeden uzun süre güvenli bir şekilde tüketicilere sunulabileceğı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, pişirmeye hazır köftelerin kimyasal koruyucu kullanmadan ışınlama ve modifiye atmosfer paketlemeyi kombine kullanarak mikrobiyal kalite ve güvenliğini sağlamaktır. Bu çalışmada farklı % O₂ (% 0-21) ve % CO₂ (%0-100) konsantrasyonlarında paketleme ve farklı dozlarda (0-4 kGy) gama ışınlamasının soğukta depolanan pişirmeye hazır köftelerde potansiyel risk oluşturan *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* ve *Listeria monocytogenes*' in canlılığı ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine birlikte etkileri araştırılarak optimum ışınlama dozu ve paketleme koşulunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Tüketime Hazır Et Ürünleri

Tüketicilerin yemek alışkanlıklarının değişmesine bağlı olarak, gelişmiş ve gelişmekte olan toplumlarda hamburger, çiğ sucuklar ve taze kıymadan hazırlanan yarı-hazır et ürünlerinin tüketimi büyük ölçüde artış göstermektedir (Romans ve diğ., 1985; Southerland ve Varmen, 1985). Günümüzde, taze ve kolay tüketilebilir gıda maddelerine büyük bir talep vardır. Ülkemizde kullanıma hazır et ürünleri kategorisinde pişirmeye hazır veya yarı pişmiş tavuk, hindi ve dana etinden yapılmış döner, köfte, kebab çeşitleri yer almaktadır. Bunların arasında her yöreye özgü değişik formülasyonlarda pişirmeye hazır köfteler (İnegöl, Akçaabat, Tire, v.b) önemli bir yer tutmaktadır. Hazır köfteler en çok tercih edilenler arasında yer almaktadır. Köfte genel olarak taze kıymadan ve köfte hamuruna değişik şekiller verilerek hazırlanan ve çoğunlukla ızgara türü pişirilmeye tüketilen bir et türüdür (TSE, 1992). Ülkemizde üretilen etin yaklaşık %11'i et ürünleri şeklinde tüketilmektedir (Arşan, 1997). Türkiye'de hazır köfte üretimi yapan büyüklü küçüklü pek çok firma bulunmaktadır ve bu ürünler süper marketlerde satışa sunulmaktadır. Ülkemizde üretilen pişirmeye hazır köfte ve benzeri ürünler üzerinde yapılan çalışmalar köftelerin mikrobiyolojik kalitelerinin düşük olduğu ve bazılarının patojen mikroorganizma içerdiğini göstermiştir (Ertaş ve diğ., 1991; Yılmaz, 1994; İçgöz ve diğ., 1996). Ankara'da tüketilen hamburgerlerin, İnegöl köftelerinin ve Bursa'da tüketilen çiğ ve pişmiş ızgara köftelerin mikrobiyolojik kalitesi üzerine yapılan çalışmalarda, bu ürünlerin halk sağlığı açısından hiç de istenilen düzeylerde olmadığı sonuçları elde edilmiştir (Kaymaz, 1987; Sarımehtetoğlu ve diğ., 1998; Soyutemiz ve Anar , 1993).

2.2 Tüketime Hazır Et Ürünlerindeki Potansiyel Riskler

Köfte gibi et ürünlerinin kalitesini kullanılan kıyma ve diğer katkı maddelerinin niteliği belirlemektedir (Board., 1983). Bilindiği üzere kıyma bakterilerin gelişmesi için oldukça iyi bir ortamdır. Ancak bu tip ürünler çiğ olarak pazarlandıklarından muhafaza sırasında kolayca bozulmaktadırlar. Aynı zamanda, değişik kaynaklardan bulaşan *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* ve *Listeria monocytogenes* başta olmak üzere pek çok patojen mikroorganizmayı barındırabildiklerinden tüketici sağlığı açısından risk oluşturmaktadırlar.

2.2.1 *Escherichia coli* O157:H7

Escherichia coli O157:H7, *Enterobacteriaceae* familyası üye olup, Gram negatif, çubuk şeklinde ve fakültatif anaerobtur (Doyle ve Cliver, 1990). *E. coli*'lerin 100'den fazla suşu olmasına rağmen *E. coli* O157:H7 (VTEC O157) suşu enterohemorajik *E. coli* (EHEC) grubunda sıklıkla rastlanılan ve en çok zehirlenmeye neden olan serotiplerden biri olarak kabul edilmekte, sığır (dana) ve koyun önemli rezervuar olarak gösterilmektedir (Chapman ve diğ., 1996; Chapman ve diğ., 1997).

Birçok ülkede (Arjantin, Avustralya, Belçika, Danimarka, Almanya, İsviçre, İsrail, Güney Afrika ve İtalya), *E. coli* O157:H7 ile kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi sonucu ortaya çıkan çok sayıda gıda zehirlenmesi bildirilmiştir (Sharp ve diğ., 1994; WHO, 1997). *E. coli* O157:H7, ABD'de her yıl 16.000 kişinin hastalanmasına ve 900 kişinin ölümüne ve yaklaşık 200-600 milyon dolar ekonomik zarara neden olmaktadır (Buzby ve diğ., 1996). İngiltere'de sadece 1996 yılında 506 vakaya (Reilly, 1997), İskoçya'da 1990-1996 yılları arasında 700 kişinin hastalanmasına (Cowden, 1997), Japonya'da da 7000 okul çağındaki çocuğun zehirlenmesine neden olmuştur (Watanabe ve diğ., 1996).

Etken, vücuda alındıktan sonra inkübasyon periyodu 3-8 gün arasında değişmekte ve genellikle krampla seyreden karın ağrısı, kusma, mide bulantısı, gastroenteritis, ishal, kanlı ishal ve hemorajik kolit gibi klinik semptomlara neden olmaktadır (Chapman, 2000). Bunlardan hemorajik kolit, yaklaşık 5-10 gün sonra ilerleyerek hemolitik üremik sendroma (HUS) dönüşebilmekte, bu da şiddetli anemi ve böbrek yetmezliği ile komplike olabilmektedir (Eillen ve diğ., 2001; Weagant ve diğ., 1995). EHEC, ayrıca Trombotik-trombositopenik purpura (TTP)'ya neden olmakta, özellikle yaşlı

bireylerde beyin trombozlarına neden olarak ölüm şekillendirmekte ve letalite'yi arttırmaktadır (Doyle, 1991).

E. coli O157:H7'nin insanlara bulaşmasında en önemli yol, kontamine gıdalardır. Bunlar içerisinde de hayvansal gıdalar başta gelir. Nitekim, ilk *E. coli* O157:H7 ile meydana gelen gıda zehirlenmesine, az pişmiş hamburger etinin neden olduğu bildirilmiştir (Riley ve diğ., 1983). Bir çok araştırmacı tarafından, iyi pişmemiş sığır eti ve et ürünlerinin ölüm ile sonuçlanabilen yaygın gıda zehirlenmelerine neden olduğu da rapor edilmiştir (Boyce ve diğ., 1995; Sharp ve diğ., 1994; Watanable ve diğ., 1996; WHO, 1997). Çeşitli ülkelerde ve ülkemizde yapılan araştırmalar ile kıyma ve benzeri ürünlerde, *E. coli* O 157:H7'nin varlığı ortaya konulmuştur (Chapman ve diğ., 1996; Chapman, 2000; Coia ve diğ., 2001; Fantelli ve Stephan, 2001; Vernanzy-Rozand, 1997; Willshaw, 1994; Aksu ve diğ., 1999; Aslantaş ve Yıldız, 2002; Cebiroğlu ve Uğur, 1999; Sarımeahmetoğlu ve diğ., 1998).

2.2.2 *Salmonella* spp.

Salmonella, *Enterobacteriaceae* familyası üyesi olup, Gram negatif ve çubuk şeklindedir. Fakültatif anaerobik, spor oluşturmayan ve *S. Gallinarum* ve *S. Pullorum* hariç olmak üzere hareketli bir bakteridir. *Salmonella'* nın içinde yalnız insanlarda, yalnız hayvanlarda ve hem insanlarda ve hem de hayvanlarda hastalık yapan 2400 serotipi bulunmaktadır. *Salmonella* gelişiminin tam olarak inhibisyonu; pH<3,8, 7 C'den düşük sıcaklıklarda depolama veya su aktivitesinin 0,94 'ten küçük olduğu durumlarda gerçekleşir. *Salmonella* pişirme ve süt (71,7 C, 15 saniye) ve meyve suyunun (70-74 C, ≤ 20 saniye) pastörizasyonu ile elimine edilmektedir (Gray ve Fedorka-Cray, 2002). Klasik bir gıda enfeksiyonu olarak bilinen Salmonellosis etmeni *Salmonella'* ların gıda mikrobiyolojisindeki önemleri büyüktür. *Salmonella'*ların neden olduğu gastroenterit de ölümle sonuçlanabilir. Mikrobiyal gıda zehirlenmeleri arasında dünyada en çok görülen hastalıklardan biri olan salmonellosisin sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda 2-4 milyon kadar vakaya neden olduğu ve hastalık sayısının giderek arttığı tahmin edilmektedir. Gıda maddelerinde çok düşük düzeyde *Salmonella* bulunsan bile bunlar riskli kabul edilir. Dolayısıyla gıda maddeleri, içme ve kullanma sularında *Salmonella* bulunmasına izin verilmez. *Salmonella'*nın en çok bulunduğu gıdaların başında hayvansal ürünler gelir. Bunlar arasında kümes hayvanları eti, kıyma, sosisler, yumurta ürünleri, su

ürünleri, dondurma, süttozu ve krema *Salmonella* açısından önemli gıdalardır. Bunların yanında çeşitli soslar ve salatalar, pudingler, diğer süt ürünleri de *Salmonella* riski taşıyan gıdalardır. Hammadde, işleme teknolojisi, depolama ve pazarlama koşulları *Salmonella* riskinin büyümesine neden olmaktadır (Anderson, ve Ziprin, 2001). Tablo 2.1’de Avrupa Birliğine üye ülkelerde 2005 yılında meydana gelmiş çeşitli et ürünlerinin sebep olduğu Salmonellosis vakalarının kaynakları ve bu salgından etkilenen insan sayısı gösterilmektedir.

Tablo 2.1: Avrupa Birliğine üye ülkelerde 2005 yılında meydana gelmiş çeşitli et ürünlerinin sebep olduğu salmonellosis vakalarının kaynakları ve bu salgından etkilenen insan sayısı (Nørrung ve Buncic, 2008)

Kaynaklar	2005 yılında salgından etkilenen insan sayısı ^a (%)
Et	
Tavuk eti	2,7
Domuz eti	1,5
Sığır eti	0,3
Yumurta ve yumurta kaynaklı	11
Diğer (Bilinmeyen, deniz ürünleri, meyve, sebze, vb.)	75

^a: Toplam 25,760 kişi.

2.2.3 *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes, insan ve hayvanlarda değişik enfeksiyonlar meydana getiren, Gram pozitif çubuk şeklinde, hareketli (18-26 °C’de), bir bakteridir. *Listeria* türleri çevrede, toprakta, suda, kötü kaliteli silajlarda yaygın olmasından dolayı buradan hayvanlara ve hayvanların dışkıları, kan ve sütleri ile tekrar çevreye bulaşmakta ve sonuçta iyi bir sanitasyonun uygulanmadığı durumlarda gıda maddelerinin üretimi, taşınması ve tüketimi sırasında ürünler kontamine olmaktadır. Kontamine gıdalarda çok az düzeyde bulunan *L. monocytogenes*, depolanma esnasında soğutma ortamında gelişip çoğalabilmektedir. A.B.D.’de listeriyoz olgularının %11’i bu şekildeki kontaminasyonla oluşan olgulardır (Pinner ve diğ., 1992). Listeriozis ender rastlanan bir hastalık olmasına rağmen vakalarının % 30’nun ölümle sonuçlanması bakımından özel bir değer kazanmaktadır. Listeriozis özellikle son yıllarda bazı ülkelerde gıdalardan kaynaklanan ve ölümle sonuçlanan çok sayıda enfeksiyon vakasının ortaya çıkması nedeniyle dünya gıda endüstrisini yakından ilgilendiren önemli bir sorun haline gelmiştir. Bununla beraber araştırmalarda,

normal sağlıklı insanlarda düşük bir düzeyde olduğu, immunsupressif kişilerin, çocukların, yaşlıların, alkoliklerin ve hamile kadınların yüksek risk taşıdığı saptanmıştır (Farber ve diğ., 1996; ICMSF, 1994).

Gıdalardan kaynaklanan Listeriozis olaylarında öncelikle süt ve süt ürünleri sorumlu tutulmuşsa da yapılan çalışmalar et ve et ürünlerinin bu mikroorganizmalar ile daha çok kontamine olduğunu göstermiştir (Carpenter ve Harrison, 1989). *Listeria* türlerinin et ve et ürünlerinde bulunması ve gelişmesi ürünün çeşidine, doğal mikroflorasına, pH'sına ve kontaminasyon miktarına bağlıdır. En iyi gelişme pH 6 ve yukarısında olurken, pH 5 ve altında çok az ya da hiç gelişme olmaz. Ticari sterilizasyon uygulanan ve soğukta saklanan ürünler, *Listeria*'lar bakımından güvenilir ise de tüketime hazır ürünlerde sonraki aşamalarda oluşan kontaminasyonlar ile etkenin mutfığa ulaşması tehlike arz etmektedir (Harrison ve Carpenter, 1989; Hudson ve Mead, 1989). Ayrıca mikroorganizmaların buzdolabı sıcaklığında üremesinde önemlidir. Çiğ etler *L. monocytogenes*'in hayvanlardan insanlara geçişinde bir faktör olabilmektedir ve hastalık primer olarak gıdalardan kaynaklanmaktadır. Kıymalarda *Listeria* kontaminasyonu karkas ya da parça etlerden daha fazladır ve kontaminasyon bıçakla, bıçak sapları, diğer çalışma materyalleri ve çalışanlar aracılığıyla olmaktadır. Nitekim mezbaha ve çevresinin et ürünlerinin kontamine olmasında birinci kaynak olduğu bildirilmiştir (Johnson ve diğ., 1990). Farber ve ark. (1989), inceledikleri sığır kıymalarının % 77.3'ünde, dana kıymalarının % 100'ünde, tavukların % 56.3'ünde, fermente sucukların % 20'sinde *L. monocytogenes*'i identifiye etmişlerdir.. Ülkemizde Çiftçioğlu (1992) tarafından yapılan bir çalışmada, 100 kıyma, 100 tavuk ve 100 sucuk eti örneklerinde *Listeria* türleri araştırılmıştır. Kıyma örneklerinin % 11'inde *L. monocytogenes*, % 20'sinde *L. innocua*, % 1'inde *L. seeligeri* ve % 2'sinde de *L. ivonovii* olmak üzere örneklerin % 34'ünde *Listeria* türleri tesbit edilmiştir. İncelenen sucukların, % 2'sinde *L. monocytogenes*, % 8'inde *L. innocua* ve % 1'inde *L. seeligeri* olmak üzere % 11'inde, tavuk etlerinin, % 3'ünde *L. monocytogenes*, % 14'ünde *L. innocua* olmak üzere % 17'sinde *Listeria* türlerinin bulunduğunu bildirmiştir.

2.3 Hasarlı patojenlerin sayımı için geliştirilen yöntemler

Gıda işleme proseslerinin ardından mikroorganizma popülasyonunun bir kısmı ölümcül hasar görür ve ölürken, bir kısmı hasar görmeden varlığını sürdürür, bir kısmı ise hasar görmesine rağmen ölmez ve tekrar uygun koşullara kavuştuğunda

yaşamsal aktivitelerine devam edebilirler. Geleneksel yöntemler hasar gören mikroorganizmaları tespit etmekte yeterli değildir. Bu durumda hasarlı mikroorganizmaların sayılabileceği uygun yöntemler geliştirilmiştir. Bunların başlıcaları; Overlay ve Thin Agar Layer yöntemleridir.

Overlay yöntemi ilk 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 petriler inkübatörden çıkarılır ve üzerine seçici besiyeri (SMAC) ilave edilir. Petriler tekrar inkübatöre yerleştirilerek 20 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra sayımlar gerçekleştirilir (Han 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).

2.3.1 Thin Agar Layer (İnce Agar Tabakası) yöntemi

Thin agar layer (TAL) yöntemi hasar görmüş mikroorganizmaların da sayılabilmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir (Wu ve Fung, 2001). Bu yöntem, Kang ve Fung tarafından geliştirilmiş ve ilk olarak 1999 yılında ısı 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). *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* ve *E.coli* O157:H7 ile yapılan çalışmalarda, selektif besiyeri olarak SMAC, genel amaçlı besiyeri olarak TSA kullanılmıştır (Yuste ve Fung, 2004; Hajmeer ve diğ., 2001; Yuste ve diğ., 2002; Wu ve Fung, 2003; 2004).

2.4 Tüketime Hazır Et Ürünlerinde Mikrobiyal Kalite ve Güvenliğin Sağlanması

Kullanıma hazır et ürünlerinde bozulmalar kimyasal ve mikrobiyal yollarla gerçekleşmektedir. Kimyasal nitelikli bozulmada yağ oksidasyonu sonucu oluşan kötü koku ve tat önde gelmektedir. Ürünlerdeki mikrobiyal bozulmalar ürüne özgü doğal mikrofloradan ve proses esnasında kontaminasyonlardan kaynaklanan mikroorganizmalar sebep olabilmektedir. Ayrıca et ürünlerinde *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., ve *L. monocytogenes* gibi hastalık yapabilen patojenlere de sık rastlanmaktadır. Bu patojenlerle kontamine olan gıdaların tüketilmesi ölümle sonuçlanabilen enfeksiyonlara neden olmaktadır (Padhye ve Doyle, 1992; Cowden ve diğ., 2003; Frye ve diğ., 2002). Bu bozulma ve güvenlik risklerini kontrol etmek amacıyla kimyasal koruyucular (sodyum veya potasyum benzoat) ve sadece fiziksel koruma ve taşıma amaçlı ambalajlarla ürünün soğuk zincirde depolama, taşıma ve müşteriye sunma uygulamaları mevcuttur.

Gıda endüstrisi ve hükümet birimleri gıdaların daha sağlıklı olması için tüketicileri bilinçlendirme, tavuk ve deniz ürünleri için denetleme sisteminin geliştirilmesi, gıdalardaki patojen kontaminasyonunu azaltmak için yeni ve alternatif teknolojiler arama çabasına girmişlerdir. Bunların içinde sterilizasyon, diğer sıcaklık uygulamaları, düşük pH mertebelerine asitlendirme, kurutma, yüksek konsantrasyonlarda tuzlama veya koruyucu maddeler ekleme sayılabilir (Placek ve diğ., 2004). Gama ışınları ile ışınlama ve modifiye atmosferde paketlenme (MAP) etkili koruma yöntemlerindendir.

2.4.1 Gıdaların gama ışınları ile ışınlaması

Gıda ışınlaması; basitçe, gıdaların pozitif ve negatif yükler oluşturabilecek derecede iyonize edici ışın kaynaklarına maruz bırakılmasıdır (Olson, 1998). Gıdaların ışınlaması; gıdanın, güvensiz hale gelmesine veya bozulmasına neden olan mikroorganizmalar ve böceklerden korunmasını sağlayan muhafaza

yöntemidir (Omaye, 2004). Işınlama işlemi gıdaların raf ömrünün arttırılması ve patojenlerin temizlenerek gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinin yanında, gıda ürünlerinde çimlenme ve filizlenmenin engellenmesi amacıyla da kullanılmaktadır (Ehlarman, 2002). Tablo 2.2’ de FDA’nın belirlediği sınırlar yer almaktadır

Tablo 2.2: A.B.D ’de FDA tarafından izin verilen ışınlama dozları (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 spirallis</i> kontrolü	22.7.1985
Enzimler (kurutulmuş)	En fazla 10	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Meyveler	En fazla 1	Böceklerle mücadele ve olgunlaştırmayı 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	<i>Salmonella</i> 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 programı için

Gıdaların ışınlaması işlemi çok yönlü, etkili ve güvenilir bir işlemdir (Moy, 2005). FDA, USDA, WHO, FAO gibi yetkili kurumlar ve bilim çevreleri yaptıkları geniş araştırmalar sonucu gıda ışınlamasının üründe kalıntı bırakmadığından güvenli ve etkili bir yöntem olduğunu onaylamaktadır (Lagunas-Solar, 1995). Diğer muhafaza yöntemleriyle karşılaştırıldığında ışınlamanın düşük enerji sarfıyatı ve düşük işleme maliyetine sahip olması gibi pek çok avantajı vardır. Ayrıca gıda ışınlaması, konserveleme ve dondurma yöntemleri gibi ısı işlem içermediğinden ışınlanan gıdanın tadı, dokusu ve besin değerinde minimum kayba yol açar (Omaye, 2004) Gıda üretiminde kayıpları azaltacak, raf ömrünü artıracak ve güvenilirliği sağlayacak yeni yöntemlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak ışınlama uygulamalarının beklentilere cevap vermesi nedeniyle popülaritesi artmıştır. Işınlama ile gıda maddelerinin muhafaza edilmesi konusunda ilk kez 1930 yılında

Fransa’da patent çıkartılmış ve 1958’de Gıda, İlaç ve Kozmetik Yasasına göre ABD’de ışınlama kaynakları gıda katkı maddesi olarak sınıflandırılmıştır (Olson, 1998). 1980 yılında FAO-IAEA-WHO Ortak Uzmanlar Komitesi tarafından yapılan açıklamaya göre 10 kGy’a kadar ışınlama yapmanın gıda maddesinde toksikolojik, biyolojik ve kimyasal bir tehlike yaratmayacağı saptanmıştır (Lacroix ve Quattara, 2000). Ortak Uzmanlar Komitesinin kararıyla 1980 yılında ışınlanmış gıdanın Şekil 2.1 ’deki sembolle belirtilmesi kabul edilmiş ve bu sembol ilk kez Hollanda’da daha sonra da Güney Afrika, ABD ve Kanada’da kullanılmıştır.



Şekil 2.1: Işınlanmış gıdayı ifade eden “radura” sembolü.

Daha sonra tüketicinin ışınlanmış gıdayı daha iyi belirleyebilmesi için ABD’de Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından gıda ambalajlarında radura sembolü ile birlikte “*Treated with Radiation*” veya “*Treated by Radiation*” gibi ibarelerin kullanılmasına karar verilmiştir (Smith ve Pillai, 2004).

Gıda ışınlama işleminin kullanımı, aralarında A.B.D, Fransa, Kanada, İngiltere gibi gelişmiş ülkelerin de olduğu birçok ülkede çeşitli ürünler için onaylanmıştır (Kaeri, 2002). Tablo 2.3 ‘de ışınlamanın onaylandığı ülkelerden bazıları ve onaylanan ürün sayısı gösterilmektedir. Belirtilen ülkelere ilave olarak ışınlama prosesinin onaylandığı ülkeler arasında Hırvatistan, Rusya Federasyonu, Ukrayna ve ülkemiz Türkiye de bulunmaktadır.

Gıda maddelerinin uluslararası ticarete yaygınlaşması sonucu diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemize de ışınlanmış gıda girişi başlamıştır. Işınlanmış gıdaların ticareti yaygınlaşınca bu gıdaların denetlenmesinde kullanılacak yöntemler geliştirilmeye başlamış ve yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu nedenle ülkemizde 6.11. 1999 tarihli ve 23868 sayılı Resmi Gazetede Gıda Işınlama Yönetmeliği yayınlanmıştır. Bunu

takiben 15.10.2002 (24907) ve 19.12.2003 (25321) tarihlerinde gıda ışınlama yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelikler yayınlanmıştır.

Tablo 2.3: Işınlanmanın onaylandığı ülkelerden bazıları ve onaylanan ürün sayısı (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		

Yönetmelik Tablo 2.4’ de belirtilen doz sınırlamalarına ek olarak; gıda maddelerinin ışınlanmasındaki esas ve usulleri, gıda ışınlama tesislerinin kurulması, ışınlanmış gıdaların pazarlanması ve bu işlemlere ilişkin lisans, tescil, istihdam, kontrol, denetim, ithalat ve ihracata dair esas ve usulleri 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).

Tablo 2.4: Türk Gıda Kodeksi Işınlama Yönetmeliği'ne göre gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Anonim, 2002)

GIDA GRUBU	AMAÇ	DOZ (kGy)	
		Min.	Maks.
Grup1-Soğanlar, kökler ve yumrular	Depolama sırasında filizlenme, çimlenme ve tomurcuklanmayı önlemek		0,2
Grup 2- Taze meyve ve 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
Grup3-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 kurbağa 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(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 10kGy'i aşmayacak şekilde uygulanır.			

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 diğer tesis Ankara'daki TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) bünyesindedir. TAEK, 1956 yılında Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği olarak kurulan, 1982 yılında ise Başbakanlığa 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).

2.4.1.1 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 hızlandırıcılarıdır. 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 kurbaga 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 ışınlaması olmak üzere çeşitlendirilebilmektedir (Satin, 1993). Bu yöntemin en önemli avantajı, cihazın istendiği zaman açılıp kapanabilmesi, böylece radyasyona maruz kalma tehlikesinin düşük olmasıdır (Kilcast, 1995).

2.4.1.2 Işınlama uygulamalarının amaçları ve uygulamaya etki eden faktörler

Işınlama, gıdaların raf ömrünü uzatma, mikrobiyal yükü azaltma, üremeyi önleme, mikroorganizma faaliyetlerini durdurma, filizlenmeyi (örneğin; patates, soğan, sarımsakta) ve aşırı olgunlaşmayı önleme, parazit bulaşma kaynaklarını ve hastalıkları engelleme, böcek ve zararlıları yok etme, steril ürün elde etme, kahve kavurma, gıda koruyucusu olarak kullanılan bazı kimyasal maddelerin kullanımını azaltma veya ortadan kaldırma (örneğin etlerde nitrit-nitrat kullanımını azaltma), meyve ve sebzede çürümeyi önleme, kuru gıdaları küflere karşı koruma, fungusit kalıntı problemi giderme amacıyla uygulanmakta ve gıdalar ambalajlıyken sterilizasyon sağlanmaktadır (Lagunas-Solar, 1995; Olson, 1998).

Gıdaya uygulanan ışınlama direkt (fiziksel) veya indirekt (kimyasal) olarak mevcut mikroorganizmaların sayılarını azaltmayı veya tamamen yok etmeyi hedeflemektedir. Direkt 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 yada indirekt etki de ise yaklaşık %70-90'lık kısmı sudan oluşan hücrenin ışınlaması sonucu ışınlama su moleküllerini H^+ ve OH^- radikallerine ayrıştırmakta ve oluşan radikaller hücrede yükseltgenme ve indigenme etkisi yapmaktadır (Ahn ve diğ., 1998; Buchalla ve diğ., 1993). Işınlama uygulamalarında mikrobiyal hücrelerin yaşaması, hücrelerin dayanıklılığına ve kendilerini onarabilmelerine, ışınlamanın dozuna, pH ya, sıcaklığa, gıdaların içerisinde bulunduğu atmosfer koşullara ve gıdaların kimyasal kompozisyonuna bağlıdır (Monk ve diğ., 1995). Mikroorganizmanın vejetatif veya spor formda olması ışınlamaya olan duyarlılığını etkilemektedir. Vejetatif bakteri hücreleri ışınlamaya karşı en duyarlı olan hücrelerdir (Monk ve diğ., 1995). Virüsler ve bakteri sporları ise ışınlamaya en dirençli olanlardır Sıcaklık ışınlama uygulamaları sırasında hücrelerin hayatta kalmasını etkileyen başlıca faktörlerdendir.

Mikroorganizmalar ışınlamaya karşı donma noktasının altındaki sıcaklıklarda oda sıcaklığından daha dirençlidir. Işınlama öncesi ısı uygulamaları, enzimleri inaktive etmekte ve başlangıçtaki bakteri popülasyonunu da azaltmaktadır (Monk ve diğ., 1995). Işınlamanın mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü özelliğini etkileyen diğer bir faktör de hedef hücrenin içerisinde bulunduğu atmosfer koşullarıdır. Bazı bakterilerin vejetatif hücreleri O₂ varlığında ışınlamaya karşı daha hassastır.

İyonize ışınlarla farklı mikroorganizmaların öldürülmesinde değişik dozlar uygulanmakta ve buna göre yapılan işlemlere farklı isimler verilmektedir. Bu terminoloji bugün yaygın olarak kullanılmakla birlikte aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Radurizasyon: Gıdalarda bozulma yapıcı mikroorganizmaları kabul edilebilir düzeye indirmek, gıdada kalite ve raf ömrünü artırmak için kullanılmaktadır. Taze et, meyve ve sebzeler için 0.75-2.5 kGy arasındaki ışın dozları yeterlidir. Radurizasyon taze ve kurutulmuş meyve ve sebzeler, derisi yüzülmüş tavuk karkasları, kıyma ve gıda katkıları gibi ürünlerde uygulanmakta ve raf ömrünü de önemli ölçüde artırmaktadır (Vural ve Aksu, 2003).

Radisidasyon: Vejetatif bakterilerin (virüsler hariç) ve parazitlerin sayılarını azaltarak hijyenik kaliteyi sağlamak amaçlanmaktadır. Bu uygulama ile bilinen standart yöntemlerle patojenlerin varlığına rastlanılmamaktadır. Tipik ışınlama dozu 2.5-10.0 kGy'dir (Vural ve Aksu, 2003).

Radapperdizasyon: Işınlama ile sterilizasyon olarak da adlandırılabilen bu uygulama gıdalardaki tüm mikroorganizmalar yok etmek amaçlanmaktadır. İhtiyaç duyulan doz 25.0-45.0 kGy'dir. Ancak uygulanan yüksek doz uygulaması nedeniyle ürünlerde renk ve koku gibi duyuşal özelliklerde istenmeyen değişiklikler oluşacağından yüksek doz ışınlama yerine, ışınlamanın soğutma, dondurma ve ısıtma gibi yöntemlerle kombine bir şekilde uygulanması önerilmektedir (Vural ve Aksu, 2003).

2.4.1.3 Et ve et ürünlerinin mikroflorası üzerine ışınlamanın etkileri

Mikroorganizmaların ışınlamaya duyarlılığı sıcaklık, ortam, atmosfer, gelişim basamağı (vejetatif hücre veya spor formu) gibi faktörlere bağlıdır. Mikroorganizmalar üzerine ışınlamanın etkilerini belirleyen en önemli faktörlerden birisi sıcaklıktır. Mikroorganizmalar donma noktasının altındaki sıcaklıklarda ışınlamaya daha dirençlidir. Pseudomonas türleri için D₁₀ değerini tayin ederken %90

azalma sağlamak için donma noktasının altındaki sıcaklıklarda ışınlamanın oda sıcaklığındakine oranla 8,5 kat daha yüksek doz gerektirdiğini belirtmektedir. Donmanın etkisiyle suyun kristalize hale gelmesi, hücrenin ışınlamaya olan direncini artırmaktadır (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 1998).

Taze sığır kıymasının raf ömrü bozulmaya sebep olan mikroorganizmalardan dolayı buzdolabında depolamada 7 günden daha azdır. Sığır kıymasının buzdolabında bozulmasına sebep olan başlıca bakteriler; *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* ve laktik asit bakterileridir (Gill, 1986; Lambert ve diğ., 1991). Düşük dozda (3kGy) ışınlama, *Pseudomonas* spp. gibi hızla gelişen ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların elemine edilmesinde ve sığır kıymasının raf ömrünün uzatılmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında etkilidir. Bu Gram negatif mikroorganizmalar ışınlamaya karşı oldukça hassastırlar (Monk ve diğ., 1995). Genellikle *Lactobacilli* ve *Lactococci* gibi bozulmaya sebep olan Gram pozitif bakteriler, Gram negatif bakteri türlerine göre ışınlamaya karşı daha dayanıklıdırlar (Monk ve diğ., 1995). Bu büyük direnç düşük dozda ışınlanmış gıda ürünlerindeki dominant mikrofloranın sert bir şekilde değişmesine neden olmaktadır. Örneğin; Niemand ve diğ. (1983), anaerobik paketlenmiş sığır etinin 2 kGy doz ile ışınlanması sonucu sığır eti mikroflorasının gram negatiften gram pozitive değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Üründe kullanılan katkı maddesi de mikroorganizmaların ışınlamaya olan duyarlılığını etkilemektedir. Sodyum benzoat (%0.1), potasyum sorbat (%0.1), paradoksi benzoik asidin metil ve propil esterlerinin sodyum tuzları (%0.1) ışınlamaya olan direnci azaltmaktadır (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 1998).

2.4.1.4 Et ve et ürünlerinde halk sağlığını ilgilendiren patojenler üzerine ışınlamanın etkileri

Mikroorganizmaların sebep olduğu gıda kaynaklı hastalıklarla ilgili bilgi sahibi olundukça, gıda ışınlamasına olan ilgi artmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde gıda kaynaklı hastalıkların sebep olduğu ölüm oranının yıllık 9000 olduğu tahmin edilmektedir. Hastalık Koruma ve Önleme Merkezi (The Centers for Disease Control and Prevention), Birleşmiş Milletlerde *Salmonella* enfeksiyonunu sonucu hastalanan insanların büyük birçoğunun rapor edilmediğini ve salmonellosis vakasının muhtemel sayısının yıllık 8000 ile 4 milyon arasında olduğu söylenmiştir (Centers

for Disease Control and Prevention, 1990). 1 ve 10 kGy arasındaki dozlar spor oluşturmeyen gıda kaynaklı patojenleri önemli seviyede azaltmış veya elemine etmiştir (Monk ve diğ., 1995). 3 kGy dozda ışınlama sığır kıymasında bulunan *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* ve *Listeria* spp. gibi patojenleri %99 oranında elemine edebilmektedir (Radomyski ve diğ., 1994).

Işınlamanın *E. coli* O157:H7'nin kontrol edilmesinde etkili bir metot olduğu söylenmiştir (Thayer ve Boyd, 1993). Thayer ve Boyd (1993), soğukta depolanan sığır kıymasında *E. coli* O157:H7' nin D₁₀-değerini 0,28 kGy olarak belirlemişlerdir. Clavero ve diğ. (1994), aerobik olarak paketlenen düşük yağ ve yüksek yağ oranlarına sahip sığır kıymalarındaki *E. coli* O157:H7 için D₁₀-değerlerini sırasıyla; 0,24 ve 0,25 kGy olarak belirlemişlerdir. Thayer ve diğ. (1995), *E. coli* O157:H7'nin D₁₀-değerlerini vakum paketlenmiş ve soğukta depolanan sığır, kuzu, domuz, hindi göğsü ve hindi budunda sırasıyla; 0,30, 0,32, 0,30, 0,30 ve 0,29 kGy olarak hesaplamışlardır. Sonuçlar *E. coli* O157:H7'nin ışınlanmaya olan direncinin et türünden etkilemediğini göstermiştir. Patterson (1988), sığır etinin 1,6 kGy ışınlanmasının *E. coli* O157:H7 popülasyonunda 5-log₁₀'luk azalma sağladığını belirtmişlerdir.

Etlerin donma sıcaklığına yakın derecelerde ışınlaması; yağ oksidasyonunu azaltır, minimum vitamin kaybı sağlar ve kötü koku ve tat oluşumuna sebep olan kimyasal değişiklikleri en alt düzeye indirir. Ancak donma sıcaklığına yakın sıcaklıklarda ışınlama gıda kaynaklı patojenlerin ışınlanmaya karşı olan dirençlerini arttırmaktadır. Işınlanmaya karşı olan direncin artması, su aktivitesinin ve dolayısıyla suyun radyolizi sonucu oluşan hidroksil radikallerin azalmasıyla ilişkilidir (Bruns ve Maxcy, 1979; Taub ve diğ., 1979). Lopez-Gonzalez ve diğ. (1999), sığır etinde *E. coli* O157:H7 için D₁₀-değerinin -15 °C'de ışınlanan örneklerde 0,62 kGy, 5 °C'de ışınlanan örneklerde ise 0,41 kGy olduğunu belirtmişlerdir. Thayer ve Boyd (2001), -76 °C'de ışınlanan sığır kıymasındaki *E. coli* O157:H7 için D₁₀-değerini 1,1 kGy olarak hesaplamışlardır ve bu değer aynı organizma için daha önceden belirtilen değerlerden oldukça fazladır.

Salmonella; tavuk ve et ürünleriyle ilgili en çok bilinen gıda kaynaklı patojendir ve birçok ülkede gıda kaynaklı enfeksiyonların en önemli sebebidir. Yeterince pişirilmeyen et, tavuk ve balık ürünleri *Salmonella*'nın sebep olduğu salmonellosis hastalığının taşıyıcısıdır. *Salmonella* hayvansal ve bitkisel kaynaklı gıdalarda doğal

olarak bulunsa da, üretim sırasında da gıdalara kontamine olabilmektedir. Gram negatif patojenler ışınlamaya karşı düşük dirence sahiplerdir. *Salmonella* Gram negatif bakteriler içinde en dayanıklısıdır. Bu yüzden *Salmonella*'yı elemine etmek için tasarlanan ışınlama işlemleri diğer gram negatif patojenik bakterileri de elemine etmektedir. Thayer ve Bond (1993), mekanik olarak kemiklerinde ayrılmış tavuk etindeki *S. typhimurium*'un ışınlamaya karşı direnci üzerine çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak; 0 °C'de 1,5-3,0 kGy dozlarda ışınlama sırasıyla 2,8-5,1 logkob/g'lık azalma sağlamıştır. Thayer ve diğ., (1992) 10^3 veya 10^4 kob/g *S. typhimurium* ile aşılanmış tavuk kanatlarını 2,7 kGy dozda ışınladıktan sonra canlı hücre tespit edememişlerdir. 1,8 kGy dozda ışınlanan örneklerde hayatta kalma oranı %19 olmuştur. Ayrıca buzdolabında 3 günlük depolama boyunca *S. typhimurium*'un ışınlama hasarından toparlanamadığı gözlenmiştir. Clavero ve diğ., (1994) sığır eti kıymasının yağ miktarının ve sıcaklığının *Salmonella*'nın D_{10} değerine etkisi olduğunu bulmuşlardır. Hücreler; inaktivasyona karşı düşük yağ içeriğine sahip kıymada(%12,5) -16 ± 1 °C'de, 4 ± 1 °C'ye göre daha dirençlidir ancak yüksek yağda (%27,5) böyle bir sonuç gözlemlenmemiştir.

Listeria monocytogenes, 1 °C'de de gelişme yeteneğine sahip olan ve son zamanlarda önem kazanmış bir diğer gıda kaynaklı patojendir (Hart ve diğ., 1991). Normal pişirme prosedürü *L. monocytogenes*'i öldürmektedir (Bradshaw ve diğ., 1985). Işınlamanın *L. monocytogenes*'i öldürmesi üzerine etkisi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Varabioff ve diğ. (1992), 2×10^6 kob/g *L. monocytogenes* inokule edilmiş tavuk karkasında hava ve vakum atmosferde 4 °C'de ışınlama yapmıştır. Hava ile paketlenen örneklerde 2,5 kGy doz ile ışınlanan örneklerde canlı hiçbir hücre tespit edilemezken; hava olmayan paketlerde bazı hücreler canlı kalmış ve 4 °C'de 7. günden sonra gelişme tespit edilmiştir. Huhtonen ve diğ. (1989), mekanik olarak kemiklerinde ayrılmış tavuk etinde *L. monocytogenes*'in yedi türünün D_{10} değerini belirtmişlerdir. Ortalama D_{10} değerleri 0,27 ile 0,77 arasında bulunmuştur.

2.4.1.5 Tüketicinin ışınlanmış gıdaya bakış açısı

Tüketiciler 1990'lı yılların başına kadar ışınlama teknolojisiyle ilgili yetersiz bilgiye sahiptiler (Pszczola, 1990; Loaharanu, 1994). 1995'te yapılan bir ankette ise ankete katılan kişilerin %72'sinin ışınlamadan haberdar olduğu, %87,5'inin ışınlama

hakkında çok fazla bilgiye sahip olmadığı ortaya çıkmıştır. Gıdaların ıslanması konusunda verilen bilgilerin, gıda katkı maddeleri, pestisit, hormon, hayvansal ilaç kalıntıları ve bakteriler konularında verilen bilgilere kıyasla yetersiz olduğu ifade edilmiştir (Olson, 1998). Resurreccion ve diğ. (1995) tüketicilerin %45'inin ıslanmış gıda satın aldıklarını, %19'unun satın almadığını ve %36'sının kararsız kaldığını saptamışlardır. ABD'de sığır eti satıcıları, tüketicilerin “ıslama” kelimesine karşı olmalarından dolayı ıslama teknolojisine geçememişlerdir. Tüketicilerin ıslamaya karşı tepkilerinin sebepleri bu gıdaların radyoaktif riski içerme ihtimali ve üreticilerin ıslamayı, kötü gıdayı iyi göstermek için bir araç olarak kullanabilme ihtimalinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ABD'de sığır eti işletmecileri hükümete gıda ambalajında bulunması gereken “ıslanmış” kelimesinin kaldırılarak yerine “soğuk pastörizasyon” veya “elektronlarla pastörizasyon” ibarelerini kullanabilmeleri için teklif götürmüşlerdir. Tüketiciler ise bunun aldatıcı nitelik taşıdığını ve “ıslanmış” ibaresini görerek tükettikleri gıdanın hangi işlemlerden geçtiğini bilmek istediklerini vurgulamışlardır. FDA'nın Kasım 2002'de yayınladığı yeni etiketleme yönetmeliğinde sığır eti paketlerinde “pastörize edilmiştir” teriminin kullanımına izin verilmiştir. Bu gelişme sığır eti üreticilerinin ıslama teknolojisine geçmelerine olanak sağlamıştır (Goodsir, 2002). ABD'de 2003 yılında yapılan ankette tüketicilerin %76'sı ıslanmış domuz etini, %68 i ise ıslanmış kanatlı etini satın almayı tercih ettiklerini ve böylelikle Trichinella ve Salmonella sonucu hastalanma riskini azaltabileceklerini belirtmişlerdir. ıslanmış gıdaları 1993 yılında tüketicilerin %29 u satın almayı isterken bu oranın 2003 yılında %69 a çıktığı bu anket sonucunda gözlenmiştir (Johnson ve diğ., 2004). Tüketici artık klasik gıda muhafaza yöntemlerinin yetersiz geldiğini, kimyasal yöntemlerin ise zararlı olduğunu, özellikle de son yıllarda, gelişmiş ölkeler dahil pek çok ölkede önemli sağlık sorunları yaşanması sonucunda öğrenmiştir (Alkan, 2003b). ABD'de Hastalık Koruma ve Önleme Merkezi ıslama uygulamaları ile 900.000 hastalığın ve 352 ölüm vakasının önlenebileceğini tahmin ettiklerini belirtmişlerdir (Brasher, 2004). ıslanmış gıdanın ıslanmamıştan daha güvenilir olduğunu düşünen tüketici diğer yöntemlerle muamele edilmiş gıdalardan daha pahalı olmasına rağmen ıslanmış gıdaları tercih etmektedir (Crawford, 1998). Türk tüketicilerle yapılan bir anketin sonuçları halkın sadece %29'unun gıda ıslama tekniğinden haberdar olduğunu ortaya koymuştur (Güneş ve Tekin, 2006).

Bu oranın %72 civarında olduğu A.B.D. gibi gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğu görölmektedir. (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 ışınlamanın güvenliği konusunda bilgi sahibi olmadıklarını, sadece %11'i güvenli olduğunu düşündüklerini belirtmiştir (Güneş ve Tekin, 2005). Işınlamanın sağladığı avantajlar konusunda bilgilendirildikten sonra ise olumlu görüş belirtenlerin oranı %62'ye yükselmiştir. Tüketicilerin %44 gibi bir çoğunluğu, fiyatı ışınlanmamış ürünlerle aynı olduğu takdirde ışınlanmış ürünü tercih edeceklerini, önemli bir kısmı da %5 gibi bir fiyat artışında dahi bu tercihlerinin değişmeyeceğini belirtmişlerdir. Anket sonucunda, halkın ışınlamanın mekanizması ve faydaları konusunda bilgilendirilmesiyle tüketici kabulünün artacağı, ışınlanmış ürünlerin ışınlanmamış ürünlerle aynı fiyatta satılması durumunda ise tüketicilerin ışınlanmış 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).

2.4.2 Modifiye atmosferde paketleme

Et, süt, yumurta, balık gibi çabuk bozulan gıdaların raf ömürleri atmosferik oksijenin varlığında; oksijenin kimyasal etkisi, aerobik mikroorganizmaların gelişimi ve zararlılar nedeniyle kısıtlanmaktadır. Bu faktörlerin her biri tek başına veya birbiri ile bağlantılı olarak renk, tat ve kokuda değişiklikler meydana getirerek gıdaların kalitesinde bozulmaya neden olurlar. Gıdaların bozulması geciktirilerek taze olarak muhafaza edilmesinde en uygun ve etkin yöntem soğukta muhafaza tekniğidir. Ancak soğukta muhafaza tekniklerinin yanında ambalajlama tekniklerinin de uygulanması gıdaların tazeliklerinin daha uzun süre korunmasında giderek artan bir uygulama alanı bulmuştur (Kılınç ve Çaklı, 2001). Son yıllarda soğutulmuş gıda ürünlerinde raf ömrünü artırmaya yönelik yeni gelişmeler kaydedilmiştir. Tüketiciler taze ürünleri hazırlaması kolay olduğu ve katkı maddesi içermedikleri için tercih etmektedirler. Bu günün çalışan tüketicileri için sunulan taze ürünlerin paradan ve zamandan kazandırdığı düşünülmektedir. Taze ürünlerin modifiye atmosfer paketlenmesi ürünlerin raf ömrünü yükselttiği gibi daha kaliteli ürünlerin

paketlenmesi, dağıtımı ve depolanmasında gelişimi de sağlamıştır. Modifiye atmosfer paketlemenin başarısı düşük depolama sıcaklıkları, yüksek kalitede taze materyal, CO₂'in kısmi basıncının uygunluğu ve gaz hacminin ürün hacmine oranına bağlıdır (Sivertsvik ve diğ., 2002).

MAP'ın prensibi; paketin içindeki havanın belirlenmiş bir gaz karışımı ile yer değiştirmesidir. Gaz karışımı verildikten sonra, gaz kompozisyonunun kontrolü uygulanmaktadır ve gaz kompozisyonunun kontrolü uygulanmaktadır ve gaz kompozisyonu kaçınılmaz bir şekilde değişmektedir. MAP ayrıca “gaz paketleme” veya “gaz değişim paketleme” olarak bilinmektedir, ancak gaz kelimesi tüketiciler tarafından olumsuz olarak algılandığı için bu terimler paketlerin etiketlenmesinde kullanılmaz. MAP etiketlemede “koruyucu atmosferde paketleme” olarak kullanılmaktadır (Üçüncü; 2000).

MAP'ın en belirgin özelliği ürünlerin raf ömrünün uzatılmasıdır, ancak MAP'ın birçok avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır (Sivertsvik, 2002). Başlıca avantaj ve dezavantajlar;

Avantajları;

- Raf ömrünü %50-400 yükseltmesi,
- Yüksek kaliteli ürünler sağlaması,
- Dilimlenmiş ürünlerin daha kolay ayrımının sağlanması,
- Kimyasal koruyuculara az veya hiç gerek duyulmaması,
- Daha uzun raf ömrü nedeniyle ekonomik kayıpları azaltması,
- Dağıtım masraflarını azaltması,
- Geliştirilmiş sunum, ürünün açık şekilde görülmesi,
- Kullanışlı paketleme.

Dezavantajları;

- Özel teçhizat, eğitim gerektirmesi,
- İlave masraf artışı,
- Her ürün tipi için farklı gaz kompozisyonları,
- Sıcaklık kontrol gerektirmesi,
- Paket hacminin yükseltilmesi daha çok gaz kullanımı ve taşıma masraflarını artırır.
- Gıda da çözünen CO₂ pakette çökmeye ve üründe su salınmasına sebep olur.

2.4.2.1 Modifiye atmosferde paketlemede kullanılan gazlar

Modifiye atmosfer paketlemede kullanılan 3 tip gaz; O_2 , N_2 ve CO_2 'dir. Çoğu gıda ürünü için bu gazların iki veya üç farklı kombinasyonu ürünün ihtiyacına göre seçilerek kullanılır. Karbonmonoksit (kırmızı rengin sağlanmasında), ozon, etilen oksit, nitrous oksit, helyum, neon, argon, propilen oksit, etanol, hidrojen, sülfürdioksit ve klorin gibi diğer bazı gazlar çoğu ürünün raf ömrünü artırmak için kullanılmaktadır. Buna karşın bu gazlar duyu kalite kayıplarına neden olmaları ve kullanımlarının ekonomik olmaması nedeniyle çok tercih edilmemektedirler (Sivertsvik ve diğ., 2002).

Karbondioksit; bakteriyostatik ve fungistatik özelliklerinden dolayı, CO_2 MAP'de kullanılan önemli bir gazdır. CO_2 , bozulmaya sebep olan birçok bakterinin gelişimini inhibe etmektedir ve inhibisyon hızı, atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunun artmasıyla artmaktadır. CO_2 ; suda ve yağda oldukça fazla çözünür ve sıcaklık azaldıkça çözünürlüğü artmaktadır. Bu gaz suda çözünerek karbonik asit (H_2CO_3) oluşturur ve solüsyonun pH'sını azaltır (Jakobsen ve Bertelsen, 2002). Bu yüzden gazın etkinliği her zaman depolama sıcaklığına bağlıdır ve sıcaklık azaldıkça, bakteriyel inhibisyon artmaktadır (Ogrydziak and Brown, 1982; Gill ve Tan, 1980). Devlieghere ve ark., (1998a, 1998b) modifiye atmosferde mikroorganizmaların gelişmesinin inhibisyonunun üründe çözünen CO_2 konsantrasyonuna bağlı olduğu belirtilmiştir. CO_2 , mikroorganizmaların lag fazını uzatır ve gelişme zamanını etkiler, ancak CO_2 mikrobiyal inhibisyon mekanizması tam anlamıyla açıklanamamıştır. CO_2 'nin bakteriyel gelişim üzerine etkisi komplekstir ve CO_2 'in mikroorganizmalar üzerine dört etkinlik mekanizması tanımlanmıştır (Farber, 1991; Dixon ve Kell, 1989; Daniels ve diğ., 1985; Parkin ve Brown, 1982):

1. Hücre membranının fonksiyonlarını değiştirme (besin alımı ve absorblama gibi),
2. Enzimlerin direkt inhibisyonu veya enzim reaksiyonlarının hızında azalma,
3. Bakteriyel membrana nüfuz ederek, hücre içi pH'da değişmeye sebep olma,
4. Proteinlerin fizikokimyasal özelliklerinde direkt değişiklik.

Bu aktivitelerin muhtemel kombinasyonları CO₂'nin bakteriyostatik etkisini izah etmektedir.

Oksijen; renksiz, kokusuz, suda düşük çözünürlüğe sahip, patlayıcı ve geniş bir aralıktaki biyolojik maddelerle tepkimeye giren gazdır (Mullan ve McDowell, 2003). Oksijen gıda sistemlerinde kalite azalmasını sağlayan birçok önemli reaksiyondan sorumludur. Bu reaksiyonların içinde; yağ oksidasyonu, ransidite ve pigment reaksiyonu vardır. Kırmızı et ürünlerinde oksijenin amacı ete özgü kırmızı rengin sağlanmasıdır (Kropf, 2004). Kırmızı renk veren oksimiyoglobin pigmenti normal atmosferik oksijen basıncında oluşmaktadır, ancak %65'ten %80'e kadar yükseltilmiş oksijen konsantrasyonu daha derin bir oksimiyoglobin pigmenti tabakası oluşmasını ve depolama boyunca canlı bir renk oluşmasını sağlar (Kropf, 2004). Ancak; oksijen aerobik mikroorganizmaların gelişimini desteklediği için taze et için MAP sistemlerinde oksijen genellikle mikrobiyal gelişimin kontrolü için %20'den %25'e kadar CO₂ ile kombine edilerek kullanılır (Kropf, 2004). Karbondioksit içeren yüksek O₂'li MAP paketler, aerobik paketlere göre daha uzun bir raf ömrü sağlamaktadır.

Azot, renksiz, kokusuz ve tatsız inert bir gazdır (Mullan ve McDowell, 2003). Yanıcı bir gaz değildir. Yoğunluğu havadan düşüktür, yağda ve suda çok düşük çözünürlüğe sahiptir. Azot et ürünlerinin raf ömrünü indirekt olarak etkilemektedir. aerobik mikroorganizmalar taze kırmızı et ve tavuk etinde doğal olarak bulunup, hızla gelişip bozulmaya sebep olurlar. Azot oksijenin yerini tamamen aldığında, atmosfer aerobik mikroorganizmaların gelişimine izin vermeyecektir. Ancak, azotun mikrobiyal gelişmeye hiçbir direkt etkisi yoktur. (Rao ve Sachindra, 2002).

2.4.2.2 Modifiye atmosferde paketlemenin kırmızı et ve tavuk ürünlerindeki patojenler üzerine etkileri

Yüksek karbondioksit konsantrasyonları çoğu patojenik mikroorganizmalar üzerinde inhibe edici etki göstermiştir. Sonuç olarak; MAP sistemleri et ve tavuk ürünlerinin güvenliğinin arttırılmasında bir potansiyele sahiptir. Et ve tavuk ürünleri genellikle soğukta saklandığından psikrotrofik patojen riskine sahiptir. Ancak sıcaklık yükseldikçe, daha ılık sıcaklıklarda gelişen patojenler gelişebilirler. Modifiye atmosferle paketleme 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 göstermiştir. Et ve tavuk ürünlerinde potansiyel risk teşkil eden birçok patojen vardır. Bunların başlıcaları; *Escherichia coli* O157:H7 *Salmonella* spp. ve *Listeria monocytogenes*'tir.

MAP sisteminin *E. coli* O157:H7 üzerine etkisiyle ilgili çok az çalışma vardır (Rao ve Sachindra, 2002). Bu organizma genellikle çiğ ete bulaşmaktadır, enfeksiyona sebep olur ve ısıyla kolaylıkla öldürülebilmektedir. *E. coli* O157:H7, *Salmonella*'ya benzer olarak yüksek CO₂'li atmosferde ve düşük sıcaklıkta gelişimi yavaşlamaktadır. Ancak ılık sıcaklıklarda (20 °C), CO₂'nin bu organizmanın gelişmesine çok az etkisi olduğu belirtilmiştir (Rao ve Sachindra, 2002).

Salmonella'nın sebep olduğu hastalıklar enfeksiyon olarak sınıflandırılmaktadır. Bu organizma ısıya karşı oldukça hassastır, bu yüzden çoğu salmonellosis durumu yeterince pişmemiş et, tavuk veya yumurtadan kaynaklanmaktadır (Knabel, 1995). Birkaç çalışmanın özetinde (Farber, 1991), yüksek CO₂ içeren (%60-100) MAP koşullarının aerobik paketlemeye göre *Salmonella* gelişimini yavaşlattığı önerilmektedir, ancak bu organizma CO₂ olan ortamlarda canlı kalmaktadır. Diğer araştırmacılar bazı *Salmonella* türlerinin yüksek CO₂ içeren ortamlarda oksijenli atmosferlere göre daha hızlı geliştiğini belirtmişlerdir (Nissen ve diğ., 2000). Sonuç olarak yüksek CO₂ *Salmonella*' da kısmi inhibisyon sağlasa da, sıcaklık kontrolü ve yeterli pişirme güvenlik için gereklidir.

Listeria monocytogenes, et ve tavuk endüstrisini önemli derecede ilgilendiren bir patojen haline gelmiştir. Çünkü bu patojen buzdolabı sıcaklığında gelişebilmektedir, yaygındır ve gıda fabrikalarından yok etmek oldukça zordur. *L. monoytogenes*' in sebep olduğu listeriosis enfeksiyonu ölüm hızı %20'den %30'a varan salgınlara neden olmaktadır (Devlieghere ve diğ., 2001; Farber, 1991). Pişirme sırasında uygulanan ısı işlem (merkez sıcaklık 71 °C) *L. monoytogenes*' in et ve tavuk ürünlerinden elimine etmektedir ancak *L. monoytogenes* dilimleme, paketleme gibi daha sonraki işlemlerden tekrar kontamine olabilmektedir. MAP' nin *L. monoytogenes* üzerine etkisiyle ilgili raporlarda uyumsuzluk, çelişki vardır. Taze sığır etiyle yapılan çalışmalarda %100 CO₂'nin 5 °C' de *L. monoytogenes* gelişimini

inhibe ederken, 10 °C’de etmediği gözlenmiştir (Nissen ve diğ., 2000). Diğer çalışmalar yüksek sıcaklıklarda da CO₂’in *L. monoytogenes* üzerine inhibe edici etkisinin olduğunu belirtmiştir (Avery ve diğ., 1995). *L. monoytogenes*’ in kontrolü için ışınlama ve MAP’ın birlikte kullanıldığı bir çalışmada; ışınlamanın aerobik ortamda patojen üzerine öldürücü etkisi, CO₂ veya N₂’li ortamdaki daha fazladır. Işınlamayı takiben *L. monoytogenes*’ in toparlanması ve gelişimi %40 ve üzerinde CO₂ içeren MAP koşullarında inhibe edilmektedir.

MAP sisteminin *L. monoytogenes* üzerine etkisi daha çok taze et ve tavuk etinde çalışılmıştır. Ancak bu patojeni asıl ilgilendiren gıdalar pişmiş et ve tüketime hazır gıdalardır. Bu ürünlerin çoğu vakum veya %100 N₂ ile paketlenmektedirler. Bu yüzden tüketime hazır et ve tavuk ürünlerinde *L. monoytogenes* inhibisyonu için MAP sisteminde CO₂’nin etkisinin araştırılması gerekmektedir.

2.4.3 Işınlama ve modifiye atmosferde paketlenmenin birlikte kullanımının et ürünleri üzerine etkileri

Gıda muhafaza ve işleminde ‘hurdle’ yaklaşımı olarak bilinen birden fazla kontrol edici işlemin beraber kullanımı bu işlemlerin tek baslarına kullanımına göre daha etkin olmakta ve etkilerini sinerjik olarak artırmaktadır (Leistner ve Gorris, 1995). Birçok gıda için zorunlu olan paketlenme işlemi ‘hurdle’ yaklaşımı ile modifiye atmosferlerle birleştirilerek ve uygun şart ve dozlarda ışınlaması ürünlerin muhafazası için çok etkin rol oynayacaktır. Nitekim yapılan çalışmalarda MAP ile ışınlamanın beraber kullanımı çeşitli et ürünlerinde mikrobiyal aktiviteyi ve istenmeyen kimyasal reaksiyonları kontrol altına alarak raf ömrü ve kaliteyi artırdığı gözlenmiştir (Lee ve diğ.,1996; Thakur ve Singh, 1995).

Düşük sıcaklıklarda mikroorganizmalar depolama süresince CO₂ ile inhibe edilsede, depolamanın herhangi bir zamanında soğuk zincirin bozulması anaerobik bakterilerin gelişmesine izin vermektedir. Çünkü; CO₂’nin bakterisidal ve bakteriyostatik etkisi sıcaklığa bağlıdır (Wolfe, 1980). Depolama sıcaklığı, oda sıcaklığına yakın olduğunda, patojenler hemen hemen bütün atmosferlerde gelişebilirler.

Bazı bakterilerin vejetatif hücreleri ışınlamaya karşı O₂ varlığında anaerobik koşullara göre daha duyarlıdır. Yüksek sıcaklıklarda ışınlama gibi, O₂ varlığında da ışınlama lipid oksidasyonundan dolayı kötü koku ve kötü tat oluşumuna sebep olmaktadır. Işınlama gıdada bulunan mikroorganizmaların azaltılması veya elemine

edilmesi için tasarlanan bir uygulamadır. Ancak, bazı hücreler uygun koşulları buldukları zaman toparlanıp, hayatta kalabilirler (Rowley ve Brynjolfsson, 1980). Bu yüzden ışınlamanın diğer uygulamalarla kombine kullanımı depolama boyunca mikrobiyal gelişmenin kontrolünü sağlar. Yapılan çalışmalarda; ışınlama ve MAP'nin kombine etkisinin sığır ve domuz etinin raf ömrünün uzatılmasında etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Paketleme sistemleri genel olarak bakteriyostatik etki gösterirken, ışınlama bakteriyosidal etki göstermektedir. Bu nedenle bu iki uygulamanın kombine kullanımı mikrobiyal gelişmenin önlenmesi açısından etkili bir teknolojidir.

Vakum paketlenmiş taze sığır etinin 1,5 ve 2,5 kGy doz ile ışınlanması, ürünlerin raf ömrünü sırasıyla 15 ve 21 güne uzamasını sağlamıştır (Lambert ve diğ., 1991). Lambert ve diğ., (1992) yaptıkları çalışmada %10 O₂+%90 N₂ ile paketlenen ve 0,5 kGy ile ışınlanan domuz etlerinin raf ömrünün 15 °C'de depolamada 6 gün olduğunu bulmuşlardır. Patterson (1988), *E.coli* ve *S. typhimurium*'un vakum veya CO₂ atmosferinde, hava atmosferine göre hassasiyetinin arttığı belirtilmiştir. Ancak bu sonuçlar; ışınlamanın *Salmonella*'nın öldürücü etkisinin O₂ içeren ortamda arttığını belirten sonuçlarla farklılık göstermektedir (Thayer ve Boyd, 1991). Grant ve Patterson (1991), MAP (%25 CO₂+%75 N₂) ile paketlenmiş ve 1,75 kGy dozla ışınlanmış, 10 °C'de inkübe edilmiş domuz etinde *L. monocytogenes* sayısının ışınlanmamış örneklerle göre 9 gün boyunca daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Thayer ve Boyd (1999), hindi etiyle yaptıkları çalışmada *L.monocytogenes*'in O₂'li ortamda ışınlamaya karşı daha hassas olduğunu gözlemlemişlerdir. Konsantrasyonuna bağlı olarak CO₂ ışınlamayla zarar görmüş hücrelerin toparlanıp çoğalmasını engellemiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Malzemeler

Bütün halinde sığır eti, toz kırmızıbiber, karabiber, kimyon, tuz, galeta unu, sarımsak, kuru soğan bir süpermarketten alınmıştır. Tryptic Soy Agar (TSA), Sorbitol MacConkey Agar (SMAC) with 5-bromo-4-chloro-3-indoyl- β -D-glucuronide (BCIG), Cefixime Tellurit (CT), peptone, Oxoid (Hampshire, UK) firmasından; NaCl, Oxford Listeria Selective Agar, Oxford Listeria Selective Supplement ve Xylose-Lysin-Desoxycholat (XLD) Agar Merck (Darmstadt, Germany) firmasından alınmıştır. Çalışmada köftelere aşılacak üzere *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 700728), *Salmonella enteritidis* (KUKEN 369) ve *Listeria monocytogenes* (SLCC 2371) suşları kullanılmıştır.

3.1.2 Ambalaj materyali

Aerobik paketlemede ambalaj materyali olarak LDPE (Oksijen geçirgenliği: 3800 cc/m².gün.atm test koşulu: 23 °C % 0 bağıl nem) diğer paketlemelerde ise ambalaj materyali olarak PET/PE-EVOH-PE lamine film (Oksijen geçirgenliği: 1,2 cc/m².gün.atm test koşulu: 23 °C % 0 bağıl nem)) kullanılmıştır. Paketleme materyalleri Koroza Ambalaj San. Ve Tic. A.Ş.' den temin edilmiştir

3.2 Metotlar

Bu çalışmada iki farklı deney planı tasarlanmıştır. İlk denemede; ışınlama dozu (0-4 kGy) ve farklı O₂ (%0, 5, 21) ve CO₂ (%0, 50, 100) konsantrasyonlarında paketlemenin soğukta depolan pişirmeye hazır köftelerde toplam aerobik bakteri (TAMB), *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* sayımlarına etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilerle optimum paketleme koşulu ve maksimum ışınlama dozu belirlenmiştir. İkinci çalışmada; ışınlama (0-3 kGy) ile

modifiye atmosferde (%3 O₂+%50 CO₂) paketlemenin soğukta depolan pişirmeye hazır köftelerde TAMB, *E. coli* O157:H, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* sayımlarına etkisi incelenmiştir. Bu denemelerde kullanılan metotlar aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1 Köftenin hazırlanması

Bütün halinde dana eti deney günü bir süpermarketten alınmıştır. Blok halindeki etin tüm yüzeyini kaplayacak şekilde etin yüzeyinden gelen mikrobiyal yükün azaltılması için alkol dökülmüş ve alkolün uçurulması için etin yüzey kısmı yakılmıştır. Yanık kısımlar daha önceden klorlu su ile dezenfekte edilen bıçakla kesilip atılmıştır. Geri kalan et, daha önceden bütün parçaları klorlu su ile dezenfekte edilmiş kıyma makinesi ile iki kere çekilerek kıyma haline getirilmiştir. Köftenin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve miktarları Tablo 3.1’de verilmektedir. Köftenin hazırlanmasında kullanılan malzemeler önceden dezenfekte edilmiş leğene konulup elle yoğrulmuştur. Yoğurma işlemi yaklaşık 30 dakika sürmüştür. Yoğurma işleminin ardından 10 cm çapındaki plastik kalıp yardımıyla köftelere disk şekli verilmiştir. İkinci çalışmada yüzeyin düzgün olması için köfte hamurunu düzleştirmek için oklava kullanılmıştır. Yapılan ilk çalışmada hazırlanan köftelerin her biri yaklaşık 18±3 g’ dır ve köftelere şekil verildikten sonra buzdolabı kaplarına konulup, bir gece buzdolabında (+4 °C) bekletilmiş, ardından inokülasyon işlemine geçilmiştir. Yapılan ikinci çalışmada ise hazırlanan köftelerin her biri yaklaşık 16±2 g olacak şekilde şekillendirildikten sonra buzdolabında bekletilmeden inokülasyon işlemine geçilmiştir. İkinci denemede toplam aerobik mezofilik bakteri sayımında kullanılacak örnekler inokülasyon yapılmadan direk paketlemeye geçilmiştir.

Tablo 3.1: Köftelerin hazırlanmasında kullanılan formülasyon ve miktarları.

Malzemeler	Miktar (%)
Kıyma	82,4
Galeta unu	8
Soğan	3
Kırmızıbiber	2
Tuz	2
Kimyon	2
Sarımsak	0,5
Karabiber	0,1

3.2.2 Patojenlerin hazırlanması ve köftelere inokülasyonu

Yatık TSA’da yetiştirilmiş *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728), *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* deney öncesinde hücrelerin aktivitesini arttırmak amacıyla önce 35 °C’de 24 saat inkübe edilmiş, ardından 2. tazeleme yapılarak yeniden yatık TSA’ya sürülmüş ve ikinci kere 35 °C’de 24 saat inkübe edilmiştir. Ardından taze koloniler öze yardımıyla peptonlu suya aktarılmış, tüp karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılmıştır.

Her iki denemede de, pişirmeye hazır köftelere belli bir *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* konsantrasyonu sağlamak amacıyla kullanılacak stok kültür, McFarland standardı kullanılarak hazırlanmıştır. %1’lik seyreltik baryum klorür ($BaCl_2$) ve sülfürik asit (H_2SO_4) çözeltilerinin farklı oranlardaki karışımlarının oluşturduğu bulanıklık ile peptonlu su içindeki bakteri popülasyonunun oluşturduğu bulanıklığın benzerliğinden faydalanarak, istenen düzeyde aşılama gerçekleştirilmektedir (Gürgün ve Halkman, 1990). Yatık TSA’da çoğaltılmış *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* deney öncesinde hücrelerin aktivitesini arttırmak amacıyla 2 kez tazelenmiş, ardından taze koloniler öze yardımıyla peptonlu suya aktarılmış, tüp karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılmıştır. McFarland standardından faydalanarak bulanıklığının $1,3 \times 10^9$ kob/ml konsantrasyonuna karşılık gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu patojenlerin her birinden 1’er ml alınarak 7 ml’lik peptonlu suya konulup, her bir patojenden 10^8 kob/ml içeren patojen kokteyli hazırlanmıştır. Disk şekli verilmiş her bir köfte örneğinin ortasına bastırılarak çukur oluşturulmuş ve her bir örneğe 0,15 ml patojen kokteylinde aşılanmıştır ve köfteler katlanmıştır. Böylece pişirmeye hazır köftelerde

10⁶ kob/gr düzeyinde *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* olması hedeflenmiştir.

3.2.3 Paketleme

İnokulasyon işleminden sonra her iki denemede de köftelerin paketlenmesi yapılmıştır. Paketler 10 cm x 15 cm boyutlarında kesilmiş ve klorlu su ile dezenfekte edilmiştir. Hazırlanan köfteler hava atmosferli paketler için gaz geçirgenliği yüksek LDPE torbalarına, MAP için olanlar ise gaz geçirgenliği çok düşük çok katmanlı PET/PE-EVOH-PE torbalarına yerleştirilmiştir. Ambalajlar içerisine uygun gaz karışımları verildikten sonra kapatılmıştır (Multivac C200). Çalışmada kullanılan gaz karışımları uygun oranlarda O₂, CO₂ ve N₂'nin bir gaz mikseriyle (PBI dansensor Map Mix 9000) karıştırılmasıyla elde edilerek ambalaj makinesine verilmiştir. Gaz karışımı ayarlandıktan sonra ambalaj makinesi iki kere boş çalıştırılmıştır. Ayrıca gaz oranlarının kontrolü için PAPE ambalaj materyali ile paketlenmiş boş paketlerde gaz kontrolü yapılmıştır. Elde edilen gaz karışımlarındaki gaz oranları bir gaz analizatörü (PBI Dansensor CheckMate) ile ölçülmüştür. Ambalajlama önce 12 mbar'a kadar vakum uygulanarak paketin içindeki hava alınmıştır. Ardından ayarlanan gaz karışımı 750 mbar'a kadar verilmiş ve ardından LDPE paketler için 1,2 saniyelik, katmanlı PET/PE-EVOH-PE paketler içinse 2 saniyelik ısı ile kapama işlemi uygulanmıştır. İlk denemede kullanılan ambalaj koşulları şunlardır: M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂. İkinci denemede kullanılan ambalaj koşulları ise; A: %21O₂+%0CO₂ ve M: %3O₂+%50CO₂'dir. Paketlerdeki gaz oranları gerektiğinde N₂ ile %100'e tamamlanmıştır.

3.2.4 Işınlama

Paketlerin içindeki köfte örnekleri 70 cm x 60 cm boyutlarındaki köpük kutulara yerleştirilmiştir. Köpük kutuların en altında ışınlama süresince sıcaklığın korunabilmesi için 8 adet buz aküsü yerleştirilmiştir. Buz akülerinin üzerine 20 cm x 25 cm ebatlarında kesilmiş mukavva parçalarının arasına paketler ve termometre yerleştirilmiş ve kutuların ağzı bantlanarak kapatılmıştır. Numuneler ticari ışınlama tesisine 9 ± 3 °C taşınmıştır. Ürünlerin ışınlaması Gamma-Pak Sterilizasyon A.Ş. (Çerkezköy, Çorlu) ışınlama tesisinde gerçekleştirildi. Işınlama cihazı Kanada

Nordion firması tarafından üretilen JS 9600 model, IR-185 Seri No'su ile Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IEAE) tarafından tescil edilmiş, 101 BBq (3.000.000 Ci) kapasiteli kaynak paneline sahip kutu taşıyıcılı çift kapsüllü bir Co⁶⁰ kaynağıdır. İlk denemede kullanılan dozlar 0, 2 ve 4 kGy'dir. Işınlama doz hızı 1,33 kGy/st ve gücü 850.000 curries'tir. İkinci denemede ise kullanılır dozlar patojen bakteriler için ; 0, 0,75, 1,5 ve 3 kGy iken, toplam aerobik mezofilik bakteriler için 0, 1,5 ve 3 kGy'dir. Işınlama doz hızı 1,33 kGy/st ve gücü 850.000 curries'tir. Her iki denemede de ışınlama cihazının kalibrasyonu Ceris-Cerious kimyasal dozimetrelerle gerçekleştirilmiştir. Işınlamaya giren ürünlerin aldıkları dozlar ise yüzeylerine yapıştırılan plastik özellikli Amber 3042 tip Harwell kırmızı akrilik (perspeks) (PMMA) dozimetreler ile ölçülmüştür. Her iki denemenin dozimetri sonuçları Ek'te gösterilmektedir.

3.2.5 Depolama

Tüm örnekler ışınlamadan sonra 4±1 °C'de ilk deneme için 14 gün, ikinci deneme için 21 gün depolanmıştır. İlk denemede depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde, ikinci denemede ise depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde paketler açılmadan önce gaz ölçümü, açıldıktan sonrada toplam aerobik mezofilik bakteri, *E.coli* O157:H7, *S.enteritidis* ve *L.monocytogenes* sayımı yapılmıştır.

3.2.6 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sadece ikinci deneme için 1., 7. ve 14. günlerde olmak üzere üç kez gerçekleştirilmiştir. Ekimler 2 tekrarlı (duplicate) olarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler 1: 9 oranında seyreltildikten sonra, stomacherde homojenize edilmiştir. TSA besiyerine yayma plak yöntemiyle belirlenen dilüsyonlardan 0,1 ml, ayrıca ışınlanmış ürünlerde deteksiyon limitini düşürmek amacıyla 10⁻¹'lik dilüsyondan 0,5 ml'lik ekimler gerçekleştirilerek ekimin hassasiyetinin minimum 50 bakteri olması sağlanmıştır. 35 °C'de yapılan 2 günlük inkübasyon sonunda petrilere sayım yapılarak sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.7 Thin agar layer (TAL) besiyerlerinin hazırlanışı ve patojen bakterilerin sayımı

Proses uygulamaları sonucunda bazı hasar görmüş mikroorganizmalar uygun koşullar sağlandığında yaşam aktivitelerine devam edebilmektedir. Bu mikroorganizmaların sayılabilmesi için; öncelikle petriye selektif, daha sonra üzerine 14 ml selektif olmayan besiyerinin eklenip donduktan sonra yayma plak yöntemi ile ekimin yapılmasını içeren Thin Agar Layer (TAL) yöntemi kullanılmıştır.

Seçici besiyerleri olarak *E.coli* O157:H7 *Salmonella spp.* ve *L.monocytogenes* için selektif besiyeri olarak sırasıyla; Sorbitol MacConkey Agar-SMACCT (Oxoid CM0981) ve Cefixime Tellurit (CT) katkısı (Oxoid SR0172) , Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar (Merck 1.05287) ve Oxford Listeria Agar (Merck 1.07004) ve Oxford Listeria Selective Supplement (Merck 1.07006) kullanılmıştır. Seçici besiyerinin üzerine 14 ml genel amaçlı Tryptic Soy Agar-TSA (Oxoid CM0131) ilavesi uygulanmıştır. *E.coli* O157:H7 için 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. Köfte numunelerinin doğal mikroflorasında Gram negatif bakterilerin yüksek miktarda bulunabileceği beklendiğinden besiyerine CT katkısı 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.

S. enteritidis analizi için selektiflik besiyeri olarak Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar (Merck 1.05287) besiyerinin kullanılmıştır. Besiyeri bileşimindeki tiyosülfat ve demir tuzu sayesinde hidrojen sülfür oluşumu, ksiloz ve/veya laktoz ve/veya sakkarazun kullanımı pH indikatörü olan fenol red ile belirlenir. Lisinin dekarboksilasyonu ile kadeverin oluşması koloni etrafındaki pH yükselmesine bağlı olarak menekşe renkli bir zon görülür. *Salmonella* kolonileri besiyeriyle aynı renkte yarı saydam, bazen siyah merkezli koloniler oluşmaktadır.

L. monocytogenes için seçici besiyeri olarak; Oxford Listeria Selective Agar (Merck 1.07004) kullanılmıştır. Otoklavda 121 °C’de steril edilen besiyeri otoklavdan çıkınca 45 C’ye soğutulup üzerine 5 ml, 1:1 oranında hazırlanmış steril damıtık su: alkol karışımı içinde çözülmüş Oxford Listeria Selective Supplement ilave edilmiştir. Besiyeri bileşimindeki antibiyotikler ve lityum klorür ile refakatçi flora olarak bulunan Gram negatif ve çoğu Gram pozitif mikroorganizmaların inhibisyonunu sağlar. Listeria eskulini β -D-glucosidase enzim ile eskuletin ve glikoza parçalanır. *L.monocytogenes* bu besiyerinde 2-3 mm çapında siyahımsı yeşil kahverengi siyah zonlu çökük merkezli koloni oluşturur.

Numuneler, 1: 9 oranında olacak şekilde seyreltilerek stomacherde homojenize edilmiştir. Belirlenen dilüsyonlardan yayma plak yöntemiyle 0,1 ml ekim yapılmıştır. Ayrıca ışınlanmış ürünlerde deteksiyon limitinin düşürülmesi için 10^{-1} ’lik dilüsyondan 0,5 ml’lik ekimler gerçekleştirilmiştir. Böylece ekimin hassasiyetinin minimum 50 bakteri olması sağlanmıştır. 35 °C’de yapılan 1 günlük inkübasyon sonunda petrilere gelişen tipik koloniler dikkate alınarak patojen sayım sonuçları elde edilmiştir.

3.2.8 İstatistiksel analizler

Analizler için ”Minitab® Release 12.2 for Windows” kullanılmıştır. Microsoft Exell®2003” de hazırlanan veriler bu programa aktarılarak genel lineer modelleme yöntemi ile varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Tukey ikili karşılaştırma testiyle %95 güven düzeyinde ikili karşılaştırmalar yapılarak, 1. denemede ışınlama dozu, depolama günü, O₂ ve CO₂ miktarına 2. denemede ise ışınlama dozu, depolama günü ve paketlenildiği ortama göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ışınlamanın D₁₀ değerleri, doza kaştı bakteri sayımları logaritmik ekseninde çizilerek

elde edilen eğriye fit edilen denklemin eğiminden hesaplanmıştır. Örneğin eğrinin denklemi şu şekilde ise (1.1);

$$LOG (bakteri sayısı) = - A x doz (kGy) + B \quad (1.1)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Işınlama Dozu ve Paket İçi O₂ ve CO₂ Konsantrasyonlarının Köftelerde Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri

Dozimetri ölçüm sonuçları Ek A Tablo A.1’ de verilmiştir. MAP ve hava atmosferi ile paketlenen örneklerin gaz ölçümleri 1., 7. ve 14. günlerde deneylerden önce yapılmıştır. Depolama boyunca O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Depolama sonunda %21 O₂ içeren paketlerde O₂ konsantrasyonu % 16,8’e, %50 CO₂ içeren paketlerde CO₂ konsantrasyonu % 44,70’e düşmüştür. Tablo 4.1’de farklı dozlarda ısıtılmış paketlerin depolama boyunca ortalama % O₂ ve % CO₂ konsantrasyonları yer almaktadır

Tablo 4.1: Farklı dozlarda ışınlanmış paketlerin depolama boyunca ortalama % O₂ ve % CO₂ konsantrasyonları

Doz	Paketleme	% O ₂ % CO ₂		
		1. gün	7. gün	14. gün
0kGy	M1	0,55	0,05	0,00
		0,51	4,10	6,25
	M2	0,20	0,13	0,04
		46,50	44,80	47,40
	M3	3,60	1,92	0,00
		1,14	5,55	12,70
	M4	4,02	3,63	3,10
		46,80	44,70	45,90
	M5	20,70	19,95	19,10
		45,50	45,45	45,90
2 kGy	M1	18,40	16,80	11,90
		4,75	3,96	4,20
	M2	0,42	0,22	0,09
		1,05	1,60	2,85
	M3	0,13	0,08	0,03
		46,70	44,25	43,90
	M4	4,26	3,43	3,09
		1,40	2,15	2,40
	M5	4,50	5,63	2,83
		46,65	46,90	45,90
4 kGy	M1	20,23	20,10	18,35
		46,86	45,90	47,85
	M2	17,55	20,00	19,5
		5,24	0,65	1,25
	M3	0,36	0,15	0,10
		0,91	2,20	1,59
	M4	0,07	0,01	0,00
		46,35	43,65	40,30
	M5	4,06	5,41	2,93
		1,61	1,40	2,25

M1: 0%O₂+0%CO₂, M2: 0%O₂+50%CO₂, M3: 5%O₂+0%CO₂, M4: 5%O₂+50%CO₂, M5: 21%O₂+50%CO₂, A: 21%O₂+0%CO₂

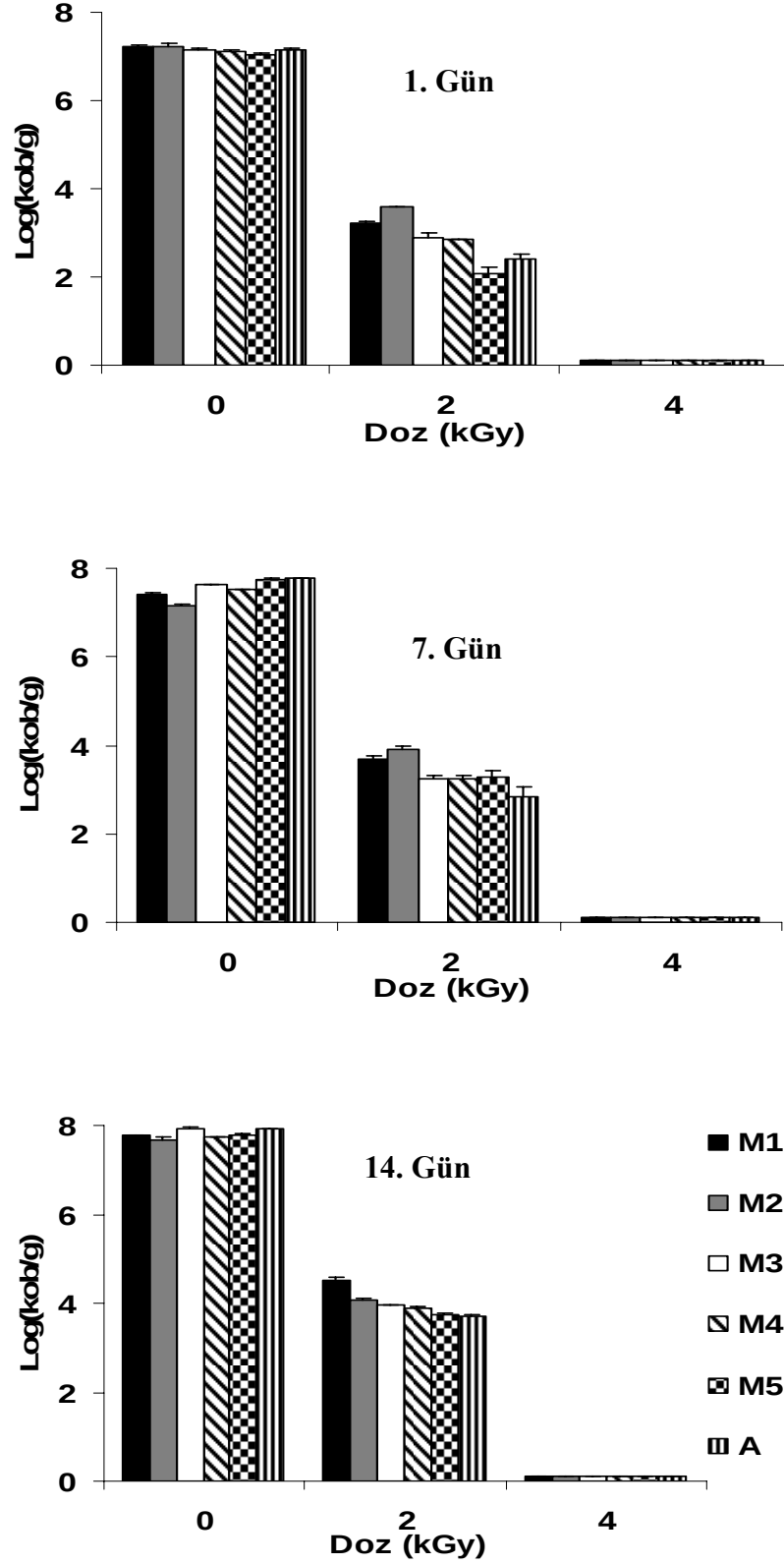
4.1.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sonuçları

Işınlama köftelerdeki toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Şekil 4.1). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin TAMB sayısı azalmıştır (p=0,000). TAMB sayısı 4 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında, depolama süresi boyunca

tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir. Işınlanmamış ve 2 kGy dozda ışınlanmış örneklerin ortalama TAMB sayımları sırasıyla; 7,50- ve 3,40-log(kob/g)'dir. TAMB için hesaplanan D_{10} -değeri ortalama 0,47 kGy'dir.

TAMB' nin O_2 varlığında ışınlamaya karşı daha hassas olduğu gözlenmiştir. Paketlerdeki O_2 konsantrasyonu arttıkça; ışınlama daha yüksek seviyelerde TAMB inaktivasyonu sağlamıştır ve her bir O_2 konsantrasyonu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($p=0,000$). % 0, 5 ve 21 O_2 konsantrasyonları ile paketlenen örneklerdeki ortalama TAMB sayımı sonuçları sırasıyla; 3,84-, 3,34- ve 3,01-log(kob/g)' dir. CO_2 konsantrasyonlarının, ışınlama kaynaklı TAMB inaktivasyonu üzerine önemli bir etkisi tespit edilmemiştir ($p<0,05$). Depolama süresi boyunca ışınlanmış örneklerde TAMB sayısında önemli düzeylerde artış olmuştur. Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,57-log(kob/g)'dir ($p=0,000$).

Işınlanmamış örneklerde; başlangıç TAMB sayısı ortalama 7,16-log(kob/g)'dir. Paketlerdeki O_2 konsantrasyonu arttıkça örneklerin TAMB sayısı önemli düzeyde artmıştır ($p=0,000$). % 0, 5 ve 21 O_2 konsantrasyonları ile paketlenen örneklerdeki ortalama TAMB sayımı sonuçları sırasıyla 7,41-, 7,52- ve 7,58-log(kob/g)' dir. Işınlanmamış örneklerde paketlerdeki CO_2 konsantrasyonu arttıkça, köfte örneklerinin TAMB sayısında önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p=0,000$). % 0 ve 50 CO_2 konsantrasyonlarıyla paketlenen örneklerdeki TAMB sayımları arasındaki fark ortalama 0,12-log(kob/g)'dir. Depolama boyunca ışınlanmamış örneklerin TAMB sayımlarında önemli düzeyde artış olmuştur. Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,32-log(kob/g)'dir.

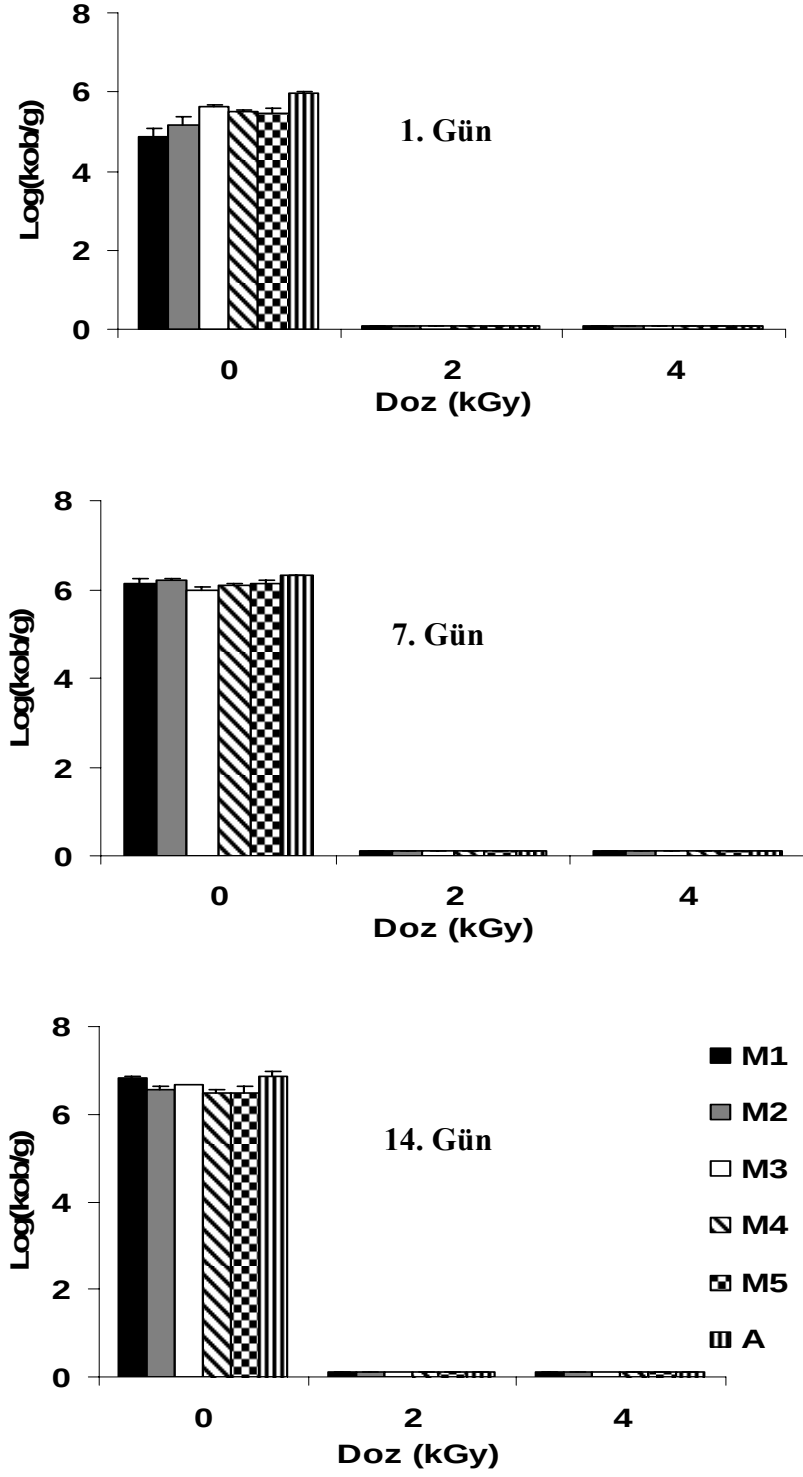


Şekil 4.1: Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki TAMB sayısı üzerine etkisi (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

4.1.2 *Escherichia coli* O157:H7 sayımı sonuçları

Işınlama köftelerdeki *Escherichia coli* O157:H7 sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Şekil 4.2). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin *E. coli* O157:H7 sayısı azalmıştır. *E. coli* O157:H7 için hesaplanan D_{10} -değeri 0,33 kGy veya daha düşüktür. Çünkü; *E. coli* O157:H7 sayısı 2 ve 4 kGy dozlarda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında, depolama süresi boyunca tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir

Işınlanmamış örneklerde; başlangıç *E. coli* O157:H7 sayısı ortalama 5,42- $\log(\text{kob/g})$ 'dır. Işınlanmamış örneklerde % 0 ve % 21 O_2 içeren paketlerdeki *E. coli* O157:H7 sayımları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli iken % 5 O_2 içeren paketlerdeki inaktivasyon değerlerinden farklı değildir. % 0, 5 ve 21 O_2 konsantrasyonları ile paketlenen örneklerdeki ortalama *E. coli* O157:H7 sayımı sonuçları sırasıyla 5,95-, 6,06- ve 6,21- $\log(\text{kob/g})$ 'dır. Işınlanmamış örneklerde paketlerdeki CO_2 konsantrasyonu arttıkça, köfte örneklerinin *E. coli* O157:H7 sayısında önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p=0,000$). % 0 ve 50 CO_2 konsantrasyonlarıyla paketlenen örneklerdeki *E. coli* O157:H7 sayımları arasındaki fark ortalama 0,13- $\log(\text{kob/g})$ 'dır. Depolama boyunca ışınlanmamış örneklerin *E. coli* O157:H7 sayımlarında önemli düzeyde artış olmuştur. Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,7- $\log(\text{kob/g})$ 'dır.



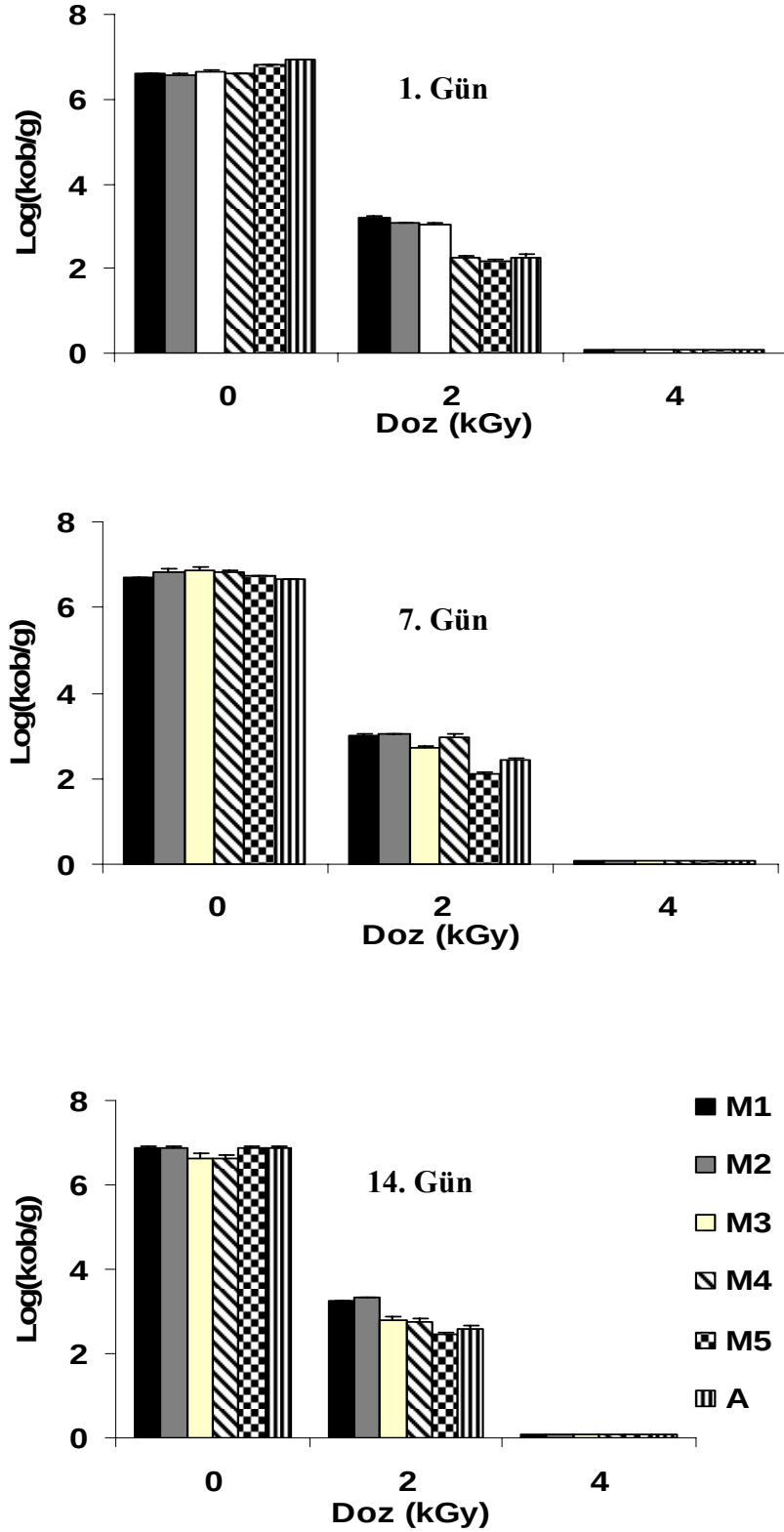
Şekil 4.2: Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki *Escherichia coli* O157:H7 sayısı üzerine etkisi (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

4.1.3 *Salmonella enteritidis* sayımı sonuçları

Işınlama köftelerdeki *Salmonella enteritidis* sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Şekil 4.3). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin *S. enteritidis* sayısı azalmıştır ($p=0,000$). *S. enteritidis* sayısı 4 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında, depolama süresi boyunca tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir. Işınlanmamış ve 2 kGy dozda ışınlanmış örneklerin ortalama *S. enteritidis* sayımları sırasıyla; 6,75- ve 2,75-log(kob/g)'dir. *S. enteritidis* için hesaplanan D_{10} -değeri ortalama 0,51 kGy'dir.

S. enteritidis' in O_2 varlığında ışınlamaya karşı daha hassas olduğu gözlenmiştir. Paketlerdeki O_2 konsantrasyonu arttıkça; ışınlama daha yüksek seviyelerde *S. enteritidis* inaktivasyonu sağlamıştır ve her bir O_2 konsantrasyonu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($p=0,000$). % 0, 5 ve 21 O_2 konsantrasyonları ile paketlenen örneklerdeki ortalama *S. enteritidis* sayımı sonuçları sırasıyla; 3,16-, 2,76- ve 2,34-log(kob/g)' dir. Işınlanmış örneklerde CO_2 konsantrasyonu arttıkça, ışınlama kaynaklı *S. enteritidis* inaktivasyonu önemli düzeyde artmıştır ($p=0,000$). % 0 ve 50 CO_2 konsantrasyonlarıyla paketlenen örneklerdeki *S. enteritidis* sayımları arasındaki fark ortalama 0,13-log(kob/g)'dir. Depolamanın 7. gününden sonra ışınlanmış örneklerde *S. enteritidis* sayısında önemli düzeylerde artış olmuştur ve ortalama artış 0,10-log(kob/g)'dir ($p=0,000$).

Işınlanmamış örneklerde; başlangıç *S. enteritidis* sayısı ortalama 6,69-log(kob/g)' dir. Işınlanmamış örneklerde % 0 ve % 21 O_2 içeren paketlerdeki *S. enteritidis* sayımları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli iken % 5 O_2 içeren paketlerdeki inaktivasyon değerlerinden farklı değildir. % 0, 5 ve 21 O_2 konsantrasyonları ile paketlenen örneklerdeki ortalama *S. enteritidis* sayımı sonuçları sırasıyla 6,74-, 6,70- ve 6,80-log(kob/g)' dir. Işınlanmamış örneklerde paketlerdeki CO_2 konsantrasyonunun *S. enteritidis*'in inaktivasyonu üzerine herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Depolama boyunca ışınlanmamış örneklerin *S. enteritidis* sayımlarında 14. güne kadar önemli düzeyde artış olmuştur. Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,05-log(kob/g)'dir.



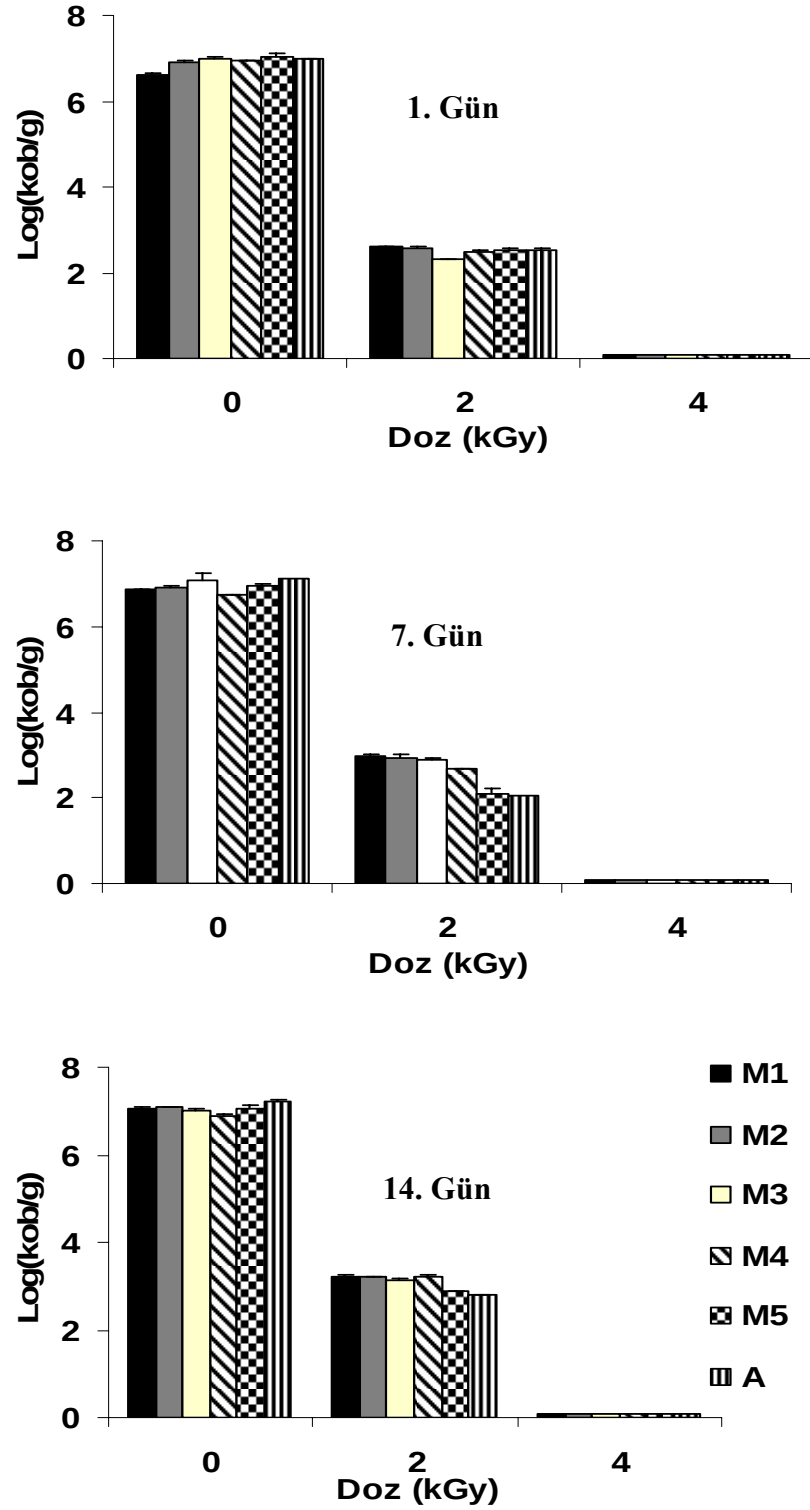
Şekil 4.3: Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki *Salmonella enteritidis* sayısı üzerine etkisi (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

4.1.4 *Listeria monocytogenes* sayımı sonuçları

Işınlama köftelerdeki *Listeria monocytogenes* sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Şekil 4.4). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin *L. monocytogenes* sayısı azalmıştır ($p=0,000$). *L. monocytogenes* sayısı 4 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında, depolama süresi boyunca tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir. Işınlanmamış ve 2 kGy dozda ışınlanmış örneklerin ortalama *L. monocytogenes* sayımları sırasıyla; 6,97- ve 2,73-log(kob/g)'dir. *L. monocytogenes* için hesaplanan D_{10} -değeri ortalama 0,46 kGy'dir.

L. monocytogenes'nin O_2 varlığında ışınlamaya karşı daha hassas olduğu gözlenmiştir. Paketlerdeki O_2 konsantrasyonu arttıkça; ışınlama daha yüksek seviyelerde *L. monocytogenes* inaktivasyonu sağlamıştır ve her bir O_2 konsantrasyonu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($p=0,000$). % 0, 5 ve 21 O_2 konsantrasyonları ile paketlenen örneklerdeki ortalama *L. monocytogenes* sayımı sonuçları sırasıyla; 2,91-, 2,80- ve 2,49-log(kob/g)'dir. CO_2 konsantrasyonlarının, ışınlama kaynaklı *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine önemli bir etkisi tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Depolama süresi boyunca ışınlanmış örneklerde *L. monocytogenes* sayısında önemli düzeylerde artış olmuştur. Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,29-log(kob/g)'dir ($p=0,000$).

Işınlanmamış örneklerde; başlangıç *L. monocytogenes* sayısı ortalama 6,91-log(kob/g)'dir. % 0 ve % 5 O_2 içeren paketlerdeki *L. monocytogenes* sayımları arasında fark gözlenmezken; % 21 içeren paketlerdeki *L. monocytogenes* sayımları diğer paketlere göre fazla çıkmıştır. % 0, 5 ve 21 O_2 konsantrasyonları ile paketlenen örneklerdeki ortalama *L. monocytogenes* sayımı sonuçları sırasıyla 6,91-, 6,94- ve 7,06-log(kob/g)'dir. Işınlanmamış örneklerde paketlerdeki CO_2 konsantrasyonu arttıkça, köfte örneklerinin TAMB sayısında önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p=0,000$). % 0 ve 50 CO_2 konsantrasyonlarıyla paketlenen örneklerdeki *L. monocytogenes* sayımları arasındaki fark ortalama 0,05-log(kob/g)'dir. Işınlanmamış örneklerin *L. monocytogenes* sayımlarında depolamanın 7. gününden sonra önemli düzeyde artış olmuştur ve ortalama artış 0,08-log(kob/g)'dir.



Şekil 4.4: Işınlama dozu ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin + 4 °C’ de depolama sırasında köftelerdeki *Listeria monocytogenes* sayısı üzerine etkisi (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %50O₂+%0CO₂, M4: %50O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

E.coli O157:H7, *S.enteritidis* ve *L. monocytogenes* için D₁₀ değerleri sırasıyla ortalama; 0,51, 0,33 ve 0,46 kGy olarak hesaplanmıştır. Literatürde *E.coli* O157:H7, *S.enteritidis* ve *L. monocytogenes* için D₁₀ değerleri sırasıyla; 0,24-0,41, 0,51-0,71, 0,45-0,50 kGy aralığında belirtilmiştir ve deneyde elde edilen sonuçlar bu değerlere uymaktadır (Lopez-Gonzalez ve diğ., 1999; Molins ve diğ., 2001; Thayer ve diğ.,1995). Sonuç olarak pişirmeye hazır köftelerde *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* riski 4 kGy'e kadar, *E .coli* O157:H7 riski ise 2 kGy'e kadar dozlarda ışınlamayla elimine edilebilmektedir. Modifiye atmosferde O₂ varlığı, serbest radikallerin oluşmasından dolayı bakterilerin ışınlamaya karşı olan direncini azaltır (Chiasson ve diğ., 2004). O₂ konsantrasyonu yüksek olan paketlerde ışınlama etkisi daha fazla gözlenmiştir. CO₂'nin ışınlamanın öldürücülüğü üzerine herhangi bir etkisi olmamasına rağmen, ışınlanmış örneklerde patojenlerin toparlanıp çoğalmasını engellemektedir. Her ne kadar oksijen içeren paketler yüksek inaktivasyon sağlasa da, depolama süresince en çok artış yüksek oksijen içeren paketlerde gözlenmiştir. Ayrıca; etler yapılarındaki fosfolipidlerde bulunan çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonundan dolayı oksidatif bozulmaya karşı çok duyarlıdır (Giroux ve Lacroix, 1998). Işınlama ette bol miktarda bulunan suyu iyonize etmektedir. Bu durum; ışınlanmış etlerde istenmeyen tat gelişimine sebep olmaktadır.

Modifiye atmosferde ambalajlanarak muhafaza edilen et, balık ve tavuk ürünlerinde en önemli mikroorganizmadan biri de *Clostridium botulinum*'dur. Özellikle proteolitik olmayan *C. botulinum* şuşlarının gelişmesi sonucu, üründe fark edilebilir bir bozulma ortaya çıkmadan önce mikroorganizma gelişmiş ve toksin üretmiş olabilir. Uygulanmada CO₂ ve O₂ oranları ile depolama sıcaklığının *C. botulinum*'un gelişmesi ve toksin üretimine etkisi üzerine pek çok çalışma yapılmış olmasına karşın, elde edilen sonuçlardan kesin bir yargıya varmak mümkün olmamıştır. Ortamda oksijenin varlığı ise *C. botulinum*'un gelişmesini engellemektedir (Rao ve Sachindra, 2002). Sonuç olarak; depolama sıcaklığı yeterince düşük olmadığı sürece MAP, *C. botulinum*'a karşı bir güvence sağlamaz. Bu nedenle MAP uygulanmış ürünlerin soğukta depolanmaları ve ambalaj atmosferinde O₂ bulunması, botulizmi önlemek açısından son derece önemlidir. Örneğin; kümes hayvanlarının modifiye atmosferde paketlenmesinde yukarıda açıklandığı gibi yukarıda açıklandığı gibi, gıda zehirlenmelerine neden olan mikroorganizmaların bazıları O₂ varlığında

gelişemediklerinden, paket içine güvenlik faktörü olarak O₂ dahil edilmektedir. %2'nin üzerinde; en iyisi %5-10 düzeylerinde O₂ içeren modifiye atmosferde ambalajlanmış ürünlerin 0 °C'de depolanması *C. botulinum* ve *C. perfringens* gelişmesine engel olmaktadır(Rao ve Sachindra, 2002).

Bu çalışmada kullanılan O₂ konsantrasyonları; % 0, 5 ve 21 olarak belirlenmiştir. % 5 O₂ 'in seçilmesinin sebebi; muhtemel *C. botulinum* riskinden dolayı paketlerde depolama sonuna kadar anaerobik ortam oluşması istenmemektedir. Bu yüzden; diğer kalite parametreleri de göz önünde bulundurularak; bakteriyel gelişmeden dolayı anaerobik şartların sağlanmayacağı minimum O₂ miktarının belirlenebilmesi için % 5 O₂ tercih edilmiştir. Yapılan gaz ölçüm analizleri sonu % 5 O₂ konsantrasyonunun 2 haftalık depolama süresi boyunca anaerobik ortam oluşturmadığı ve bir sonraki çalışmada O₂ konsantrasyonunun daha düşük seviyelerde tutulabileceği tespit edilmiştir.

Bu yüzden; bu çalışma için optimum paketleme koşullu %5O₂+%50CO₂ olarak belirlenmiştir. Özellikle *E.coli* O157:H7 ışınlamaya karşı daha duyarlı olduğundan bu patojen için D₁₀ değerinin daha net belirleyebilmek için daha düşük dozların kullanıldığı bir başka çalışma daha yapılmıştır. TAMB sayımı sonuçları patojen sayımlarıyla benzerlik göstermiştir. Bunun sebebi; TAMB sayımının inokülasyon yapılmış örneklerle uygulanmasıdır. Buda örneklerin doğal mikroflorasında bulunan mikroorganizmalar hakkında tam bilgi vermemektedir. Bu nedenle bir sonraki çalışmada TAMB sayımı için inokülasyon yapılmamış örnekler hazırlanmıştır.

4.2 Işınlama (0-3 kGy) ve Modifiye Atmosferde Paketlemenin (%3O₂+%50CO₂+%47N₂) Köftelerde Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri

Dozimetri ölçüm sonuçları Ek A Tablo A.2 ve Tablo A.3' te verilmiştir. Hava atmosferi ve modifiye atmosfer koşullarıyla paketlenen örnekler 1., 7., 14. ve 21. günlerde deneylerden önce gaz ölçümleri yapılmıştır. Depolama boyunca O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Depolama sonunda %21 O₂ içeren paketlerde O₂ konsantrasyonu % 18,3'e, %50 CO₂ içeren paketlerde CO₂ konsantrasyonu % 39,3'e düşmüştür. Tablo 4.2'de farklı dozlarda ışınlanmış paketlerin depolama boyunca ortalama % O₂ ve % CO₂ konsantrasyonları yer almaktadır.

Tablo 4.2. Farklı dozlarda ışınlanmış paketlerin depolama boyunca ortalama % O₂ ve % CO₂ konsantrasyonları

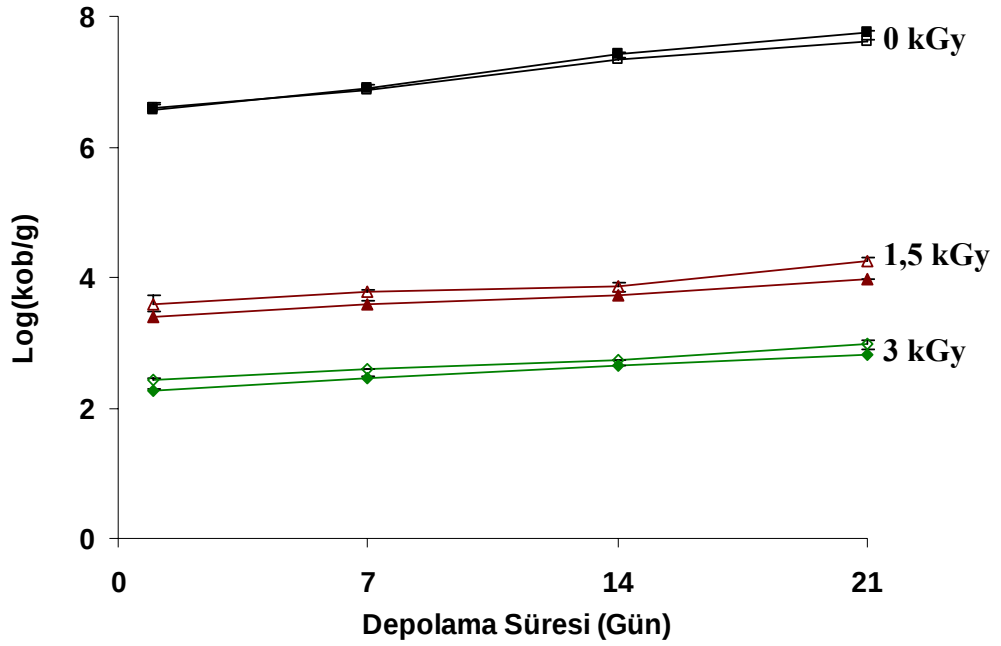
Doz	Paketleme	% O ₂ % CO ₂ değerleri			
		1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
0 kGy	A	20,80	20,10	18,30	18,70
		0,35	0,40	2,50	3,20
	M	2,60	3,04	2,57	1,11
		49,80	42,00	41,60	39,30
0,75 kGy	A	20,80	19,80	19,10	19,10
		0,35	0,90	0,50	0,60
	M	2,60	2,77	2,18	1,15
		49,80	42,10	41,40	40,70
1,5 kGy	A	20,80	19,40	18,50	19,30
		0,35	0,60	1,00	0,50
	M	2,60	2,77	2,07	0,10
		49,80	41,20	39,90	47,60
3 kGy	A	20,80	19,30	19,80	19,10
		0,35	1,00	0,50	0,52
	M	2,60	2,07	2,60	0,40
		49,80	40,90	40,80	42,50

A: %21 O₂ + % 0 CO₂, M: %3 O₂ + %50 CO₂

4.2.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sonuçları

Işınlama köftelerdeki TAMB sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Şekil 4.5). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin TAMB sayısı azalmıştır (p=0,000). 0, 1,5 kGy ve 3 kGy dozla ışınlanmış örneklerin TAMB sayım sonuçları sırasıyla ortalama; 7,13-, 3,77- ve 2,61-logkob/g'dır. Işınlanmış örneklerde genel olarak hava atmosferi ile paketlenen örneklerdeki TAMB sayısının,

MAP örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir, ancak bu fark ortalama 0,17 logkob/g'dır ($p=0,000$). TAMB için D_{10} değeri hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 0,70 kGy iken, MAP örneklerde 0,72 kGy olarak hesaplanmıştır. Depolama süresi boyunca ışınlanmış örneklerde TAMB sayısında önemli miktarda artış olmuştur ve günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p=0,000$). Depolama sonunda en düşük sayımlar 3 kGy ile ışınlanmış örneklerde gözlenmiştir ve ortalama 2,90-logkob/g'dır. 1,5 kGy doz ile ışınlanan örneklerde ise 21 günlük depolama sonunda TAMB sayısı ortalama 4,10-logkob/g'dır.



Şekil 4.5: Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 °C'de depolama sırasında TAMB sayısı üzerine etkileri (■, ▲, ◆; A; □, △, ◇; MAP)

Işınlanmamış örneklerde başlangıç TAMB sayısı ortalama 6,59-logkob/g'dır. Işınlanmamış MAP örnekleri ile hava atmosferi ile paketlenen örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir ($p=0,066$). Depolama sonunda ışınlanmamış MAP örneklerinin TAMB sayısı ortalama 7,61-logkob/g iken, hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 7,74-logkob/g tespit edilmiştir.

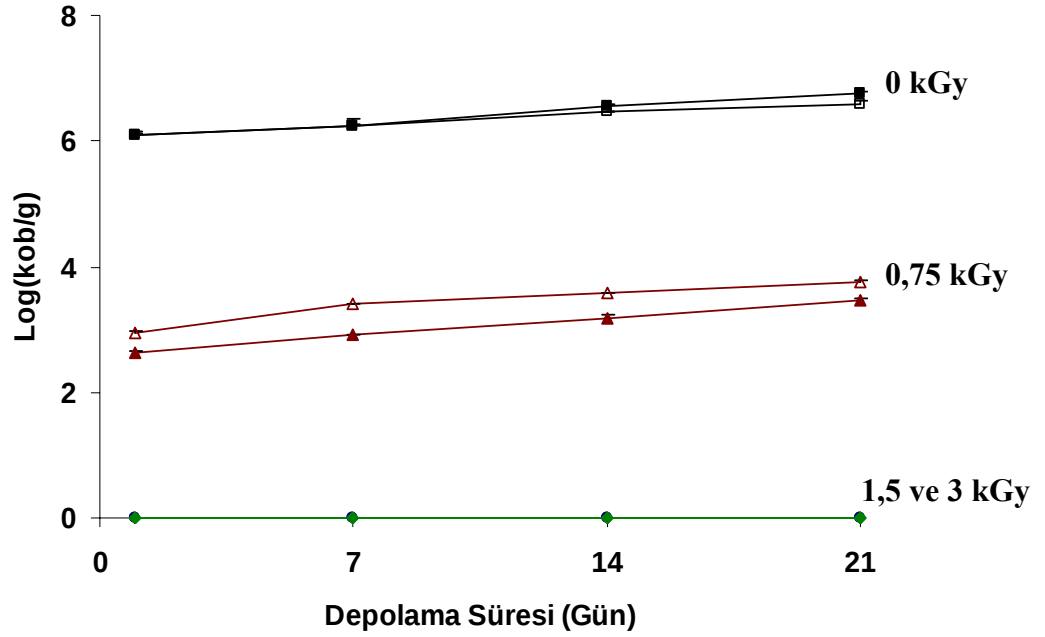
Depolama süresi boyunca TAMB sayısında önemli miktarda artış olmuştur ($p=0,000$). Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,25-logkob/g'dır.

4.2.2 *Escherichia coli* O157:H7 sayımı sonuçları

Işınlama köftelerdeki *E.coli* O157:H7 sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Şekil 4.6). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin *E.coli* O157:H7 sayısı azalmıştır ($p=0,000$). *E.coli* O157:H7 sayısı 1,5 ve 3 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında, depolama süresince tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir. 0 ve 0,75 kGy dozla ışınlanmış örneklerin *E.coli* O157:H7 sayım sonuçları sırasıyla ortalama; 6,38- ve 3,24-logkob/g'dır. Işınlanmamış örneklerde genel olarak hava atmosferi ile paketlenen örneklerdeki patojen sayısının, MAP örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir, ancak bu fark ortalama 0,37-logkob/g'dır ($p=0,000$). *E.coli* O157:H7 için D_{10} değeri hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 0,22 kGy iken, MAP örneklerde 0,24 kGy olarak hesaplanmıştır. Depolama süresi boyunca *E.coli* O157:H7 sayısında önemli miktarda artış olmuştur ve günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p=0,024$).

Işınlanmamış örneklerde başlangıç *E.coli* sayısı ortalama 5,96-logkob/g'dır. Işınlanmamış MAP örneklerinde, hava atmosferi ile paketlenen örnekler göre daha düşük sayım sonuçları tespit edilmiştir ($p=0,038$). Depolama sonunda ışınlanmamış MAP örneklerinin *E.coli* O157:H7 sayısı ortalama 6,59-logkob/g iken, hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 6,75-logkob/g'dır.

Depolama süresi boyunca *E.coli* O157:H7 sayısında önemli miktarda artış olmuştur ($p=0,000$). Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,22-logkob/g'dır.



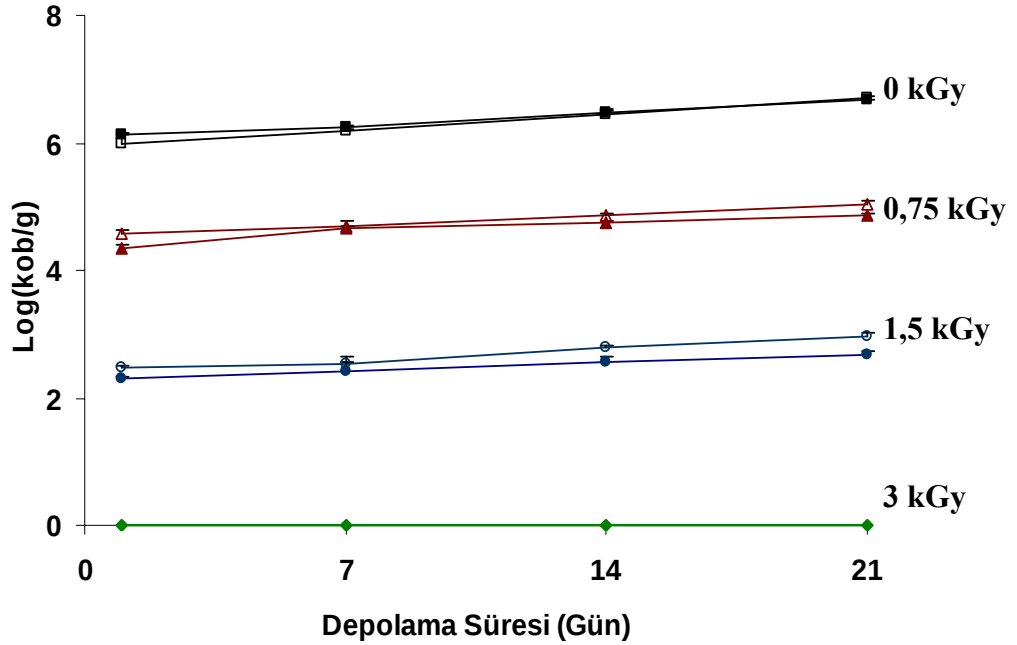
Şekil 4.6: Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 °C’de depolama sırasında *Escherichia coli* O157:H7 sayısı üzerine etkileri (■, ▲, ●, ◆; A; □, ○, △, ◇; MAP)

4.2.3 *Salmonella enteritidis* sayımı sonuçları

Işınlama köftelerdeki *S. enteritidis* sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Şekil 4.7). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin *S. enteritidis* sayısı azalmıştır ($p=0,000$). *S. enteritidis* sayısı 3 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketlenme koşullarında, depolama süresince tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir. 0, 0,75 kGy ve 1,5 kGy dozla ışınlanmış örneklerin *S. enteritidis* sayım sonuçları sırasıyla ortalama; 6,36-, 4,73- ve 2,59-logkob/g’dir. Işınlanmış örneklerde genel olarak hava atmosferi ile paketlenen örneklerdeki patojen sayısının, MAP örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir, ancak bu fark ortalama 0,17-logkob/g’dir ($p=0,080$). *S. enteritidis* için D_{10} değeri hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 0,39 kGy iken, MAP örneklerde 0,43 kGy olarak hesaplanmıştır. Depolama süresi boyunca ışınlanmış örneklerde *S. enteritidis* sayısında önemli miktarda artış olmuştur ve günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p=0,000$). Depolama sonunda en düşük sayımlar 1,5 kGy ile ışınlanmış örneklerde gözlenmiştir ve ortalama 2,82-logkob/g’dir. 0,75 kGy doz ile ışınlanan örneklerde ise 21 günlük depolama sonunda *S. enteritidis* sayısı ortalama 4,96-logkob/g’dir.

Işınlanmamış örneklerde başlangıç *S. enteritidis* sayısı ortalama 6,03-logkob/g’dir. Işınlanmamış MAP örnekleri ile hava atmosferi ile paketlenen örnekler arasında

istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir ($p=0,176$). Depolama sonunda ışınlanmamış MAP rneklerinin *S. enteritidis* sayısı ortalama 6,34-logkob/g iken, hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 6,38-logkob/g'dır.



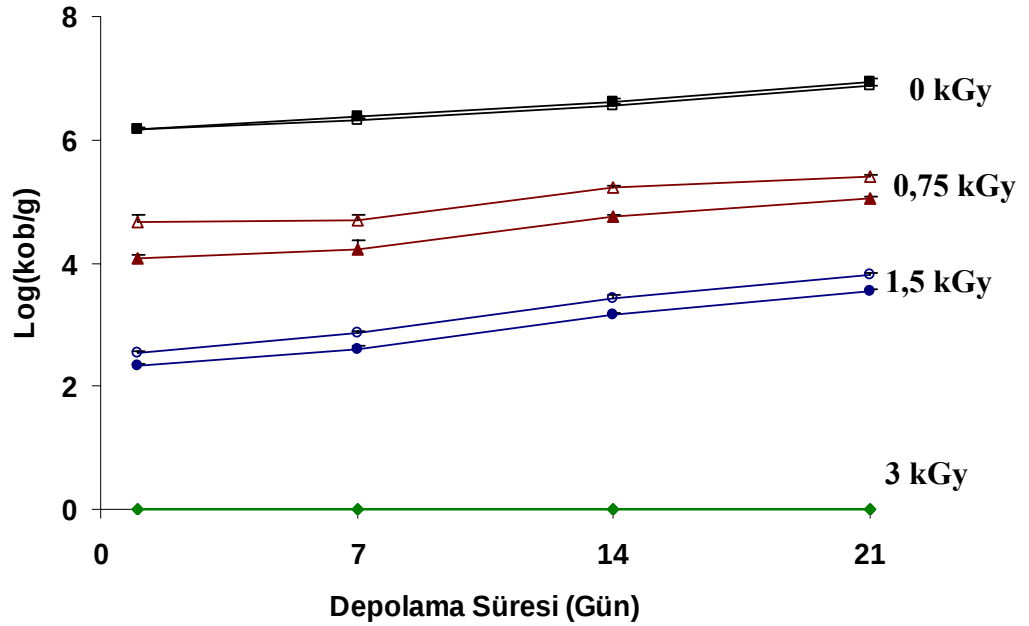
şekil 4.7: Işınlama dozu ve paketleme koşullarının köftelerde +4 C'de depolama sırasında *Salmonella enteritidis* sayısı üzerine etkileri (■, ▲, ●, ◆; A; □, ○, △, ◇; MAP)

Depolama süresi boyunca *S. enteritidis* sayısında önemli miktarda artış olmuştur ($p=0,000$). Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,17-logkob/g'dır.

4.2.4 *Listeria monocytogenes* sayımı Sonuçları

Işınlama köftelerdeki *L. monocytogenes* sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (şekil 4.8). Işınlama dozu arttıķa tüm paketlerdeki köftelerin *L. monocytogenes* sayısı azalmıştır ($p=0,000$). *L. monocytogenes* sayısı 3 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında, depolama süresince tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir. 0, 0,75 kGy ve 1,5 kGy dozla ışınlanmış örneklerin *L. monocytogenes* sayım sonuçları sırasıyla ortalama; 6,50-, 4,76- ve 3,04-logkob/g'dır. Işınlanmış örneklerde genel olarak hava atmosferi ile paketlenen örneklerdeki patojen sayısının, MAP örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir, ancak bu fark ortalama 0,36-logkob/g'dır ($p=0,000$). *L. monocytogenes* için D_{10} değeri hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 0,39 kGy iken, MAP

örneklerde 0,41 kGy olarak hesaplanmıştır. Depolama süresi boyunca ışınlanmış örneklerde *L. monocytogenes* sayısında önemli miktarda artış olmuştur ve günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p=0,000$). Depolama sonunda en düşük sayımlar 1,5 kGy ile ışınlanmış örneklerde gözlenmiştir ve ortalama 3,04-logkob/g'dır. 0,75 kGy doz ile ışınlanan örneklerde ise 21 günlük depolama sonunda *L. monocytogenes* sayısı ortalama 4,76-logkob/g'dır.



Şekil 4.8: Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 °C'de depolama sırasında *Listeria monocytogenes* sayısı üzerine etkileri (■, ▲, ●, ◆; A; □, ○, △, ◇; MAP)

Işınlanmamış örneklerde başlangıç *L. monocytogenes* sayısı ortalama 6,17-logkob/g'dır. Işınlanmamış MAP örneklerinde, hava atmosferi ile paketlenen örneklere göre daha düşük sayım sonuçları tespit edilmiştir ($p=0,004$). Depolama sonunda ışınlanmamış MAP örneklerinin *L. monocytogenes* sayısı ortalama 6,48-logkob/g iken, hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 6,53-logkob/g'dır.

Depolama süresi boyunca *L. monocytogenes* sayısında önemli miktarda artış olmuştur ($p=0,000$). Depolama boyunca günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ve ortalama artış 0,32-logkob/g'dır.

İkinci denemede; ışınlama dozu olarak; 0, 0,75, 1,5 ve 3 kGy dozlar kullanılmıştır. Paketlerde ise MAP (%3O₂+%50CO₂+%47N₂) ve hava atmosferli paketlenme (%21 O₂+%79 N₂) kullanılmış, ışınlama ve farklı koşullarda paketlenmenin pişirmeye hazır

köftelerdeki TAMB *E.coli* O157:H7, *S.enteritidis* ve *L.monocytogenes* sayımlarına etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak; pişirmeye hazır köftelerde *E. coli* O157:H7 riski 1,5 kGy, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* riskleri ise 3 kGy ve üzeri dozlarda ısınlama ile elemine edilebilmektedir. Mikroorganizmaların oksijen varlığında ısınlamaya karşı daha hassas olduğu yapılan birçok çalışmada belirtilmiştir (Thayer ve Bond, 1999, Monk ve diğ., 1995, Murano, 1995; Chiasson ve diğ., 2004). Yapılan bu çalışmanın sonucunda ısınlanmış örneklerde bütün patojenler ve TAMB sayımı sonuçlarının hava atmosferi ile paketlenen örneklerde MAP'a göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir, ancak bu fark tüm mikroorganizmalar için ortalama 0,32-logkob/g'dır. MAP ve hava atmosferi ile paketlenen örneklerdeki *E.coli* O157:H7, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes* ve TAMB için D₁₀ değerleri Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

Tablo 4.3: Aerobik ve MAP koşullarında ısınlanmış köftelerdeki mikroorganizmaların D₁₀-değerleri

Mikroorganizmalar	D ₁₀ -değerleri (kGy)	
	Aerobik	MAP
Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri	0,70	0,72
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	0,22	0,24
<i>Salmonella enteritidis</i>	0,39	0,43
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,39	0,41

Literatürde *E.coli* O157:H7 için D₁₀ değeri hamburger köftesinde 0,17-0,27 kGy olarak hesaplanmıştır (Chirinos ve diğ., 2002). *S. enteritidis*, *L. monocytogenes* için D₁₀ değerleri çeşitli et ürünlerinde sırasıyla 0,51-0,71, 0,45-0,50 kGy aralığındadır (Thayer ve diğ., 1995). Çiğ köfte ile yapılan bir çalışmada TAMB için D₁₀ değeri 0,83 kGy olarak hesaplanmıştır (Gezgin ve Gunes, 2007). Başka bir çalışmada ısınlamanın TAMB için D₁₀ değerleri kıymada 1,26 kGy, pişirmeye hazır köftede 0,86 kGy olarak hesaplanmıştır (Karadağ, 2005). Quattara ve diğ. (2002), sığır eti kıyması için 0,8 kGy, Vural (2002), köfte için D₁₀ değerini 1,25 kGy ve Yıldırım ve diğ.(2005), çiğ köfte için bu değeri 1,5 kGy olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada hesaplanan D₁₀ değerlerinin literatüre göre düşük çıkmasının sebebi köfte formülasyonunda kullanılan baharatların antimikrobiyal etkisi ile açıklanabilir ve yapılan diğer çalışmalarla da uyum göstermektedir (Chiasson ve diğ., 2004; Chiasson ve diğ., 2005).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; farklı % O₂ (% 0-21) ve % CO₂ (%0-50) konsantrasyonlarında paketlenen farklı dozlarda (0-4 kGy) gama ışınlamasının soğukta depolanan pişirmeye hazır köftelerde potansiyel risk oluşturan *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* ve *Listeria monocytogenes*' in canlılığı ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine birlikte etkileri araştırılarak optimum ışınlama dozu ve paketlenme koşulunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bulgular *E.coli* O157:H7 riskinin elemine edilmesi için 1,5 kGy, *S.enteritidis* ve *L.monocytogenes* riskinin elemine edilmesi içinse 3 kGy doza kadar ışınlamanın yeterli olduğunu göstermiştir. TAMB sayımları 4 kGy dozda ışınlamayla tespit limitinin altına inmiştir. Elde edilen bulgular yasa ve yönetmeliklerde et ürünleri için tavsiye edilen dozlarla ışınlamanın pişirmeye hazır köftelerin kalite ve güvenliğini sağlamada önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Bütün patojenlerin O₂ içeren koşullarda ışınlamaya karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir. Ancak O₂ içeren koşullarda ışınlama ürünün diğer kalite parametrelerini bozmaktadır. CO₂'nin patojenlerin inaktivasyonu üzerine ışınlamanın inaktivasyonunu arttıran bir etkisi olmamasına rağmen, ışınlanmış örneklerde patojenin toparlanıp çoğalmasını engellemesine rağmen anaerobik koşullarda *C. botulinum* riski bulunmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmalar sonucu pişirmeye hazır köfteler için optimum ambalajlama koşulu olarak % 3 O₂ + % 50 CO₂ + % 47 N₂ belirlenmiştir.

Sonuç olarak % 3 O₂ + % 50 CO₂ + % 47 N₂ gaz kompozisyonuyla paketlenen ve 3 kGy doza kadar ışınlama 4 °C'de 3 haftaya kadar depolama pişirmeye hazır köftelerin mikrobiyal kalite ve güvenliğini sağlamaktadır.

Bu çalışmada elde edilen deneysel veriler ve literatür araştırmaları ışığında bundan sonraki çalışmalarda; farklı baharatların antimikrobiyal etkisinin ışınlama ve paketlenmenin kombine etkisiyle incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahn, D.U., Olson, D.G., Lee, J.I., Jo, C., Wu, C. and Chen, X., 1998. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatile in pork patties. *Journal of Food Science*, **63**, 15-19.
- 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.
- Aksu, H., Arun, Ö., Aydın A., Uğur M., 1999. *E. coli* O157:H7'nin hayvansal kökenli gıda maddelerinde varlığı. *Pendik Veterinerlik. Mikrobiyoloji Dergisi*, **30(2)**, 77-81
- Alkan, H., 2003 b. Işınlanmış gıda ürünlerine talep artacaktır. <http://www.gammapak.com.tr>, 19 Ekim 2003
- Alkan, H., 2003. Radyasyonla Sterilizasyon ve Biyolojik Yük Kontrolü. [http://www.gammapak.com.tr/RADYASYONLU %20STER IL_dosyalar/frame .htm](http://www.gammapak.com.tr/RADYASYONLU_%20STER_IL_dosyalar/frame.htm), 19 Ekim 2003.
- Anderson, R.C. and Ziprin, R.L., 2001. Bacteriology of Salmonella, in Foodborne Disease Handbook, pp, 247-264, Eds, Hui, Y.H., Pierson, M.D. and Gorham, J.R., Marcel Dekker, Inc.
- Anonim, 1999. Gıda Işınlama Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarih: 06.11.1999, Sayı:23868.
- Anonim, 2003. <http://www.gammapak.com/hakkimizda.html>, 19 Ekim 2003.
- Anonim, 2002. Gıda ışınlama yönetmeliği, Resmi Gazete. Tarih: 15.10.2002, sayı:24907
- Arsan, A., 1997. Hayvansal üretimin iyileştirilmesi ve kırmızı et sanayi. *Gıda Teknolojisi*, **11(2)**, 66-73.
- Aslantaş Ö., Yıldız P., 2002. Kars yöresinde hayvansal gıda kaynaklı *E. coli* O157:H7 izolasyonu. *Vet. Bil. Derg.*, **18**, 107-111
- Avery, S. M., Rogers, A. R. and Bell, R. G., 1995. Continued inhibitory effect of carbon dioxide packaging on *Listeria monocytogenes* and other microorganisms on normal pH beef during abusive retail display. *Int. Journal of Food Science. Technology*. **30**,725–735.
- Board, R.G., 1983. A Modern Introduction to Food Microbiology. Black Well Scentific Publication. London.

- Boyce, T.G., Swerdlow, D.L., Griffin, P.M.,** 1995. *E. coli* O157 and the hemolytic-uremic syndrome. *New Engl. J. Med.*, **33**, 364-368.
- Bradshaw, J.G., Peeler, J.T., Corwin, J.J., Hunt, J.M., Tierney, J.T., Larkin, E.P. and Twedt, R.M.,** 1985. Thermal resistance of *Listeria monocytogenes* in milk. *Journal of Food Protection*, **48**, 743-745.
- Brasher, P.,** 2004. Irradiated ground beef's popularity isn't sizzling. (<http://www.dmregister.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20040615/BUSINESS05/406150343/1029/BUSINESS>).
- Bruns, M.W. and Maxcy, R.B.,** 1979. Effect of irradiation temperature and drying on survival of highly radiation resistant bacteria in complex menstrua. *Journal of Food Science.*, **44**, 1743-1746.
- Buchalla, R., Schuttler, C. and Bogl, K.W.,** 1993. Effects of ionizing radiation on plastic food packaging materials: a review. *Journal of Food Protection*, **56**, 991-997.
- Buzby, J.C., Roberts, T.C., Jordan, L., McDonald, J.M.,** 1996. Bacterial foodborne disease: medical costs and productivity losses. U.S. Department of Agriculture Economic Report, Number 741, Washington. D.C.
- Carpenter, S.L. and Harrison, M.A.,** 1989. Survival of *L. monocytogenes* on Processed Poultry. *Journal of Food Science*, **54(3)**, 556-557.
- Cebiroğlu H., Uğur M.,** 1999. Dondurulmuş hamburger köfte ve diğer köfte çeşitlerinde enterohemorajik *E. coli* O157:H7 suşunun varlığı üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi. Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **25(1)**, 107-121.
- Centers for Disease Control and Prevention,** 1990. Fact sheet. Food-borne disease, May 1990, CDC, Atlanta, GA.
- Chapman, P.A.,** 2000. Sources of *E. coli* O157 and experiences over the past 15 years in Sheffield, UK. *J. App. Microbiol. Symp. Suppl.*, **88**, 51S-60S.
- Chapman, P.A., Siddons, C.A., Cerdan Malo A.T., Harkin, M.A.,** 1996. Lamb products as a potential source of *E.coli* O157. *The Vet., Rec.*, **26**, 427-428.
- Chapman, P.A., Siddons, C.A., Cerdan Malo, A.T., Harkin, M.A.,** 1997. A 1-year study of *E.coli* O157 in cattle, sheep, pigs and poultry. *Epidemiological. Microbiology.*, **119**, 245-250.
- Chiasson, F., Borsa, J., and Lacroix, M.,** 2005. Combined effect of carvacrol and packaging conditions on radiosensitivity of *Escherichia coli* and *Salmonella Typhi* in Ground Beef. *Journal of Food Protection*, **68(12)**, 2567-2570.

- Chiasson, F., Borsa, J., Ouattara, B. and Lacroix, M.**, 2004. Radiosensitization of *Escherichia coli* and *Salmonella Typhi* in Ground Beef. *Journal of Food Protection*, **67**(6), 1157-1162.
- Chirinos, R.O.R., Vizeu, M.D., Destro, M.T., Franco, B.D.G.M. and Landgraf, M.**, 2002. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in hamburgers by gamma irradiation. *Brazilian Journal of Microbiology*, **33**, 53-56.
- Clavero, M.R.S., Monk, J.D., Beuchat, L.R., Doyle, M.P. and Bracket, R.E.**, 1994. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonellae* and *Campylobacter jejuni* in raw ground beef by gamma irradiation. *Applied Environmental Microbiology*, **60**, 2069-2075.
- Coia, J.E., Johnstan, Y., Steers, N.J., Hanson, M.F.**, 2001. A survey of the prevalence of *E. coli* O157 in raw meats, raw cow's milk and raw-milk cheeses in south-east Scotland. *International Journal of Food Microbiology*, **66**, 63-69.
- Cowden, J., Hamlet, N. Locking, M. Allardice. G.**, 2003. A national outbreak of infection with *Salmonella enteritidis* phage types 5c and 6a associated with Chinese food businesses in Scotland, summer 2000, *Epidemiology and Infection*, **130** (3), 387-393
- Cowden, J.M.**, 1997. Recent outbreaks of *E. coli* O157 in Scotland. *Suppl. SCIEH Weekly Report*. **97**, 6-7.
- Crawford, L.M.**, 1998. Food irradiation's advantages will not escape public attention. *Food Technology*, **52**(1), 55.
- Çiftçioglu, G.**, 1992. İstanbul Piyasasındaki Kıyma, Sucuk ve Tavuk Eti Örneklerinde *Listeria* Türlerinin Mevcudiyetinin Araştırılması. İstanbul Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. İstanbul.
- Çopur, U. ve Tamer, C.E.**, 1998. Gıdaların radyasyonla muhafazaları. *Gıda* , Ocak, 40-45.
- Daniels, J. A., Krishnamurthi, R. and Rizvi S.S.H.**, 1985. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. *Journal of Food Protection*. **48**,532–537.
- Devlieghere, F., Debevere, J. and Van Impe, J.**, 1998a. Effect of dissolved carbon dioxide and temperature on the growth of *Lactobacillus sake* in modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, **41**, 231–238.
- Devlieghere, F., Debevere, J. and Van Impe, J.**, 1998b. Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, **43**, 105–113.

- Devlieghere, F., A. H. Geeraerd, K. J. Versyck, B. Vandewaetere, J. Van Impe, and J. Debevere., 2001.** Growth of *Listeria monocytogenes* in modified atmosphere-packed, cooked meat products: A predictive model. *Food Microbiology*, **18**, 53–66.
- 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.
- Dixon, N. M., and D. B. Kell., 1989.** The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of micro-organisms. *Journal of Applied Bacteriology* **67**, 109–136.
- Doyle, M.P., 1991.** *E. coli* O157:H7 and its significance in foods. *International Journal of Food Microbiology*, **12**, 289-302.
- Doyle, M.P., Cliver, D.O., 1990.** *E. coli*, In Foodborne Disease, Cliver DO, Academic Press Ltd., London.
- Ehlermann, D. A. E., 2002.** Chapter 17 Irradiation. In: The Nutrition Handbook for Food Processors, Eds. Henry, C. J. K. ve Chapman, C., Woodhead Pub. Ltd.
- Eileen, P., Virginia, W.J., Susan, M.F., 2001.** *E. coli* O157:H7: Etiology, clinical features, complications and treatment. *Nephrol. Nurs. J.*, **28**, 5.
- Erkmen, O., 2000.** Kaliteli ve Güvenli Gıda Üretimi için Işınlama Yöntemi. *Dünya Gıda Dergisi*, Şubat 2000:58-61.
- Ertaş, A.H., Kolsarıcı, N., Soyer, A., 1991.** Hamburgerlerin bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine donmuş depolamanın etkisi üzerine araştırma. *Gıda Dergisi*, **16(3)**, 217-223.
- Fantelli, K., Stephan, R., 2001.** Prevalance and chararecteristics of Shigatoxin-producing *E. coli* and *L. monocytogenes* strains isolated from minced meat in Switzerland, *International Journal of Food Microbiol.*, **70**, 63-69.
- Farber, J. M., 1991.** Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging: A review. *Journal of Food Protection* **54**, 58–70.
- Farber, J.M., Ross, W.H. and Harwig, J., 1996.** Health risk assessment of *Listeria monocytogenes* in Canada. *International Journal of Food Microbiology*, **30**, 145-156.
- Farber, J.M., Sanders, G.W. and Johnston, M.A., 1989.** A Survey of Various Foods for the Presence of *Listeria* Species. *Journal of. Food Protection.*, **52**, 456-458.

- Frye, D.M., Zweig, R., Sturgeon, J. et al.,** 2002. An outbreak of febrile gastroenteritis associated with delicatessen meat contaminated with *Listeria monocytogenes*, *Clinical Infectious Diseases*, **35 (8)**, 943-94.
- Gezgin, Z. and Gunes, G.,** 2007. Influence of gamma irradiation on growth and survival of *Escherichia coli* O157:H7 and quality of cig kofte, a traditional raw meat product. *International Journal of Foodscience Technology*, **42**, 1067-1072.
- Gill, C. O., and K. H. Tan.,** 1980. Effect of carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria. *Applied Environmental Microbiology*. **39**, 317–319.
- Gill, C.O.,** 1986. The control of spoilage in fresh meats, p. 49-88. In A.M. Pearson and T.R. Dutson (ed.), *Advances in meat research*, vol. 2. Meat and poultry microbiology. AVI Publishing Co., Westport, Conn.
- Gill, C.O.,** 1989. Packaging meat for prolonged chilled storage: the Captech process. *British Food Journal*, **91(7)**, 11-15.
- Giroux, M. and Lacroix, M.,** 1998. Nutritional adequacy of irradiated meat-a review, *Food Research International*, **31**, 257-264.
- Goodsir, G.,** 2002. Irradiation of beef gaining favour in the US. *Meat Int.*, **12(10)**, 22-25.
- Grant, I.R. and Patterson, M.F.,** 1991. Effect of irradiation and modified atmosphere packaging on the microbiological safety of minced pork stored under temperature abuse conditions. *International Journal of Food Science Technology*, **26**, 521-533.
- Gray, T.P. and Fedorka-Cray, P.J.,** 2002. Salmonella, in *Foodborne Diseases* 2nd Edition, pp, 53-68, Eds, Cliver, O.D and Riemann, H.P, Academic Pres.
- Güneş, G. ve Tekin, M.D.,** 2006. Consumer awareness and acceptance of irradiated foods: Results of a survey conducted on Turkish consumers. *Food Science and Technology*, **39**, 443-447.
- 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.
- Harrison, M.A. and Carpenter, S.L.,** 1989. Survival of Large Population of *L. monocytogenes* on Chicken Breasts Processed Using Moist Heat. *Journal of Food Protection*, **52**, 376-378.
- Hart, C.D., Mead, G.C., and Morris, A.P.,** 1991. Effects of gaseous environment and temperature on the storage behaviour of *Listeria monocytogenes* on chicken breast meat. *Applied Environmental Bacteriology*, **70**, 40-60.
- Hudson. V.R. and Mead, G.L.,** 1989. *Listeria* Contamination of a Poultry Processing Plant. *Lett. Appl. Microbiol.*, **9**, 211-214.
- Huhtanen, C.N., Jenkins, R.K. and Thayer, D.W.,** 1989. Gamma radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, **9**, 610-613.
- ICMSF.,** 1994. Choice of sampling plan and criteria for *Listeria monocytogenes* - ICMSF. *International. Journal of Food Microbiology*, **22**, 89-96.
- İçgöz, B.B., Yıldızhan, B., Özmumcu, B.,** 1996. Bursa piyasasında tüketime sunulan çiğ hamburger köftelerinin mikrobiyolojik ve kimyasal nitelikleri. Et ve Ürünleri Sempozyumu'96 Bildiri Kitabı, 176-184.
- Jakobsen, M., and Bertelsen, G.,** 2002. The use of CO₂ in packaging of fresh meats and its effect on chemical quality changes in the meat: A review. *Journal of Muscle Foods*. **13**,143–168.
- Johnson, A.M, Reynolds, A.E., Chen, J. ve Resurreccion, A.V.A.,** 2004. Consumer attitudes toward irradiated food: 2003 vs. 1993. *Food Protection Trends*, **24(6)**, 128-141.
- Johnson, J.L., Doyle, M.P. and Cassens, R.G.,** 1990. Incidence of *Listeria* spp. in Retail Meat Roast. *Journal of Food Science*, **55(2)**, 572-574.
- 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.
- 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*. *International Journal of Food Protection*, **62** (11), 1346-1349.
- Kang DH. ve Fung DYC.,** 2000. Application of thin agar layer method for recovery of injured *Salmonella typhimurium*. *International Journal of Food Microbiology*, **54**, 127-132.
- Karadağ, A.,** 2005. Gama ışınlarının kıyma ve köftelerin kalitesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaymaz, Ş.,** 1987. Ankara’da tüketime sunulan halk sağlığı yönünden önemli bazı bakterilerin saptanması. *A.Ü. Vet. Fak. Derg.*, **34(3)**, 577-593.
- 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.
- Kılınç, B., Ş. Çaklı,** 2001. Packaging technics, the effects on microbial flora of fish and shellfish. (In Turkish). *E.Ü. Journal of Fisheries&Aquatic Sciences*, **18 (1/2)** , 279-291.
- Kilcast, D.,** 1995. Food Irradiation: Current Problems and Futura Potential. *International Biodeterioration&Biodegradation*. pp. 279-296.
- Knabel, S. J.,** 1995. Foodborne illness: Role of home food handling practices. *Food Tech.* **49(4)**, 119–131.
- Kropf, D. H.,** 2004. Packaging/modified- and controlled- atmosphere. In *Encyclopedia of meat sciences*, eds. W. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman, 962–969. Oxford, UK: Elsevier.
- Lacroix, M. and Quattara, B.,** 2000. Combined industrial process with irradiation to assure innocuity and preservation of food products-a review. *Food Research International*, **33**, 719-724.
- 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.
- Lambert, A.D., Smith, J.P. and Dodds, K.L.,** 1991. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat-review. *Food Microbiology*, **8**, 267-297.
- Lambert, A.D., Smith, J.P., Dodds, K.L. and Charbonneau, R.,** 1992. Microbial changes and shelf life of MAP irradiated fresh pork. *Food Microbiology*, **9**, 231-244.

- Lee, J.W., Park., K.S., Kim, J.G and Byun, M.W.,** 2005. Combined effects of gamma irradiation and rosemary extracts on the shelf life of a ready to eat hamburger steaks, *Radiation Physics and Chemistry*, **72**, 49-56.
- Lee, M., Sebranek, J. G., Olson, D.G and Dickson. J.S.,** 1996. Irradiation and packaging of fresh meat and poultry, *Journal of Food Protection*, **59**, 62-72.
- Leistner, L. and Gorris. L.G.M.,** 1995. Food preservation by hurdle technology, *Trend. Food Sci. Technol*, **6**, 41-45.
- Loaharanu, P.,** 1994. Status and propects of irradiation. *Food Technology*, **48(5)**, 121-131.
- Lopez-Gonzalez, V.P., Murano, P., Brennan, R.E. and Murano, E.A.,** 1999. Influence of various commercial packaging conditions on survival of *Escherichia coli* O157:H7 to irradiation by electron beam versus gamma rays. *J. Food Prot.*, **62**, 10-15.
- 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., Beuchat, L.R. and Doyle, M.P.,** 1995. Irradaiton inactivation of food-borne microorganisms. *Journal of Food Protection*, **58(2)**, 197-208.
- Moy, J. H.,** 2005. Chapter 17 Food irradiation an emerging technology. In: *Novel Food Processing Technologies*, CRC Pres, New York.
- Mullan, M., and McDowell, D.,** 2003. Modified atmosphere packaging. In *Food packaging technology*, eds. R. Coles, D. McDowell, and M. J. Kirwan, 303–331. Boca Raton, FL: CRC Pres
- Niemand, J.G., Van Der Linde, H.J. and Holzapfel, W.H.,** 1983. Shelf-life extension of minced beef through combined treatments involving radurization. *Journal of Food Protection*, **46**, 791-796.
- Nissen, H., O. Alvseike, S. Bredholt, A. Holck, and T. Nesbakken.,** 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.
- Nørnung, B. and Buncic, S.,** 2008. Microbial Safety of meat in the European Union. *Meat Science*, **78**, 14-24.
- Ogrydziak, D.M. and Brown, W.D.,** 1982. Temperature effects in modifiedatmosphere storage of seafoods. *Food Technology*, **36 (5)**, 86–96

- Olson, D.G.**, 1998. Scientific Status Summary: Irradiation of food. *Food Technology*, **52(1)**, 56-62.
- Omaye, S. T.**, 2004. Chapter 18 Food irradiation. In: Food and Nutritional Toxicology, CRC Pres LLC.
- Padhye, N.V. and Doyle, M.P.**, 1992. *Escherichia coli* O157:H7: epidemiology, pathogenesis, and methods for detection in food, *Journal of Food Protection*, **55**, 555-565.
- Parkin, K.L. and Brown, W.D.**, 1982. Preservation of seafood with modified atmospheres. In *Chemistry & Biochemistry of Marine Food Products*. Martin, R.E., Flick, G.J., Hebard, C.E. and Ward, D.R. (eds) pp. 453–465.
- Patterson, M.**, 1988. Sensitivity of bacteria to irradiation on poultry meat under various atmospheres. *Lett. Appl. Microbiol.*, **7**, 55-58.
- 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.
- Phillips, C.A.**, 1996. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbial quality and safety of produce, *International Journal of Food Science and Technology*, **32**, 463-479.
- Pinner RW, Schuchat A, Swaminathan B, Hayes PS, Deaver KA.**, 1992. Role of foods in sporadic listeriosis: II. Microbiologic and epidemiologic investigation. *JAMA*, 267, 2046-2050,
- Placek, V., Svobodova, V., Bartonicek, B., Rosmus, J. and Camra M.**, 2004. Shelf-stable food through high dose irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* **71**, 513-516.
- Pszczola, D.E.**, 1990. Food irradiation. Countering the tactics and claims of opponents. *Food Technology*, **44(6)**, 92-97.
- Quattara, B., Giroux, M., Yefsah, R., Smoragiewicz, W., Saucier, L., Borsa, J. and Lacroix, M.**, 2002. Microbiological and biochemical characteristics of groun beef as affected by gamma irradiation, food additives and edible coating film. *Radiation Physics and Chemistry*, **63**, 299-304.
- Radomyski, T., Murano, E.A., Olson, D.G. and Murano, P.S.**, 1994. Elimination of pathogens of significance in food by lowe-dose irradiation: a review. *Journal of Food Protection*, **57**, 73-86.

- Rao, D.N. and Sachindra, N.M.**, 2002. Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products, *Food Reviews International*, **18**(4), 263-293.
- Reilly, W.J.**, 1997. *E. coli* O157 in Scotland-an overview. *Suppl. to SCIEH Weekly Report*. **97**, 4-5.
- Resurreccion, A.V.A, Galvez, F.C.F., Fletcher, S.M. and Misra, S.K.**, 1995. Consumer attitudes toward irradiated food-results of a new study. *Journal of Food Protection*, **58**(2), 193-196.
- Riley LW, Remis RS, Helgerson SD, McGee HB, Wells JG, Davis BR, Herbert RJ, Olcott ES, Johnson LM, Hargrett NT, Blake PA, Cohen ML**, 1983. Haemorrhagic colitis associated with a rare *E. coli* serotype. *New Eng. J. Med.*, **308**, 681-685.
- Romans, J.R., Costello, W.J., Jones, K.W and Carlson C.W.**, 1985. The Meat We Eat. 12th Ed. The Interstate Printers and Publishers, Inc., Danville, Illinois.
- Rowley, D.B. and Brynjolfsson, A.**, 1980. Potential uses of irradiation in the processing of food. *Food Technology*, **34**, 75-77.
- 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.
- Sarımehmetoğlu, B., Küplülü, Ö., Kaymaz, Ş.**, 1998. Hamburger ve İnegöl köftelerinde *E. coli* O157:H7 izolasyonu. *Ankara Üni. Vet. Fak. Derg.*, **45**, 221-227.
- Satin, M.**, 1993. Food Irradiation: A Guidebook. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, U.S.A.
- Serdaroğlu, M. ve Değirmencioglu, Ö.**, 1998. Et endüstrisinde iyonize ışın kullanımı. *Gıda Teknolojisi*, **3**(2), 89-93.
- Sharp, J.C.M., Coia, J.E., Curnow J., Reilly, W.J.**, 1994. *E. coli* O157 infections in Scotland. *J. Med. Microbiol.*, **40**, 3-9.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T. and Bergslien, H.**, 2002. Modified atmosphere packaging, In Minimal Processing Technologies in the Food Industry, Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC.
- 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.
- Smith, J.S. and Pillia, S.**, 2004. Irradiation and food safety. *Food Technology*, **58**(11), 48-55.

- Southerland J.P. and Varmen, A.,** 1985. Fresh Meat Processing In Meat Microbiology. Ed. Brown, Hm. Applied Science Publishers Ltd. London.
- Soyutemiz, G.E. ve Anar, S.** 1993. Bursa’da tüketilen pişmiş ve ızgara köftelerin mikrobiyolojik kalitesi ve bileşimi üzerine araştırmalar. *Uludağ Üniv. Vet. Fak. Derg.*, **21(1)**, 21-28.
- TAEK,** 2004. Gıda Işınlama Kurs Notları. Gıda Işınlama ve Sterilizasyon Bölümü, 4-6 Ekim 2004, Ankara.
- Taub, I.A., Halliday, J.W. and Sevilla, M.D.,** 1979. Chemical reactionsa in proteins irradataed at subfreezing temperatures. *Adv. Chem. Serol.*, **180**, 109-140.
- Thakur, B.R. and Singh, R.K.,** 1995. Combination processes in food irradiation, *Trend. Food Sci. Technol*, **6**, 7-11.
- Thayer, D.W and Boyd, G.,** 1991. Effect of ionizing radiation dose, temperature and atmosphere on the survival of Salmonella typhimurium in sterile, mechanically deboned chicken meat. *Poultry Science*, **70**, 381-388.
- Thayer, D.W. and Boyd, G.,** 1993. Elimination of Escherichia coli O157:H7 in meats by gamma irradiaton. *Appl. Environ. Microbiol.*, **59**, 1030-1034.
- Thayer, D.W. and Boyd, G.,** 2001. Effect of irradiation temperature on inactivation of E.coli O157:H7 and Staphylococcus aureus. *Journal of Food Protection*, **64**, 1624-1626.
- Thayer, D.W., Boyd, G., Fox, JR., Lakritz, L., Hampson, J.W.,** 1995. Variations in Radiation Sensitivity of Foodborne Pathogens Associated with Suspending Meat. *Journal of Food Science*, **60 (1)**, 63-67
- Thayer, D.W., Dickerson, C.Y., Rao, D.R., Boyd, G. and Chawan, C.B.,** 1992. Destruction of Salmonella typhimurium on chicken wings by gamma radiation. *Journal of Food Science*, **57**, 586-589.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE),** 1992. TS 10581 Köfte-İnegöl Köfte-Pişmemiş. Ankara.
- Üçüncü, M.,** 2000. Gıdaların Ambalajlanması, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İZMİR.
- Varabioff, Y., Mitchell, G.E. and Nottingham, S.M.,** 1992. Effects of irradiation on bacterial load and Listeria monocytogenes in raw chicken. *Journal of Food Protection*, **55**, 389-391.

- Vernazy-Rozand, C., Mazuy, C., Ray-Gurriot, S., Boutrand-Loei, S., Meyrand, A., Richard, Y.,** 1997. Detection of *E. coli* O157 in French food samples using on IMS method and the VIDAS *E. coli* O157. *Lett. Appl. Microbiol.*, **25**, 442-446.
- Vural, A. ve Aksu, H.,** 2003. Et ve et ürünlerinin mikroflorası üzerine gamma ışınlamanın etkisi, *Dünya Gıda*, **5**, 68-73.
- Vural, A.,** 2002. Farklı dozlardaki gamma ışınlarının köftelerin mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrü üzerine etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Watanabe, H., Wada, A., Inagaki, Y.,** 1996. Outbreaks of enterohaemorrhagic *E. coli* O157 infection by two different genotype strains in Japan 1996. *Lancet*, **348**, 831-832.
- Weagant, S.D., Bryant, J.L., Jinneman, G.K.,** 1995. An improved rapid technique for isolation of *E. coli* O157:H7 from foods. *Journal of Food Protection*, **58**, 7-12.
- WHO,** 1997. Prevention and control enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC) infections: Report of a WHO consultation. Geneva.
- Wilcock, A., M. Pun, J., Khanona, M.A.,** 2004. Consumer attitudes, knowledge and behaviour: a review of food safety issues, *Trends in Food Science and Technology*, **15**, 56-66.
- Willshaw, G.A., Thirlwell, J., Jones, A.P., Parry, S., Salmon, R.L., Hickey, M.,** 1994. Verotoxin-producing *E. coli* O157 in beefburgers linked to an outbreak of diarrhea, haemorrhagic colitis and haemolytic üremic syndrome in Britain. *Lett. Appl. Microbiol.*, **19**, 304-307.
- Wolfe, S.K.,** 1980. Use of CO- and CO₂ enriched atmospheres for meats, fish and product. *Food Technology*, **34(3)**, 55-58,63.
- 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.

- Yıldırım, İ., Uzunlu, S., Topuz, A., 2005.** Effect of gamma irradiation on some principle microbiological and chemical quality parameters of raw Turkish Meatball. *Food Control*, **16**, 363-367.
- Yılmaz, İ., 1994.** Tekirdağ köftesinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Trakya Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- 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.
- 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.

EKLER

EK A. DOZİMETRE ÖLÇÜM SONUÇLARI

Tablo A.1. 2 ve 4 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları

GAMMA-PAK

DOSE LOG SHEET
SINGLE MEASUREMENT MODE

DATE : 08/03/2007 Entry N°:TEST0019,07 C5 =

FILE N°: 07 C4 =

OPERATOR : R.GÖKPINAR 16:30 C3 =

DOSIMETER TYPE : AMBER 603 S C2 = 0.15938

BATCH : 3042 S C1 = 1.7824

DOSE RANGE : 2.63 - 10.3 (kGy) C0 = 0.36020

WAVELENGTH : 603 RMS= 0 % UCTY of reference(k=2) : 2.3 %

BGD : 0 Measure T ? (y/n) y

DOSIMETER N°	CELL OPTIC N°	ABS	THICKNESS {µm}	(ABS-BGD) / T (1/cm)	DOSE (kGy)	MEAN (kGy)	UCTY (k=2) (kGy)
ÖRNEK 1 ÖN	1	0.290	2594	1.118	2.552*		
ÖRNEK 1 İÇ	1	0.344	3425	1.004	2.311*		
ÖRNEK 1 ARKA	1	0.333	2905	1.146	2.613*	2.492	0.06
ÖRNEK 2 ÖN	1	0.322	3026	1.064	2.437*		
ÖRNEK 2 İÇ	1	0.265	2864	0.925	2.146*		
ÖRNEK 2 ARKA	1	0.359	3342	1.074	2.459*	2.347	0.06
ÖRNEK 3 ÖN	1	0.357	3259	1.095	2.504*		
ÖRNEK 3 İÇ	1	0.232	2848	0.815	1.918*		
ÖRNEK 3 ARKA	1	0.312	2738	1.140	2.598*	2.340	0.06
ÖRNEK 4 ÖN	1	0.352	3401	1.035	2.376*		
ÖRNEK 4 İÇ	1	0.249	2735	0.910	2.115*		
ÖRNEK 4 ARKA	1	0.339	2829	1.198	2.725	2.405	0.06
ÖRNEK 5 ÖN	1	0.691	3016	2.291	5.280		
ÖRNEK 5 İÇ	1	0.509	2751	1.850	4.204		
ÖRNEK 5 ARKA	1	0.709	3162	2.242	5.158	4.881	0.11
ÖRNEK 6 ÖN	1	0.667	2851	2.340	5.403		
ÖRNEK 6 İÇ	1	0.663	3328	1.992	4.544		
ÖRNEK 6 ARKA	1	0.593	2839	2.089	4.779	4.909	0.12
ÖRNEK 7 ÖN	1	0.659	2718	2.425	5.619		
ÖRNEK 7 İÇ	1	0.613	3282	1.868	4.245		
ÖRNEK 7 ARKA	1	0.666	2890	2.304	5.314	5.059	0.12
ÖRNEK 8 ÖN	1	0.619	2836	2.183	5.010		
ÖRNEK 8 İÇ	1	0.572	2952	1.938	4.412		
ÖRNEK 8 ARKA	1	0.590	2640	2.235	5.140	4.854	0.12

Tablo A.2. 0,75 ve 1,5 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları

GAMMA-PAK

DOSE LOG SHEET
SINGLE MEASUREMENT MODE

DATE : 18/06/2007 Entry N°:bg

FILE N°: 08

OPERATOR : Hakan BEHCAN

DOSIMETER TYPE : AMBER 603 S

BATCH : 3042 S

DOSE RANGE : 2.63 - 10.3 (kGy)

WAVELENGTH : 603 RMS= 0 %

BGD : 0

C5 =

C4 =

C3 =

C2 = 0.15938

C1 = 1.7824

C0 = 0.36020

UCTY of reference(k=2) : 2.3 %

Measure T ? (y/n) y

DOSIMETER N°	CELL OPTIC N°	ABS	THICKNESS (µm)	(ABS-BGD) / T (1/cm)	DOSE (kGy)	MEAN (kGy)	UCTY (k=2) (kGy)
BG 1	1	0.353	2785	1.268	2.875		
BG 2	1	0.342	2852	1.199	2.727		
0.75	1	-0.349	36	0.000	999.9*		
IC	1	0.349	2894	1.206	2.741		
ON	1	0.348	2876	1.210	2.750		
ARKA	1	0.360	2979	1.208	2.747		
1.5 kGy (1)							
IC	1	0.349	2856	1.222	2.776		
ON	1	0.423	3548	1.192	2.712		
ARKA	1	0.380	2954	1.286	2.917		
1.5 kGy (2)							
IC	1	0.366	2812	1.302	2.950		
ON	1	0.425	3252	1.307	2.962		
ARKA	1	0.406	3286	1.236	2.806		

Tablo A.3. 3 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları

GAMMA-PAK

DOSE LOG SHEET
SINGLE MEASUREMENT MODE

DATE : 18/06/2007 Entry N°:TEST0060.07

FILE N°: 07

OPERATOR : Hakan BEHCAN

DOSIMETER TYPE : AMBER 603 S

BATCH : 3042 S

DOSE RANGE : 2.63 - 10.3 (kGy)

WAVELENGTH : 603 RMS= 0 %

BGD : 0

C5 =

C4 =

C3 =

C2 = 0.15938

C1 = 1.7824

C0 = 0.36020

UCTY of reference(k=2): 2.3 %

Measure T ?(y/n) y

DOSIMETER N°	CELL OPTIC N°	ABS	THICKNESS (µm)	(ABS-BGD)/T (1/cm)	DOSE (kGy)	MEAN (kGy)	UCTY (k=2) (kGy)
3 kGy IC	1	0.361	2703	1.336	3.025		
3 kGy ON	1	0.485	3476	1.395	3.157		
3 kGy ARKA	1	0.349	2866	1.218	2.767		
(KOLI 1)							
3 kGy IC	1	0.334	3196	1.045	2.397*		
3 kGy ON	1	0.419	2850	1.470	3.325		
3 kGy ARKA	1	0.288	3043	0.946	2.190*		

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Kırıkkale’de doğdu. 2000 yılında Behçet Kemal Çağlar Lisesi’nden mezun oldu. 2005 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini tamamlayarak aynı yıl, İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı.