ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

SOĞUTMA VE RADURİZASYONUN TAVUK ETİ KALİTESİNE ETKİSİNİN DNA COMET ASSAY YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Vasfiye BAŞBAYRAKTAR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2009

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

SOĞUTMA VE RADURİZASYONUN TAVUK ETİ KALİTESİNE ETKİSİNİN DNA COMET ASSAY YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Vasfiye BAŞBAYRAKTAR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ekin ŞAHİN

Bu çalışmada ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örnekleri donmuş depolamada 6 ay ve soğuk depolamada 27 gün muhafaza edilerek, ışınlamanın, donmuş ve soğuk depolamanın tavuk etlerinin kalitesi üzerine etkisi Comet Assay yöntemi kullanılarak araştırılmıştır.

1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış ve ışınlanmamış, kontrol grubu tavuk but ve göğüs eti örnekleri 4 ºC'de 27 gün ve -18 ºC'de 6 ay depolanmıştır. Donmuş depolanan tavuk eti örneklerine 1'er aylık, soğuk depolanan tavuk eti örneklerine 3'er günlük periyotlarla mikrobiyolojik (TMAB, toplam koliform ve *E. coli*, *Salmonella* spp ve *S. aureus*), kimyasal (pH, TBA) ve Comet Assay analizleri yapılmıştır.

Donmuş depolanan ve ışınlanmış örneklerde TMAB, toplam koliform ve *E. coli* sayımlarından sonuç alınamamıştır. Donmuş depolanan ışınlanmamış örneklerde TMAB, toplam koliform ve *E.coli* sayısının depolama ile azaldığı saptanmıştır. Çeşitli dozlarda ışınlanarak soğuk depolanan örneklerde ışınlama dozuna bağlı olarak raf ömrünün arttığı görülmüştür. Işınlanarak soğuk depolanan örneklerde toplam koliform ve *E. coli* tespit edilememiştir.

Denemede kullanılan hiçbir örnekte *Salmonella* spp'ye rastlanmamıştır. Işınlanmış tavuk eti örneklerinde *S. aureus* görülmemiştir. Denemenin başlangıcında ışınlanmamış örneklerde tespit edilen bu mikroorganizma daha sonra donmuş depolanan örneklerde görülmemiştir. *S.aureus*'un, soğuk depolanan ışınlanmamış, kontrol grubu örneklerde de tespit sınırının altında olduğu saptanmıştır.

Donmuş ve soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen kuyruk uzunluğu değerleri üzerinde ışınlamanın ve depolamanın etkisinin olduğu saptanmıştır. Artan ışınlama dozlarının ve uzayan depolama süresinin kometin kuyruk uzunluğunu artırdığı belirlenmiştir.

Eylül 2009, 118 sayfa

Anahtar Kelimeler: soğutma, radurizasyon, comet assay, tavuk eti

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DETERMINATION OF THE EFFECT OF REFRIGERATION AND RADURIZATION ON CHICKEN MEAT BY THE DNA COMET ASSAY TECHNIQUE

Vasfiye BAŞBAYRAKTAR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ekin ŞAHİN

In this study irradiated and non-irradiated chicken leg and breast samples were stored at frozen conditions for 6 months and refrigeration conditions for 27 days. The effect of irradiation, frozen and refrigeration storage on the quality of chicken meat was investigated by using the Comet Assay technique.

Chicken leg and breast samples were irradiated at control, 1, 2, and 3 kGy and stored at 4°C for 27 days and at -18°C for 6 months. Samples stored at frozen conditions were analyzed at one-month interval and these stored at refrigeration conditions were analysed at one-day interval. Microbiological (total viable bacteria count, total coliform and *E. coli*, *Salmonella* spp. and *S. aureus*), chemical (pH, TBA) and Comet Assay analyses were done.

No results were obtained for TAMB, total coliform and *E. coli* counts for frozen stored and irradiated samples. TAMB, total coliform and *E. coli* counts decreased during frozen storage in non-irradited chicken meat samples. For samples stored at refrigeration conditions, increase in shelf-life was observed with respect to the irradiation doses. Total coliform and *E. coli* were not detected for samples irradiated and stored at refrigeration conditions.

No Salmonella spp was detected in the samples during this research. *S. aureus* was not detected for irradiated chicken samples. Although *S. aureus* was detected for non-irradiated samples at the beginning, it was not detected during frozen storage. *S. aureus* was below the limit of detection for the non-irradiated refrigerated control samples.

Irradiation and storage had an effect on the tail lengths measured for irradiated and non-irradiated chicken leg and breast samples stored at refrigeration and frozen conditions. The tail length increased by irradiation doses and storage period.

September 2009, 118 pages

Key Words: refrigeration, radurization, comet assay, chicken meat

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında bana her anlamda yardımcı olan ve anlayışla yaklaşan değerli hocalarım Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ekin ŞAHİN'e, Prof. Dr. Nuray KOLSARICI'ya ve Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Halil VURAL'a şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Comet Assay analizlerinde laboratuarlarını kullandığım, SANAEM Uygulama Bölümü Hayvancılık Birimi koordinatörü Veteriner Hekim Dr. Ali SÖĞÜT'e ve Hayvancılık Birimi mensuplarına,

DNA Comet Assay analizinde nicel ölçüm için bilgisayar destekli "BAB Bs Comet Görüntü ve Analiz Sistemleri" programı konusunda yardımlarını esirgemeyen Sayın Babacan UĞUZ'a,

Ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim dostlarıma,

Sonsuz teşekkürler…..

Vasfiye BAŞBAYRAKTAR

Ankara, Eylül 2009

İÇİNDEKİLER

ÖZET…….. i
ABSTRACT……..... ii
TEŞEKKÜR……... iii
SİMGELER DİZİNİ…….…….... v
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……..... vi
ÇİZELGELER DİZİNİ……..... viii
1. GİRİŞ…….…….... 1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ……..... 5
2.1 Gıda Işınlama……..…….... 5
2.1.1 Gıda ışınlamam işleminin tarihçesi……....……..... 5
2.1 2 Gıda ışınlamada genel prensipler……...……..... 8
2.1.3 Gıda ışınlama işleminin etki mekanizması……....……..... 10
2.1.4 Gıda ışınlama işleminin DNA üzerine etkisi……..……... 13
2.1.5 Işınlamanın tavuk etlerinin kalitesi üzerine etkileri…….……..... 14
2.1.5.1 Işınlamanın tavuk etleri üzerinde mikrobiyel etkisi …….……..... 14
2.1.5.2 Işınlamanın tavuk etlerinde lipitler üzerinde etkisi…….…….. 19
2.2 Comet Assay Tekniği……..……..... 27
2.2.1 Comet Assay tekniğinin gelişimi…….…….... 27
2.2.2 Comet Assay tekniğinin uygulanması…….....……..... 29
2.2.3 Comet Assay tekniğinin kullanım alanları……....……..... 36
3. MATERYAL ve YÖNTEM…….…….... 42
3.1 Materyal……...……..... 42
3.1.1 Et materyali……..……..... 42
3.1.2 Işınlama işlemi…….……..... 42
3.2 Metot……....……..... 44
3.2.1 Deneme planı……....……..... 44
3.2.2 Analiz yöntemleri…….……..... 45
3.2.2.1 Mikrobiyolojik analizler……..……..... 45
3.2.2.2 Kimyasal analizler……....……..... 47
3.2.2.3 DNA Comet Assay analizi……....……..... 48
3.2.2.4 İstatistik değerlendirme…….....……..... 49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA…….....……..... 51
4.1 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinin pH Değeri…….. 51
4.2 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinin TMAB Sayıları…….....……..... 62
4.3 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinin Toplam Koliform ve *E.coli* Sayıları ……..……..... 69
4.4 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinde *Salmonella* spp ve *S.aureus* …….....…….. 78
4.5 *S. enteritidis* ve *S.aureus'*un D_{10} Değerleri…….....……..... 79
4.6 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinde TBA Değeri……..……..... 82
4.7 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinde Comet Assay Analizi…….....……..... 92
5. SONUÇ ve ÖNERİLER…….... 105
KAYNAKLAR …….…….... 106
ÖZGEÇMİŞ……...……..... 118

SİMGELER DİZİNİ

DNA	Deoksiribonükleik Asit
CAC	Kodeks Alimentarius Komisyonu
EN	Avrupa Birliği Standarizasyon Bürosu
FDA	Gıda ve İlaç Dairesi
GMP	İyi Üretim Uygulamaları
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
LSM	Laser Scanning Microscope
MDA	Malondialdehit
SANAEM	Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TBA	Tiyobarbütirik asit
TBARS	Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler
TMAB	Toplam Mezofil Aerob Bakteri
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
USA	Amerika Birleşik Devletleri
WHO	Dünya Sağlık Teşkilatı
kGy	kilogray

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Radura sembolü ……..	8
Şekil 2.2	TBA oluşum reaksiyonu…….	23
Şekil 2.3	Alkali nötral Comet Assay tekniğinin uygulama şeması ……...	31
Şekil 2.4	Comet assay tekniğinin uygulama basamakları …….	32
Şekil 2.5	Lamların hazırlanması…….	34
Şekil 2 6	Comet şekillerinin görsel olarak 5'li kategoriye göre sınıflandırılması……..	36
Şekil 2.7	DNA hasarına uğramış bir hücre……	36
Şekil 3.1	a SANAEM Işınlama Tesisi……	43
	b Co-60 Kaynağının depolama havuzu içindeki görünümü……	43
	c Ürün doldurma- boşaltma istasyonu……	43
	d Işınlama kutularının kaynak etrafında dolaşması……	43
Şekil 3.2	Gama-cell……	44
Şekil 4.1	Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin pH değerleri……	53
Şekil 4.2	Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin pH değerleri……	53
Şekil 4.3	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin pH değerleri…….....	55
Şekil 4.4	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin pH değerleri ……...	55
Şekil 4.5	Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde TMAB…….....	63
Şekil 4.6	Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinde TMAB…….	63
Şekil 4.7	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde TMAB…….....	65
Şekil 4.8	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinde TMAB……	65
Şekil 4.9	Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin toplam koliform sayıları…….....	70
Şekil 4.10	Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin toplam koliform sayıları …….....	71
Şekil 4.11	Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin *E.coli* değerleri……..	72
Şekil 4.12	Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin *E.coli* sayıları …….	73
Şekil 4.13	Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin toplam koliform sayıları …….....	75
Şekil 4.14	Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin toplam koliform sayıları …….....	76
Şekil 4.15	Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin *E.coli* sayıları …….....	77
Şekil 4.16	Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin *E.coli* sayıları ……	77

Şekil 4.17	Tavuk but eti örneklerinde *S.enteritidis*'in D_{10} değeri……	80
Şekil 4.18	Tavuk göğüs eti örneklerinde *S.enteritidis*'in D_{10} değeri……	80
Şekil 4.19	Tavuk but eti örneklerinde *S.aureus*'un D_{10} değeri……	81
Şekil 4.20	Tavuk göğüs eti örneklerinde *S.aureus*'un D_{10} değeri……	81
Şekil 4.21	Donmuş depolanan dozlarda ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin TBA değerleri….....	84
Şekil 4.22	Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin TBA değerleri……	84
Şekil 4.23	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin TBA değerleri…….	88
Şekil 4.24	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin TBA değerleri…….....	88
Şekil 4.25	Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri……..	94
Şekil 4.26	Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri…….....	94
Şekil 4.27	Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde depolamanın başlangıcında ve sonunda gözlemlenen kuyruk uzunlukları……..	95
Şekil 4.28	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış, kontrol tavuk but eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri. …….....	99
Şekil 4.29	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri……..	99
Şekil 4.30	Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde depolamanın başlangıcında ve sonunda gözlemlenen kuyruk uzunlukları…….....	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Comet yöntemiyle farklı pH'larda tayin edilebilen DNA hasar tipleri…….	28
Çizelge 4.1	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri……..	52
Çizelge 4.2	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri……	56
Çizelge 4.3	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ışınlama dozlarına göre ortalama pH değerleri.....	57
Çizelge 4.4	Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri……...	58
Çizelge 4.5	Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen ışınlama dozlarına göre ortalama pH değerleri……	59
Çizelge 4.6	Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri……...	61
Çizelge 4.7	Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen TMAB sayıları……	62
Çizelge 4.8	Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen TMAB sayıları…….	66
Çizelge 4.9	1 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen TMAB sayıları…….	67
Çizelge 4.10	2 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-24 gün soğuk depolama süresince belirlenen TMAB sayıları…….	68
Çizelge 4.11	3 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen TMAB sayıları…….	69
Çizelge 4.12	Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen toplam koliform sayıları……...	70
Çizelge 4.13	Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen *E.coli* sayıları……..	72
Çizelge 4.14	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen toplam koliform sayıları…	75
Çizelge 4.15	Işınlanmamış (0 kGy) tavuk göğüs eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen *E.coli* sayıları ……	76
Çizelge 4.16	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen TBA değerleri……..	83
Çizelge 4.17	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince ışınlama dozlarına göre belirlenen ortalama TBA değerleri……...	85
Çizelge 4.18	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TBA değerleri…	87
Çizelge 4.19	Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince ışınlama dozlarına göre belirlenen ortalama TBA değerleri……...	89

Çizelge 4.20 Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TBA değerleri…… 90
Çizelge 4.21 Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TBA değerleri……... 91
Çizelge 4.22 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri…… 93
Çizelge 4.23 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri…… 98
Çizelge 4.24 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen kuyruk uzunluğu değerleri 101
Çizelge 4.25 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen kuyruk uzunluğu değerleri 102

1.GİRİŞ

Gıda endüstrisi, kontrol kuruluşları ve tüketiciler açısından gıda güvenliği önemli bir konudur. Geçen yüzyılda bu konuda yapılan pek çok gelişmeye rağmen 21. yüzyılın başında gıda kaynaklı salgınlar ve hastalıklar halk sağlığı için hala önemli bir problem olmaya devam etmektedir (Tauxe 2001). Endüstrileşmiş, gelişmiş ülkeler bile kontamine gıdalar nedeniyle sağlık problemleri ile karşılaşmakta ve ekonomik zarara uğramaktadır. Smith and Pillai (2004) Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 5000'i ölümle sonuçlanan, 325 000'i hastanede tedavi gerektiren 76 milyon gıda kaynaklı vaka olduğunu ve yaklaşık hastalanan her 1000 kişiden 1'i hastanede tedavi edildiğini açıklamışlardır. Avrupa'da 2005 yılında 5311 gıda kaynaklı salgın bildirilmiş ve 47 251 kişi bundan etkilenmiştir. 5330 kişi hastanede tedavi edilmiş ve 24 ölüm vakası gözlenmiştir (Anonymous 2006). Gıda kaynaklı hastalıklar aynı zamanda ekonomik olarak büyük kayıplara neden olmaktadır. Bu salgınların maliyeti, tüm tedavi giderleri, hastalık veya ölümden kaynaklanan tüm üretim kayıpları dahil olmak üzere her yıl ekonomiye yaklaşık 7 milyar dolardır (Anonymous 2000).

Hijyenik üretimi artırmaya yönelik olarak üretim teknolojilerinde gerçekleştirilen yenilikler ve gıdaların üretiminden tüketimine kadar güvenilir bir şekilde korunması için yapılan çalışmalara rağmen gelecek yıllarda gıda kaynaklı hastalıkların halk için bir tehdit olacağı düşünülmektedir. Çünkü, gıda kaynaklı hastalıklar bağışıklık sistemi zarar görmüş insanlar üzerinde daha etkilidir. 2005 yılında nüfusunun %12'si 65 yaş üzerinde olan Amerika Birleşik Devletleri'nde 2030 yılında bu oranın %20 olması beklenmektedir (Anonymous 2005). Bununla birlikte bağışıklık sistemi zarar görmüş hasta sayısının da artacağı öngörülmektedir. 2030 yılında Birleşik Devletler nüfusunun %35'inin bağışıklık sistemi hastalıklarına maruz kalacağı tahmin edilmektedir (Polednak 1997, Anonymous 2005b). Tüm bu insanlar için gıda kaynaklı hastalıklar bir risktir ve onlar için güvenli gıda çok önemlidir.

Her yıl Amerika Birleşik Devletleri'nde 76 milyon gıda kaynaklı hastalığın yaklaşık 2.5-2.9 milyon kadarı et ve et ürünlerinden kaynaklanmaktadır (Mead *et al*. 1999). 2002-2003 yılları arasında ABD'de 74 milyar lb et ve et ürünü patojen bulaşısı

nedeniyle geri çağrılmıştır (Anonymous 2004a). Kanatlı karkas ve parçaları, bağırsak içeriklerinin veya yemlerin ve follukların fekal bulaşısı yoluyla kolayca patojenler ile kontamine olabilir (Dinçer ve Baysal 2004).

İnsanlar yüzyıllardan bu yana gıdaların bozulmasını engellemek, besin değeri kayıplarını en aza indirmek ve gıdalardan insanlara geçen hastalıkları engellemek için çeşitli gıda muhafaza metotları geliştirmişlerdir. Gıdaların muhafazasında ilkeler, mikroorganizmaların kontrol altına alınması için bulaşmanın önlenmesi, mikroorganizmaların uzaklaştırılması, mikrobiyel gelişmenin engellenmesi ve/veya mikroorganizmaların elimine edilmesidir. Gıda üretiminde kayıpları azaltacak, raf ömrünün artıracak ve güvenirliliği sağlayacak ışınlama, yüksek basınç ve vurgulu elektrik alan uygulaması gibi yeni yöntemlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Ünlütürk 1999).

Gıda ışınlama, gıdalara uygulanan fiziksel bir gıda muhafaza yöntemi olup, gıdaların sterilize veya muhafaza amaçlı olarak düşük dozda iyonize radyasyona tabi tutulmasıdır. Kodeks Genel Standardı, gıdaya uygulanacak maksimum 10 kGy ışınlama dozunun güvenli olduğunu bildirmiştir (Anonymous 1983b). Günümüzde birçok ülke iyonize radyasyonu bir gıda muhafaza metodu olarak kabul etmiş ve kendi yasal düzenlemelerini yapmıştır.

Işınlanmada amaç sağlıklı, güvenilir gıda elde etmektir. Uygulanan ürüne göre ve istenen amaca göre ürüne uygulanan doz belirlenir. Tavuk etinin ışınlanmasında amaç üründeki mikroorganizma yükünün azaltılması ve patojen mikroorganizmaların yok edilmesidir. Böylece ürünün raf ömrü uzatılabilir ve kalitesi artırılabilir. FDA kanatlı etlerinde *Salmonella*'yı kontrol altına alabilmek için 1990 yılında kanatlı etlerinde ışınlamaya izin vermiştir. Tavuk etlerinde minimum ışınlama dozu 1.5 kGy, maksimum ışınlama dozu 3.0 kGy olarak bildirilmektedir (Anonymous 1990b). Türkiye'de "Gıda Işınlama Yönetmeliği" taze veya dondurulmuş kanatlı etlerinin patojen mikroorganizmaları azaltmak, raf ömrünü uzatmak ve paraziter enfeksiyonları kontrol etmek için 3-7 kGy'de ışınlanmasına izin vermektedir (Anonim 1999).

Taze tavuk eti genellikle paketlenmiş olarak ve üzerinde son kullanma tarihi belirtilmiş şekilde tüketime sunulur. Ancak mikroorganizmalar için uygun bir ortam olan tavuk etinin raf ömrü mikrobiyolojik kontaminasyon düzeyine bağlıdır. Tavuk etlerinin kalitesinin korunmasında, depolama sıcaklığının kontrolü büyük öneme sahiptir. Tavuk etlerinin mikrobiyel kalitesinin korunmasında ve raf ömrünün uzatılmasında soğuk depolama ve donmuş depolama kullanılan yöntemlerdir. Sıcaklığın mikroorganizmalar için optimum düzeyin altına indirilmesi üreme süresini ve lag fazı uzattığı için ürünün raf ömrü artar. Donmuş depolamada hücre içi suyun kullanılmamasına bağlı olarak mikroorganizmaların üremesi ve diğer faaliyetleri engellenir. Ancak, ürünün dondurulmasında buz kristalleri oluşur bunlar ise hücreye zarar verir. Donmuş depolama buz kristallerinin daha da büyümesine neden olur. Donmuş gıdanın çözünmesi ile zarar görmüş olan hücrelerden açığa çıkan besleyici maddeler sebebiyle mikroorganizmalar hızla çoğalır ve ürünlerin bozulmasına yol açarlar (Senter *et al.* 2000).

Ölümden sonra DNA parçalanması bütün canlı dokular için doğal bir süreçtir. Buzdolabı sıcaklıklarında bu proses oda sıcaklığından daha yavaştır, sıcaklık azaldıkça DNA parçalanması azalır ve pratik olarak -26 ºC'den düşük sıcaklıklarda durur (Park *et al.* 2000).

Comet Assay Tekniği DNA hasarlarını belirlemek amacıyla son yıllarda oldukça çok kullanılan hızlı, basit, güvenilir ve duyarlı bir metottur. Östling ve Johanson tarafından 1984 yılında geliştirilen bu teknik günümüzde pek çok alanda (radyoterapi, genetik toksikoloji, çevresel biyoizleme, moleküler epidemiyoloji, radyasyon biyolojisi, insan biyoizlemesi, ve ışınlanmış gıdaların tespiti) kullanılmaktadır. Bu teknikte agaroz jelin içerisine gömülen hücreler deterjan ve yüksek konsantrasyonlarda ki tuz solüsyonlarında parçalanırlar. Hasarlı DNA molekülü elektroforez ortamında yürütülür. Hasar içeren DNA molekülleri süper sarmal yapıdan kurtularak anoda (artı uca) doğru hareket eder. Boyanan hücreler mikroskopta incelendiklerinde kuyruklu yıldıza benzer bir görüntü oluştururlar. Kuyruk kısmının uzunluğu veya kuyruk kısmında ki DNA yoğunluğu oluşan DNA hasarının miktarını gösterir (Rojas *et al.*1999).

Işınlama işlemi DNA'nın hasar görmesine neden olur. Comet Assay yöntemi ile ışınlanmış gıdaların DNA'larında ortaya çıkan değişiklikler bir indikatör gibi değerlendirilerek ışınlanmış gıdaların tespiti yapılmaktadır. Ancak DNA'nın parçalanmasına sadece iyonize radyasyon değil gıdaya uygulanan kimyasal ve/veya fiziksel işlemler, etin depolanma koşullarına bağlı olarak, doğal (enzimatik) DNA bozulması, parçalanması da neden olabilir (Cerda *et al.*1997).

Bu araştırma, DNA'daki hasarın belirlenmesine yönelik bir yöntem olan Comet Assay metodunun tavuk etinin kalitesinin belirlenmesinde kullanılabileceği düşünülerek yapılmıştır. Işınlamanın, depolama sıcaklığının ve süresinin tavuk etinin kalitesi üzerinde olan etkisinin DNA parçalanmasına neden olacağı bunun ise Comet Assay yöntemi ile belirlenebileceği düşünülmüştür. Comet Assay analizi sonunda elde edilen kuyruk uzunlukları değerlerinin tavuk etinin kalitesi hakkında bir fikir verebileceği düşünülmüştür. Bu amaçla, 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk eti örnekleri soğuk (4 ºC) ve donmuş (-18 ºC) depolanmıştır. Soğuk depolanan tavuk eti örneklerinin 3'er günlük aralıklarla, donmuş depolanan tavuk eti örneklerinin 1'er aylık aralıklarla mikrobiyolojik (toplam mezofil aerob bakteri, toplam koliform, *E.coli*, *Salmonella*, *S.aureus*), kimyasal (pH, TBA) ve Comet Assay analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada ışınlamanın, soğuk ve donmuş depolamanın tavuk etinin kalitesi üzerinde etkisi DNA Comet Assay yöntemi kullanılarak araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Gıda Işınlama

Gıda güvenliğinin sağlanmasında amaç sağlıklı, güvenilir ve besin değerini koruyan gıdaların elde edilmesidir. Gıdaların mikroorganizmalardan korunması, sağlıklı, güvenilir ve raf ömrü uzun gıdaların elde edilmesi için ısıl işlem uygulaması, kurutma, soğutma, dondurma ve kimyasal koruyucuların kullanılması gibi geleneksel yöntemlerin yanında gıdanın besleyici değerinde, yapısında ve doğallığında önemli değişikliklere neden olmayan yeni teknolojilerin geliştirilmesi konusunda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Yüksek basınç teknolojisi, vurgulu elektrik, ışınlama gibi yeni teknolojiler geliştirilmekte, bunlar engeller teknolojisi gibi sistematik yaklaşımlar ile incelenmektedir.

Gıda ışınlama işlemi, gıdalara uygulanan fiziksel bir gıda muhafaza yöntemi olup, gıdaların sterilize veya muhafaza amaçlı olarak düşük dozda iyonlaştırıcı radyasyona tabi tutulmasıdır (Anonymous 1983a). Gıda teknolojisinde ışınlama gıdaların dayanıklılık sürelerini artırmak, gıdalarda bulunabilecek insekt ve zararlıları ortadan kaldırmak, sebze ve meyvelerde filizlenmeyi engellemek ve olgunlaşmayı geciktirmek, baharat ve otları dekontamine ederek endüstriyel steril ürünler elde etmek ve gıdadaki hastalık etmeni patojen mikroorganizmaları yok etmek amacı ile kullanılır (Anonymous 1982, Anonymous 1991).

2.1.1 Gıda ışınlama işleminin tarihçesi

Henri Becquel'in 1895 yılında radyoaktiviteyi keşfetmesi ile iyonlaştırıcı radyasyonun gıdaların korunmasında kullanılması için çalışmalar başlamıştır (O'Bryan *et al.* 2008). Molins (2001)'in değişik kaynaklara dayanarak verdiği bilgiye göre 1896 yılında gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmaları yok etmek için iyonlaştırıcı radyasyonun kullanılmasını öneren bu konudaki ilk makale yayınlanmış (Minsch 1896), 1904 yılında iyonlaştırıcı radyasyonun bakteriler üzerine olan etkisi rapor edilmiş (Prescot 1904) ve 1905 yılında İngiltere'de (Appleby and Barks 1905) ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bu konuda ki ilk patentler alınmıştır (Liber 1905). 1921'de Birleşik Devletler Tarım

Bölümü (USDA) Hayvan Endüstrisi Bürosu domuzlardaki trişini elimine etmek için X ışınlarının kullanılmasını önermiştir (Schwartz 1921). 1960'a kadar orduya sterilize edilmiş gıdaların sağlanması için Birleşik Devletler Ordusu öncülüğünde araştırmalar yürütülmüştür. 14 Aralık 1954 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'na ABD Başkanı Eisenhower'ın sunduğu "Barış İçin Atom" programının oybirliği ile kabul edilmesi ile 50'li yıllara kadar yavaş ilerleyen araştırmalar hız kazanmıştır. Gıda ışınlama için uygun kaynak olan yüksek enerjili elektron demetleri üreten makinelerin geliştirilmesi ve insan yapımı Kobalt-60 (Co-60) ve Sezyum-137 (Cs-137) gibi radyoizotopların bulunması ile gıda ışınlama endüstriyel alanda da uygulanmaya başlanmıştır (O'Bryan *et al.* 2008). 1958 yılında Sovyetler Birliği patates ve tahılların, 1960 yılında Kanada patatesin ışınlanmasını onaylamıştır. 1985 yılında Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri gıda ışınlama düzenlemelerini yayınlamış ve Amerika Birleşik Devletleri domuz etindeki trişini kontrol etmek için ışınlamayı kabul etmiştir. Amerikan İlaç ve Gıda Dairesi (FDA) 1986 yılında meyve, sebze ve baharatta olgunlaşmayı geciktirmek ve/veya insekt disinfestasyonu için ışınlama işlemini kabul etmiştir (Anonymous 1986). 1990 yılında FDA kanatlılarda *Salmonella*'yı kontrol için maksimum 3.0 kGy, minimum 1.5 kGy ışınlama dozunu kabul etmiştir (Anonymous 1990b). FDA 1997 yılında da kırmızı etlerde hastalık nedeni olan patojen mikroorganizmaları önlemek ve raf ömrünü uzatmak için taze etlerde maksimum 4.5 kGy; dondurulmuş kırmızı etlerde 7.5 kGy ışınlama dozuna onay vermiştir (Anonymous 1997b).

FDA'nın tavuk etlerinin ışınlanması için yaptığı düzenlemede, tavuk etlerinde taze veya dondurulmuş tüm karkasa, parçalanmış karkas bölümlerine, kemik ve derisi ayrılmış parçaların ışınlanmasına minimum 1.5 kGy, maksimum 3.0 kGy ışınlama dozunda izin verilmektedir. Pişirilmiş, çeşitli kürleme işlerine tabi tutulmuş ve katkı maddeleri ilave edilerek işlenmiş ürünlerin ışınlamasına izin verilmemektedir. Tavuk etlerinde dekontaminasyonun önlenmesi amacıyla paketleme aşamasında ışınlamanın uygulanması, paketleme materyalinin oksijen geçirgenliğine sahip olması, rutubet ve mikroorganizmaların geçişini engelleyici özelliğe sahip olması önerilmektedir (Anonymous 1997b).

Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO), Uluslararası Atom Enerjisi Teşkilatı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) oluşturduğu Ortak Eksperler Komitesi (Anonymous 1980), Kodeks Alimentarius Komisyonu (CAC) (Anonymous 1983b), Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (Anonymous 1986), Kanada Sağlık (Anonymous 2003c) ve Avrupa Birliği Gıda Bilimsel Komitesi (Anonymous 2003a) gıdaların ışınlanmasında kullanılacak maksimum 10 kGy ışınlama dozunun hiçbir biyolojik, kimyasal ve toksik etkisinin olmadığını açıklamıştır. Bu açıklamalardan sonra birçok ülke Kodeks Alimentarius Komisyonu'nun tavsiyelerini göz önüne alarak gıda ışınlama için kendi ulusal düzenlemelerini yapmışlardır. Bugün dünyada yaklaşık 50 ülke en az bir ışınlanmış gıdanın tüketimini şartlı veya şartsız onaylamıştır. İngiltere, ABD, Meksika, Şili, Türkiye ve Çin gıda gruplarına göre ışınlamaya izin verirken, Brezilya "İyi İşleme Uygulamasının" (GMP) bir parçası olarak her gıda her dozda ışınlanabilir fikrini benimseyerek kendi yasal düzenlemelerini yapmışlardır (Grolichova *et al*. 2004, Smith and Pillai 2004). Ancak Avrupa Birliği 1999/3/EC sayılı direktifinde sadece kurutulmuş aromatik otlar, baharat ve sebze çeşnilerinin maksimum 10 kGy'ye kadar ışınlanabileceğini kabul etmiş ve bu liste tamamlanıncaya kadar üye ülkelerin kendi yasal düzenlemelerini yapabileceğini belirtmiştir (Anonymous 1999b).

Türkiye'de ise Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından hazırlanan Gıda Işınlama Yönetmeliği 6 Kasım 1999 tarih ve 23868 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Anonim 1999).

Türkiye'de 2 adet ışınlama tesisi bulunmaktadır. İlk ışınlama tesisi 1999 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından Sarayköy'de tıbbi malzemelerin sterilizasyonu amacıyla kurulmuştur. 20.03.2007 tarihinde 'Gıda Işınlama Ruhsatı' da alan tesis halen Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi kapsamındadır. İkinci ışınlama tesisi özel sektöre ait olup 1995 yılında Çerkezköy/Tekirdağ'da kurulmuştur. 27.03.2002 tarihinde gıdaları ışınlamak için gerekli izni alan tesiste en fazla baharat ve ihracata yönelik su ürünleri ışınlanmaktadır. Ayrıca bu tesis Avrupa Birliği üyesi ülkelere ışınlanmış gıda ihracatı yapabilmek için 1999/2/EC (Anonymous 1999a) direktifi uyarınca istenen Avrupa Birliği tarafından verilen onay belgesine de sahiptir (Anonymous 2004b).

Dünya ticaretinin hızla gelişmesi ve özellikle çok çeşitli gıdaların dünya üzerindeki ticareti; tüketicilerin aldıkları ürünün içeriği hakkında bilgi sahibi olma istekleri ve ülkelerin yasal düzenlemeleri sonucu ışınlanmış gıda ürünlerinin ambalajı üzerine ışınlandıklarını belirten 'radura' sembolünün (Şekil 2.1) basılması ve ürünün ışınlandığını belirten bilginin yazılması zorunludur (Anonim 1999).



Şekil 2.1 Radura sembolü (Anonim 1999)

2.1.2 Gıda ışınlamada genel prensipler

Işınlama ile gıdalarda mikrobiyel inaktivasyona bağlı bir muhafaza sağlanmaktadır. Işınlama işlemi esnasında gıdalarda önemli bir sıcaklık artışı meydana gelmediği için ışınlama "soğuk pastörizasyon" veya "soğuk sterilizasyon" olarak da tanımlanmaktadır. Katı ve su aktivitesi düşük gıdalar için uygun bir prosestir. Gıda ışınlama işleminin en önemli avantajı son ürüne uygulanabilir olması sebebiyle sonradan kontaminasyon olasılığının olmamasıdır (Shea 2000, Grolichova *et al.* 2004, Mahatpatra *et al.* 2005).

Gıdaya uygulanacak ışınlama dozu gıdanın mikroorganizma yüküne, inaktive edilmek istenen mikroorganizmanın çeşidine, gıdanın bileşenlerine (protein, yağ, su miktarı vb), oksijenin varlığına, gıdanın fiziksel durumuna (pH, sıcaklık vb) ve ışınlama sonrası oluşabilecek ve gıdada arzu edilmeyen değişikliklere (renk, yumuşama, tat, koku vb) göre belirlenmektedir. Işınlama sonrası gıdanın güvenirliliği, gıdada radyoaktivite ölçülmemesi, patojenlerin veya sporlarının yokluğu, besleyici değerinde azalmanın olmaması, toksik, kanserojenik ve mutajenik radyolitiklerin yokluğu ile kontrol edilir (Anonymous 1983a, Korel ve Orman 2005).

Gıda ışınlama için kurulan tesislerde radyasyon kaynağı olarak, radyoaktif izotopların yaydığı gama radyasyonu, elektron demeti hızlandırıcıları tarafından üretilen yüksek enerjili elektronlar veya hızlı hareket eden elektronların metal bir yüzeye çarptırılması ile üretilen X ışınları kullanılır. Gama radyasyonunun ışınlama işlemi için kullanıldığı tesis Gama Işınlama Tesisi'dir. Bu tesislerde kullanılan kaynak Co-60 veya Cs-137'dir. Işınlama tesislerinde genellikle Co-60 iyonlaştırıcı radyasyon kaynağı olarak kullanılır. Çünkü Co-60 güçlü bir gama radyasyon kaynağıdır ve su içinde çözünmez. Kaynak su havuzu içinde depo edilir ve ışınlama işlemi esnasında kaynak havuz içerisinden yükseltilerek ürün dolu kutular arasına getirilip ışınlama işlemi yapılır ve işlem sonunda kaynak havuz içerisine indirilerek ışınlama bitirilir. Co-60 elementi tarafından üretilen gama ışınları süreklidir ve tüm yönleredir. Gama ışınlama tesislerinde ürünler kaynak çevresinde ve kendi etraflarında dönerek ışınlanır. Bu tesislerin verimliliği %10-35 arasındadır. Elektron demeti tesislerinde ise radyasyon kaynağı elektrik ile çalışan elektron demeti hızlandırıcılarıdır. Elektronlar bir kütleye sahip olduğu için ürüne penetrasyonları azdır. Gıda ışınlama için uygun olan elektronların enerjileri 5-10 MeV arasında olmalıdır. Yüksek enerjili elektronların ürüne penetrasyonu yüksektir. Ürün yoğunluğu elektronların penetrasyonunu etkileyen bir faktördür. Elektron demeti cihazı genelde uygun ürünlerin üretim hattına kurularak kullanılır. Verimliliği yüksek tesislerdir (%30-60). X ışınları; gama radyasyonu ve elektron demeti radyasyonunun bir karışımıdır. Elektron demeti radyasyonundan daha yüksek penetrasyona sahiptir ve radyasyonu sürekli değildir. Ancak bu tesislerin verimliliğinin çok düşük olması (%10'un altında) maliyeti artırdığı için gıda ışınlama için uygun değildir (Anonymous 1982, Aymerich *et al.* 2008, O'Bryan *et al.* 2008).

Gıda sektöründe ışınlama işlemi, teknolojik amacına ve uygulanan doza göre radyasyon pastörizasyonu (radurizasyon) ve radyasyon sterilizasyonu (radappertizasyon) olmak üzere ikiye ayrılır. Radurizasyon uygulamalarında gıdaya 1-10 kGy arasında olan doz uygulanır. Burada amaç bozulma etmeni mikroorganizmaların sayısını azaltarak ürünün raf ömrünü uzatmak, patojen mikroorganizmaları elimine etmek, insekt ve böceklenmeyi engellemek, olgunlaşmayı geciktirmek ve filizlenmeyi önlemektir. Bu uygulama ile ürünün raf ömrü artarken aynı zamanda ışınlamaya duyarlı bazı patojenlerinde eliminasyonu sağlanır. Radappertizasyon ise genellikle gıdaya

sterilizasyon amaçlı uygulanır. Burada radyasyona dirençli bakteri sporlarının kontrolü amaçlanmaktadır. Bağışıklık sistemi zarar görmüş hastaların diyetlerinde ve uzay çalışmalarında astronotların gıdalarında uygulanır (Anonymous 1982, Anonymous 1983a).

Işınlanan madde tarafından birim kütle başına soğurulan enerji miktarı soğurulan doz olarak ifade edilir. Soğurulmuş doz birimi Gray (Gy) ve 1 Joule/kg'a eşittir. Yani, ışınlanan maddenin 1 kg'ına 1 joule'lik enerji veren radyasyon miktarı olarak tanımlanmıştır (Shea 2000, Aymerich *et al.* 2008).

Ürün tarafından absorbe edilen dozu belirlemek için ışınlamaya duyarlı maddelerden bu amaç için yapılmış dozimetreler kullanılır. Işınlama işlemi esnasında gıdanın içine yerleştirilen dozimetreler ile ışınlama işleminin kontrolünü yapılır ve doz dağılımı verilir (Anonymous 1983a).

2.1.3 Gıda ışınlama işleminin etki mekanizması

İyonize radyasyon, gıda gibi herhangi bir maddeden geçtiğinde enerjisini kaybeder yani enerji absorbe edilir. Absorblanan bu enerji, madde içindeki atomların uyarılmasına veya iyonize olmasına neden olur. İyonize edici radyasyonun gıda içinde fiziksel olarak 2 etki mekanizmasından söz edebiliriz.

Birincil etki: iyonların, uyarılmış moleküllerin veya moleküler fragmentlerin oluşumuna neden olur. Bu tip reaksiyonlarda bir elektron, moleküldeki atomdan ayrılır. Böylece molekül pozitif yüklü olur. Bu proses sonunda molekül, iyonlaşmış olarak tanımlanır. Bir elektronun alınması veya kaybedilmesi ile oluşan bir iyon çiftlenmemiş bir elektrondur ve serbest radikal olarak gösterilmektedir.

$$M \rightarrow \bullet M + e^-$$

Serbest radikaller çiftlenmemiş bir elektron olduğu için oldukça reaktiftir. Molekülden ayrılan elektron, diğer atomları veya molekülleri iyonlaştırabilir. Yüksek enerji yüklü partiküllerin geçişi, aynı zamanda bir elektron ayrılması olmaksızın elektronlara enerji verebilir. Bu reaksiyon uyarılma olarak adlandırılır.

$$M \rightarrow M^*$$

Radyasyonun madde ile etkileşiminde önemli bir proseste "kompton saçılması"dır. Burada foton enerjisinin bir kısmı, atomdan ayrılan elektrona transfer edilmektedir. Sonuç olarak düşük enerjili fotonlar oluşmaktadır. Ayrılmış elektron ise önemli miktarda enerji taşımaktadır ve enerjisini atom ve moleküllerle oluşacak bir dizi reaksiyon için ortama transfer edecektir. Böylece daha fazla iyonlaşma ve uyarılma reaksiyonu meydana gelecektir. Madde içerisinden iyonlaştırıcı radyasyonun geçişiyle iyonların ve uyarılmış moleküllerin oluşumuna sebep olan birincil proses 10^{-14}saniyede meydana gelmektedir (Elias and Cohen 1977, Kiss 1992).

İkincil etki: Birincil etki ürünlerinin interaksiyonunu içerir ve başlangıçtaki durumlarından farklı bileşenlerin oluşumuna yol açar. Uyarılmış bir molekül (M*), enerjisini kaybetmek ve kararlı hale ulaşmak ister. Uyarılmış bir molekül enerjisini sadece 10^{-8} saniye tutabilir, dolayısıyla ışınlama sonrası çok etkin rol oynayamaz. Uyarılmış bir molekül 2 şekilde reaksiyon verebilir. 2 radikal oluşturabilir:

$$M^* \rightarrow \bullet R_1 + \bullet R_2$$

veya 2 molekül oluşturabilir:

$$M^* \rightarrow M_1 + M_2$$

Eğer serbest radikaller, uyarılmış moleküllerin ayrışması sonucu oluşuyorsa birçok reaksiyona girebilmektedir. Bunlar birbirleri ile tekrar birleşebilmekte veya orijinalinden farklı yeni bir molekül oluşturmak için bir araya gelebilmektedir. Ayrıca serbest radikaller bir hidrojen atomunu alarak da moleküllerle reaksiyona girebilirler.

$$\bullet R + MH \rightarrow \bullet M + RH$$

Bu tip radikaller uzun ömürlüdür ve ancak radikal-radikal kombinasyonu, radikallerin ayrışması veya radikal bağlayıcılarla reaksiyona girme sonucu ortadan kaybolabilirler. Radikal bağlayıcılar, serbest radikaller için oldukça yüksek afinite gösterirler ve hemen hemen her çarpışmada onlarla reaksiyona girebilirler. Örneğin oksijen iki tane çiftlenmemiş elektrona sahip olduğu için kolaylıkla serbest radikallerle reaksiyona girebilir.

$$\bullet R + O_2 \rightarrow \bullet RO_2$$

Serbest radikaller çift bağlarla kolaylıkla reaksiyona girdiği için doymamış moleküller en bilinen radikal bağlayıcılarıdır. Işınlama sonucu oluşan serbest radikaller kısa

ömürlüdür. Bununla birlikte eğer gıda kuru veya dondurulmuş ise ya da kemik gibi sert bileşenler içeriyorsa serbest radikallerin hareketliliği kısıtlanacak böylece ömürleri uzayacaktır.

Birincil etki sıcaklığa bağlı olmadığı halde ikincil etki sıcaklık, gaz basıncı gibi diğer değişkenlere bağlıdır (Elias and Cohen 1977, Diehl 1995, Molins 2001).

Gıdalarda iyonlaştırıcı radyasyonun kimyasal etki mekanizması da 2 şekildedir;

- Doğrudan etki, iyonizasyon sonucu moleküllerin kimyasal bağları kırılır ve serbest radikaller oluşur,
- Dolaylı etki, suyun radyolizi sonucu oluşan suyun radyoliz ürünlerinin birbirleriyle ve/veya diğer gıda bileşenleri ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Çoğu gıdada su majör bileşen olmasa da büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla suyun radyolizi de gıda ışınlamada önem kazanmaktadır. Saf su ışınlandığında çok sayıda reaktif ürünler oluşmaktadır.

$$H_2O \rightarrow \bullet OH\ (2.7) + e_{aq}^{-}\ (2.7) + \bullet H\ (0.55) + H_2\ (0.55) + H_2O_2\ (0.71) + H_3O^{+}\ (2.7)$$

Burada;

- $\bullet OH$ = hidroksil radikali
- e_{aq}^{-} = suda çözülmüş veya hidrate olmuş elektron
- $\bullet H$ = hidrojen radikali
- H_2 = hidrojen
- H_2O_2 = hidrojen peroksit
- H_3O^{+} = çözünmüş proton

Suda çözünmüş elektronlar ve hidrojen radikali ($\bullet H$) indirgen bir etkiye sahipken, hidroksil radikali ($\bullet OH$) güçlü bir oksidandır. Bu nedenle su içeren tüm gıdalar, ışınlama süresince hem oksidasyon hem de indirgenme reaksiyonlarına maruz kalmaktadır. Hidrojen atomları düşük miktarda üretildiği için bunlar çözünmüş elektronlara kıyasla daha az reaksiyona girerler. Hidrojen (H_2) ve hidrojen peroksit (H_2O_2), su radyolizinin stabil olan son ürünleridir ve ışınlama sırasında üretilen radikaller tarafından büyük oranda kullanılır. Ancak yüksek ışınlama dozunda bile düşük miktarda üretilirler.

$$H_2O_2 + e_{aq}^{-} \rightarrow \bullet OH + OH^{-}$$

$$H_2 + \bullet OH \rightarrow H_2O + \bullet H$$

Işınlama süresince oksijenin varlığı veya yokluğu, radyolizin akışını etkileyebilmektedir. Oksijenin, hidrojen atomları tarafından indirgenmesiyle hidroperoksil radikalleri ($\bullet HO_2$) oluşmaktadır:

$$\bullet H + O_2 \rightarrow \bullet HO_2$$

Hidroperoksit radikalleri süperoksit anyon radikali ile dengededir;

$$\bullet HO_2 \leftrightarrow H^+ + \bullet O_2^-$$

Oksijen molekülü ile çözünmüş elektronların reaksiyonu sonucu da süperoksit anyon radikali oluşabilmektedir:

$$e_{aq}^- + O_2 \rightarrow \bullet O_2^-$$

Hidroperoksil ve süperoksit radikalleri, oksidan ajanlarıdır ve hidrojen peroksit oluşumuna yol açabilirler:

$$\bullet O_2^- + \bullet HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2$$

$$2\bullet HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2$$

Işınlama ortamından oksijen uzaklaştırıldığında çok az hidrojen peroksit oluşmaktadır. Oksijen, peroksit radikalleri oluşturmak üzere diğer radikallerle reaksiyona girebilmektedir.

Oksijen aynı zamanda bir oksidandır ve bazı gıdaların oksijenli ortamda ışınlanması, otooksidasyona benzer sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle yağ içeren gıdalar bu durumdan fazla etkilenmektedir. Anaerobik koşullar altında ışınlama ile istenmeyen bu durum önlenebilmektedir.

Genellikle doğrudan ve dolaylı etki aynı zamanda oluşur ve çözeltinin konsantrasyonuna bağlı olarak faaliyet gösterirler. Bu nedenle doğrudan etki, su içeriği azalırken nispi olarak artmaktadır (Urbain 1986, Kiss 1992, Stewart 2001).

2.1.4 Gıda ışınlama işleminin DNA üzerinde etkisi

İyonize radyasyonun hücre üzerinde doğrudan etkisinde hedef, canlı organizmanın DNA'sıdır. Foton veya elektron, hücrenin genetik materyaline rastgele çarpar ve DNA'da lezyonlara neden olur. Bu lezyonlar, DNA'nın tek sarmalında olabildiği gibi

çift sarmalında da olabilmektedir. Canlı hücrede radyasyon sonucu oluşan genetik hasar çoğalmayı engeller ve hücredeki birçok yaşamsal faaliyeti sonlandırır.

Dolaylı etkide ise, genetik materyal ile radyolitik ürünlerin etkileşimi söz konusudur. Özellikle suyun radyolizi sonucu oluşan serbest radikaller (H, OH, e^-_{aq}) nükleik asitler ve tek sarmalda bir nükleik asidi diğerine bağlayan kimyasal bağlar ile reaksiyona girerek DNA hasarına neden olur. İyonize su moleküllerinin lokasyonunun rastgele oluşması nedeniyle nükleik asitlerle sonradan oluşan reaksiyonlarda rastgele oluşmaktadır. Işınlama nedeniyle oluşan DNA hasarının % 90'ı dolaylı etki sebebiyledir. Dolayısıyla canlı hücrelerde dolaylı radyasyon zararı doğrudan radyasyonun verdiği zarara göre daha baskındır (Grant and Patterson 1989, Diehl 1990, Farkas 1997, Dickson 2001, Farkas 2006).

2.1.5 Işınlamanın tavuk etlerinin kalitesi üzerine etkileri

İyonize radyasyonun tavuk eti üzerinde olan etkisi, ürünün raf ömrünü uzatması ve üründeki patojen bakterileri elimine ederek ürünün mikrobiyel güvenliğini sağlamasıdır. Ancak ışınlanma, tavuk etinde arzu edilmeyen bazı değişikliklere de neden olabilmektedir. Işınlama sonucu başlayan lipit oksidasyonu ile ürünün raf ömrü kısalır ve tüketici tarafından istenmeyen koku ve tat oluşur. Gıdanın yağ içeriği, gıda ışınlamada kısıtlayıcı bir etkendir.

2.1.5.1 Işınlamanın tavuk etleri üzerinde mikrobiyel etkisi

Işınlamanın hücre üzerinde doğrudan etkisi öncelikle genetik materyal üzerinedir. İyonize radyasyon, hücrelerdeki yaşamsal açıdan kritik hedef olan genetik materyale zarar vererek mikroorganizmaları inaktive eder. Böylece canlı hücrede radyasyon sonrası oluşan genetik hasar çoğalmayı engeller ve hücredeki birçok yaşamsal faaliyeti durdurur.

İyonize radyasyonun hücre üzerinde dolaylı etkisi sonucu oluşan serbest radikaller, genetik materyal veya diğer hücre organelleri ile reaksiyona girerek canlı hücreye zarar verebilir. Örneğin, serbest radikaller hücre membranındaki protein ve lipitler ile

reaksiyona girerler ve böylece sitoplazmik membran zarar görür ve seçici geçirgenliğini kaybederek hücre içi organellerin, özellikle RNA'nın hücre dışına geçmesine neden olabilir (Dickson 2001).

Birçok çevresel faktör ve mikroorganizmanın özellikleri, mikroorganizmanın radyasyona karşı dirençliliğini etkiler. Fosfat tamponlu ortamda ışınlanan mikroorganizmalar, gıda içinde ışınlanan mikroorganizmalara göre daha hassastır. Genelde ortamın kompleksliği arttıkça, ortamdaki sudan oluşan serbest radikaller için ortamdaki diğer bileşenlerin rekabeti artmakta, ışınlama ile oluşan moleküller aktif hale geçmekte ve bu durum mikroorganizmalar için koruyucu etki oluşturmaktadır. Kompleks yapıya sahip gıdalardaki bakteri hücrelerinin radyasyona dirençliliğini veya duyarlılığını tahmin etmek ise mümkün değildir (Dickson 2001).

Mikroorganizmalar üzerinde iyonlaştırıcı radyasyonun öldürücü gücü birçok faktöre bağlıdır. Örneğin ışınlama ortamının sıcaklığı, oksijenin varlığı, gıdanın fiziksel ve kimyasal özellikleri (pH, sıcaklık, a_w, gıda bileşenlerinin kompozisyonu gibi) ve mikroorganizmanın durumu etkendir (Dickson 2001).

Mikroorganizmaların vejetatif formları, spor formları ile karşılaştırıldığında radyasyona daha hassastır. Gram negatif bakteriler, radyasyona Gram pozitif bakterilerden daha duyarlıdır (Davies 1976, Grecz *et al.* 1983, Dickson 2001).

Işınlama işleminde, belirli koşullar altında mikroorganizma populasyonunun % 90'nını azaltmak için uygulanan ışınlama dozuna D_{10} değeri denir. Başka bir ifade ile D_{10} değeri, mikroorganizma sayısında bir desimal azalmayı sağlayan ışınlama dozudur. Doz ve canlı mikroorganizma arasındaki ilişki grafiksel olarak ifade edildiğinde D_{10}, doğrunun eğiminin tersi olarak ifade edilir. D_{10} değerinin hesaplanmasında çeşitli ışınlama dozlarına karşı mikroorganizma sayısı grafiği çizilir. Bu grafik ile mikroorganizma sayısında 1 log'luk azalmaya neden olan ışınlama dozu kolaylıkla hesaplanır (Dickson 2001).

Abu-Tarboush *et al*. (1997) tarafından ışınlama teknolojisinin raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır. Tavuk karkasları 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0 kGy'de ışınlanmış, 4 °C'de 21 gün

depolanmış ve 3'er günlük periyotlarla mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Tavuk karkaslarının başlangıç mikrobiyel yükünün $6.5x10^5$ kob/g olduğu saptanmıştır. 6. günde ışınlanmamış örneklerde mikrobiyel yük 8.0 log kob/g bulunmuştur. Işınlanmış örneklerde mikroorganizma sayısında 2.1-3.1 logaritmik azalmalar gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda, ışınlama işleminin tavuk etinin raf ömrünü 12 gün daha uzattığı açıklanmıştır. Ayrıca artan ışınlama dozunun ürünün raf ömrünü uzatmada etkin olmadığı belirtilmiştir. Benzer sonuçlar Kazanas *et al.*(1966), Bakalivanov *et al.* (1975) tarafından da rapor edilmiştir. Kontrol örneklerinde *Salmonella* spp'nın var olduğu görülmüş ve 2.5 kGy ışınlama dozunun örneklerde *Salmonella* spp ve koliformu elimine etmek için yeterli olduğu açıklanmıştır.

Kanat *et al*. (2005) yaptıkları bir araştırmada, baharatlı tavuk olarak tanımlanabilecek yerel bir ürünü 1.0, 2.0 ve 3.0 kGy'de ışınlamış ve 0-3 °C'de 28 gün depolamışlardır. Işınlanan örneklerde toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısındaki azalmanın anlamlı ve artan doz ile bu azalmanın önemli olduğu görülmüştür. Işınlanan ve ışınlanmayan örneklerde TMAB sayısının depolama süresi ile arttığı rapor edilmiştir. 21. günde kontrol grubu örnekleri mikrobiyolojik olarak tüketilebilir özelliğini kaybederken, 28. günde 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerin 6 log kob/g değerine ulaşmadığı gözlemlenmiştir. Işınlanmamış örneklerde *S. aureus* sayısının depolama süresi ile arttığı ama ışınlanmış bütün örneklerde *S. aureus*'a rastlanmadığı belirtilmiştir.

Işınlamanın raf ömrü üzerinde etkisi birçok araştırmacı tarafından da araştırılmış ve benzer sonuçlar bulunmuştur (Idziak and Incze 1968, Kahan and Howker 1978, Kiss and Farkas 1982, Cho *et al.* 1985, Lee *et al.* 1985, El-husseiny *et al* 1986, Katta *et al.* 1991, Lamuka *et al*. 1992).

Lewis *et al.* (2002) 1.0 ve 1.8 kGy'de ışınlanmış kemiksiz, derisiz tavuk göğüs eti örneklerinin toplam koliform ve *E. coli* sayılarının saptama sınırının altında olduğunu ancak TMAB sayılarında artan ışınlama dozuna bağlı olarak azalmanın gözlendiğini bildirmişlerdir. Heath *et al.* (1990)'da 1.0 kGy ışınlamanın TMAB sayısını 2-3 log azalttığını bildirmişlerdir. Lewis *et al.* (2002) TMAB sayısının ışınlanmış örneklerde

ışınlama dozundan etkilendiği ama koliform üzerinde ışınlama dozunun herhangi bir etkisinin olmadığını açıklamışlardır. Işınlanmış örneklerde bulunan koliform sayılarının tespit düzeyinin altında olduğu rapor edilmiştir. Koliform hakkında benzer sonucu Naik *et al.* (1994)'da saptamıştır. Bu araştırmacılarda yaptıkları çalışmada ışınlanmış örneklerde koliformun tespit edilemediğini ancak TMAB sayımından sonuç alabildiklerini bildirmişlerdir. Heath *et al*. (1990)'da benzer sonuçlar elde etmiştir. Lewis *et al.* (2002), elektron demeti radyasyonu ile 1.0 kGy'de ışınlanan tavuk göğüs ve kanat eti örneklerinde TMAB sayısının 2-3 log azaldığını ama tamamen yok olmadığını saptamışlardır. Ancak araştırmacılar kontrol grubu örneklerinde de mikroorganizma yükünün çok az olduğunu ve bu sonuçların diğer araştırmalar ile uyuşmadığını görmüşlerdir. Araştırmacılar araştırmalarında kemiksiz, derisiz tavuk göğüs eti kullanmalarının böyle bir sonucun elde edilmesine neden olabileceğini çünkü derinin her zaman yüksek mikroorganizma sayısına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Derili tavuk göğüs ve but eti kullanılan başka bir araştırmada daha yüksek mikrobiyel yük bildirilmiştir (Heath *et al.* 1990). Lewis *et al.* (2002) 1.0 ve 1.8 kGy ışınlama dozunun *Salmonella* spp.'nin eliminasyonu için yeterli olduğunu açıklamışlardır.

Engellerin kombinasyonu gıdanın kalitesini, mikrobiyel güvenliğini, duyusal özelliklerini ve stabilitesini artırır (Leistner, 2000). Dondurma işleminin de TMAB sayısını 1-2 log azalttığı dolayısıyla raf ömrünü artırdığı bilinmektedir (Yammamoto and Harris 2001).

Javanmard *et al.* (2006) tarafından ışınlama ve dondurulmuş depolamanın tavuk etlerinin mikrobiyolojik kalitesi üzerine kombine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla tavuk etleri 0.75, 3.0 ve 5.0 kGy'de ışınlanmış ve -18 °C'de 9 ay depolanmıştır. 0. günde 0.0, 0.75, 3.0 ve 5.0 kGy'de ışınlanmış örneklerde TMAB sayısı sırasıyla 5.0×10^7, 3.0×10^6 7.1×10^5 ve 8.4×10^2 bulunmuştur. 9. ay sonunda TMAB sayısının 0.0, 0.75, 3.0 ve 5.0 kGy'de sırasıyla 2.3×10^5, 4.4×10^3, 8.0×10^2 ve 10×10^0 olduğu saptanmıştır. Artan ışınlama dozu ve depolama süresi ile mikroorganizma sayısının azaldığı belirlenmiştir. Işınlama ve dondurulmuş depolamanın kombine uygulamasının mikroorganizmalar üzerinde daha etkili olduğu ve raf ömrünü uzattığı açıklanmıştır. 0. gün ışınlanmamış örneklerin sadece birinde S*almonella'*ya rastlanmıştır. Işınlanmış örneklerde ise

*Salmonella'*nın olmadığını görülmüştür. Işınlanmamış tüm örneklerde ve 0.76 kGy'de ışınlanmış örneklerin % 46.6'sında *E. coli* gözlemlenmiştir. Ancak 3.0 ve 5.0 kGy' de ışınlanmış örneklerde *E. coli'*ye rastlanmamıştır.

Gıdalarda *Salmonella* spp.'nın ışınlama teknolojisi ile inaktive edilmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Lamuka *et al.* (1992) tüm tavuk karkaslarını 2.5 kGy'de ışınlamış ve ışınlama sonrası tavuk karkaslarında *Salmonella*'nın tespit edilmediğini belirtmişlerdir. Klinger *et al.* (1986) iyonlaştırıcı radyasyon ile ışınlanan (2 - 4.5 kGy) tavuk etlerinde *Salmonella*, koliform ve *Staphylococci*'nin kalmadığını ve doza bağlı olarak mikroorganizma yükünün azaldığını bildirmişlerdir. Hanis *et al.* (1989) tarafından 3.0, 5.0 ve 10.0 kGy'de ışınlanmış tavuk etlerinde ışınlama sonrası *S. typhimurium*'a rastlanmadığı belirtilmiştir. Dickerson *et al.* (1991) 2.0 ve 3.0 kGy ışınlanmış tavuk etinde *Salmonella'* yı tespit edememişlerdir. Kamat *et al.* (1991) 2.0 kGy ışınlama dozunun doğal olarak tavukta var olan *Salmonella*'yı yok etmek için yeterli olduğunu, ancak ışınlamaya dirençli *Salmonella* serotiplerini yok etmek için 4.0 - 6.0 kGy ışınlamanın gerekli olacağını bildirmişlerdir. Kahan and Howker (1978) 2.5 kGy ışınlama dozunun tavuk etinde *Salmonella* ve halk sağlığı için önemli olan diğer mikroorganizmaların yok edilmesi için yeterli olacağını belirtmişlerdir. Mossel (1977) 1.0 - 5.0 kGy doz aralığının tavuk karkaslarındaki tüm *Salmonella* serotiplerinin elimine edilmesi için yeterli olduğunu açıklamıştır. Katta *et al.* (1991) tavuk etlerinde 2.5 kGy ışınlamanın *Salmonella*'yı elimine etmek için yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, Hanis *et al.* (1989) tavuk etlerine uygulanan 2.5 kGy üzerindeki ışınlama dozlarının üründe radyasyon kokusu olarak tanımlanabilen bazı istenmeyen değişikliklere neden olduğunu saptamışlardır. Thayer *et al.* (1992b) tavuk kanatlarını *S. typhimurium* ile inoküle ederek gama ışınlama kaynağında ışınlamışlar ve ışınlama sonrası yapılan analizde 1.42 kGy'in üzerinde ışınlanmış tavuk kanat etlerinde *Salmonella*'ya rastlanmadığını açıklamışlardır.

Thayer and Boyd (1992a) mekanik olarak ayrılmış tavuk etini $8.0x10^3$ kob/g *S. aureus* ile inoküle ederek 1.5 kGy'de ışınlamışlardır. Işınlama sonucunda örneklerde *S. aureus* bulunmamıştır. Ancak bu araştırıcılar tüketiciyi gıda kaynaklı salgınlardan korumak için *S. aureus*'a karşı gıdanın 3.0 kGy' de ışınlanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Kolsarıcı ve Kırımca (1995) *Staphylococcus*'un tavuk etlerinde 3.0 kGy ışınlama dozunun üzerindeki dozlarda da dirençli olduğunu saptamışlardır.

Lacroix and Chiasson (2004) tavuk göğüs etinde *S. typhi*'nin D_{10} değerinin 0.64 kGy olduğunu açıklamışlardır. Patterson (1988)'da tavuk kıyması ile yaptığı çalışmada aerobik ortamda *S. typhimurium* D_{10} değerini 0.502 kGy olarak saptamıştır. Mulder (1977) tavuk etinde *S. enteritidis*'in 22 °C'de D_{10} değerinin 0.37 kGy olduğunu rapor etmiştir. Tarkowski *et al.* (1984) kırmızı et ile yaptıkları çalışmada *Salmonella* için D_{10} değerini sığır etinde 0.78 kGy bulmuşlar, aynı çalışmada sığır kıymasında *S. enteritidis* için D_{10} değerinin 0.69 kGy olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Clavero *et al.* (1994)'da sığır kıymasında *Salmonella* spp. için D_{10} değerinin 0.621-0.624 kGy olduğunu açıklamışlardır.

Thayer and Boyd (1992a) 0 °C'de mekanik olarak ayrılmış tavuk etinde *S. aureus*'un D_{10} değerinin 0.36 kGy olduğunu bildirmişlerdir. Thayer *et al* (1995)'da farklı etlerde 5 °C'de *S .aureus* için D_{10} değerinin 0.40-0.46 kGy olduğunu saptamışlardır. *S. aureus*'un D_{10} değerinin tavuk göğüs etinde 0.41 kGy (Spoto *et al.* 2000) ve tavuk kıymasında 0.29 kGy (Adu-Gyamfi *et al.* 2008) olduğu bulunmuştur.

2.1.5.2 Işınlamanın tavuk etlerinde lipitler üzerinde etkisi

Tavuk etlerine uygulanan ışınlama işlemi ürünün raf ömrünü uzatır ve patojen mikroorganizmaları inaktive eder. Ancak tavuk etlerinin ışınlanmasında sınırlayıcı etken, ışınlama işlemi sonucu başlayan lipit oksidasyonunun ürünün raf ömrünü kısaltmasıdır. Lipit peroksidasyonu et kalitesinde kayba neden olan en önemli prosestir. Özellikle et ürünlerinde suyun hidrolizi sonucu oluşan hidroksil radikalinin lipit oksidasyonunun başlamasından sorumlu olduğu düşünülmektedir (Giroux and Lacroix 1998).

Tavuk etleri diğer etlere nazaran daha az yağ içerir. Tavuk but etinde % 3.2 ve tavuk göğüs etinde % 1.2 yağ vardır. Hayvansal yağlar genellikle trigliseritler (nötral lipitler), fosfolipitler, steroller ve sterol esterleridir. 100 g tavuk yağının % 32.5'i doymuş, %

45.4 tekli doymamış ve % 17.6 çoklu doymamış yağ asididir. Tavuk etinde bulunan başlıca yağ asitleri, oleik asit (18:1), palmitik asit (16:0), linoleik asit (18:2), palmitoleik asit (16:1) ve stearik asittir (18:0). Doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri tavuk etindeki trigliseritlerin en önemli içeriğidir. Trigliseritler yaklaşık % 39.6 oleik asit içerir ki bu esansiyel tekli doymamış yağ asididir. Tavuk etinde bulunan fosfolipitler büyük miktarda doymamış yağ asitleri içerirler ve bunların bazıları çoklu doymamış yağ asididir. Fosfolipitlerdeki çoklu doymamış yağ asidi, depolama esnasında etlerde oluşan acımanın en önemli nedenidir. Tavuk göğüs etinde but etine oranla 2 kat daha az yağ vardır. Göğüs eti yağı; % 70.1 fosfolipit, % 22.2 trigliserit, % 4.2 kolesterol ve % 1.2 kolestrol esteri içermekte, but eti yağı ise, % 42.9 fosfolipit, % 51.4 trigliserit, % 3.7 kolesterol ve % 0.8 kolesterol esteri içermektedir. Tavuk göğüs etinde bulunan trigliseridlerin % 27.5 doymuş, % 72 doymamış ve % 1.72 çoklu doymamış yağ asidi, fosfolipitlerin % 38.5 doymuş, % 61.22 doymamış ve %19.8 çoklu doymamış yağ asididir. Tavuk but etinde ise trigliseritlerin %28.1 doymuş, %70.9 doymamış, %1.5 çoklu doymamış ve fosfolipidlerin % 44.1 doymuş, % 53.2 doymamış, %19.24 çoklu doymamış yağ asididir (Brignoli *et al*. 1976, Pikul and Kummerow 1983).

Etlerde bulunan bazı yağ asitleri metabolizmada önemli rol oynarlar. Linoleik ve araşhidonik gibi çoklu doymamış yağ asitleri vücut tarafından sentezlenemezler ve bunlar insan beslenmesinde önemlidir. Fosfolipitler ve kolesterol hücre duvarının önemli bileşenidir. Doymamış yağ asitleri yağda çözünen vitaminlerin (vitamin A, E ve K) vücutta taşınmasını da sağlarlar (Giroux and Lacroix 1998).

İyonlaştırıcı radyasyon lipitlerde 2 şekilde değişikliklere neden olur (Nawar 1986);

- moleküler oksijenle reaksiyonun katalizlenmesi (otooksidasyon)
- Lipit molekülleri üzerinde yüksek enerjili radyasyon etkisi (oksidatif olmayan)

Lipitlerin ışınlanması sonucu oluşan otooksidasyon mekanizması, ışık veya metalle katalizlenmiş otooksidasyon ile aynıdır. Oksidatif olmayan değişiklikler ise iyonlaştırıcı radyasyonun lipit molekülleri üzerindeki etkisinden kaynaklanır.

Çoklu doymamış yağ asitleri kolaylıkla okside olabildikleri için ışınlama esnasında önlem alınmalıdır. İyonlaştırıcı radyasyon suyun radyolizine neden olur ve serbest

radikaller oluşur. Et ise yüksek miktarda su içerir. Suyun radyolizi ile oluşan bu serbest radikaller daha sonra gıda bileşenleri ile kimyasal reaksiyonlara girebilirler. Bir yağ molekülünde serbest radikale en kolay maruz kalan yer çift bağ kısmıdır. Bir yağ asidinde her ilave çift bağ, oksidasyon hızını 2 kat artırır. Oluşan radyolitik ürün miktarı yağ miktarı, yağ kompozisyonu, oksijen varlığı, ışınlama sırasında sıcaklık ve ışınlama dozuna bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle ışınlama sırasında çoklu doymamış yağ asitlerinin iki veya daha fazla çift bağı reaksiyon için uygun olabilir. Fosfolipitlerin doymamış yağ asidi, trigliseritlerin doymamış yağ asidinden daha hızlı okside olur. Işınlama dozu arttıkça ve depolama süresi uzadıkça doymamış yağ asitleri azalır. Işınlama işleminde doymamış yağ asitlerinin kaybı oksidatif bozulma sonucudur (Giroux and Lacroix 1998).

Ortamda oksijen varsa, çoklu doymamış yağ asitleri otooksidasyona uğrarlar. Otooksidasyon zincir bir prosestir ve iyonlaştırıcı radyasyonu da içeren farklı kaynaklardan gelen serbest radikaller bu prosesi başlatabilir. Bu proses 3 evreden oluşur. Başlangıç, serbest radikallerin oluşması; gelişme, serbest radikal zincir reaksiyonu ve sonuç, radikal olmayan ürünlerin oluşmasıdır (Fernandez *et al.* 1997).

1. Başlangıç

(a) $RH + O_2 \rightarrow R\bullet + \bullet OOH$

2. Gelişme

(b) $R\bullet + O_2 \rightarrow ROO\bullet$

(c) $RH + ROO\bullet \rightarrow ROOH + R\bullet$

(d) $ROOH \rightarrow RO\bullet + \bullet OH$

3. Sonuç

(e) $R\bullet + R\bullet \rightarrow R\text{-}R$

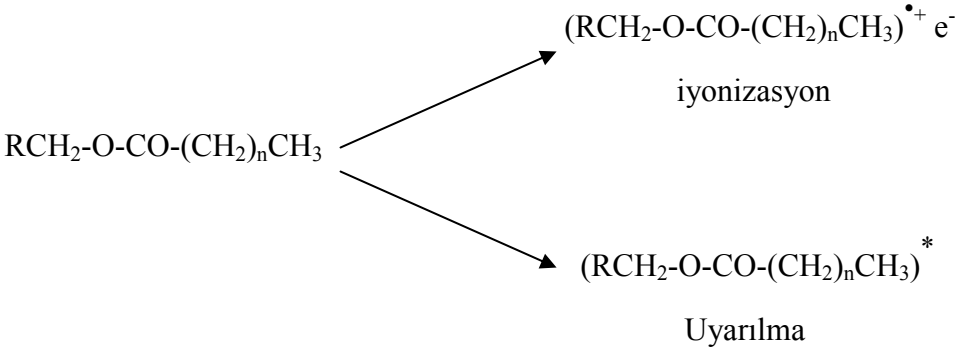
(f) $R\bullet + ROO\bullet \rightarrow ROOR$

(g) $ROO\bullet + ROO\bullet \rightarrow ROOR + O_2$

Başlangıç aşamasında hidrojen, doymamış yağ asidinden çıkarılır ve geriye serbest yağ radikali kalır (R•). Gelişme aşamasında bu radikal oksijenle reaksiyona girerek lipit peroksi radikalini oluşturur ve bir çoklu doymamış yağ asidi zincirinden hidrojeni

uzaklaştırıp lipit hidroperoksitleri radikali ve yeni bir serbest radikal oluştururlar. Lipit oksidasyonu sonucu, hidroperoksitler, serbest radikaller, endoperoksitler, malonaldehit, epoksitler, alkan, alken, hidrokarbonlar, aldehit, alkol ve asitler gibi bilinen birincil ve ikincil reaksiyon ürünleri oluşur (Ajuyah *et al*. 1993).

Oksijenin yokluğunda ise ışınlama ile lipitlerin radyolizi olur. Lipitlerin radyolizinde öncelikle iyonizasyon veya uyarılma oluşur (Dubravic and Nawar 1968);



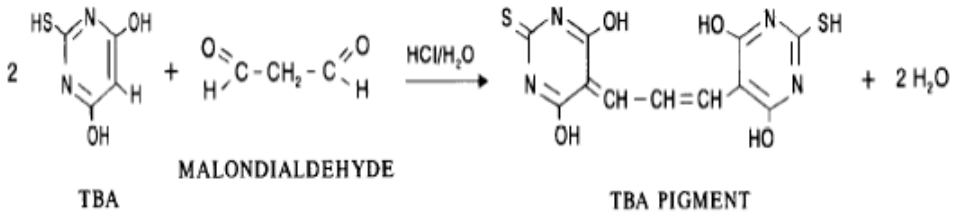
Daha sonra dekarboksilasyon, dehidrasyon ve polimerasyon reaksiyonları olur (Giroux and Lacroix 1998). Sonuçta oluşan radyolitik ürünler başlangıçtaki yağ molekülünün kompozisyonuna bağlıdır. Oluşan ürünlerin miktarı ise ışınlama dozuna bağlıdır ve çok azdır (Singh *et al*. 1991).

2-tiyobarbütirik asit (TBA) testi et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunu ölçmek için kullanılan bir kimyasal metottur. Bu teknik lipit oksidasyonunu ölçmek için malondialdehit (MDA) içeriğinin belirlenmesi ilkesine dayanır. (Fernandez *et al*. 1997).

MDA, 3 karbonlu, karbonil gruplarının C-1 ve C-3 pozisyonlarında yer aldığı bir dialdehittir. MDA'in oluşum mekanizması ile ilgili farklı teoriler bulunmaktadır. 3 veya daha fazla çift bağlı çoklu doymamış yağ asitlerinden hidroperoksit oluşumu mekanizması boyunca oluştuğu kabul edilir (Fernandez *et al.* 1997).

TBA metodu, MDA ile TBA'nın reaksiyonu sonucu oluşan kırmızı-pembe renkli pigmentin maksimum 532-535 nm'de spektrofotometrede ölçülmesine dayanır. Oluşan rengin yoğunluğu MDA konsantrasyonunun bir ölçüsüdür. Reaksiyonun oluşum

mekanizması Şekil 2.2'de gösterilmektedir (Hoyland and Taylor 1991, Fernandez *et al.* 1997).



Şekil 2.2 TBA oluşum reaksiyonu (Fernandez *et al.* 1997).

Bu yöntemde, TBA ile reaksiyona giren maddeler (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) TBA ile renk oluşturmadan önce gıdadan sulu bir ortama (sulu trikloroasetik asit gibi) ekstrakte edilir. Metotta ekstraksiyon çözeltisi olarak trikloroasetik asidin sulu çözeltisi, trikloroasetik asidin fosforik asitteki çözeltisi ve perklorik asidin sulu çözeltisi kullanılabilir (Pikul *et al.* 1989, Ulu 2004).

Araştırıcılar TBA-MDA kompleksinin oluşumunda farklı inkübasyon ve sıcaklık süreleri belirtmişlerdir. Ulu (2004), kıyma, tavuk ve hindi et örneklerinin TBARS değerleri üzerinde, 80 °C'de su banyosunda 20, 30, 40, 50 ve 60 dakika inkübasyon süresinin etkisini incelediği çalışmada TBARS değerleri üzerinde sürenin etkisinin önemli olduğunu ve en iyi sonucun 40 dakikada alındığını bildirmiştir.

Yağ asidinin doymamışlık derecesi, sıcaklık ve ısıtma işleminin süresi, metallerin varlığı ve pH MDA'nın perokside olmuş çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşumunu ve miktarını etkiyen faktörlerdir (Pikul *et al.* 1983).
Lipit oksidasyonunun et ürünlerinde lezzet ve koku değişimine sebep olan aldehit, keton, hidrokarbon ve ester oluşumuna sebep olduğu bilinmektedir. Işınlanan etlerde, aldehit oluşumu ve TBA değerleri uygulanan doza bağlıdır ve kötü koku oluşumu ile aralarında yüksek korrelasyon vardır (Nam and Ahn 2003).

Lipitlerin ışınlanması sonucu oluşan kimyasal reaksiyonlar; lipit kompozisyonu (doymuş veya doymamış), diğer maddelerin varlığı (ör; antioksidanlar) lipidin sıvı ya

da katı formda olması ve ışınlama koşulları gibi faktörler ile etkilenmektedir (Giroux and Lacroix 1998).

Lewis *et al.* (2002) kemiksiz ve derisiz tavuk göğüs etini 1.0 ve 1.8 kGy'de ışınlamış, 0 °C'de 28 gün depolamışlardır. Araştırmada, depolama süresi ve ışınlama dozunun TBARS değeri üzerinde etkisini incelemişlerdir. 0. günde ışınlanmamış, 1.0 kGy ve 1.8 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde TBARS değerleri sırasıyla 0.12, 1.25 ve 1.67 mg/kg malondialdehit olarak saptanmıştır. 0 °C'de 28 gün depolamadan sonra TBARS değerlerinin ışınlanmamış tavuk etinde 0.79, 1.0 kGy'de ışınlanmış tavuk etinde 2.32 ve 1.8 kGy'de ışınlanmış tavuk etinde 4.6, 1.0 kGy'de ışınlanmış tavuk etinde 4.26 olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak artan ışınlama dozu ve depolama süresi ile TBARS değerinin de arttığı gözlemlenmiştir.

Benzer sonuçları Gomes *et al*. (2003) mekanik olarak ayrılmış tavuk etlerinde yaptıkları araştırmada da bulmuşlardır. Araştırıcılar, dondurulmuş mekanik olarak ayrılmış tavuk etini 0.0, 3.0 ve 4.0 kGy'de ışınlamış ve 2 °C'de 12 gün depolamışlardır. 0. günde TBARS değerleri arasında bir fark gözlemlenmemiştir. 8. gün sonunda ışınlanmamış, 3 ve 4 kGy'de ışınlanmış örneklerde TBARS değerleri sırasıyla 0.90, 3.87 ve 5.82 mg MDA/kg olarak saptanmıştır. TBARS değerlerinin depolama ve ışınlama dozu ile artırdığını bildirilmiştir.

Işınlama işlemi ile tavuk etlerinde oluşan lipit oksidasyonunun duyusal değerlendirmesi TBARS ile ilişkilidir (Shahidi *et al.* 1998). Nam and Ahn (2003) paketlemenin, ışınlama dozunun ve farklı etlerin TBARS ile ilişkisi üzerine yaptıkları araştırmada, hindi göğüs etini ve daha yüksek yağ içeren hindi but etini aerobik koşullar altında paketlenmiş ve vakum paketlenmiş halde 2.5 kGy'da ışınlamış ve 4 °C'de 10 gün depolamışlardır. 0. günde ışınlanmamış göğüs etinin 0.25, ışınlanmış örneğin ise 0.48 mg MDA/kg TBARS değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, 0.günde but etinin TBARS değerlerinin 0.58 mg MDA/kg olduğu ve but etinin göğüs etinden daha yüksek TBARS değerine sahip olduğunu rapor edilmiştir. 4 °C'de 10. gün depolama sonunda hindi göğüs etinde TBARS değerlerinin vakum paketlenmiş ve ışınlanmış örneklerde 0.71, aerobik koşullar altında paketlenmiş ve ışınlanmış örneklerde 2.34 mg MDA/kg olduğunu görülmüştür.

Ancak 4 °C'de 10 gün depolanan hindi but eti örneklerinde ise TBARS değerleri, vakum paketlenmiş ve ışınlanmış örneklerde 0.90 ve aerobik şartlar altında paketlenmiş ve ışınlanmış örneklerde 8.17 mg MDA/kg olarak saptanmıştır. Duyusal testlerde de tüketicilerin etlerdeki değişimi, TBARS değeri 1 mg MDA/kg'a ulaştığında belirleyebildikleri gözlemlenmiştir. Işınlanmış etlerin depolanmasında lipit oksidasyonunda oksijenin varlığının önemli bir faktör olduğu başka araştırmalar tarafından da desteklenmiştir (Katusin –Razem *et al.* 1992).

Kanat *et al*. (1997) TBARS değeri üzerine farklı etlerin ve depolama süresinin etkisini incelemişlerdir. Tavuk, kuzu ve bufalo etini 2.5 kGy'de ışınlamış ve 0-3 °C'de 4 hafta depolamışlardır. Işınlanmış ve ışınlanmamış tüm örneklerde TBA değerinin, depolama süresi ve ışınlama dozuna bağlı olarak arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, tavuk, kuzu ve bufola etinin TBA değerleri arasındaki farkın anlamlı olduğunu görmüşlerdir. En yüksek TBA değerinin sırasıyla tavuk, bufalo ve kuzu etinde olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonucun tavuğun diğer etlerden daha fazla doymamış yağ asidi içerdiği için olabileceğini belirtmişlerdir.

Farklı etlerin TBARS değerine etkisi üzerine benzer bir çalışmayı Kim *et al.* (2002) yapmışlardır. Çalışma sonucunda etin cinsinin, ışınlama dozunun, depolama süresinin ve paketleme koşullarının TBARS değerini etkilediği rapor edilmiştir. Ancak bu çalışmanın sonucu Kanat *et al*. (1997)'nın yaptıkları çalışmaya tezattır. Araştırıcılar hindi, domuz ve sığır etini aerobik koşullar altında paketlenmiş ve vakum paketlerde 3 kGy'de ışınlamışlar, ışınlanan et örneklerini ve 4 °C'de 7 gün depolamış ve örneklere TBA testi yapmışlardır. Bulunan TBARS değeri sıralaması sığır, hindi ve domuz şeklinde belirtilmiştir. Ama bu sonuç literatürdeki diğer sonuçlarla uygunluk göstermemektedir. Çünkü, sığır eti en yüksek yağ içeriğine sahip iken doymamış yağ asitleri açısından en düşük değere sahiptir, bunun yanı sıra hindi eti en düşük yağ içeriğine sahipken doymamış yağ asitleri bakımından en yüksek değere sahiptir. Nitekim başka araştırmalar ile hindi etinin ışınlamaya karşı en duyarlı et olduğu saptanmıştır (Tichivangana and Morrissey 1986, Akamittath *et al.* 1991, Ahn *et al.* 2001). Ancak araştırmacılar sığır etinin 0. günde bile yüksek TBARS değerine sahip olmasını etin başlangıç koşullarının sonuç üzerine etkisi olarak yorumlamışlardır.

Etlerde serbest radikallerin başlattığı lipit oksidasyonunun engellenebilmesi için serbest radikallerin hareketliliğini azaltmak gereklidir. Bu ise ürün dondurularak sağlanabilir. Taub *et al.* (1979) dondurulmuş durumda serbest radikallerin hareketliliğinin yavaşladığını ve gıdanın orijinal durumunda serbest radikallerin difuze etme ve reaksiyona girme eğilimlerinin daha fazla olduğunu rapor etmiştir.

Nam *et al.* (2002) hindi göğüs eti ile TBARS değeri üzerinde paketlemenin, ışınlamanın ve dondurulmuş depolamanın etkisini araştırmışlardır. Hindi göğüs eti örneklerini aerobik şartlar altında paketlenmiş ve vakum paketlenmiş olarak 0, 2.5 ve 5.0 kGy'de ışınlamış ve -40 °C'de 3 ay depolamışlardır. Aerobik koşullar altında paketlenen ürünlerde ve vakum paketlerde hindi göğüs eti örneklerinde depolama sonunda TBARS değerinin arttığı gözlemlemişlerdir. Aerobik şartlar altında paketlenmiş örneklerde ışınlamanın TBARS değerini artırdığı ancak artan ışınlama dozunun TBARS değeri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Aerobik koşullar altında paketlenen örneklerde depolamanın TBARS değerini etkilemediği belirtilmiştir. Vakum paketlenen, ışınlanmış ve ışınlanmamış hindi göğüs eti örneklerinde ise depolama esnasında TBARS değerlerinde tutarsızlıklar gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda, dondurma işleminin serbest radikallerin reaksiyona girme eğilimini azalttığı dolayısıyla TBARS değerleri üzerinde etkin olduğu belirtilmiştir.

TBARS değerlerinin ışınlama dozu ve depolama süresi ile arttığını gösteren diğer araştırmaların (Hampson *et al.* 1996, Luchsinger *et al*. 1996, Nam and Ahn 2003) yanı sıra TBARS değerlerinin ışınlama dozu ve depolama süresinden etkilenmediğini gösteren araştırmalarda mevcuttur.

Kanat *et al*. (2005) yaptıkları araştırmada, baharatlı tavuk olarak tanımlanabilecek yerel bir ürünü 1.0, 2.0 ve 3.0 kGy'de ışınlamış ve 0-3 °C'de 28 gün depolamışlardır. TBARS değeri üzerindeki ışınlama işleminin etkisinin olmadığını saptamışlardır. Araştırıcılar bu sonucun ürünün hazırlanmasında kullanılan baharatın antioksidan etkisinden kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir. Nakatani (1992) ve Zhu *et al.* (2004) benzer sonuçlar bildirmişlerdir.

2.2. Comet Assay Tekniği

Comet Assay tekniği, DNA hasarlarını tespit etmek için kullanılan kolay, hassas, güvenilir ve hızlı bir yöntemdir. Bu teknikte agaroz jelin içerisine gömülen hücreler deterjan ve yüksek konsantrasyonlarındaki tuz solüsyonlarında parçalanırlar. Hasarlı DNA molekülü elektroforez ortamında yürütülür. Kırık, hasar içeren DNA molekülleri süper sarmal yapıdan kurtularak anoda (artı uca) doğru hareket eder. Floresans boyalarla boyanan hücreler mikroskopta incelendiklerinde kuyruklu yıldıza benzer bir görüntü oluştururlar. Kuyruk kısmının uzunluğu veya kuyruk kısmında ki DNA yoğunluğu oluşan DNA hasarının miktarını gösterir (Rojas *et al*. 1999).

Comet Assay tekniğinin genel olarak 2 ayrı amaca yönelik farklı uygulaması vardır. Teknik alkali koşullar altında veya nötral koşullar altında uygulanabilir. DNA çift sarmal kırılmalarının tespitine yönelik çalışmalarda nötral çalışma koşulları uygulanırken, tek sarmal kırılmaların belirlenmesine yönelik çalışmalarda alkali koşullar uygulanmaktadır (Rojas *et al*. 1999).

2.2.1 Comet Assay tekniğinin gelişimi

DNA sarmal kırıklarının ölçülmesi için ilk girişim 1978 yılında Rydberg ve Johanson tarafından hücrelerin lam üzerinde agara gömülmesi ve parsiyel DNA açılımını sağlamak için hafif alkali şartlarda lize edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Böylece lam üzerindeki agaroza gömülmüş olan hücreleri proteinlerinden ayırmışlardır. Daha sonra nötralize edip, akridin oranj kullanarak DNA'yı boyamışlar ve kırmızı floresana karşın yeşil floresanın oranını saptamışlardır. Kırmızı floresan tek sarmalı, yeşil floresan ise çift sarmalı göstermektedir. Ancak bu teknik bir çok kritik basamak içerdiğinden yaygın olarak kullanılmamıştır (Rydberg and Johanson 1978, Kassie *et al.* 2000).
Daha sonra aynı laboratuarda Östling ve Johanson tarafından 1984 yılında izole edilmiş hücrelerde DNA hasarını ölçmek için "Mikrojel Elektroforez Tekniği" adı altında bir teknik geliştirilmiştir. Bu teknikte hücreler mikroskop lamında agara gömüldükten sonra deterjan ve tuz ile lize edilmiş ve DNA nötral şartlarda elektroforeze tabi tutulmuştur. Elektroforez işlemi düşük elektrik akımında (5V/cm) 5 dakika süreyle

yapılmış ve daha sonra lamlar akridin oranj gibi DNA bağlayıcı floresan boyasıyla boyanmıştır. Elektrik akımı sonucunda hasarlı DNA çekirdekten anoda doğru sürüklenmiş ve baş ve kuyruğu ile bir kuyruklu yıldız (comet) görüntüsünün oluşmasına neden olmuştur (Ostling and Johanson 1984).

Ostling ve Johanson'un geliştirdikleri teknikte kullanılan liziz şartları nötral pH'da olduğu için DNA baz çiftleri ayrılamadığından sadece çift DNA sarmal kırıklarının tayini mümkündür (Rojas *et al*. 1999, Kassie *et al.* 2000). Teknik daha sonra Singh ve arkadaşları tarafından liziz işlemi alkali koşullarda yapılarak modifiye edilmiş ve sadece sarmal kırıklarının değil alkali şartlarda tayin edilebilen hasarların (alkali labile sites), DNA çapraz bağlarının ve tamamlanamamış eksizyon tamir bölgelerinin tayinine olanak sağlamıştır (Singh *et al*. 1988). Singh ve arkadaşlarının geliştirdiği bu yöntem, şu anda bazı basamaklarda yapılan değişikliklerle beraber en çok kullanılan yöntemdir (Kassie *et al.* 2000). Çizelge 2.1'de Comet yöntemiyle farklı pH'larda tayin edilebilen DNA hasar tipleri verilmiştir (Rojas *et al*. 1999).

Çizelge 2.1 Comet yöntemiyle farklı pH'larda tayin edilebilen DNA hasar tipleri (Rojas *et al*. 1999).

pH: 7-8	pH: 10-12	pH>13
Çift sarmal kırıkları Çapraz bağlar	Çift sarmal kırıkları Tek sarmal kırıkları Eksizyon tamir bölgeleri Çapraz bağlar	Çift sarmal kırıkları Tek sarmal kırıkları Eksizyon tamir bölgeleri Çapraz bağlar Alkali ortamda açığa Çıkan hasarlar

DNA sarmal kırıklarını ölçmeye yarayan yöntemler, genellikle sarmal kırığına neden olan ajanların DNA molekülünün büyüklüğünü azaltması prensibine dayanır. DNA tek ve çift sarmal kırıkları kromatin yapısında değişikliklere neden olabilir. DNA tek sarmal kırığını ölçen tekniklerde DNA çift sarmalının açılması gerekir. Denaturasyon, çift sarmalın çözülmesi ve tek sarmal kırıklarının yanında alkali ortamda açığa çıkan

kırıkların (alkali labile sites) tespiti için de yüksek pH'dan yararlanılabilir (Fairbairn *et al.* 1995). Pek çok ajanın DNA çift sarmal kırığına göre 5-2000 kat daha fazla tek sarmal kırığı meydana getirdiği düşünülürse nötral koşulların DNA hasarını belirlemede alkali koşullar kadar duyarlı olmayacağı açıktır (Singh *et al.* 1988). Singh ve arkadaşlarının geliştirdikleri Comet tekniğinde de, hücreler agara gömüldükten sonra DNA çift sarmalının açılması ve hücrelerin lize edilmesi için en az 1 saat süreyle alkali çözeltide bekletilmektedir (Singh *et al.* 1988, Tice *et al.* 1990). Böylece DNA'nın negatif yüklü kırık uçları elektroforez sırasında pozitif yüklü uca yani anoda doğru göç ederler. Bunun sonucunda da kuyruklu yıldız görünümü (comet) meydana gelir. DNA göçü hem DNA'nın büyüklüğüne hem de DNA'daki kırık sayısına bağlıdır. Kuyruk uzunluğu hasara bağlı olarak artar ancak elektroforez şartlarına bağlı olarak maksimuma ulaşır. Düşük hasar seviyelerinde DNA'da göçten çok yayılma görülürken, kırık sayısının artmasıyla DNA parçaları kuyruğa doğru göç etmeye başlar ve çok hasarlı hücrelerde baş ve kuyruk tamamen ayrılmıştır (Fairbairn *et al.* 1995).

Kuyruktaki floresan şiddetinin hücrenin baş tarafına göre kıyaslanmasıyla sarmal kırıklarının sayısı hakkında bilgi edinilebilir. Hasarsız hücrelerde çekirdek parlaktır ve floresan şiddeti baş tarafta yoğundur ancak DNA'da kırıklar söz konusu olduğunda floresan çekirdekten anoda doğru yayılarak kuyrukta şiddetlenir. Comet tekniği, hasarlı hücrelerde floresanın baş taraftan kuyruğa geçişini yansıttığından DNA hasarının kantitatif olarak tayin edilmesinde kuyruk momenti, kuyruktaki DNA yüzdesi ve kuyruk uzunluğu önemli parametrelerdir (Martin *et al.* 1993).

2.2.2 Comet Assay tekniğinin uygulanması

Comet Assay tekniğinin uygulamasında amaca göre 2 farklı yöntem izlenebilir. Aşağıda Şekil 2.3'de alkali ve nötral Comet Assay tekniğinin ana basamakları gösterilmiştir (Rojas *et al*. 1999).

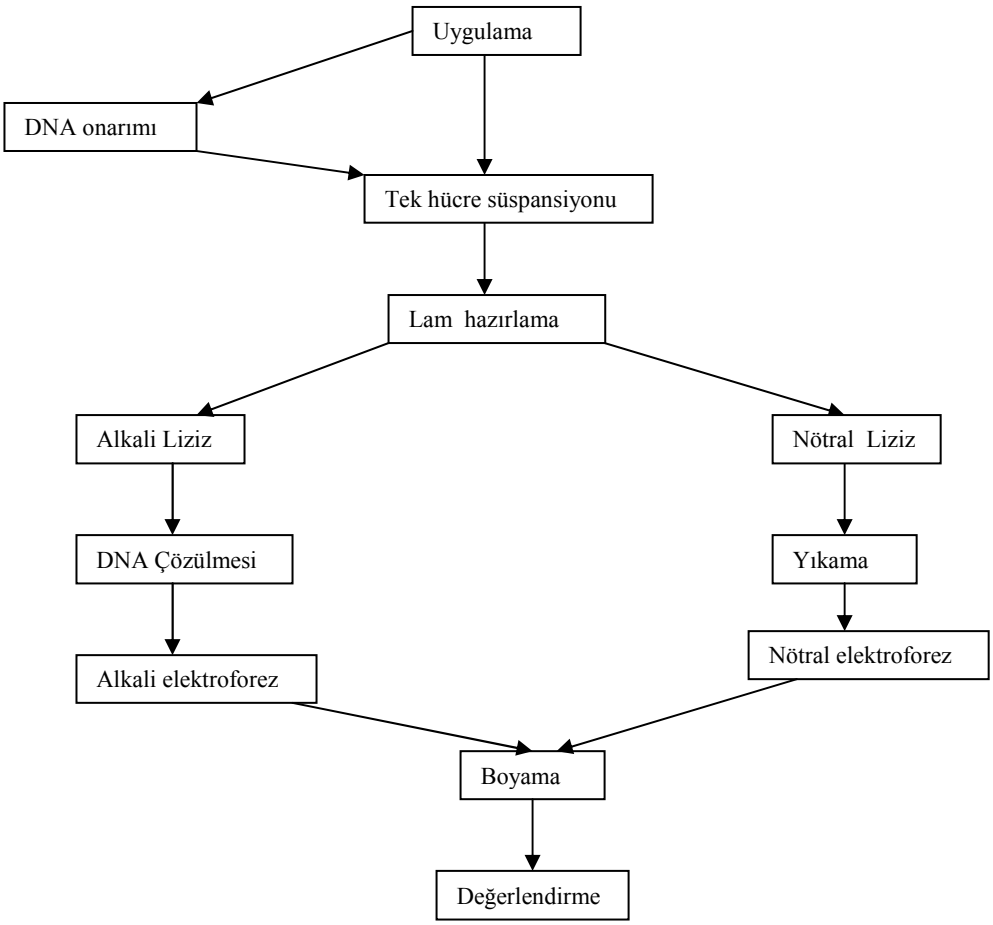
Comet Assay tekniğinde izlenecek ana aşamalar şunlardır:

- Hücre süspansiyonlarının hazırlanması
- Lamların hazırlanması

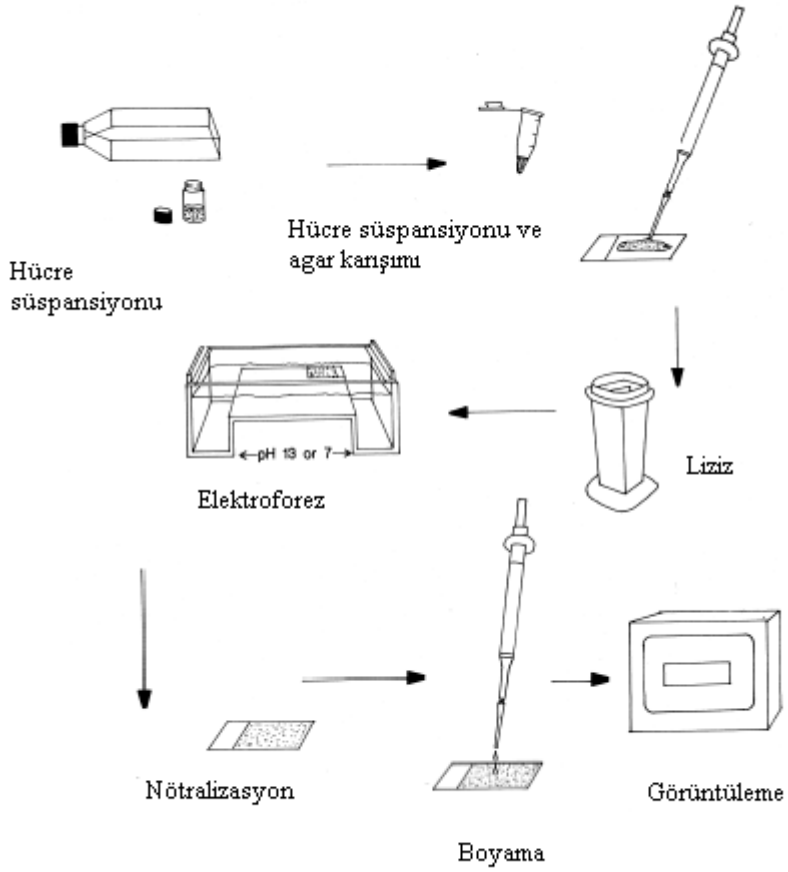
- Hücre parçalanması (Liziz)
- Elektroforez
- Nötralizasyon
- Boyama
- Lamların değerlendirilmesi

Ancak çalışmanın amacına göre tekniğin uygulamasında bazı değişikliklerin, modifikasyonların yapılması mümkündür.

Şekil 2.4'de ise Comet Assay yönteminin şematik olarak uygulaması gösterilmiştir (Rojas *et al*. 1999).



Şekil 2.3 Alkali ve nötral Comet Assay tekniğinin uygulama şeması (Rojas *et al*. 1999)



Şekil 2.4 Comet Assay tekniğinin uygulama basamakları (Rojas *et al*. 1999)

Hücre süspansiyonlarının hazırlanması

Comet Assay tekniği eukoryatik bütün hücrelere uygulanabilir. Dolayısıyla bu teknik geniş bir kullanım alanına sahiptir. İnsan, bitki ve hayvan hücrelerine kolaylıkla uygulanabilir. Deneysel çalışmanın amacına yönelik olarak hücre süspansiyonlarının hazırlanmasında değişik modifikasyonlar uygulanabilir (McKelvey-Martin *et al*. 1993, Fairbairn *et al.* 1995, Rojas *et al*. 1999).

Lamların hazırlanması

Deneyde kullanılacak lamların hazırlanmasında 2 yöntem kullanılır. Bu yöntemlerde lamlar tek kat veya 3 kat agaroz çözeltisi ile kaplanır. Tek kat agaroz çözeltisi ile yapılan kaplamada, daha önceden yıkanıp, temizlenmiş lamlar düşük erime sıcaklığına

sahip agaroz ile kaplanır, kurutulur ve kullanılmak üzere oda sıcaklığında saklanır. Daha sonra hücre süspansiyonu ile karıştırılmış jel bu kaplanmış lam üzerine uygulanır. "Sandviç" olarak isimlendirilen lamın 3 kat agaroz ile kaplandığı yöntemde ise düşük erime sıcaklığına sahip agaroz ile kaplanmış lam üzerine hücre süspansiyonu ile karıştırılmış agaroz eklenir bu tabakanın üzerine yine bir kat agaroz çözeltisi konulur. Bu yöntemlerde uygulanan ilk kat jel daha sonra eklenen hücrelerin agara tutunması amaçlıdır. Sandviç kaplamada uygulanan 3. kat ise hücreleri korumak içindir (McKelvey-Martin *et al*. 1993, Fairbairn *et al.* 1995, Rojas *et al*. 1999).

Şekil 2.5'de lamların hazırlanması gösterilmiştir (Rojas *et al*. 1999).

Hücre parçalanması

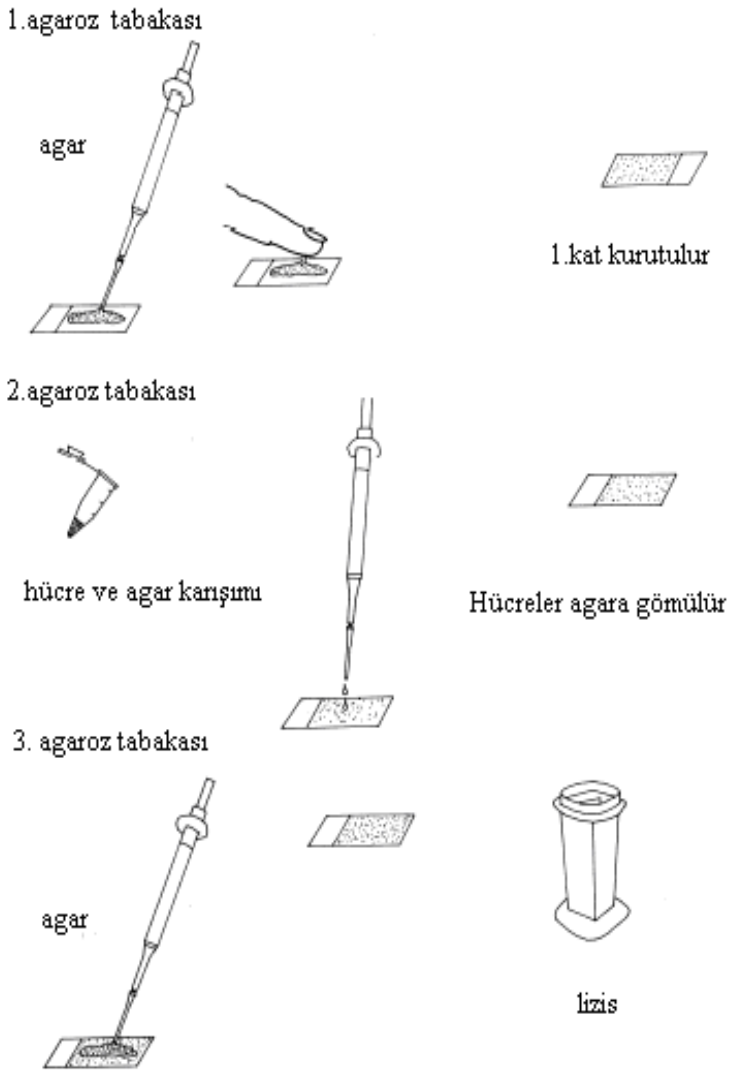
Lamların yüzeyine agar içine gömülen hücrelerin hücre duvarlarının geçirgen hale gelmesi ve DNA sarmalının açılması amaçlıdır. Daha sonra uygulanacak olan elektroforez ile parçalanan DNA'nın göçüne olanak sağlanır. Araştırmanın hedefine yönelik olarak kullanılan parçalama, liziz çözeltileri ve uygulama sürelerinde modifikasyonlar olabilir. DNA tek sarmalındaki hasarların tespitine yönelik çalışmalarda alkali parçalama çözeltileri kullanılırken, çift DNA sarmalındaki hasarların tespitinde nötral koşullar uygulanır (McKelvey-Martin *et al*. 1993, Fairbairn *et al.* 1995, Rojas *et al*. 1999).

Elektroforez

Elektroforezden önce DNA'ya bağlı proteinler ve elektroforez şartlarını değiştirebilecek diğer iyonlar uygun pH'daki çözeltilerle yıkanması sonucu ortamdan ayrılır. Bu amaçla lamlar elektroforez çözeltisinde bekletilir ve daha sonra lamlara elektroforez işlemi uygulanır. Elektroforez işleminde kullanılan çözelti, uygulanan akımın şiddeti ve uygulama süresi çalışmanın amacına göre tespit edilir. Bu aşamada hasar görmüş DNA parçacıkları yani hasarlı DNA uygulanan akım ile çekirdekten ayrılır ve anoda doğru hareket eder (McKelvey-Martin *et al*. 1993, Fairbairn *et al.* 1995, Rojas *et al*. 1999).

Nötralizasyon

Elektroforez işlemi sonrasında oluşan kimyasal reaksiyonu sabitlemek ve fazla tuz ve deterjanı uzaklaştırmak için lamlar nötralizasyon tamponuyla yıkanır. Eğer nötral Comet Assay uygulanıyorsa lamlar saf su ile yıkanır (McKelvey-Martin *et al*. 1993, Fairbairn *et al.* 1995, Rojas *et al*. 1999).



Şekil 2.5 Lamların hazırlanması (Rojas *et al*. 1999)

Boyama

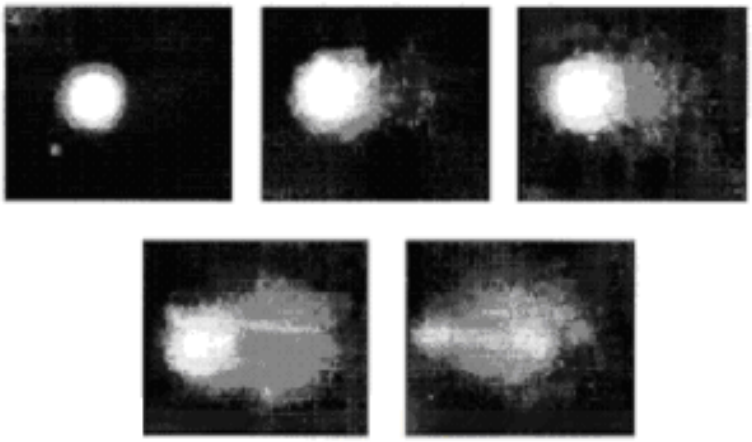
Bu aşamada DNA bağlayıcı boyalarla floresan renk oluşturulur. Araştırıcının amacına ve sahip olduğu laboratuar ekipmanlarının özellikleri kullanılacak olan boyayı belirler. Bu teknikte kullanılan bazı floresan özellikli boyalar şunlardır: akridin oranj, propidum

iyodur etidyum bromür, YOYO-1, DAPI, Hoechst-33258, Hoechst-33342. Floresan boyalar, boyama işlemi yapıldıktan kısa bir süre sonra renk verme özelliklerini kaybedeceği için çok kısa bir sürede incelenmelidir (McKelvey-Martin *et al*. 1993, Fairbairn *et al.* 1995, Rojas *et al*. 1999).

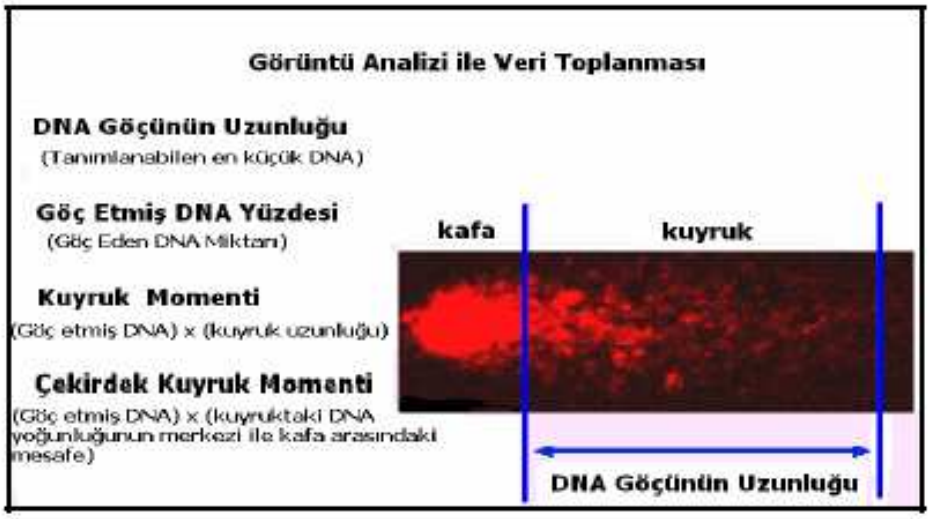
Lamların değerlendirilmesi

Comet tekniğinde lamların değerlendirilmesinde farklı yöntemlerden yararlanılmaktadır. Eğer laboratuar görüntü analiz sistemine sahip ise, göç etmiş hücreler kuyruk uzunluklarına göre sınıflandırılarak ayırt edilebildiği gibi, baş ve kuyruk çapı, baş ve kuyruktaki DNA yüzdesi gibi çeşitli comet parametreleri ile ölçülerek değerlendirilebilir (Anderson *et al*. 1996). Ayrıca okülere yerleştirilmiş mikron seviyesinde ölçüm yapabilen cetvelden de yararlanılır (Fairbairn *et al.* 1995). Ancak bu teknikte göz ile yapılan değerlendirme de çok kullanılan bir yöntemdir. Gözle yapılan değerlendirmede hücreler hasarlı ve hasarsız olarak sınıflandırılabilir. Hasarlı hücrelerde hasarlar seviyelerine göre farklı kategorilere ayrılabilir. Bazı çalışmalarda hasarsız, az hasarlı ve çok hasarlı olarak ayrılabildiği gibi bu sınıflandırma daha sonraki çalışmalarda genişletilerek 5 kategoriye ayrılmıştır (Şekil 2.6). Son yıllarda ise bazı araştırmacılar Comet Assay tekniğini uyguladıkları örnekleri LSM (Laser Scanning Microscope) inceleyerek DNA sarmal kırılmalarındaki farklılıkları kolaylıkla belirleyebilmektedir (O'Neill *et al.* 1993).

Şekil 2.7'de görüntü analiz sistemine göre yapılan değerlendirmeyi göstermektedir. Burada DNA harabiyetine uğramış bir hücre verilmiştir. DNA hasarı oluşmuş hücre, kafa ve kuyruk diye isimlendirilen 2 kısımdan oluşmaktadır. "Kafa" bölgesi çekirdek dışına göç etmeyen, "kuyruk" ise parçalanmayan ve yapısal kayba bağlı olarak çekirdek dışına göç etmiş DNA'yı belirtir (Hellman *et al.* 1995, Bowden *et al.* 2003).



Şekil 2.6 Comet şekillerinin görsel olarak 5'li kategoriye göre sınıflandırılması (Collins, 2004)



Şekil 2.7 DNA hasarına uğramış bir hücre (Hellman *et al.* 1995, Bowden *et al.* 2003)

2.2.3 Comet Assay tekniğinin kullanım alanları

DNA hasarının tespitine yönelik analiz yöntemleri içinde Comet Assay tekniği önemli avantajlara sahiptir. Dolayısıyla bu özellikler tekniğin uygulama alanlarını genişletmektedir. Comet Assay yönteminin uygulama alanlarını ana başlıklar altında şöyle sıralayabiliriz:

Genotoksisite üzerine çalışmalar

Genlerde DNA molekülleri ile toksik ajanların (genotoksinler) etkileşmesi sonucu ortaya çıkan ve gelecek nesillere taşınan toksisite genotoksisite olarak bilinmektedir (Sardaş vd. 1998). Genotoksisite üzerine olan çalışmalarda çoğunlukla alkali Comet Assay tekniği kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalarda birçok toksik ajanın (metal, pestisit, nitrozamin, uyuşturucular ve antineoplastic ilaçlar vb.), toksisitesi insan, hayvan ve bitki hücresi kullanılarak vitro ve/veya vivo koşullarda Comet Assay metodu kullanılarak araştırılmıştır (Cotella and Ferard 1999). İnsan hücresi ile yapılan çalışmalarda çoğunlukla lökositler ve lenfositler kullanılmıştır ancak hedef alınan organdaki DNA hasarının tespitine yönelik olarak farklı vücut ve/veya organ hücreleri de kullanılabilmektedir.

Klinik çalışmalar

Bu tekniğin klinik alanda ilk uygulaması Ostling ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Hodgkin's hastalığı için radyoterapi tedavisi alan hastalarda tümör hücrelerindeki DNA hasarını nötral Comet Assay tekniğini kullanarak araştırmışlardır. Comet tekniği, bazı patolojik şartların veya kimyasalların kullanılması sonucunda oluşan sonuçların araştırılması amacıyla pek çok klinik çalışmada uygulanmıştır. Bunun sonucunda kötü beslenme, parazitik enfeksiyon, diabet, mesana kanseri, düşük gibi etkenlerin anlamlı olarak DNA hasarını artırdığı bulunmuştur (Collins *et al.* 1998, Kassie *et al.* 2000, Sardaş vd. 2001), ayrıca radyoterapi ve/veya kemoterapi tedavisi gören hastalarda, anestezik ilaçlara maruz kalanlarda, siklofosfamid ve sisplatin alan meme kanseri hastalarında comet tekniği kullanılarak DNA hasarının anlamlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Comet tekniği ile yapılan klinik çalışmalar sadece somatik hücrelerle sınırlı kalmamış, kısır olan ve olmayan erkeklerin spermlerinde DNA hasarı araştırıldığında da anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Kassie *et al.* 2000).

DNA onarımı üzerine çalışmalar

Comet assay tekniği aynı zamanda DNA onarımının tayininde de kullanılmaktadır. Bu amaçla Gedik *et al*. (1992)'de yaptıkları çalışmada hücreler önce DNA hasarı oluşturan kimyasal ile muamele edilmiş daha sonra da onarım basamağı inhibe edilerek onarım kapasitesi hakkında bilgi edinilmiştir (Olive 1999, Başaran 2004).

Çevresel biyoizleme

Çevresel biyoizlemede bitki, hayvan ve insanların maruz kaldığı çeşitli çevresel faktörlerin DNA üzerinde oluşturduğu hasar incelenmiştir. Hava kirliliğinin DNA hasarına neden olup olmadığı araştırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca lenfositlerin dışında bukkal ve nazal epitelyum hücreler kullanılmıştır (Binkova *et al.* 1996). Başka bir çalışmada da hava kirliliğine maruz kalan farklı bölgelerdeki çocuk nazal epital dokusunda DNA hasarının tespiti üzerine çalışmalar yapılmıştır. Sonuçlara göre DNA hasarında artış gözlenmiştir (Garciduenas *et al.* 1997). Yapılan bir çalışmada Kuzey Karolayna'da Superfund bölgesine yaşayan bir fare türünün çeşitli dokularında DNA hasar miktarı Comet Assay tekniği kullanılarak ölçülmüştür. Tehlikeli atık alanında yaşayan bu hayvanların tüm dokularında DNA hasar düzeyinin arttığını fakat sadece beyin dokusunda hasar artışının anlamlı olduğu görülmüştür (Rojas *et al*. 1999).

İnsan biyoizlemesi

Comet tekniğinin düşük hasar seviyelerinde de duyarlı olduğu gösterildikten sonra teknik, mesleki, yaşamsal ve çevresel olarak çeşitli ajanlara maruz kalan bireylerin biyoizlemesinde kullanılmaya başlanmıştır. Pestisitlere, benzene, anestezik gazlara, radyasyona mesleki olarak maruz kalan bireylerde ve çocuklarında DNA hasarını belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır (Binkova *et al*. 1996, Kassie *et al.* 2000). Sigara kullanımının bukkal epitali hücrelerinde DNA hasarına neden olduğu görülmüştür (Rojas *et al.* 1996). İnsan lenfositleri ile yapılan başka bir araştırmada da sigara kullanımının bırakılmasından sonra DNA'daki hasarın 1 yıl sonra önemli derecede azaldığı gözlenmiştir (Frenzilli *et al.* 1997).

Comet Assay tekniğinin gıdalarda uygulaması

Gıda ışınlama işleminin zamanla ticari hale gelmesi, ışınlanmış gıdaların uluslararası ticaret hacminin büyümesi, birçok ülkede bu teknolojinin kullanılması ile ilgili düzenlemelerin farklı olması ve tüketicilerin ışınlanmış gıdaların işaretlenmesi konusundaki talepleri ışınlanmış gıdaların teşhisini önemli hale getirmiştir (Stevenson 1994, Thayer 1994, Haine *et al.* 1997). Işınlanmış gıdaların tespitine yönelik kimyasal, fiziksel, biyolojik, mikrobiyolojik ve immunolojik yöntemler ile DNA yöntemleri geliştirilmiştir.

Dr. Humberto Cerda Comet Assay yönteminin DNA hasarlarının tespitine yönelik bir yöntem olduğu için ışınlanmış gıdaların DNA'larında oluşan değişikliklerin bir indikatör gibi değerlendirilerek bu metodun ışınlanmış gıdaların teşhisinde kullanılabileceğini önermiştir (Cerda 1998a). Sonraki yıllarda Comet Assay yönteminin ışınlanmış gıdaların tespitinde kullanılması için birçok çalışma yapılmış ve 2001 yılında Avrupa Birliği tarafından eleme metodu olarak kabul edilmiştir (Anonymous 2001). Aynı yöntem 2004 yılı Aralık ayında Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından kabul edilmiş ve yayınlanmıştır (Anonim 2004).

DNA Comet deneyi, prensipte, DNA içeren tüm gıdaların ışınlanıp ışınlanmadığının belirlenmesinde kullanılabilir. Bu yöntem tavuk, ördek, bıldırcın, sülün, domuz eti, sığır eti, dana eti, kuzu eti, geyik, balık (alabalık, somon) gibi hayvansal gıdalara (Cerda 1998a, Cerda 1998c, Kruszewski *et al.* 1998, Merino and Cerda 2000, Lee *et.al* 2001, Delince 2002, Miyahara *et al.* 2002, Khan *et al.* 2003, Chung *et al.* 2004, Villavicencio *et al.* 2004a, Villavicencio *et al.* 2004b, Marin-Huachaca *et al.* 2005) ve kivi, portakal, limon, elma, greyfurt, karpuz, domates, papaya, çilek, buğday ve pirinç gibi bitkisel gıdalara (Cerda 1997, Koppen and Cerda 1997, Delince 1998, Villavicencio *et al.* 1998, Barros *et al.* 2002, Marin-Huachaca *et al.* 2002, Marin-Huachaca *et al.* 2004, Jo and Kwon 2006, Leth *et al.* 2006, Khan and Khan 2008) uygulanmıştır. Ancak, araştırmacılar hücre süspansiyonlarının hazırlanmasında, teknik için uygun hücrelerin elde edilmesinde zorluklar bildirmiştir (Delincee 1993, Khan and Delincee 1999, Delincee *et al.* 2000, Khan *et al.* 2002, Khan *et al.* 2005). Düşük ışınlama dozu uygulamalarında ve daha önce işlem görmüş gıdalarda güçlüklerle karşılaşılmıştır (Cerda *et al.* 1997, Khan and Delincee 1999).

EN TSE 13784'de de belirtildiği gibi bu yöntem ışınlanmış gıdaların tespitinde kullanılan bir eleme yöntemidir ve elde edilen sonuçlar ışınlanmış gıdaların teşhisinde standartlaşmış başka bir teknik ile doğrulanması gerekmektedir. Çünkü, gıdalarda DNA'nın parçalanmasına sadece iyonlaştırıcı radyasyon değil gıdaya uygulanan kimyasal ve/veya fiziksel işlemlerde neden olabilmektedir. Taze etin depolanma koşullarına (sıcaklık ve hayvanın kesimi ile dondurma arasındaki süre) bağlı olarak, doğal (enzimatik) DNA bozulması olur bu ise DNA parçalanmasına yol açar (Cerda *et*

al. 1998b). Bu durumda da komet oluşabilir. İleri düzeyde DNA bozulması gösteren çok sayıda hücrenin varlığı yalnızca yetersiz depolama şartlarının bir göstergesi olabilir. Ayrıca, etin tekrarlanan dondurma çözme işlemi de ileri derecede DNA hasarına (parçalanmasına) neden olabilir. Şekiller doğal DNA bozunmasında elde edilen şekillere benzer (Cerda *et al.* 1997).

Et ve et ürünleri, insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. İnsan vücudu için gerekli esansiyel amino asitler açısında zengin hayvansal protein kaynağı ürünlerin beslenmede ayrı yeri ve önemi vardır. Özellikle, tavuk eti az yağlı, protein oranı yüksek, vitamin ve mineraller açısından zengin olması ve kırmızı ete oranla fiyatının ucuzluğu sebebiyle dünyada tüketimi giderek artan bir eğilim göstermektedir.

Tavuk eti genellikle paketlenmiş olarak üzerinde son kullanma tarihi ve muhafaza sıcaklıkları belirtilmiş şekilde tüketime sunulur. Tavuk etinin kalitesi, tüketilebilirliliği sahip olduğu mikrobiyel yüke göre belirlenir. Tavuk etlerinin kalitesinin korunmasında dağıtım ve depolama sıcaklığının önemi büyüktür. Tavuk eti kullanılma aşamasına kadar soğuk zincir hassasiyetle korunmalıdır. Sıcaklık kontrolu mikroorganizmaların çoğalmasının engellenmesinde kullanılan bir metottur. Sıcaklık mikroorganizmalar için optimum sıcaklık değerinin altına indirilirse üreme zamanları ve lag faz süresi uzar dolayısıyla ürünün raf ömrü artar. Tavuk etleri soğuk depolamanın yanı sıra donmuş muhafaza ile daha uzun depolanabilir. Ürünün dondurulması hücre içi ve dışı suyun donarak kullanılamayacak duruma gelmesi sebebiyle mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetleri ve üremeleri engellenir. Ancak dondurma işleminde oluşan buz kristalleri hücre duvarına zarar verir. Donmuş depolama esnasında buz kristalleri daha da büyür. Dondurma işlemini hücrelerde proteinlerin denaturasyonuna da sebep olur. Donmuş gıdanın çözünmesinde zarar görmüş hücre zarı besleyici öğelerin geçişini engelleyemez. Çoğalmak için çok uygun bir ortam bulan mikroorganizmalarda hızla çoğalarak ürünün bozulmasına neden olurlar (Senter *et al*. 2000).

Depolama esnasında sıcaklık ve süre kontrolünde yapılacak hataların tavuk etlerinin DNA'larında hasarlara neden olacağı düşünülerek Comet Assay yönteminin tavuk

etlerinin kalitesinin belirlenmesinde kullanılabileceği düşünülmüş ve bu konuda bazı çalışmalar yapılmıştır.

Cerda and Koppen (1998b) nötral Comet Assay tekniğinin kullanılarak tavuk etinin kalitesinin belirlenmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Taze tavuk but eti buzdolabında (2-4 °C) 12 gün depolanmış ve 1, 3, 7, 10 ve 12. günlerde analizleri yapılmıştır. Araştırmacılar soğukta depolanan örneklerde artan DNA parçalanması ile bakteri kontaminasyonu arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir. .

Park *et al*. (2000) soğukta depolama, donmuş depolama, tekrarlanan çözdürme-dondurma ve ışınlama işleminin etlerin kalitesi üzerindeki etkisi araştırmak için, et kas dokusunu Comet Assay yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Araştırmacılar araştırmada 2 farklı kırmızı et kas dokusu üzerinde çeşitli koşullarda depolamanın DNA parçalanması üzerinde etkisini incelemişlerdir. 4 °C'de depolanan örnekleri 1, 3, 5, 7, 10. günlerde ve -20 °C'de depolanan örnekleri 15, 30, 45 ve 60 günlerde analize almışlardır. Araştırmacılar ayrıca çözdürüp tekrar dondurma işleminin etkisi görmek için bu işlemi 6 kez tekrarlamışlardır. Soğukta depolanan örneklerde kuyruk uzunluğunun ilk 3 gün hızla daha sonra yavaş olarak arttığı rapor edilmiştir. Donmuş depolanan örneklerde ise ilk 15 gün kuyruk uzunluğunun arttığı fakat 30. günden 60. güne kadar yavaş bir şekilde azaldığı belirtilmiştir. Tekrarlanan dondurma-çözme işleminin DNA göçünü hızlandırdığı özellikle 2 defa tekrarlanan dondurma-çözme işleminin kuyruk uzunluğunu çok arttırdığı saptanmıştır. Araştırmacılar et örneklerini 0, 1, 3, 5, ve 10 kGy'de ışınlamış ve ışınlamanın kuyruk uzunluğunu artmasına neden olduğunu açıklamışlardır. Kas dokuları arasındaki farkın önemsiz olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar soğukta depolanan örneklerde ilk günlerde olan hızlı artışın kas dokusundaki enzim aktivasyonu nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir. Donmuş depolamada buz kristallerinin oluşmasının protein ve DNA'ya yapısal zararlar verebileceğini, bunun ise kuyruk oluşumuna neden olabileceğini açıklamışlardır. Tekrarlanan dondurma ve çözme işleminin etlere düşük ışınlama dozu kadar zarar verdiğini ve bu durumun kuyruk uzunluğuna yansıdığı belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1 Et materyali

Denemede kullanılan tavuk göğüs ve but etleri ticari olarak paketlenmiş halde tüketime sunulan orijinal ambalajında entegre üretim yapan Beypi Beypazarı Tarımsal Üretim Pazarlama Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nden üretimi takiben temin edilmiştir

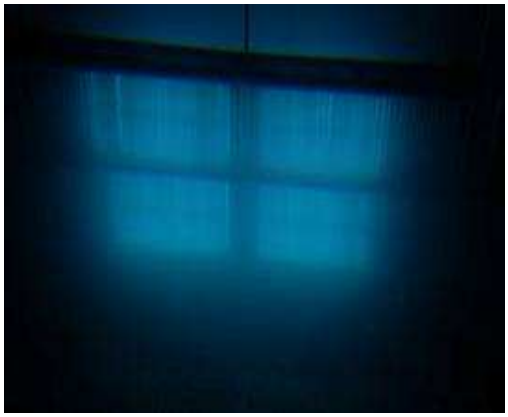
3.1.2 Işınlama işlemi

Işınlama işlemi Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), Ankara Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM)'nde bulunan "Gama Işınlama Tesisi"nde yapılmıştır (Şekil 3.1.a). Tesis, Macar Bilimler Akademisi İzotop Enstitüsü tarafından yapılmıştır. Tesis, SVST Co-60-1 model ve IV.Sınıf tote-box (ışınlama kutusu) tipi sürekli ve kesikli işletim moduna göre çalışabilen bir gama ışınlama tesisidir. 1993 yılında yapılan tesisin taşıma sistemi maksimum 1 MCi'lik kaynak kullanımını öngörmektedir. Tesiste 2 MCi'lik kaynak kullanımına uygun zırhlama yapılmıştır. 15 Ocak 1993 tarihindeki ilk yüklenen kaynak aktivitesi, 100,733 kCi olup Ocak 2009 tarihindeki kaynak aktivitesi 172 kCi'dir. Kaynak, radyoaktif madde sızdırmaz şekilde kaplanmış Co-60 kaynak kalemlerinden oluşmaktadır ve ISO şartlarına uygundur. Kaynak kullanılmadığı zaman derinliği 6 m olan içi deiyonize su dolu bir havuz içinde (280x320x600 cm) depolanmaktadır (Şekil 3.1.b). Işınlama işlemi ışınlama odasında, 52 pozisyon ve 2 seviyede yapılmaktadır. Işınlanacak malzemeler, ışınlama odasına bir çift ray üzerinde hareket eden taşıyıcı bir araba yardımı ile iletilirler ve geri alınırlar (Şekil 3.1.c). Sistem basınçlı hava ile çalışmaktadır. Işınlama odasının yan duvarları 185 cm, tavanı ise 175 cm kalınlığında olmak üzere normal beton ile zırhlıdır. Işınlama kutularına konulan malzeme ışınlama odasında havuzdan çıkarılmış kaynakların çevresinde dönerek ışınlanır (Şekil 3.1.d). Işınlama sisteminin bilgisayar yardımı ile otomasyonu sağlanmış olup, tüm tesis parametreleri ve güvenlik sistemi ile ilgili bilgiler

bilgisayar ekranında izlenebilir. Sistem yazılımı yardımı ile hataların veya sistem arızalarının listesi alınarak izlenebilir.



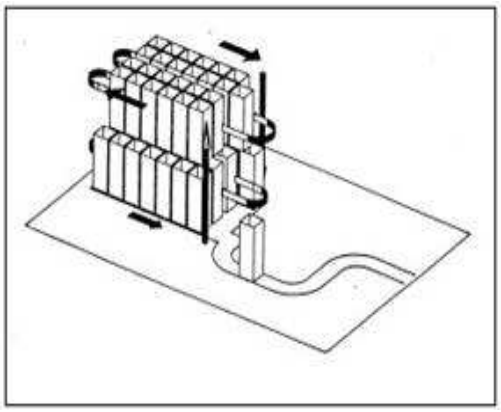
a



b



c



d

Şekil 3.1 **a** SANAEM Işınlama Tesisi, **b** Co-60 Kaynağının depolama havuzu içindeki görünümü, **c** Ürün doldurma- boşaltma istasyonu, **d** Işınlama kutularının kaynak etrafında dolaşması

S.enteritidis ve *S.aureus*'un D_{10} değerlerini belirleyebilmek için düşük dozlarda yapılması gereken ışınlama işlemi, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), Ankara Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM)'nde bulunan ve Uygulama Bölümü, Dozimetri Birimi tarafından işletilen ve deneysel amaçlar için kullanılan Gama-cell'de yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere ISSLEDOVATELJ firması tarafından 6 Nisan 1994 tarihinde 10568 Ci aktivite ile kurulmuş olan Gama-cell'de radyasyon kaynağı olarak Co-60 elementi kullanılmıştır. Deneylerin yapıldığı Aralık 2008'de Gama-cell'in gücü 0.99 kGy/saat idi. Doz hesaplamaları bu rakam dikkate alınarak yapılmıştır.

Gama-cell (platformsuz), 2.1 m uzunluğunda, 1.44 m genişliğinde ve 3.434 m yüksekliğindedir. Gama-cell'de iyonlaştırıcı radyasyona karşı koruyucu kalkan bulunmaktadır. Sistemin çalışma odası silindir şeklindedir ve çapı 0.15 m, yüksekliği 0.24 m ve hacmi 4.4 dm^3'tür (Şekil 3.2).

Sistemin işletimi Co-60 gama radyasyonunun, radyasyon araştırmaları sırasında kullanımına dayanır. Işınlanacak nesne ışınlama alanına indirilerek, kapak kapanır ve ışınlama işlemi başlar. Işınlama işlemi bittikten sonra da, yine ışınlanan nesne kapak açılarak yukarı alınır.



Şekil 3.2 Gama-cell

Denemede, absorblanan dozları belirlemek için ışınlama işlemi sırasında Amber perpex dozimetre (Type 3042 D, AEA Technology, Harwell, UK) kullanılmıştır. Absorbanstaki değişim spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

3.2 Metot

3.2.1 Deneme planı

Entegre üretim yapan Beypi Beypazarı Tarımsal Üretim Pazarlama Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından, üretimi takiben temin edilen ticari olarak paketlenmiş orijinal ambalajında tavuk göğüs ve but eti örnekleri soğuk zincir kırılmadan ışınlama işleminin yapılacağı TAEK – SANAEM'e getirilmiştir. Kontrol için ayrılan grup hariç diğer tavuk göğüs ve but etleri 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlama işlemine tabi tutulmuştur. Işınlama işlemi esnasında ışınlanan ürünler hariç diğerleri 4 ^oC'de saklanmıştır.

Çeşitli dozlarda ışınlanan ve kontrol için ayrılan ışınlanmamış örnekler 2 gruba ayrılmış bir grup 4±1 ^{o}C'de, diğer grup ise -18±1 ^{o}C'de depolanmıştır. 4±1^{o}C'de depolanan tavuk göğüs ve but eti örnekleri 3'er günlük aralıklarla ve -18±1 ^{o}C depolanan tavuk eti örnekleri 1'er aylık aralıklarla mikrobiyolojik (toplam mezofil aerob bakteri, toplam koliform, *E.coli, Salmonella* spp., *S.aureus,* kimyasal (pH ve TBA) ve DNA Comet Assay analizlerine alınmışlardır.

Deneme 2 tekerrür kurulmuş, her tekerrürde paralelli çalışılmıştır.

3.2.2 Analiz yöntemleri

3.2.2.1 Mikrobiyolojik analizler

Toplam mezofil aerob bakteri (TMAB)

10 gram tavuk göğüs ve but eti örnekleri Maximum Recovery Diluent (Merck 1.12535) ile hazırlanmış 90 ml dilüsyon sıvısına eklenmiş, homojenize edilmiş ve seri dilüsyonları yapılmıştır. Mikrobiyolojik ekim, Plate Count Agar (PCA) (Merck 1.05463) ile hazırlanmış petrilerin yüzeyine yayma yöntemi izlenerek yapılmıştır. Petriler 30 ^{o}C'de 48 saat süresince inkübasyona bırakılmıştır. Sonuçlar log kob/g tavuk göğüs veya but eti ağırlığı olarak verilmiştir (Anonim, 1996).

Toplam koliform ve *E.coli*

Homojenize edilmiş ve seri dilüsyonları yapılmış tavuk göğüs ve but eti örnekleri MUG içeren Lauryl-Sulphate Tryptose Broth (LST) (LST+MUG) (FLST) (Merck 1.12588) ile hazırlanmış üçlü tüplere 1 ml olacak şekilde dağıtılmıştır. Tüpler 37 ^{o}C'de 24-48 saat inkübatörde bırakılmıştır. Koliform miktarının tayini için bulanık ve gaz pozitif tüpler işaretlenmiş ve işaretlenen tüpler *E.coli* değerinin belirlenmesi için UV lambası (Merck, Germany) ile incelenmiştir. Sonuçlar EMS tablosu kullanılarak log EMS/g tavuk göğüs veya but eti ağırlığı olarak verilmiştir (Anonymous 1997a).

***Salmonell*a spp**

Tavuk göğüs ve but eti örneklerinde *Salmonella* spp. analizi ISO 6579'e göre yapılmıştır. 25 g tavuk göğüs ve but örnekleri 225 ml Tamponlanmış Peptonlu Su (Merck 1.07228) besiyerinde homojenize edilmiş ve ön zenginleştirme için 35-37 ^{o}C'de 16-20 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra örnekler Selenite Cystine Broth (Merck 1.07709) ve Rappaport Vassiliadis Soy Broth (Merck 1.07700) ile selektif zenginleştirme için inkübasyona bırakılmıştır. Selenite Cystine Broth 37 ^{o}C'de 24 saat ve Rappaport Vassiliadis Soy Broth 42-43 ^{o}C'de 24 saat inkübasyona alınmıştır. İnkübasyondan sonra Brilliant Green Phenol Red Lactose Sucrose Agar (Merck 1.10747) ve XLT4 Agar (Merck 1.13919) selektif katı besi yerine sürme yapılmıştır. Petriler 37 ^{o}C' de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra seçilen tipik kolonileri tanımlamak için gerekli testler yapılmıştır. Sonuçlar 25 gram tavuk göğüs ve but etinde *Salmonella* spp var/yok olarak verilmiştir (Anonim 2005).

S. aureus

S.aureus sayısının belirlenmesinde ISO 6888 analiz yöntemi kullanılmıştır. Homojenizasyonu ve seyreltmeleri yapılmış tavuk göğüs ve but eti örneklerinin 10^{-1} seyreltisinden 1 ml alınarak Baird – Parker Agar Base (Merck 1.05406) ile hazırlanmış 3 petri kutusuna eşit olarak dağıtılarak yayma yapılmıştır. 37 ^{o}C'de 24 saat inkübasyona bırakılan petri kutularında ki tipik koloniler sayılmış ve şüpheli görülen kolonilere Bactident Coagulase (Merck 1.13306) ile koagülaz testi yapılmıştır. Sonuçlar log kob/g tavuk göğüs veya but eti ağırlığı olarak verilmiştir (Anonymous 2003b).

D_{10} değerlerinin belirlenmesi:

***Salmonella enteritidis*:**

Çalışmaya başlamadan önce kullanılacak tavuk göğüs ve but eti örnekleri 10 g olarak hazırlanmış, paketlenmiş ve "Gama Işınlama Tesisi"nde 25 kGy'de ışınlanarak sterilize edilmiştir. İnokulasyon sıvısını hazırlamak için, birinci gün, 100 ml Tryptic Soy Broth (Merck 1.05459) saf kültürden alınan *S. enteritidis* (ATCC 13076) ile inoküle edilmiş ve 37 ^{o}C'de 16 saat inkübasyona bırakılmıştır. Ertesi gün 100 ml'lik inokülasyon sıvısından alınan 1 ml'lik sıvı ve Maximum Recovery Diluent (Merck 1.12535) ile

hazırlanan dilüsyon sıvıları ile dilüsyonlar hazırlanmış ve bunlardan Tryptic Soy Agar (Merck 1.0558) ile hazırlanmış petrilere yayma yöntemi izlenerek ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petriler 37 ^{o}C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Aynı gün daha önceden sterilize edilen tavuk but ve göğüs eti örneklerine 100 µl inokulasyon sıvısı eklenmiş ve inokülasyonun başarılı olması için örnekler 2 dakika el ile yavaş yavaş ezilmiştir. İnoküle edilen örnekler daha sonra buzdolabında (+4±1 ^{o}C) 15 saat bekletilmiştir. Ertesi gün tavuk eti örnekleri kontrol grubu (0 kGy) hariç diğer örnekler TAEK SANAEM'de deneysel amaçlı kullanılan Gama-cell'de 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.25 ve 1.50 kGy'de ışınlanmıştır. Daha sonra ışınlanan ve ışınlanmayan 10 g tavuk göğüs ve but örnekleri Maximum Recovery Diluent (Merck 1.12535) ile hazırlanmış 90 ml dilüsyon sıvısına eklenmiş, homojenize edilmiş ve seri dilüsyonları yapılmıştır. Mikrobiyolojik ekim, XLT4 ile hazırlanmış petrilerin yüzeyine yayma yöntemi izlenerek yapılmıştır. Petriler 37 ^{o}C'de 24 saat süresince inkübasyona bırakılmıştır. log kob/g tavuk göğüs veya but eti ağırlığı olarak elde edilen sonuçlar ile daha sonra grafik çizilerek D_{10} değeri hesaplanmıştır (Dickson 2001).

S.aureus

*S.enteritidis'*in D_{10} değerinin hesaplanmasında kullanılan metot izlenmiştir. Ancak *S.aureus* (ATCC 6538) için seçici katı besiyeri olarak Baird - Parker Agar (Merck 1.05406) kullanılmıştır. Baird – Parker Agar'a yayma yöntemi ile ekim yapılan petriler 37 ^{o}C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. log kob/g tavuk göğüs veya but eti ağırlığı olarak elde edilen sonuçlar ile daha sonra grafik çizilerek D_{10} değeri hesaplanmıştır (Dickson 2001).

3.2.2.2. Kimyasal analizler

pH Değerinin Belirlenmesi

Tavuk göğüs ve but eti örnekleri et ve et ürünlerinde pH ölçümü için uygun elektroda sahip Mettler-Toledo model PH-metrede pH değerleri ölçülmüştür (Anonymous 1990a).

TBA Değerinin Belirlenmesi

Pikul *et al.* (1989) tarafından belirtilen sulu ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. 10 g tavuk göğüs ve but eti örnekleri 34 ml 4 ^{o}C'de ki % 4 perklorik asit ve 1 ml bütillendirilmiş hidroksi anizol ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler Whatman No:4 filtre kağıdı ile süzülmüş ve 5 ml saf su ile yıkanmıştır. Süzülen örnek daha sonra % 4 perklorik asit ile 50 ml'ye tamamlanmış, bu örnekden ve 0.02 M 2-tiyobarbitürük asitden 5'er ml alınarak tüplere konulmuştur. Test tüpleri 80±2 ^{o}C'de 40 dakika su banyosunda bırakılmış sonra 10 dakika soğuk su altında tutularak soğumaları sağlanmış ve oluşan pembe renkli MDA-TBA kompleksinin absorbansı 532 nm dalgaboyunda UV spektrofotometrede (JENWAY model 6505 UV-VIS) şahide karşı okunmuştur. TBARS değeri, absorbans değerinin sabit bir değer olan ekstraksiyon katsayısı (K=7.8) ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. Sonuç mg malondialdehit (MDA)/kg tavuk göğüs veya but eti ağırlığı olarak verilmiştir.

3.2.2.3 DNA Comet Assay analizi

TS EN 13784'de belirtilen yöntem kullanılmıştır (Anonim 2004). Gece boyunca metanole daldırılmış hâlde tutulmuş ve havada kurumaya bırakılmış camlar agar jelin cama daha iyi tutunmasını sağlamak için ılık agaroz kaplama çözeltisi ile kaplanmış ve havada kurumaya bırakılmıştır. Tek hücre süspansiyonlarını hazırlamak için tavuk göğüs ve but eti örneklerinden 1 g kas dokusu alınmış çok ince dilimler halinde kesilmiş ve 5 ml buzla soğutulmuş FTT içeren behere aktarılmıştır. Bu beher parçalanmış buz içeren daha geniş bir beher içinde soğutulmuş ve yaklaşık 500 min^{-1}'lik bir frekansla 5 dakika süre ile karıştırılmıştır. Süspansiyon, sırasıyla 500 µm ve 200 µm süzme bezinden süzülmüş ve süzüntü buz üzerinde yaklaşık 5 dakika süre ile çökelmeye bırakılmıştır. Denemede üstteki sıvı, hücre özü olarak kullanılmıştır. Daha sonra 100 µl hücre süspansiyonu yaklaşık 1 ml sıcak dökme jel çözeltisi ile karıştırılmış bu karışımın 100 µl'si önceden kaplanmış cam üzerine aktarılmış, yayılmış ve kapatma camı ile kapatılmıştır. Cam, agar jelin katılaşması için 5 dakika süre ile buz üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra üstteki kapatma camı kaplama camından ayrılmıştır. Sonra hücrelerin parçalanmasının sağlanması için jel dökülmüş camlar bir boyama kavanozu içindeki parçalama tampon çözeltisine tamamen daldırılmış ve oda sıcaklığında 5 dakika beklenmiştir. Parçalama işleminden sonra şartlandırma işlemi için jel dökülmüş

camlar elektroforez tamponuna daldırılmış ve 5 dakika beklenmiştir. Daha sonra jel dökülmüş camlar yatay elektroforez tankına yan yana yerleştirilmiş ve yeni hazırlanmış elektroforez tamponu ile doldurulmuş oda sıcaklığında 2 V/cm gerilimde 2 dakika süresince elektroforez (EPS 3501 Amersham Pharmacia Biotech, San Francisco, USA) uygulanmıştır. Akım kesildikten sonra jel dökülmüş camlar su içerisinde 5 dakika süreyle bekletilmiş ve yaklaşık 1 saat süre ile havada kurumaya bırakılmıştır. Camların kurutulması işleminden sonra boyama işlemine geçilmiş ve gümüş boyama yapılmıştır. Bunun için ise camlar 10 dakika süre ile sabitleştirme çözeltisine daldırılmış sonra yaklaşık 1 dakika süre ile suyla çalkalanmış ve oda sıcaklığında gece boyu kurumaya bırakılmıştır. Ertesi gün camların yüzeylerinde grimsi-kahverengi renk oluşuncaya kadar camlar birkaç kez gümüş boyama çözeltisine daldırılmış ve sonra 1 dakika suyla çalkalanmıştır. Daha sonra camlar 5 dakika durdurma çözeltisine bırakılmış ve 1 dakika süre ile su ile çalkalanmıştır. Oda sıcaklığında eğimli konumda kurumaya bırakılan camlar daha sonra standart geçirgenlikte 100 x – 400 x büyütme yapabilen mikroskopta (Olympus BX51TF Tokyo, Japan) incelenmiş ve fotoğrafları (Olympus C-7070 Tokyo, Japan) çekilerek, kuyruk uzunlukları bilgisayar destekli BAB Bs Comet görüntü ve analiz sistemi programı kullanılarak ölçülmüştür.

Lamların değerlendirilmesi esnasında aynı DNA görüntülerinin tekrar fotoğrafının çekilmesi ve incelenmesinin engellenmesi için, slaytlar önden geriye ve sağdan sola olmak üzere incelenmişlerdir. Her tekerrürden 100 adet DNA fotoğrafı çekilmiş ve bilgisayar yardımı ile BAB Bs Comet görüntü ve analiz sistemi yazılımı kullanılarak DNA'da oluşan parçalanmanın nicel değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu nicel değerin belirlenmesinde "kuyruk uzunluğu" (tail lenght) parametresi kullanılmıştır. Ölçülen değerler μm olarak verilmiştir.

3.2.2.4 İstatistik değerlendirme

Araştırmada elde edilen veriler MINITAB (ver. 15, Minitab Inc., State College, PA, A.B.D.) paket programından yararlanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Grup ortalamaları arasındaki farklılığın önemli olup olmadığı Varyans Analizi Tekniği (ANOVA) uygulanarak araştırılmıştır. ANOVA sonucunda gerekli olduğu zaman hangi

grup ortalamaları arasındaki farklılığın önemli olduğu Duncan testi MSTAT-C (Michigan State University, East Lansing, MI, A.B.D) kullanılarak belirlenmiştir (Düzgüneş vd. 1997).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı dozlarda ışınlanan (1, 2 ve 3 kGy) ve ışınlanmayan (0 kGy) tavuk eti örnekleri ışınlamanın yapıldığı gün başlangıç (0. gün) kabul edilerek -18 ^{o}C ve 4 ^{o}C'de depolanmış, -18 ^{o}C'de depolanan örnekler 1'er aylık, 4 ^{o}C'de depolanan örnekler ise 3'er günlük aralıklarla analize alınmıştır.

4 ^{o}C'de depolanan tavuk eti örneklerinde, depolama esnasında ışınlanmamış ve çeşitli dozlarda ışınlanmış tavuk eti örneklerinde değişik zamanlarda görülen mikrobiyel bozulmaya bağlı olarak depolama süresi 3 ayrı periyoda ayrılmış ve istatistiksel değerlendirme buna göre yapılmıştır. 1. periyot; başlangıç ile ışınlanmamış (0 kGy) ve 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinin bozulmaya başladığı 9. gün arasındaki örnekleri kapsamaktadır. 2. periyot; 1 kGy'de ışınlanmış örneklerdeki bozulmaya bağlı olarak 0-18 gün aralığında 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örnekleri ve 3. periyot ise 0-27 gün aralığında 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerini içermektedir.

4.1 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinin pH Değeri

Çalışmada -18 ºC'de 6 ay depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinde bulunan pH değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

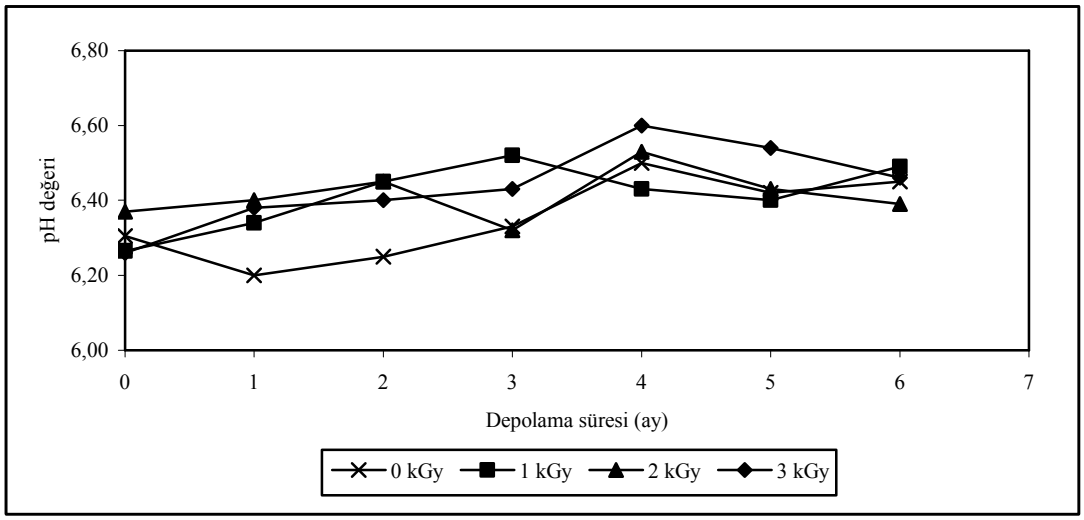
Araştırmanın başlangıcında ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinde sırasıyla ortalama 6.31 ve 5.96 pH değerleri ölçülmüştür. 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but etinde pH değerleri sırasıyla ortalama 6.27, 6.37 ve 6.26, tavuk göğüs eti örneklerinde ise sırasıyla ortalama 5.70, 5.77 ve 5.67 bulunmuştur. 6 ay süresince donmuş depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinde depolama sonunda bulunan ortalama pH değerleri, ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinde sırasıyla 6.45 ve 6.17 ve 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk but örneklerinde sırasıyla 6.49, 6.39, 6.46, tavuk göğüs eti örneklerinde yine aynı sıra ile 6.30, 6.08, 6.00 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.1 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri *

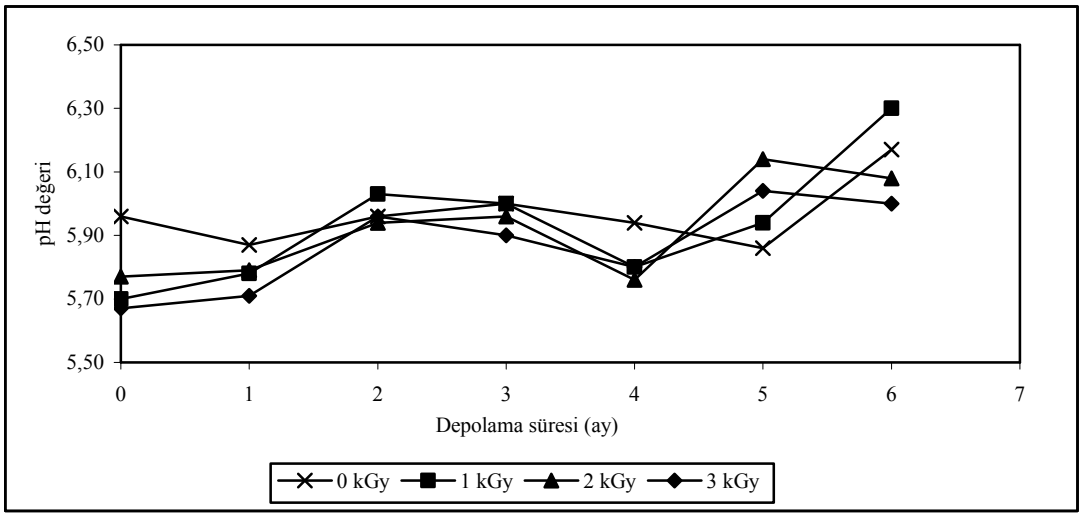
Süre (ay)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	0	6.31 ± 0.09	5.96 ± 0.02
	1	6.27 ± 0.08	5.70 ± 0.07
	2	6.37 ± 0.14	5.77 ± 0.03
	3	6.26 ± 0.08	5.67 ± 0.01
	Ort.	6.30 ± 0.09	5.77^{c} ± 0.12
1	0	6.20 ± 0.11	5.87 ± 0.04
	1	6.34 ± 0.17	5.78 ± 0.18
	2	6.40 ± 0.31	5.79 ± 0.13
	3	6.38 ± 0.07	5.71 ± 0.01
	Ort.	6.33 ± 0.17	5.78^{c} ± 0.11
2	0	6.25 ± 0.13	5.96 ± 0.06
	1	6.45 ± 0.10	6.03 ± 0.08
	2	6.45 ± 0.04	5.94 ± 0.09
	3	6.40 ± 0.04	5.96 ± 0.16
	Ort.	6.39 ± 0.11	5.97^{b} ± 0.09
3	0	6.33 ± 0.04	6.00 ± 0.14
	1	6.52 ± 0.16	6.00 ± 0.17
	2	6.32 ± 0.04	5.96 ± 0.14
	3	6.43 ± 0.24	5.90 ± 0.10
	Ort.	6.40 ± 0.14	5.97^{b} ± 0.11
4	0	6.50 ± 0.04	5.94 ± 0.18
	1	6.43 ± 0.16	5.80 ± 0.17
	2	6.53 ± 0.19	5.76 ± 0.09
	3	6.60 ± 0.10	5.80 ± 0.23
	Ort.	6.51 ± 0.12	5.82^{c} ± 0.15
5	0	6.42 ± 0.27	5.86 ± 0.16
	1	6.40 ± 0.24	5.94 ± 0.04
	2	6.43 ± 0.17	6.14 ± 0.17
	3	6.54 ± 0.11	6.04 ± 0.17
	Ort.	6.45 ± 0.17	6.00^{b} ± 0.16
6	0	6.45 ± 0.15	6.17 ± 0.01
	1	6.49 ± 0.11	6.30 ± 0.11
	2	6.39 ± 0.04	6.08 ± 0.13
	3	6.46 ± 0.13	6.00 ± 0.08
	Ort.	6.44 ± 0.10	6.14^{a} ± 0.14

* Tavuk göğüs eti için, depolama periyotlarında elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

6 ay donmuş depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinin pH değerlerinde belirlenen değişim ise Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin pH değerleri



Şekil 4.2 Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin pH değerleri

-18 ^{o}C'de 6 ay depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen pH verilerinin istatistik değerlendirilmesi sonucunda, depolama süresinin ve ışınlamanın tavuk but etinin pH değeri üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Tavuk göğüs etinin pH verilerinin istatistiksel değerlendirmesinde, ışınlamanın tavuk göğüs etinin pH değeri üzerinde etkisi önemsiz bulunurken ($p>0.05$), depolama süresinin tavuk göğüs etinin pH değeri üzerinde etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Tavuk göğüs eti örneklerinin 0. gün, 1 ve 4. aylardaki ortalama pH değerlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$).

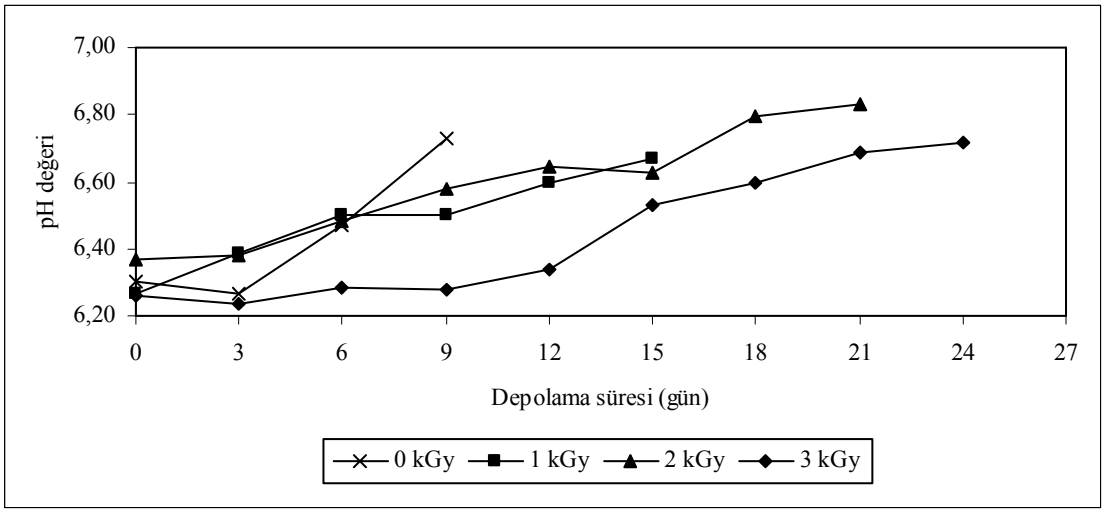
Araştırmada soğuk depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinin pH değerlerinde meydana gelen değişim sırasıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de verilmiştir.

Araştırmada 0-9 gün (1. periyot) soğuk depolanan 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış ve ışınlanmamış, kontrol grubu tavuk but ve göğüs örneklerinin ortalama pH değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

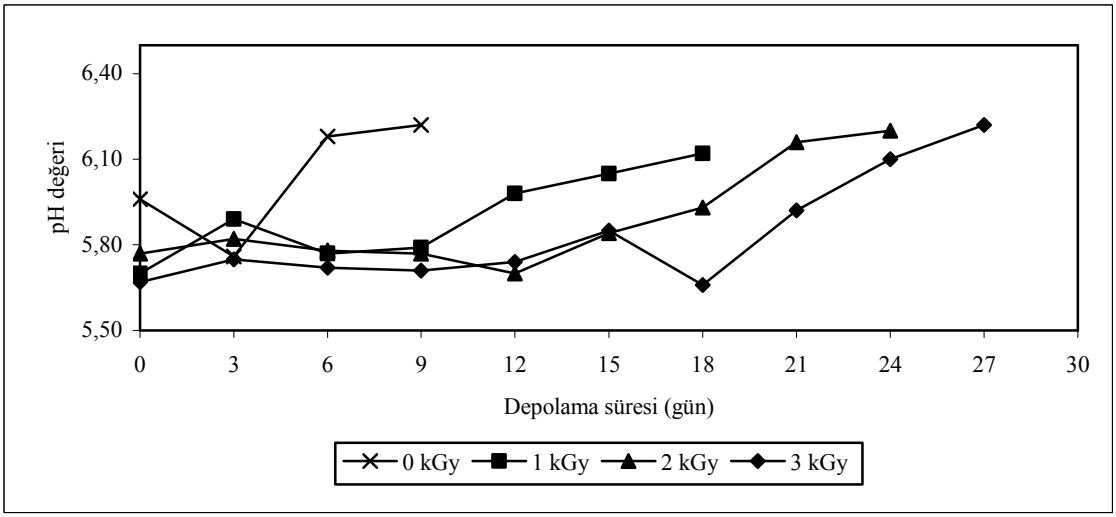
0. günde ışınlanmamış ve 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinde bulunan ortalama pH değerleri sırasıyla 6.31, 6.27, 6.37 ve 6.26'dır. Işınlanmamış, kontrol grubu örneklerde mikrobiyel bozulmanın başladığı 9. günde 6.73 ortalama pH değeri okunurken, aynı gün 1, 2, ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinde sırasıyla ortalama 6.50, 6.58 ve 6.28 pH değerleri saptanmıştır. Tavuk göğüs etinde 0. günde ışınlanmamış örneklerde 5.96 ortalama pH değeri bulunmuştur. 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 5.70, 5.77 ve 5.67 ortalama pH değerleri saptanmıştır. Işınlanmamış, kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde mikrobiyel bozulmanın başladığı 9. günde ışınlanmamış ve 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 6.22, 5.79, 5.77 ve 5.71 ortalama pH değerleri gözlemlenmiştir.

0-9 gün aralığında tavuk but etinin pH değerlerinde yapılan istatistiksel değerlendirmede, depolama süresi ortalamaları arasındaki farkın ve ışınlama dozları ortalamaları arasında ki farkın önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$) (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). 0. ve 3. gün ile 6. ve 9. günlerde tespit edilen ortalama pH değerlerinin kendi aralarında benzer ($p>0.05$) ancak birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). 0-9 gün aralığında 0, 1 ve 2 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerinin ortalama pH değerlerinin birbirleri ile benzer ($p>0.05$) ancak 3 kGy de ışınlanan örneklerden farklı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Bu zaman aralığında tavuk göğüs eti örneklerine uygulanan dozların ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinin

ortalama pH değerlerinin kendi aralarında benzer ($p>0.05$) ancak ışınlanmamış tavuk göğüs etinin ortalama pH değerinden farklı olarak görülmüştür ($p<0.05$).



Şekil 4.3 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin pH değerleri



Şekil 4.4 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin pH değerleri

Çizelge 4.2 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri *

Süre (gün)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	0	6.31± 0.09	5.96 ± 0.02
	1	6.27 ± 0.08	5.70 ± 0.07
	2	6.37 ± 0.14	5.77 ± 0.03
	3	6.26 ± 0.08	5.67 ± 0.01
	Ort.	6.30^{b} ± 0.09	5.77 ± 0.12
3	0	6.27 ± 0.08	5.76 ± 0.08
	1	6.39 ± 0.21	5.89 ± 0.25
	2	6.38 ± 0.20	5.82 ± 0.01
	3	6.24 ± 0.06	5.75 ± 0.16
	Ort.	6.32^{b} ± 0.11	5.80 ± 0.13
6	0	6.47 ± 0.13	6.18 ± 0.04
	1	6.50 ± 0.06	5.77 ± 0.12
	2	6.48 ± 0.14	5.78 ± 0.01
	3	6.29 ± 0.06	5.72 ± 0.11
	Ort.	6.43^{a} ± 0.12	5.86 ± 0.21
9	0	6.73 ± 0.04	6.22 ± 0.03
	1	6.50 ± 0.03	5.79 ± 0.07
	2	6.58 ± 0.06	5.77 ± 0.18
	3	6.28 ± 0.01	5.71 ± 0.18
	Ort.	6.52^{a} ± 0.18	5.87 ± 0.24

* Tavuk but eti için, depolama periyotlarında elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Çizelge 4.3 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ışınlama dozlarına göre ortalama pH değerleri *

Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	$6.44^{a} \pm 0.21$	$6.03^{a} \pm 0.20$
1	$6.41^{a} \pm 0.11$	$5.79^{b} \pm 0.13$
2	$6.45^{a} \pm 0.14$	$5.78^{b} \pm 0.07$
3	$6.27^{b} \pm 0.05$	$5.71^{b} \pm 0.10$

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Araştırmada 0-18 gün soğuk depolamayı kapsayan 2. periyotta elde edilen sonuçlar ortalama pH değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.3'de verilmiştir. 1 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinin bozulduğu 15. günde bu örneklerde 6.67 ortalama pH değeri belirlenirken, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 6.63 ve 6.53 ortalama pH değerleri bulunmuştur. 1 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs etlerinde 18. günde okunan ortalama pH değeri 6.12'dir. Aynı gün 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış göğüs etlerinde sırasıyla 5.93; 5.66 ortalama pH değerleri saptanmıştır.

4 ^{o}C'de depolamada 0-18 gün aralığını kapsayan 2. periyotta tavuk but eti örneklerinde yapılan istatistiksel analizde de depolama süresi ortalamaları arasındaki fark ve ışınlama grupları ortalamaları arasında ki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu sonuca göre yapılan değerlendirmede 1 ve 2 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerinin pH değerleri benzer ($p>0.05$) ancak 3 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerinin pH değerinden farklı ($p<0.05$), 0. ve 3. günlerde bulunan ortalama pH değerleri benzer ve diğerlerinden farklı, 6., 9. ve 12. günlerde bulunan ortalama pH değerleri benzer olarak belirlenmiştir ($p>0.05$). Bu periyotta tavuk göğüs eti örneklerinin istatistiksel değerlendirilmesinde ışınlama doz grupları ortalamaları arasında ki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). 1 kGy'de ışınlanan tavuk göğüs eti örneğinin ortalama pH değeri istatistiksel olarak 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerin ortalama pH değerlerinden farklıdır ($p<0.05$). (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4 Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri *

Süre (gün)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	1	6.27 ± 0.08	5.70 ± 0.07
	2	6.37 ± 0.14	5.77 ± 0.03
	3	6.26 ± 0.08	5.67 ± 0.01
	Ort.	6.30 ^{d} ± 0.10	5.71 ± 0.06
3	1	6.39 ± 0.21	5.89 ± 0.25
	2	6.38 ± 0.20	5.82 ± 0.01
	3	6.24 ± 0.06	5.75 ± 0.16
	Ort.	6.33 ^{cd} ± 0.12	5.82 ± 0.14
6	1	6.50 ± 0.06	5.77 ± 0.12
	2	6.48 ± 0.14	5.78 ± 0.01
	3	6.29 ± 0.06	5.72 ± 0.11
	Ort.	6.42 ^{bc} ± 0.13	5.75 ± 0.08
9	1	6.50 ± 0.03	5.79 ± 0.07
	2	6.58 ± 0.06	5.77 ± 0.18
	3	6.28 ± 0.01	5.71 ± 0.18
	Ort.	6.45 ^{b} ± 0.14	5.76 ± 0.12
12	1	6.60 ± 0.07	5.98 ± 0.06
	2	6.65 ± 0.05	5.70 ± 0.11
	3	6.34 ± 0.01	5.74 ± 0.20
	Ort.	6.53 ^{ab} ± 0.15	5.81 ± 0.17
15	1	6.67 ± 0.01	6.05 ± 0.07
	2	6.63 ± 0.18	5.84 ± 0.03
	3	6.53 ± 0.07	5.85 ± 0.20
	Ort.	6.61 ^{a} ± 0.11	5.91 ±0.14
18	1	……	6.12 ± 0.03
	2	……	5.93 ± 0.10
	3	……	5.66 ± 0.08
	Ort.	……	5.90 ± 0.22

* Tavuk but eti için, depolama periyotlarında elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Çizelge 4.5 Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen ışınlama dozlarına göre ortalama pH değerleri *

Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
1	6.49 [a] ± 0.14	5.90 [a] ± 0.17
2	6.51 [a] ± 0.15	5.80 [b] ± 0.09
3	6.32 [b] ± 0.11	5.73 [b] ± 0.13

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

0-27 soğuk depolamada 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen ortalama pH değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu depolama periyodunda 2 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinin tüketilebilirlilik özelliklerini kaybettiği 21. günde 2 kGy'de ışınlanan örneklerde 6.83 ve 3kGy'de ışınlanan örneklerde 6.69 ortalama pH değerleri belirlenmiştir. 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinin bozulduğu, depolamanın son günü olan 24. günde örneklerde 6.72 ortalama pH değeri saptanmıştır. 2 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinin bozulmaya başladığı 24. günde 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 6.20 ve 6.10 ortalama pH değerleri gözlenmiştir. 27. günde 3 kGy'de ışınlanmış örnekte ise 6.22 ortalama pH değeri saptanmıştır.

0-27 gün aralığında 2 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerinin pH değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi sonucunda depolama süresi ortalamaları ve ışınlama grupları ortalamaları arasında ki fark önemli bulunmuştur ($p< 0.05$). Tavuk but etinin 0, 3, 6 ve 9. günlerde ölçülen ortalama pH değerlerinin benzer olduğu görülmüştür ($p>0.05$). Bu depolama periyodunda tavuk göğüs eti örneklerinde de depolama süresi ortalamaları ve ışınlama grupları ortalamaları arasında ki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir ($p< 0.05$). 0, 3, 6, 9, 12, 15 ve 18. günlerde ölçülen ortalama pH değerleri arasındaki farkın önemsiz ($p>0.005$) ve diğer günlerden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.005$) (Çizelge 4.6).

Kolsarıcı ve Kırımca (1992) ışınlama ve donmuş depolamanın tavuk but ve göğüs etlerinin pH üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını açıklamışlardır. Denemede de, donmuş depolanan tavuk but eti örneklerinde ışınlama dozları ve depolama süresinin pH

değerleri üzerinde etkisinin önemli olmadığı gözlemlenmiştir. Bu periyotta depolanan tavuk but etinin TMAB sayılarının istatistik değerlendirmesinde de depolama süresinin etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Ancak depolama süresince tavuk göğüs etinin TMAB sayıları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür. Benzer sonucun -18^0C'de depolanan tavuk göğüs eti pH değerlerinin istatistik değerlendirilmesinde de görülmesi mikroorganizma sayısında ki değişimin pH değerine yansımasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Soğuk depolanan tavuk but eti örneklerinin her periyodunda elde edilen pH değerleri için gün ortalamaları ve ışınlama dozları ortalamaları aralarındaki farklar önemli bulunmuştur. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü Şekil 4.3 ve Çizelge 4.5'de de görüleceği gibi farklı dozlarda ışınlanan örneklerin tüketilme özelliğini kaybetme eşiğine ulaşma seyirleri farklı farklıdır. Mikroorganizma sayısında oluşan değişim pH değerini etkilemiştir.

Ancak 4 ^{o}C'de depolanan tavuk göğüs eti örneklerinde ışınlama dozları ortalamaları arasında ki farkın önemli, depolama süresi ortalamaları arasındaki farkın ise istatistik olarak önemsiz olduğu görülmüştür. Bu durum, tavuk göğüs etinin tavuk but etine göre tüketilebilirlilik niteliklerini daha uzun süre koruması sonucudur.

Kaygıner-Topal (2000)'da çalışmasında doza bağlı olarak değil ama güne bağlı olarak tavuk etlerinin pH'sında ki değişimi önemli bulduğunu bildirmiştir.

Köfte ile yapılan başka bir çalışmada ise ışınlamanın ve depolamanın örneklerin pH değerleri üzerinde herhangi bir etkisinin gözlemlenmediği bildirilmiştir (Poon *et al.* 2004).

Çizelge 4.6 Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama pH değerleri *

Süre (gün)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	2	6.37 ± 0.14	5.77 ± 0.03
	3	6.26 ± 0.08	5.67 ± 0.01
	Ort.	6.32^{e} ± 0.11	5.72^{c} ± 0.06
3	2	6.38 ± 0.20	5.82 ± 0.01
	3	6.24 ± 0.06	5.75 ± 0.16
	Ort.	6.31^{e} ± 0.15	5.78^{c} ± 0.10
6	2	6.48 ± 0.14	5.78 ± 0.01
	3	6.29 ± 0.06	5.72 ± 0.11
	Ort.	6.38^{de} ± 0.14	5.75^{c} ± 0.07
9	2	6.58 ± 0.06	5.77 ± 0.18
	3	6.28 ± 0.01	5.71 ± 0.18
	Ort.	6.43^{cde} ± 0.18	5.74^{c} ± 0.15
12	2	6.65 ± 0.05	5.70 ± 0.11
	3	6.34 ± 0.01	5.74 ± 0.20
	Ort.	6.49^{cd} ± 0.18	5.72^{c} ± 0.13
15	2	6.63 ± 0.18	5.84 ± 0.03
	3	6.53 ± 0.07	5.85 ± 0.20
	Ort.	6.58^{bc} ± 0.12	5.85^{c} ± 0.12
18	2	6.80 ± 0.08	5.93 ± 0.10
	3	6.60 ± 0.08	5.66 ± 0.08
	Ort.	6.70^{ab} ± 0.13	5.79^{c} ± 0.17
21	2	6.83 ± 0.09	6.16 ± 0.05
	3	6.69 ± 0.12	5.92 ± 0.02
	Ort.	6.76^{a} ± 0.12	6.04^{b} ± 0.14
24	2	……	6.20 ± 0.01
	3	6.72 ± 0.10	6.10 ± 0.16
	Ort.	6.72 ± 0.10	6.15^{b} ± 0.11
27	2	…….	…….
	3	……..	6.22 ± 0.05
	Ort.	…….	6.22 ± 0.05

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti ayrı ayrı olmak üzere, depolama periyotlarında elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

4.2 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinin TMAB Sayıları

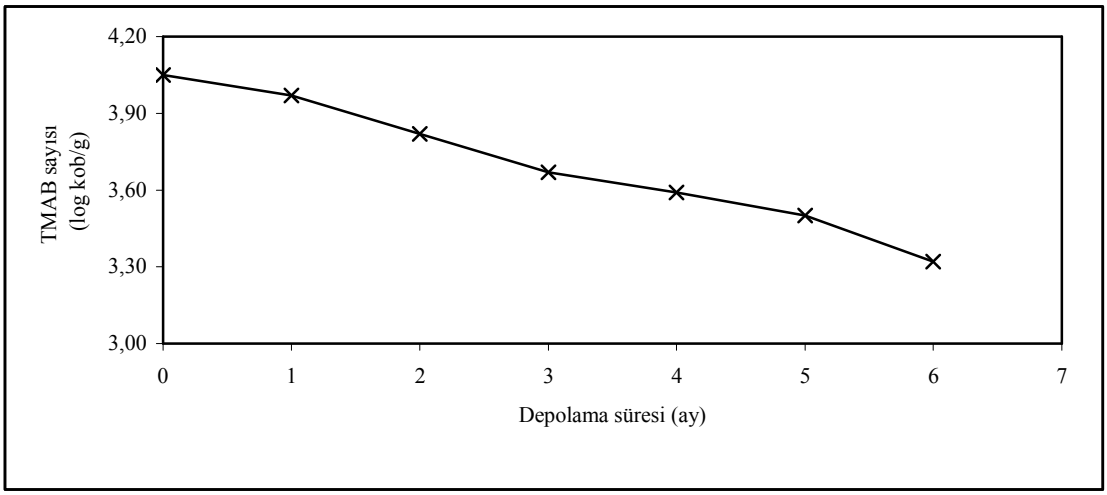
Araştırmada ışınlanmamış (0 kGy), kontrol grubu tavuk but ve göğüs etinin TMAB sayımı sonuçları Çizelge 4.7, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan ve donmuş depolanan tavuk eti örneklerinde, depolama süresince ve ışınlamanın olduğu gün yapılan TMAB sayımı sonucu 2 log değerinin altında bulunmuştur.

Çizelge 4.7 Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen TMAB sayıları (log kob/g)

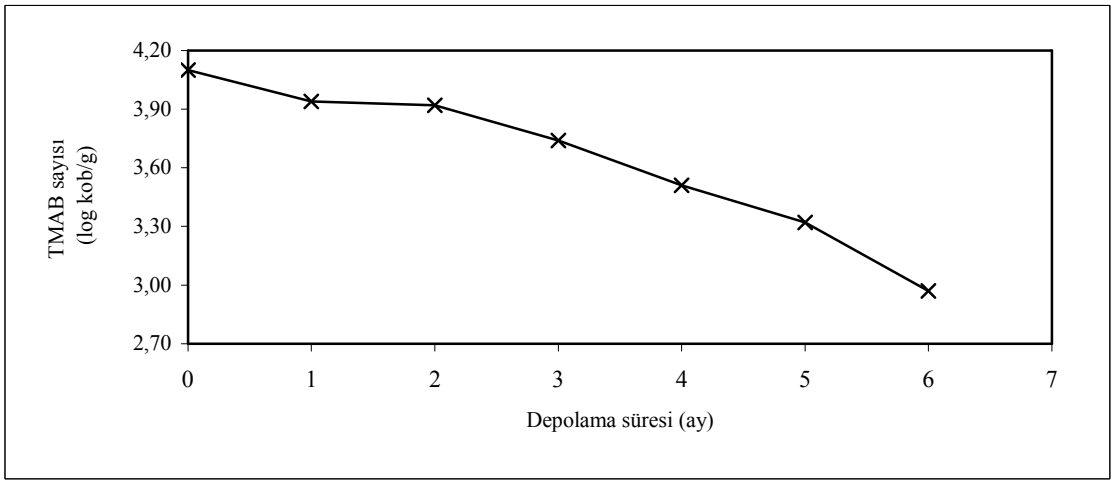
Süre (ay)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	4.05 ± 0.22	4.10^{a} ± 0.40
1	3.97 ± 0.11	3.94^{ab} ± 0.21
2	3.82 ± 0.28	3.92^{ab} ± 0.21
3	3.67 ± 0.23	3.74^{abc} ± 0.16
4	3.59 ± 0.24	3.51^{bc} ± 0.06
5	3.50 ± 0.26	3.32^{cd} ± 0.08
6	3.32 ± 0.42	2.97^{d} ± 0.11

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

0. günde tavuk but etinde ve göğüs etinde sırasıyla ortalama 4.05 ve 4.10 log kob/g TMAB sayıları tespit edilmiştir. Depolama sonunda ise but etinde ortalama 3.32, göğüs etinde ortalama 2.97 log kob/g TMAB sayıları bulunmuştur. Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'den de görüleceği gibi 6. ay sonunda tavuk eti örneklerinin TMAB sayılarında azalma gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5 Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde TMAB (log kob/g)



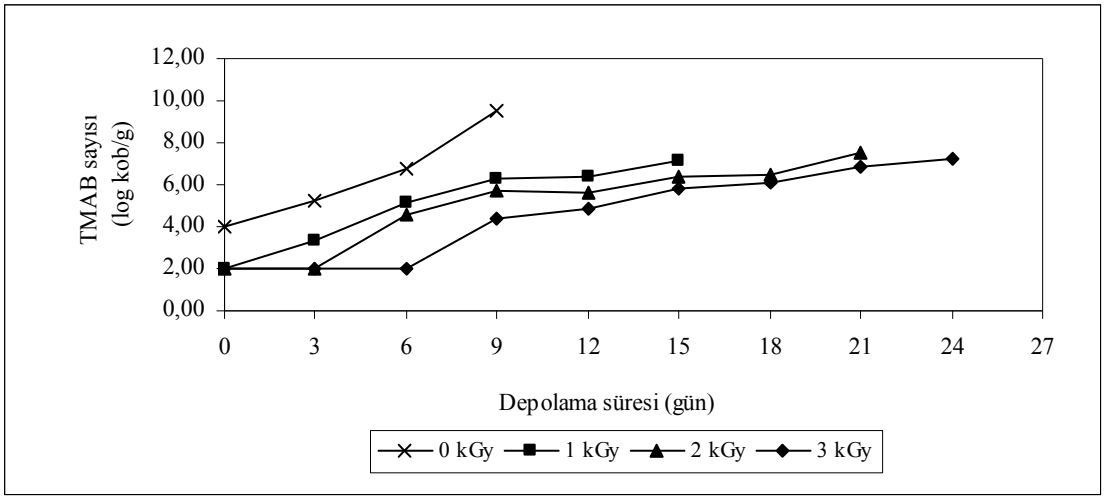
Şekil 4.6 Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinde TMAB (log kob/g)

Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda depolama süresince (0-6 ay) tavuk but etinin TMAB sayılarında gözlemlenen değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$) ama tavuk göğüs eti örneklerinin depolama süresince TMAB sayılarındaki değişimin önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Tavuk göğüs eti örneklerinde 0. gün, 1., 2., ve 3. aylardaki TMAB sayılarının benzer olduğu görülmüştür ($p>0.05$).

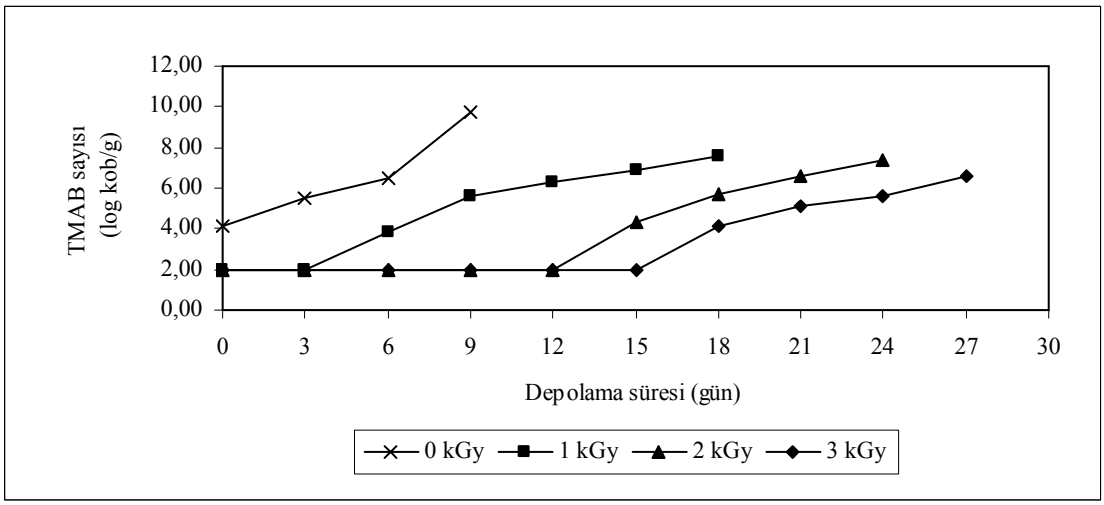
Araştırmada ışınlanan ve donmuş depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinde başlangıçta (0. gün) ve depolama süresince aylık periyotlarla yapılan mikrobiyolojik analizlerde TMAB sayıları belirlenememiştir. 0.gün yapılan TMAB sayımı sonucuna göre tavuk but eti ve tavuk göğüs etinde sırasıyla ortalama 4.10 ve 4.05 log kob/g değerleri bulunmuştur. 6 ay donmuş depolama sonunda tavuk but ve göğüs etinde yine aynı sıra ile ortalama 3.32 ve 2.97 log kob/g değerleri saptanmıştır. Uygulanan engeller teknolojisinin ürünün raf ömrünü uzatarak, mikrobiyolojik kalitesini artırdığı söylenebilir. Benzer sonuçlar Javanmard *et al.* (2006) tarafından da gözlenmiştir. Araştırmacılar, 0.75, 3.0 ve 5.0 kGy'de ışınladıkları tavuk etlerini 9 ay donmuş depolamışlar ve depolama sonunda mikroorganizma sayısında azalma gözlemledikleri, ışınlama ve donmuş depolamanın kombine uygulamasının TMAB üzerinde daha etkili olduğu ve raf ömrünü uzattığını açıklanmışlardır. Ancak 3 ve 5 kGy'de ışınlanan ve -18 ºC'de 90 gün depolanan mekanik ayrılmış tavuk etinde ışınlanmamış örnekte dahil olmak üzere örneklerin TMAB sayılarının farklarının istatistik olarak önemsiz olduğu ancak doza bağlı olarak TMAB sayılarında azalmalar gözlendiği bildirilmiştir (Gomes and Silva 2006).

Araştırmada soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinin TMAB sayılarında gözlemlenen değişim Şekil 4.7, Şekil 4.8'de verilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi ışınlama yapılan örneklerde ışınlama dozuna bağlı olarak bazı günlerde TMAB sayıları belirlenememiştir. Yine uygulamaya bağlı olarak tavuk eti ürünlerinin farklı günlerde tüketilebilirlilik özelliğini kaybettiği saptanmıştır. Işınlamanın yapıldığı 0. günde ışınlanmamış, kontrol grubu tavuk but ve göğüs eti örneklerinde sırasıyla ortalama 4.05 ve 4.10 log kob/g TMAB sayıları tespit edilmiştir. Işınlama yapılan diğer tavuk eti örneklerinde TAMB sayılarının saptama sınırının altında olduğu belirlenmiştir (<2 log kob/g). Tavuk but etinde 3. günde 1 kGy'de ışınlanan örneklerde yapılan TAMB sayımında sonuç alınabilirken 2 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerinden yine sonuç alınamamıştır. 1 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerinin 15., 2 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerin 21. ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerin 24. günde bozulduğu belirlenmiştir. Işınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin de 9. günde bozulduğu saptanmıştır. 1 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinin TMAB sayımından 6. gün sonuç alınmış ve bu örneklerin 18. günde

bozulduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde 2 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk göğüs eti örneklerinin TMAB sayımından da sırasıyla 12. ve 15. günlerde sonuç alınabilmiş ve bu örneklerinde sırasıyla 24. ve 27. günlerde bozulduğu tespit edilmiştir. Işınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinin ışınlanmış tavuk but eti örneklerine nazaran daha uzun raf ömrüne sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.7 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde TMAB (log kob/g)



Şekil 4.8 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinde TMAB (log kob/g)

Yukarıda açıklandığı gibi, ışınlanmış (1, 2, 3 kGy) ve ışınlanmamış (0 kGy), kontrol grubu tavuk eti örneklerinin depolama süresince farklı günlerde mikrobiyel bozulma değerine ulaşması nedeniyle istatistik değerlendirmede depolama süresinde elde edilen TMAB sayıları gruplara ayrılarak değerlendirilmiştir. 0-9 gün aralığında ışınlanmamış, kontrol grubu tavuk eti örnekleri bir grup olarak incelenmiştir. Bu zaman aralığında ışınlanmış örneklerden sayım sonucu alınmadığı için onlar değerlendirmeye katılmamıştır. 1 kGy'de ışınlanan tavuk eti örnekleri 0-18 gün soğuk depolama periyodunda, 2 kGy'de ışınlanan örnekler 0-24 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk but ve göğüs eti örnekleri 0-27 gün aralığında istatistik olarak değerlendirilmiştir.

0-9 gün aralığında 1 kGy ışınlanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinde bulunan ortalama TMAB sayıları ve standart sapmaları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Bu zaman aralığında tavuk but eti ve tavuk göğüs eti örneklerinin TMAB sayılarının depolama süresi ile artış gösterdiği belirlenmiştir. Soğuk depolama süresinde tavuk but eti örneklerinde her gün için elde edilen TMAB sayılarının istatistik olarak birbirinden farklı ($p<0.05$), tavuk göğüs etinde ise 3. ve 6. günlerde elde edilen TMAB sayılarının benzer ($p>0.05$) ve diğer günlerden farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Çizelge 4.8 Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TMAB sayıları (log kob/g)*

Süre (gün)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	$4.05^{d} \pm 0.22$	$4.10^{c} \pm 0.40$
3	$5.25^{c} \pm 0.11$	$5.53^{b} \pm 0.58$
6	$6.73^{b} \pm 0.15$	$6.48^{b} \pm 0.19$
9	$9.56^{a} \pm 0.22$	$9.72^{a} \pm 0.20$

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

0-18 gün aralığında 1 kGy'de ışınlanan tavuk eti örneklerinin TMAB sayıları ve standart sapmaları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Tavuk but ve göğüs eti örneklerinin TMAB sayılarının depolama süresinden etkilendiği saptanmıştır ($p<0.05$). Tavuk but

etinde 9, 12 ve 15. günlerde ve tavuk göğüs etinde 15 ve 18. günlerde elde edilen sonuçların istatistiksel olarak birbirine benzer olduğu görülmüştür ($p>0.05$).

Çizelge 4.9 1 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TMAB sayıları (log kob/g)*

Süre (gün)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	……**	……
3	$3.37^{c} \pm 0.12$	……
6	$5.13^{b} \pm 0.80$	$3.82^{d} \pm 0.28$
9	$6.29^{a} \pm 0.08$	$5.60^{c} \pm 0.72$
12	$6.35^{a} \pm 0.52$	$6.28^{bc} \pm 0.42$
15	$7.10^{a} \pm 0.10$	$6.89^{ab} \pm 0.21$
18	……	$7.56^{a} \pm 0.20$

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).
** Tespit edilememiştir.

0-21 gün aralığında 2 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde depolama süresinde elde edilen TMAB sayımı sonuçları ve standart sapmaları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Tavuk but eti örneklerinde 6. ve 21. günlerde elde edilen TMAB sayılarının diğer günlerden farklı ($p<0.05$) ama 9, 12, 15 ve 18. günlerde elde edilen TMAB sayımlarının birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$). Tavuk göğüs eti örneklerinde ise 18, 21 ve 24. günlerde saptanan TMAB sayıları arasında ki farkın önemli olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Çizelge 4.10 2 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-24 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TMAB sayıları (log kob/g)*

Süre (gün)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	…….**	…….
3	……..	……..
6	$4.56^{c} \pm 0.23$	…….
9	$5.71^{b} \pm 0.46$	……..
12	$5.65^{b} \pm 0.43$	…….
15	$6.38^{b} \pm 0.08$	$4.31^{b} \pm 0.20$
18	$6.48^{b} \pm 0.13$	$5.70^{ab} \pm 0.01$
21	$7.50^{a} \pm 0.58$	$6.55^{a} \pm 0.11$
24	…….	$7.37^{a} \pm 0.79$

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).
** Tespit edilememiştir

0-27 depolama periyodunda 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen TMAB sayıları ve standart sapmaları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi depolamanın tavuk göğüs etlerinin TMAB sayıları üzerinde etkisi yoktur ($p>0.05$). Ancak tavuk but eti örneklerinin TMAB sayıları üzerinde depolamanın etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Soğuk depolamada ışınlanmayan tavuk eti örneklerin TMAB sayılarındaki artışın ışınlama yapılmış örneklerden daha hızlı olduğu görülmektedir. Depolama süresince ışınlanan örneklerin mikroorganizma sayısında gözlemlenen artış ile ışınlama dozu arasında ters bir orantıdan söz edilebilir.

4 ^{o}C'de depolanan tavuk eti örneklerinde de elde edilen sonuçlar literatür bilgileri ile benzerdir. Işınlama dozuna bağlı olarak ürünün raf ömründe bir artış gözlemlenmektedir. Işınlanmamış tavuk but eti örnekleri 9. günde bozulurken 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan örneklerin sırasıyla 15, 21 ve 24.'e güne kadar tüketilebilme özelliklerinin korudukları belirlenmiştir. Tavuk göğüs etinde ise kontrol grubu örnekler 9. günde 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 18, 24 ve 27. günde bozulmaktadır. Abu-Tarboush *et al.* (1997) tavuk eti ile yaptıkları çalışmada 2.5, 5.0,

7.5 ve 10 kGy'de ışınladıkları ürünleri 21gün depolamışlardır. Işınlama işleminin ürünün raf ömrünü artırdığını ama artan ışınlama dozunun ürünün raf ömrü üzerinde etkisinin olmadığını açıklamışlardır. Bu çalışmaya tezat olmak üzere soğuk depolanan tavuk etlerinin TMAB sayıları üzerinde uygulanan ışınlama dozunun etkisinin olduğunu gösteren çalışmalarda vardır. 1.0 ve 1.8 kGy'de ışınlanan ve 0 ºC'de depolanan tavuk eti örneklerinin TMAB sayıları üzerinde ürüne uygulanan ışınlama dozunun önemli bulunduğu açıklanmıştır (Lewis *et al*. 2002). Benzer sonuçlar Kolsarıcı ve Kırımca (1992), Kaygıner-Topal (2000), ve Kanat *et al.* (2005) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 4.11 3 kGy'de ışınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TMAB sayıları (log kob/g)*

Süre (gün)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	……**	……..
3	……..	……..
6	……..	……..
9	$4.41^{d} \pm 0.50$	……..
12	$4.86^{d} \pm 0.14$	……..
15	$5.82^{c} \pm 0.11$	……..
18	$6.14^{bc} \pm 0.73$	4.11 ± 1.48
21	$6.84^{ab} \pm 0.13$	5.11 ± 1.27
24	$7.28^{a} \pm 0.18$	5.60 ± 0.87
27	……	6.60 ± 1.00

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).
** Tespit edilememiştir.

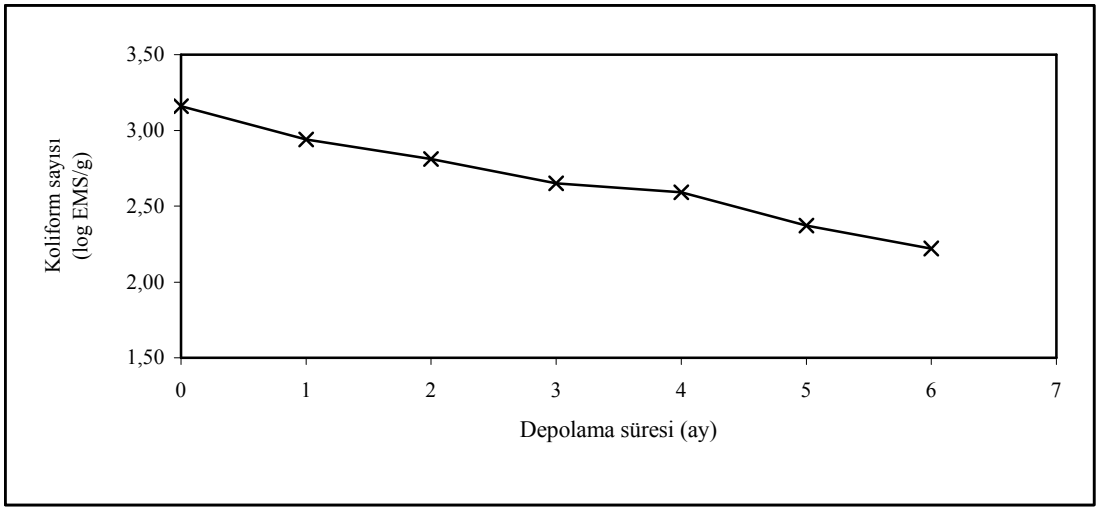
4.3 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinin Toplam Koliform ve *E.coli* Sayıları

Araştırmada ışınlanmayan, kontrol grubu tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen ortalama toplam koliform sayıları ve standart sapmaları Çizelge 4.12'de ve depolama süresince tavuk but ve göğüs eti örneklerinin toplam koliform sayılarında gözlemlenen değişim sırasıyla Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

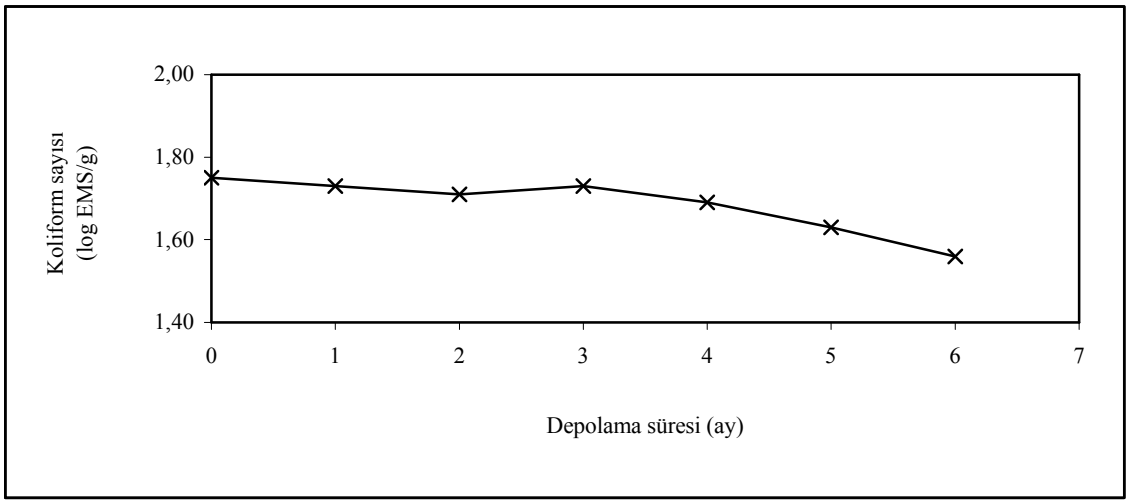
1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan ve donmuş depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinde ışınlamanın yapıldığı gün ve depolama süresince 1'er aylık aralıklarla yapılan mikrobiyolojik analizlerde toplam koliform ve *E.coli* sayılarının tespit sınırının altında olduğu görülmüştür (X<0.48 log EMS/g). Işınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinin ortalama toplam koliform sayıları 0. günde sırasıyla 3.16 ve 1.75 log EMS/g bulunmuştur. Depolamanın sonunda, ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde yine aynı sıra ile bulunan ortalama toplam kolifom sayıları 2.22 ve 1.56 log EMS/g'dır. 6 aylık depolama sonunda her örnek grubunun koliform sayılarında azalma gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.12 Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama toplam koliform sayıları (log EMS/g)

Süre (ay)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	3.16 ± 0.37	1.75 ± 0.71
1	2.94 ± 0.59	1.73 ± 0.69
2	2.81 ± 0.71	1.71 ± 0.66
3	2.65 ± 0.77	1.73± 0.67
4	2.59 ± 0.93	1.69 ±0.71
5	2.37 ± 0.54	1.63 ± 0.64
6	2.22 ± 0.46	1.56 ± 0.58



Şekil 4.9 Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin toplam koliform sayıları (log EMS/g)



Şekil 4.10 Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin toplam koliform sayıları (log EMS/g)

Yapılan istatistiksel değerlendirmede tavuk but ve göğüs eti örneklerinin toplam koliform sayıları üzerinde depolama süresinin etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

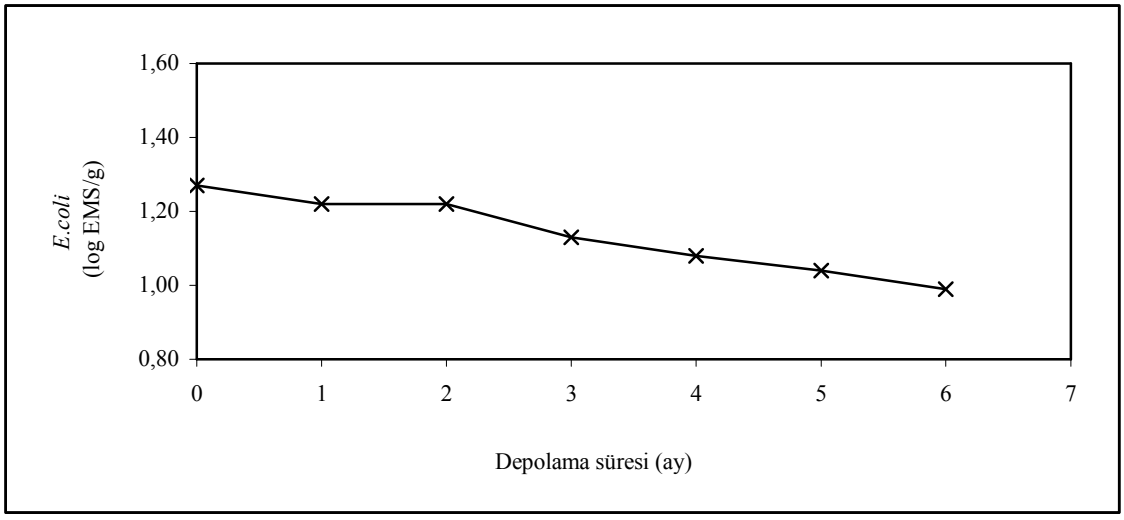
Denemede ışınlanmamış, kontrol grubu tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen ortalama *E.coli* sayıları ve standart sapmaları Çizelge 4. 13'de verilmiştir. Başlangıçta ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinde sırasıyla ortalama 1.27 ve 0.90 log EMS/g *E.coli* tespit edilmiştir. 6 aylık donmuş depolamanın sonunda tavuk but ve göğüs eti örneklerinde bulunan *E.coli* sırasıyla ortalama 1.04 ve 0.72 log EMS/g olarak saptanmıştır. Depolama süresince örneklerin toplam koliform sayılarında gözlemlenen azalma tavuk eti örneklerinin *E.coli* sayılarında da söz konusudur.

Çizelge 4.13 Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama *E.coli* sayıları (log EMS/g)*

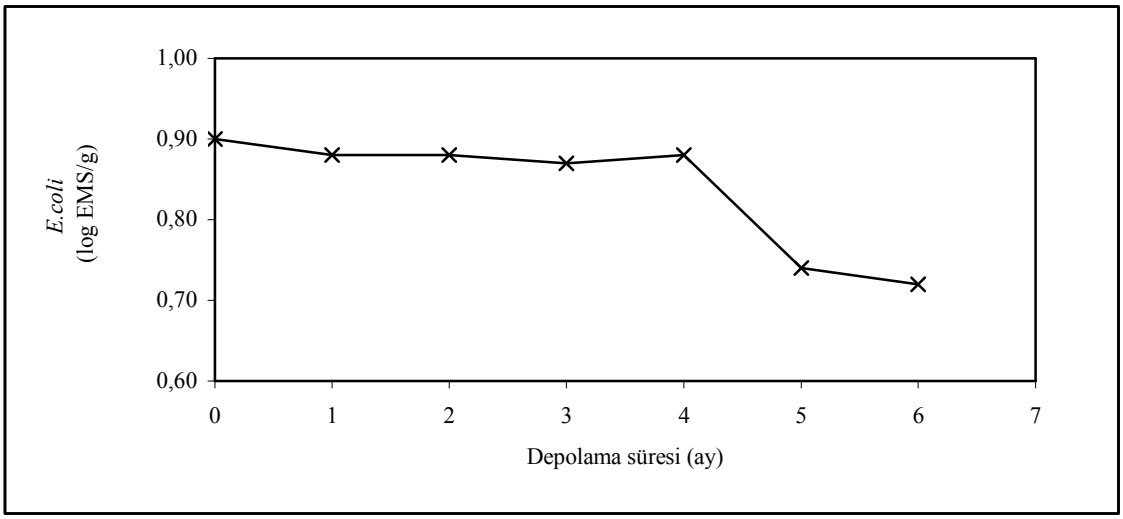
Süre (ay)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	$1.27^{a} \pm 0.04$	0.90 ± 0.25
1	$1.22^{ab} \pm 0.05$	0.88 ± 0.23
2	$1.22^{ab} \pm 0.03$	0.88 ± 0.28
3	$1.13^{abc} \pm 0.08$	0.87 ± 0.21
4	$1.08^{bc} \pm 0.10$	0.88 ± 0.28
5	$1.04^{c} \pm 0.04$	0.74 ± 0.31
6	$0.99^{c} \pm 0.04$	0.72 ± 0.34

* Tavuk but eti için, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Donmuş depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinin *E.coli* sayılarında depolama süresince gözlemlenen değişim sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin *E.coli* sayıları (log EMS/g)



Şekil 4.12 Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin *E.coli* sayıları (log EMS/g)

Donmuş depolanan tavuk but eti ve göğüs eti örneklerinden elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda tavuk göğüs eti örneklerinin *E.coli* sayıları üzerinde depolama süresinin herhangi bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Depolama süresince tavuk but eti örneklerinde elde edilen *E.coli* sayıları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu örneklerde 0. gün 1, 2 ve 3. aylarda gözlemlenen *E.coli* sayılarının birbirlerine ile benzer olduğu görülmüştür ($p>0.05$).

Araştırmada ışınlanmış tavuk etinde toplam koliform ve *E.coli* sayılarının tespit sınırının altında olduğu görülmüştür. Sadece ışınlanmış, kontrol grubu örneklerde yapılan analizlerden mikrobiyolojik sayım sonuçları alınmıştır. Javanmard *et al.* (2006)'da tavuk eti ile yaptıkları çalışmada 0.75, 3.0 ve 5.0 kGy'de ışınladıkları tavuk etlerini 9 ay donmuş depolamışlar ve 3'er aylık periyotlar ile örneklerde toplam koliform ve *E.coli* analizleri yapmışlardır. Denemenin başında ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde $1.0x10^7$ kob/g, 0.75, 3.0 ve 5.0 kGy'de ışınlanan örneklerde ise sırasıyla $2.3x10^5$ $2.9\ x10^3$ ve $4.0x10^1$ kob/g değerleri saptanmıştır. Donmuş depolanan ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 3, 6 ve 9. ayda sırasıyla $1.3x10^4$, $1.6x10^3$, ve $7.1x10^2$ kob/g değerleri bulunmuştur. Donmuş depolanan ışınlanmış tavuk eti örneklerinin toplam koliform sayılarının ise tespit sınırının altında olduğu saptanmıştır. Görüldüğü gibi ışınlanmamış tavuk etinin toplam koliform sayılarının 3 ayda 3 log, 6

ayda 1 log ve 9 ayda 0.35 log azaldığı görülmektedir. Araştırmamızda kullandığımız tavuk but ve göğüs eti örneklerinin başlangıç toplam koliform sayıları sırasıyla 3.16 ve 1.75 log EMS/g idi. 6. ay sonunda ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinde sırasıyla 0.94 ve 0.19 log azalma belirlenmiştir. Denemede kullandığımız tavuk eti örneklerinin başlangıç toplam koliform sayılarının çok düşük olması nedeniyle bu sonuçların olağan olduğu düşünülmektedir.

Javanmard *et al.* (2006) araştırmalarında depolama süresince tavuk eti örneklerinde yaptıkları analizlerde ışınlanmamış bütün örneklerde ve 0.78 kGy'de ışınlanmış örneklerinin %46.6'sında *E.coli*'yi saptadıklarını ancak 3.0 ve 5.0 kGy'de ışınlanmış örneklerde *E.coli*'ye rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Araştırmamızda ışınlanmış örneklerde (1, 2 ve 3 kGy) *E.coli* tespit edilememiştir. Tavuk etlerinde *E.coli*'nin D_{10} değeri 5 ºC'de 0.27, -5 ºC'de 0.42 (Thayer *et al.* 1995) ve 4 ºC'de 0.72 (Spoto *et al.* 2000) olarak saptanmıştır. Araştırmamızda kullandığımız tavuk eti örneklerinin başlangıç *E.coli* sayısının düşük olduğu görülmüştür. Denemede tavuk eti örneklerine uygulanan 1 kGy ve üzerinde ışınlamanın *E.coli*'nin inaktivasyonu için yeterli olduğu görülmektedir.

Denemede 0. günde ve soğuk depolama süresince belirli aralıklarla yapılan mikrobiyolojik analizlerde ışınlanmış tavuk eti örneklerinde toplam koliform ve *E.coli* sayılarının tespit sınırının altında kaldığı saptanmıştır ($X<0.48$ log EMS/g). Çalışmada 0-9 gün soğuk depolanan ışınlanmamış (0 kGy) tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen toplam koliform sayıları Çizelge 4.14'de ve bu depolama süresinde örneklerin toplam koliform sayılarında gözlemlenen değişim Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Işınlanmamış, kontrol grubu tavuk but ve göğüs etinin başlangıç toplam koliform sayıları sırasıyla 3.16, 1.75 ve soğuk depolanan 9. günde ise yine aynı sıra ile 6.12, 4.02 log EMS/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.14 Işınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama toplam koliform sayıları (log EMS/g)*

Süre (gün)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	$3.16^{d} \pm 0.22$	$1.75^{b} \pm 0.71$
3	$4.03^{c} \pm 0.05$	$3.07^{ab} \pm 0.50$
6	$5.29^{b} \pm 0.30$	$3.53^{a} \pm 0.56$
9	$6.12^{a} \pm 0.28$	$4.02^{a} \pm 0.18$

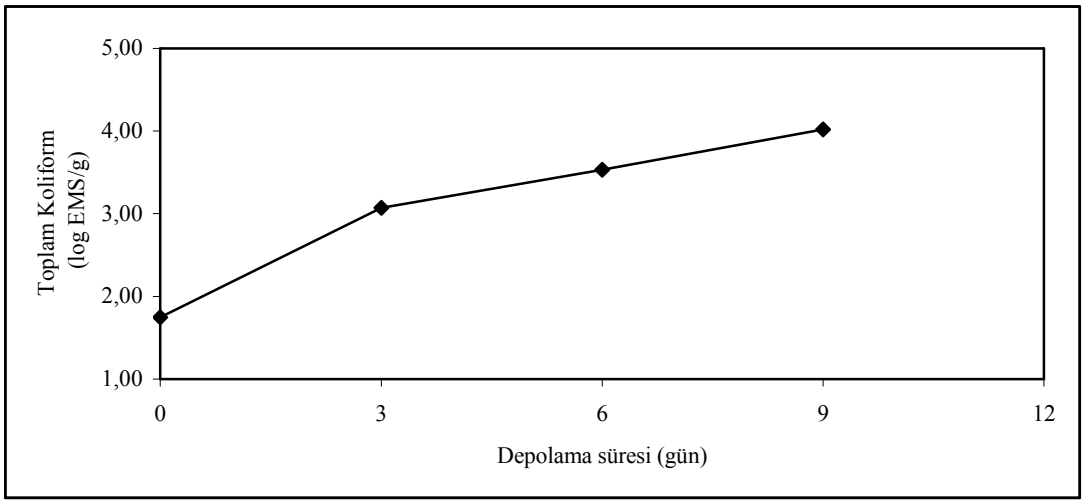
* Tavuk but et tavuk göğüs eti ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).



Şekil 4.13 Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin toplam koliform sayıları (log EMS/g)

Yapılan istatistiksel değerlendirmede, ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinden depolama süresince elde edilen toplam koliform sayıları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Işınlanmamış, kontrol grubu tavuk but eti örneklerinin depolama süresince yapılan analizlerinde elde edilen sonuçlara göre günler arasındaki fark her gün için önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tavuk göğüs eti örneklerinde ise 3, 6 ve 9. günlerde saptanan toplam koliform sayılarının benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.14 Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin toplam koliform sayıları (log EMS/g)

Denemede 9 gün süresince soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen ortalama *E.coli* sayıları ve standart sapmaları Çizelge 4.15'de ve bu örneklerde depolama süresince gözlemlenen *E.coli* değişimi Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Işınlanmamış, kontrol grubu tavuk but ve göğüs eti örneklerinin başlangıç *E.coli* sayımı sonuçları sırasıyla 1.27, 0.90 log EMS/g olarak saptanmıştır. 9 gün soğuk depolama sonunda ortalama *E.coli* sayısı 2.86, 2.24 log EMS/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.15 Işınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama *E.coli* sayıları (log EMS/g)*

Süre (gün)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	$1.27^{c} \pm 0.04$	0.90 ± 0.25
3	$1.86^{bc} \pm 0.41$	1.55 ± 0.72
6	$2.53^{ab} \pm 0.17$	1.92 ± 0.37
9	$2.86^{a} \pm 0.20$	2.24 ± 0.31

*Tavuk but eti için, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).



Şekil 4.15 Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin *E.coli* sayıları (log EMS/g)



Şekil 4.16 Soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin *E.coli* sayıları (log EMS/g)

0-9 gün süresince soğuk depolanan ışınlanmamış tavuk but ve göğüs etinin *E.coli* sayılarının istatistiksel değerlendirilmesinde, depolama periyotlarında elde edilen ortalama *E.coli* sayıları arasında ki fark tavuk but eti için önemli ($p<0.05$) ama tavuk göğüs eti için önemsiz olarak bulunmuştur ($p>0.05$).

Lewis *et al*. (2002) kontrol grubu, ışınlanmamış kemiksiz ve derisiz tavuk göğüs etinin toplam koliform ve *E.coli* sayılarını sırasıyla 3.13 ve 3.26 log kob/200ml olduğunu ancak 1.0 ve 1.8 kGy'de ışınlanan örneklerde toplam koliform ve *E.coli* sayılarının tespit sınırının altında bulunduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonucu Naik *et al.* (1994)'da belirtmiştir. Bizim denememizde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kemiksiz ve derisiz tavuk but ve göğüs etinin kullanılması dolayısıyla başlangıç mikrobiyel yük değerinin Lewis *et al*. (2002)'den de düşük olmasının bu sonuca neden olduğu düşünülmektedir.

4.4 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinde *Salmonella* spp ve *S.aureus*

Denemenin başladığı 0. günde ışınlanmış ve ışınlanmamış tüm tavuk eti örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizlerde *Salmonella* spp'ye rastlanmamıştır. Ancak ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde birkaç koloni şeklinde görülen *S.aureus*'un ışınlanmış tavuk eti örneklerinde olmadığı saptanmıştır. Dondurulmuş depolanan tavuk eti örneklerinde daha sonra yapılan mikrobiyolojik analizlerde *Salmonella* spp' ye ve *S.aureus* görülmemiştir.

Soğuk depolanan ışınlamamış ve ışınlanmış tavuk eti örneklerinde de depolama süresince *Salmonella* spp'ye rastlanmamıştır. *S.aureus*'un ise sadece ışınlanmamış örneklerde olduğu görülmüştür. Ancak bu tavuk eti örneklerinde görülen *S.aureus* sayısının 10 koloniyi aşmadığı belirlenmiştir.

2009 yılında Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Gıdaların Mikrobiyolojik Kriterleri Tebliği'ne göre çiğ kanatlı etlerinde *Salmonella* spp'nin üründe olmasına izin verilmemektedir. Tavuk etlerinde izin verilen maksimum *S.aureus* sayısı ise 10^4 kob/g olarak belirlenmiştir (Anonim 2009). Görüldüğü gibi denemede kullanılan tavuk eti örneklerinin sahip olduğu mikrobiyolojik değerler bu tebliğin izin verdiği değerlerin çok altındadır. Benzer durum tavuk eti örneklerinin TMAB sayılarında da görülmüştür.

Literatür bilgilerine göre ise, bazı araştırmacılar tavuk etlerinde *Salmonella* spp'yi elimine etmek için 2,5 kGy ışınlama dozunun yeterli olacağını söylemişlerdir (Bakalivanov *et al.* 1975, Kahan and Howker 1978, Dickerson *et al.* 1991, Klinger *et al.*

1986, Lamuka *et al.* 1992, Kazanas *et al.* 1966, Abu-Tarboush *et al.* 1997). Ancak bazı araştırmacılarda daha düşük ışınlama dozunun *Salmonella* spp'yi yok etmek için yeterli olacağını, yüksek dozların tavuk etinde arzu edilmeyen kokuya neden olabileceğini belirtmişlerdir (Thayer *et al.* 1992b, Hanis *et al.* 1989 ve Lewis *et al.* 2002).

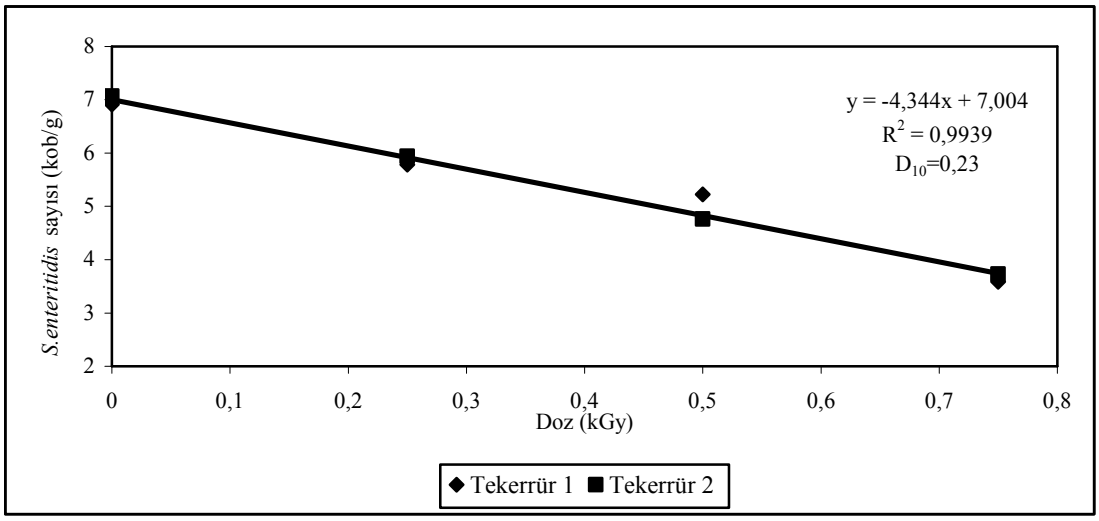
Kanat *et al.* (2005) yaptıkları bir çalışmada ışınlanmış tavuk eti örneklerinde (1, 2 ve 3 kGy) *S.aureus'*a rastlamadıklarını ancak ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde *S.aureus* sayısının depolama ile arttığını rapor etmişlerdir. Thayer and Boyd (1992a) aşıladıkları tavuk etlerini 1.5 kGy'de ışınlamış ve ışınladıkları örneklerde *S.aureus*'a rastlamadıklarını bildirmişlerdir ancak tüketicinin güvenirliği için 3 kGy ışınlama dozunu önermişlerdir.

Ancak, Kolsarıcı ve Kırımca (1992)'da *Staphylococcus*'un 3 kGy ışınlama dozunun üzerindeki dozlarda da dirençli olduğunu bildirmişlerdir.

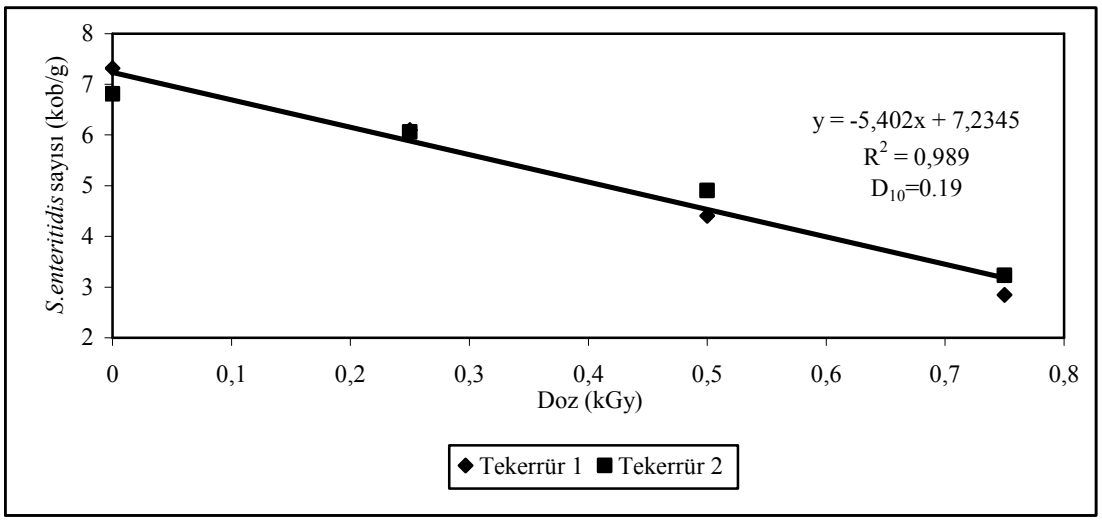
4.5 *S. enteritidis* ve *S.aureus'*un D_{10} Değerleri

Tavuk but ve göğüs etlerinde *S. enteritidis'*in D_{10} değerini belirlemek için, gama ışınları ile sterilize edilmiş tavuk but ve tavuk göğüs eti örnekleri, 1.24×10^9 ve 1.31×10^9 mikroorganizma yüküne sahip inokulasyon sıvıları ile aşılanmışlardır. Aşılanan örnekler çeşitli dozlarda ışınlanmış ve D_{10} değerleri hesaplanmıştır. Tavuk but etinde *S. enteritidis'*in D_{10} değeri 0.23 kGy; tavuk göğüs etinde ise 0.19 kGy olarak bulunmuştur.

Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de tavuk but ve göğüs eti örneklerinde *S. enteritidis*'in D_{10} değeri grafikleri verilmiştir.



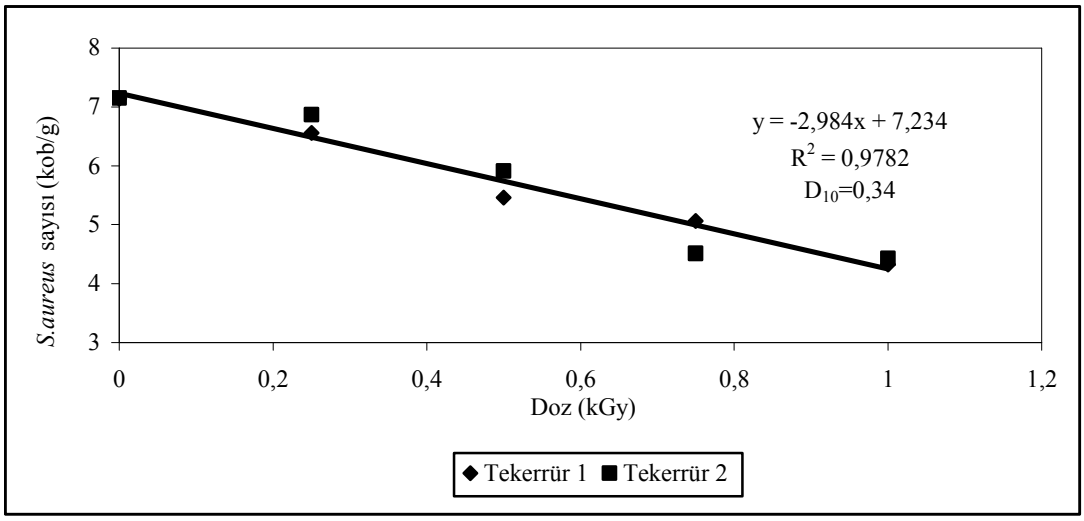
Şekil 4.17 Tavuk but eti örneklerinde *S.enteritidis'*in D_{10} değeri



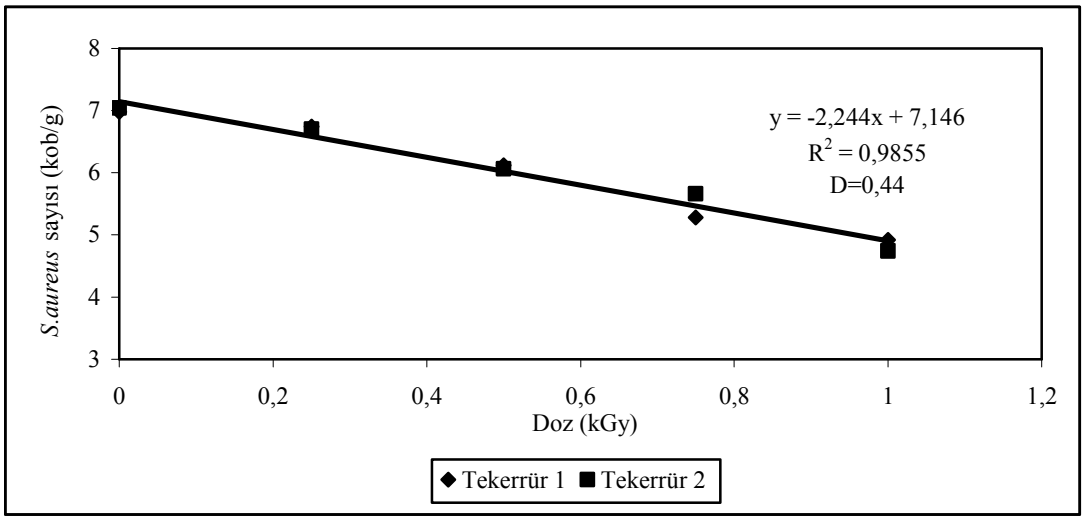
Şekil 4.18 Tavuk göğüs eti örneklerinde *S.enteritidis'*in D_{10} değeri

*S.aureus'*un D_{10} değerinin belirlenmesinde de, tavuk but ve tavuk göğüs eti örnekleri $7.41x10^8$ ve $6.40x10^8$ mikroorganizma yüküne sahip inokulasyon sıvıları ile aşılanmıştır. Aşılanan örnekler çeşitli dozlarda ışınlanmış ve D_{10} değerleri bulunmuştur. Tavuk but etinde *S. aureus'*un D_{10} değeri 0.34 kGy; tavuk göğüs etinde ise 0.44 kGy bulunmuştur

Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de tavuk but ve göğüs eti örneklerinde *S.aureuss*'un D_{10} değeri grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.19 Tavuk but eti örneklerinde *S.aureus*'un D_{10} değeri



Şekil 4.20 Tavuk göğüs eti örneklerinde *S.aureus*'un D_{10} değeri

Mulder (1977) tavuk etinde *S.enteritidis*'in D_{10} değerinin 0.37 kGy olduğunu açıklamıştır. Thayer *et al.* (1990) mekanik ayrılmış tavuk etinde *Salmonella* spp için D_{10} değerinin 0.38-0.77 kGy olduğunu ve *S.enteritidis* için bu değerin 0.77 kGy olarak belirlendiğini açıklamışlardır. Araştırmacılar *S.aureus* için tavuk eti kıymasında 0.419 kGy (Patterson 1988), 0.41kGy (Spoto *et al.* 2000) ve 0.29 kGy (Adu-Gyamfi *et al.* 2008), mekanik ayrılmış tavuk etinde ise 0.36 kGy (Thayer and Boyd, 1992a) D_{10} değerlerini bildirmişlerdir. Çalışmada *S.enteritidis* ve *S.aureus* için bulunan D_{10} değerlerinin literatür bilgileri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Gram negatif bir bakteri olan *S.enteritidis'* in, Gram pozitif bir bakteri olan *S.aureus'*dan daha düşük D_{10} değerine sahip olması beklenilen bir durumdur. Çünkü ışınlamaya karşı Gram negatif bakteriler Gram pozitif bakterilerden daha duyarlıdır. D_{10} değeri üzerinde, ışınlama ortamının sıcaklığı, gıdanın fiziksel ve kimyasal durumu ve hedef bakterinin özellikleri ve durumu gibi pek çok faktör etkilidir (Davies 1976, Grecz *et al.* 1983, Dickson 2001).

4.6 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinde TBA Değeri

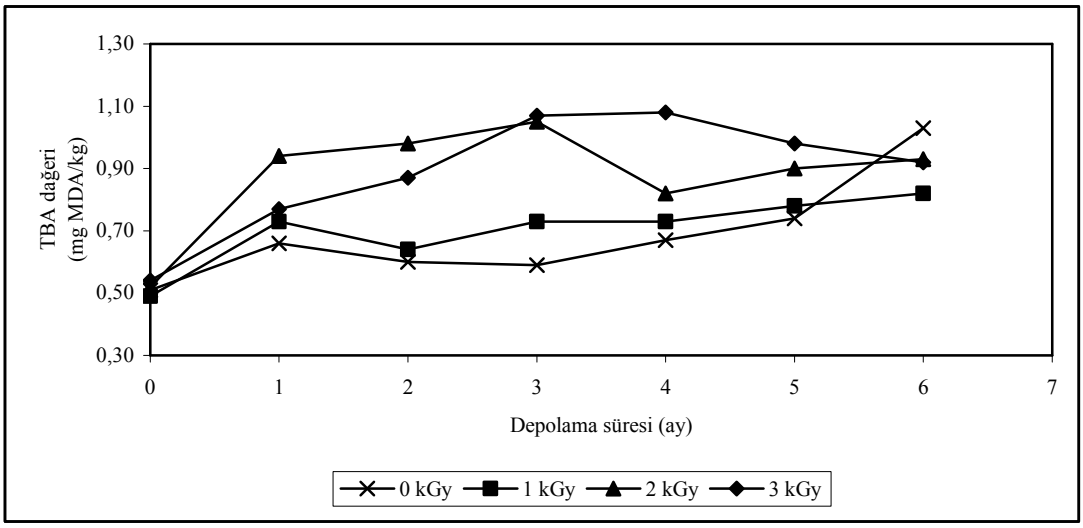
Araştırmada donmuş depolanan ışınlanmış (1, 2 ve 3 kGy) ve ışınlanmamış (kontrol grubu, 0 kGy) tavuk but ve göğüs eti örneklerinde bulunan ortalama TBA değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.16'da, donmuş depolama süresince tavuk but ve göğüs etinin TBA değerlerinde gözlemlenen değişim sırasıyla Şekil 4.21- 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.16'da da görüldüğü gibi 0. günde ışınlanmamış tavuk but ve göğüs etinde bulunan ortalama TBA değerleri sırasıyla 0.51 ve 0.53 mg MDA/kg'dır. 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but etinde sırasıyla ortalama 0.49, 0.52 ve 0.54 mg MDA/kg değerleri saptanmıştır. Depolama sonunda ışınlanmamış tavuk but ve göğüs etinde belirlenen ortalama TBA değerleri sırasıyla 1.03 ve 0.57'tir. Depolama sonunda 6.ayda 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla ortalama 0.55, 0.67 ve 0.63 değerleri bulunurken tavuk but etinde ise ortalama 0.82, 0.93 ve 0.92 mg MDA/kg değerleri saptanmıştır.

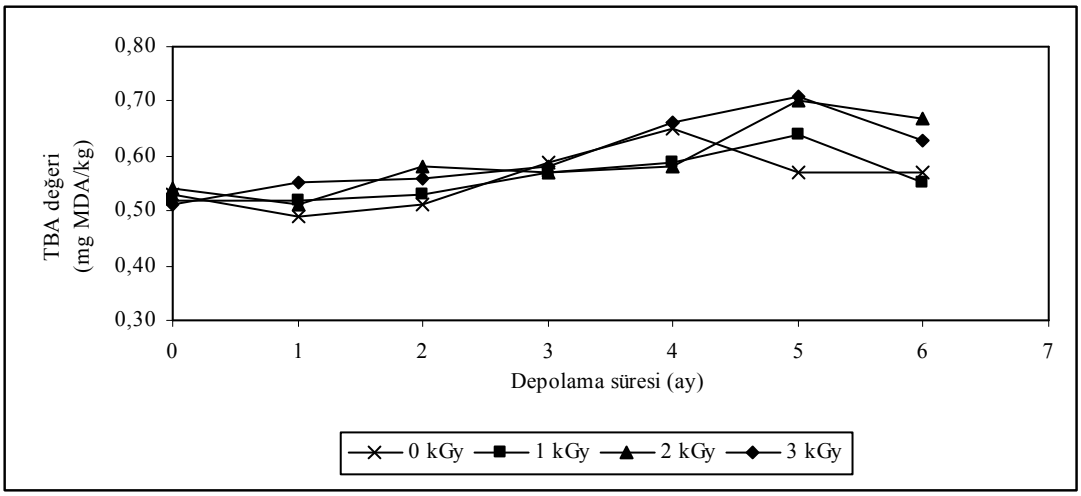
Çizelge 4.16 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama TBA değerleri (mg MDA/kg)*

Süre (ay)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	0	0.51 ± 0.02	0.53 ± 0.01
	1	0.49 ± 0.01	0.52 ± 0.01
	2	0.52 ± 0.03	0.54 ± 0.04
	3	0.54 ± 0.02	0.51 ± 0.02
	Ort.	0.52^{c} ± 0.02	0.53^{d} ± 0.02
1	0	0.66 ± 0.03	0.49 ± 0.00
	1	0.73 ± 0.09	0.52 ± 0.05
	2	0.94 ± 0.18	0.51 ± 0.01
	3	0.77 ± 0.05	0.55 ± 0.06
	Ort.	0.77^{b} ± 0.13	0.52^{d} ± 0.04
2	0	0.60 ± 0.06	0.51 ± 0.01
	1	0.64 ± 0.20	0.53 ± 0.00
	2	0.98 ± 0.14	0.58 ± 0.01
	3	0.87 ± 0.16	0.56 ± 0.03
	Ort.	0.77^{b} ±0.20	0.54^{cd} ± 0.03
3	0	0.59 ± 0.05	0.59 ± 0.07
	1	0.73 ± 0.15	0.57 ± 0.01
	2	1.05 ± 0.06	0.57 ± 0.01
	3	1.07 ± 0.32	0.58 ± 0.00
	Ort.	0.86^{ab} ± 0.26	0.58^{bc} ± 0.03
4	0	0.67 ± 0.11	0.65 ± 0.09
	1	0.73 ± 0.08	0.59 ± 0.01
	2	0.82 ± 0.02	0.59 ± 0.01
	3	1.08 ± 0.11	0.66 ± 0.04
	Ort.	0.82^{ab} ± 0.18	
5	0	0.74 ± 0.21	0.57 ± 0.04
	1	0.78 ± 0.08	0.64 ± 0.06
	2	0.90 ± 0.06	0.70 ± 0.00
	3	0.98 ± 0.08	0.71 ± 0.13
	Ort.	0.85^{ab} ± 0.14	0.66^{a} ± 0.08
6	0	1.03 ± 0.08	0.57 ± 0.02
	1	0.82 ± 0.18	0.55 ± 0.01
	2	0.93 ± 0.01	0.67 ± 0.06
	3	0.92 ± 0.07	0.63 ± 0.01
	Ort.	0.92^{a} ± 0.11	0.60^{b} ± 0.06

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, depolama periyotlarında elde edilen ortalamaların karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).



4.21 Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin TBA değerleri (mg MDA/kg)



Şekil 4.22 Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin TBA değerleri (mg MDA/kg)

Yapılan istatistik değerlendirme sonucunda tavuk but ve göğüs eti örneklerinin TBA değerlerinin ışınlama dozları ortalamaları aralarındaki fark ve depolama süresi ortalamaları aralarında ki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17). Çizelge 4.16'da görüldüğü gibi tavuk eti örneklerinde analiz yapılan aylarda bulunan ortalama TBA değerlerinin depolama süresince dalgalı bir seyir gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca tavuk but ve göğüs eti örneklerinin depolama süresince ışınlama dozlarına göre ortalama TBA değerlerinde artan doz ile doğrusal bir ilişkinin olduğu

görülmüştür. Tavuk but etinde 0. günde bulunan ortalama TBA değerinin diğer periyotlarda elde edilen ortalama TBA değerlerinden farklı ($p<0.05$), 1, 2, 3, 4 ve 5. aylarda ölçülen ortalama TBA değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). Ayrıca ışınlanmamış, kontrol grubu tavuk but eti ile 1 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinin ortalama TBA değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). Aynı şekilde 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinin ortalama TBA değerlerinin de kendi aralarında benzer olduğu görülmüştür ($p>0.05$). Tavuk göğüs etinin 0. gün, 1. ve 2. aylarda elde edilen ortalama TBA değerlerinin aralarında benzer ($p>0.05$) ve diğer aylardan farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Tavuk but eti örneklerinde olduğu gibi, ışınlanmamış, kontrol grubu tavuk göğüs eti örnekleri ile 1 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs örnekleri ve 2 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örnekleri ile 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örnekleri kendi aralarında benzer ($p>0.05$) ancak birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.17 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince ışınlama dozlarına göre belirlenen ortalama TBA değerleri (mg MDA/kg)*

Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	$0.68^{b} \pm 0.18$	$0.56^{b} \pm 0.06$
1	$0.70^{b} \pm 0.14$	$0.56^{b} \pm 0.05$
2	$0.88^{a} \pm 0.18$	$0.59^{a} \pm 0.07$
3	$0.89^{a} \pm 0.21$	$0.60^{a} \pm 0.60$

* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Nam *et al.* (2002)'da hindi göğüs eti örnekleri ile yaptıkları çalışmada 2.5 ve 5.0 kGy'de ışınladıkları örnekleri 3 ay -40 ºC'de depolamış ve örneklerin başlangıç, 1.5 ve 3. aylarda TBA değerlerini saptamışlardır. Işınlama işleminin TBA değerini doza bağlı olmasızın artırdığı ancak depolamanın donmuş hindi göğüs etlerinin TBA değerleri üzerinde etkisinin olmadığı açıklanmıştır. Donmuş depolanan mekanik ayrılmış tavuk etleri ile yapılan başka bir araştırmada da dondurulmuş olarak 3.0 ve 4.0 kGy'de ışınlanan örnekler 3 ay depolanmış ve aylık periyotlarla TBA analizleri yapılmıştır. Doza bağlı olmaksızın ışınlamanın ve depolamanın mekanik ayrılmış tavuk eti

örneklerinin TBA değerleri üzerinde etkisinin önemli olduğu gözlenmiştir (Gomes and Silva 2006).

Araştırmamızda donmuş depolanan tavuk but eti ve göğüs eti örneklerinin TBA değerlerinin depolama süresinden ve ışınlamadan etkilendiği saptanmıştır. Elde edilen TBA değerleri üzerinde örneklerin içerdiği yağ miktarı ve kompozisyonu etkilidir. Tavuk etlerinin içerdikleri yağ miktarı ve kompozisyonu ise kullanılan rasyona bağlıdır (Chanmugan *et al.* 1992). Denemede kullanılan tavuk eti örneklerinin sahip oldukları başlangıç değerlerinin bu sonucun elde edilmesinde önemli olduğu düşünülmektedir.

Araştırmada 1.periyotta (0-9 gün) 4 ^{o}C'de depolanan ışınlamamış ve 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but ve göğüs eti örneklerinden elde edilen ortalama TBA değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Soğuk depolama süresinde tavuk but ve göğüs eti örneklerinin TBA değerlerinde gözlemlenen değişim ise sırasıyla Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.18' de görüldüğü gibi tavuk but etinde 0. günde ışınlanmamış, kontrol grubu, 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla ortalama 0.51, 0.49, 0.52 ve 0.54 TBA değerleri bulunmuştur. 9. günde yine aynı sıra ile 0.62, 0.53, 0.52 ve 0.57 ortalama TBA değerleri bulunmuştur. 0-9 gün aralığında ışınlanmamış örnekler ve 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış örneklerin ortalama TBA değerlerinde depolama süresi ile artış gözlenmiştir. Tavuk göğüs eti örneklerinde ise 0. günde ışınlanmamış örneklerde ve 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 0.53, 0.52, 0.54 ve 0.51 ortalama TBA değerleri bulunmuştur. 9. günde ışınlanmamış, 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 0.62, 0.53, 0.52 ve 0.57 ortalama TBA değerleri bulunmuştur.

15. günde bozulmanın başladığı 1 kGy'de ışınlanmış tavuk budu örneklerinde bulunan ortalama TBA değeri 0.79, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde bulunan ortalama TBA değeri ise sırasıyla 0.75 ve 0.77 mg MDA/kg'dir. 0-15 gün aralığında da tavuk but eti örneklerinin TBA değerlerinde depolama süresince artış gözlenmektedir. 2 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinin bozulduğu 21. günde bu örneklerde bulunan ortalama TBA değeri 0.84 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde bulunan ortalama TBA

değeri 1.06'dır. Tavuk but eti için depolama sonu olan 24. günde 3 kGy'de ışınlanan tavuk but eti örneklerinde saptanan ortalama TBA değeri 1.14 mg MDA/kg'dir.

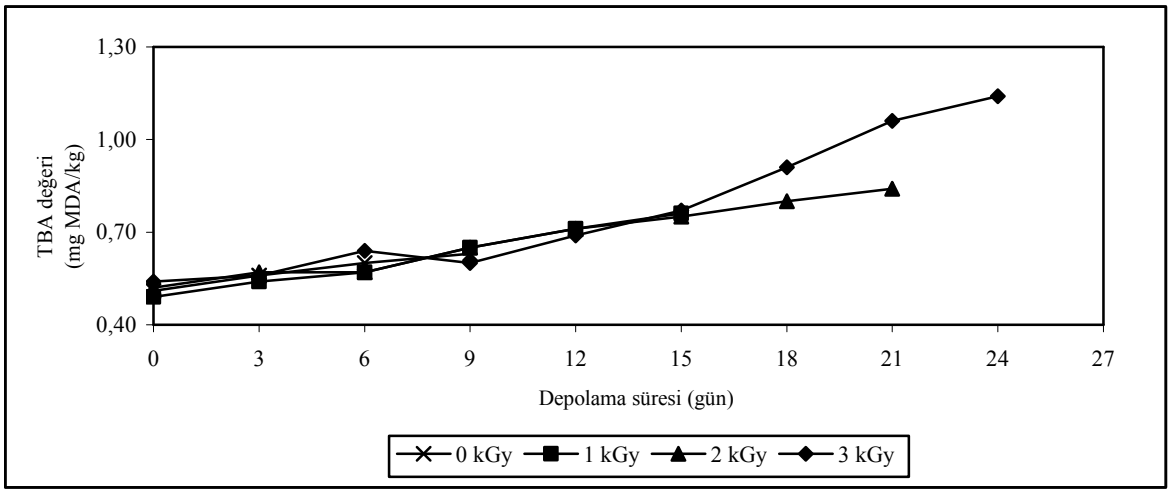
Çizelge 4.18 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen TBA değerleri (mg MDA kg)*

Süre (gün)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	0	0.51 ± 0.02	0.53 ± 0.01
	1	0.49 ± 0.01	0.52 ± 0.01
	2	0.52 ± 0.03	0.54 ± 0.04
	3	0.54 ± 0.02	0.51 ± 0.02
	Ort.	0.51^{d} ± 0.02	0.52^{b} ± 0.02
3	0	0.56 ± 0.01	0.51 ± 0.14
	1	0.54 ± 0.02	0.49 ± 0.01
	2	0.57 ± 0.02	0.53 ± 0.01
	3	0.56 ± 0.06	0.54 ± 0.02
	Ort.	0.55^{c} ± 0.03	0.51^{b} ± 0.02
6	0	0.60 ± 0.02	0.59 ± 0.01
	1	0.57 ± 0.02	0.50 ± 0.01
	2	0.57 ± 0.01	0.51 ± 0.01
	3	0.64 ± 0.01	0.53 ± 0.03
	Ort.	0.59^{b} ± 0.03	0.53^{b} ± 0.04
9	0	0.63 ± 0.01	0.62 ± 0.01
	1	0.65 ± 0.04	0.53 ± 0.07
	2	0.65 ± 0.04	0.52 ± 0.04
	3	0.60 ± 0.03	0.57 ± 0.01
	Ort.	0.63^{a} ± 0.03	0.56^{a} ± 0.05

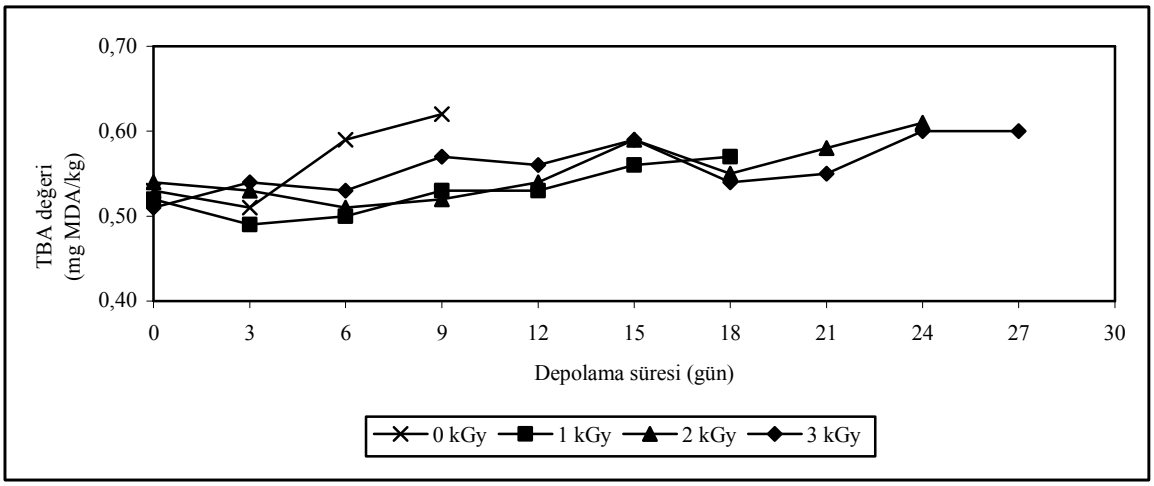
* Tavuk but eti ve tavuk göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, depolama periyotlarında elde edilen ortalamaların karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

1 kGy'de ışınlanmış örneklerde mikrobiyel bozulmanın başladığı 18. günde 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan örneklerde sırasıyla 0.57, 0.55 ve 0.54 ortalama TBA değerleri saptanmıştır. 24. günde 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla 0.61 ve 0.60

ortalama TBA değerleri gözlenmiştir. Depolamanın son günü olan 27. günde 3 kGy'de ışınlanan örneklerde ortalama 0.60 mg MDA/kg değeri saptanmıştır.



Şekil 4.23 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin TBA değerleri (mg MDA/kg)



Şekil 4.24 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin TBA değerleri (mg MDA/kg)

0-9 gün periyodunda elde edilen ortalama TBA değerleri ve standart sapmaları Çizelge 4.19'da gösterilmiştir.

0-9 gün periyodunda yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda, analiz yapılan günlerde bulunan tavuk but etinin ortalama TBA değerleri arasındaki farkın istatistiksel

olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Bu zaman aralığında analizin yapıldığı her gün için bulunan ortalama TBA değerleri diğerlerinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Tavuk göğüs eti örneklerinde yapılan istatistiksel analizde, tavuk göğüs eti örneklerinin ortalama TBA değerleri üzerinde depolama süresinin ve ışınlamanın etkisinin önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Bu sonuca göre yapılan değerlendirmede 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanan tavuk göğüs eti örneklerinin birbirine benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$) (Çizelge 4.19). Tavuk göğüs eti örneklerinde 0, 3 ve 6. günlerde saptanan ortalama TBA değerlerinin benzer ($p>0.05$) fakat 9. günde saptanan ortalama TBA değerinden farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Çizelge 4.19 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince ışınlama dozlarına göre belirlenen ortalama TBA değerleri (mg MDA/kg)*

Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	0.51 ± 0.02	0.56^{a} ± 0.05
1	0.55 ± 0.03	0.51^{b} ± 0.03
2	0.59 ± 0.03	0.52^{b} ± 0.02
3	0.63 ± 0.03	0.53^{ab} ± 0.03

* Tavuk göğüs eti için, aynı sütunda aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

2. periyotta (0-18 gün) yapılan istatistiksel değerlendirmede tavuk but eti örneklerinin ortalama TBA değerleri üzerinde depolama süresinin etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). 0. ve 3. günlerde elde edilen ortalama TBA değerleri arasındaki farkın önemsiz ($p>0.05$) ve 6, 9 12 ve 15 günlerde bulunan ortalama TBA değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Tavuk göğüs eti örneklerinin TBA sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesinde bu zaman aralığında depolama süresinin ve ışınlamanın tavuk göğüs eti üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$) (Çizelge 4.20).

0-27 gün aralığında tavuk but etinin TBA sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesinde günler ve ışınlama dozları arasında interaksiyon önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 2 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinin 0, 3 ve 6 günlerde bulunan ortalama TBA

değerlerinin benzer ve diğer günlerden farklı olduğu belirlenmiştir. Bu zaman aralığında tavuk göğüs etinin TBA değerlerinin istatistik açıdan değerlendirilmesinde ise depolama süresinin etkisi önemli olarak saptanmıştır ($p<0.05$) (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.20 Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TBA değerleri (mg MDA/kg)*

Süre (gün)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	1	0.49 ± 0.01	0.52 ± 0.01
	2	0.52 ± 0.03	0.54 ± 0.04
	3	0.54 ± 0.02	0.51 ± 0.02
	Ort.	0.51^{e} ± 0.03	0.52 ± 0.02
3	1	0.54 ± 0.02	0.49 ± 0.01
	2	0.57 ± 0.02	0.53 ± 0.01
	3	0.56 ± 0.06	0.54 ± 0.02
	Ort.	0.55^{de} ± 0.03	0.52 ± 0.03
6	1	0.57 ± 0.02	0.50 ± 0.01
	2	0.57 ± 0.01	0.51 ± 0.01
	3	0.64 ± 0.01	0.53 ± 0.03
	Ort.	0.59^{d} ± 0.04	0.51 ± 0.02
9	1	0.65 ± 0.04	0.53 ± 0.07
	2	0.65 ± 0.04	0.52 ± 0.04
	3	0.60 ± 0.03	0.57 ± 0.01
	Ort.	0.63^{c} ± 0.04	0.54 ± 0.04
12	1	0.71 ± 0.02	0.53 ± 0.04
	2	0.71 ± 0.04	0.54 ± 0.06
	3	0.69 ± 0.00	0.56 ± 0.03
	Ort.	0.70^{b} ± 0.02	0.54 ± 0.04
15	1	0.76 ± 0.01	0.56 ± 0.04
	2	0.75 ± 0.04	0.59 ± 0.05
	3	0.77 ± 0.07	0.59 ± 0.04
	Ort.	0.76^{a} ± 0.04	0.58 ± 0.04
18	1	……	0.57 ± 0.04
	2	……	0.55 ± 0.06
	3	……	0.54 ± 0.05
	Ort.	……	0.55 ± 0.04

* Tavuk but eti için, depolama periyotlarında elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Çizelge 4.21 Işınlanmış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama TBA değerleri (mg MDA/kg)*

Süre (gün)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	2	$^{E}0.52 \pm 0.03$	0.54 ± 0.04
	3	$^{F}0.54 \pm 0.02$	0.51 ± 0.02
	Ort.	0.54 ± 0.02	$0.52^{c} \pm 0.03$
3	2	$^{E}0.57 \pm 0.02$	0.53 ± 0.01
	3	$^{F}0.56 \pm 0.06$	0.54 ± 0.02
	Ort.	0.56 ± 0.06	$0.53^{bc} \pm 0.02$
6	2	$^{E}0.57 \pm 0.01$	0.51 ± 0.01
	3	$^{DE}0.64 \pm 0.01$	0.53 ± 0.03
	Ort.	0.64 ± 0.01	$0.52^{c} \pm 0.02$
9	2	$^{D}0.65 \pm 0.04$	0.52 ± 0.04
	3	$^{EF}0.60 \pm 0.03$	0.57 ± 0.01
	Ort.	0.60 ± 0.03	$0.55^{bc} \pm 0.04$
12	2	$^{CD}0.71 \pm 0.04$	0.54 ± 0.06
	3	$^{D}0.69 \pm 0.00$	0.56 ± 0.03
	Ort.	0.69 ± 0.00	$0.55^{abc} \pm 0.04$
15	2	$^{BC}0.75 \pm 0.04$	0.59 ± 0.05
	3	$^{C}0.77 \pm 0.07$	0.59 ± 0.04
	Ort.	0.77 ± 0.07	$0.59^{ab} \pm 0.04$
18	2	$^{AB}0.80 \pm 0.01$	0.55 ± 0.06
	3	$^{B}0.91 \pm 0.03$	0.54 ± 0.05
	Ort.	0.91 ± 0.03	$0.54^{bc} \pm 0.04$
21	2	$^{A}0.84 \pm 0.01$	0.58 ± 0.04
	3	$^{A}1.06 \pm 0.04$	0.55 ± 0.00
	Ort.	1.06 ± 0.04	$0.56^{abc} \pm 0.03$
24	2		0.61 ± 0.01
	3	1.14 ± 0.06	0.60 ± 0.02
	Ort.	1.14 ± 0.06	$0.60^{a} \pm 0.02$
27	2	……	……
	3	……	0.60 ± 0.01
	Ort.	……	0.60 ± 0.01

* Tavuk but eti için, aynı ışınlama dozunun farklı günlerde karşılaştırılmasında büyük harfler; tavuk göğüs eti için, depolama periyotlarında elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılmasında küçük harfler kullanılmış olup, aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Araştırmada 4 ^{o}C'de depolanan tavuk eti örneklerinin 0-9 gün depolama periyodunda elde edilen TBA değerlerinin depolama süresinden etkilendiği belirlenmiştir. Aynı zamanda tavuk but etinin TBA değerleri üzerinde ışınlamanın etkisinin önemsiz ancak tavuk göğüs etinin TBA değeri üzerinde ışınlamanın etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. Lewis *et al.* (2002) soğuk depolanan kemiksiz ve derisiz tavuk göğüs

etinin TBA değerlerinin ışınlama dozu ve depolama süresi ile arttığını açıklamıştır. Benzer sonuçlar mekanik ayrılmış tavuk etinde yapılan araştırmada da saptanmıştır (Gomes *et al.* (2003).

4.7 Işınlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Tavuk But ve Göğüs Eti Örneklerinde Comet Assay Analizi

Donmuş depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinde yapılan Comet Assay analizi sonucu saptanan kuyruk uzunluğu değerleri Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelgeden de görüleceği gibi 0.günde ışınlama yapılmayan kontrol grubu tavuk but ve göğüs eti örneklerinde bulunan ortalama kuyruk uzunluğu değerleri sırasıyla 60.33 ve 51.53 μm'dir. 0.günde 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but etinde sırasıyla ortalama 132.79, 162.10 ve 193.13 μm değerleri bulunmuştur. 6 ay depolamanın sonunda bu örneklerde 0, 1, 2 ve 3 kGy'de saptanan ortalama kuyruk uzunluğu değerleri sırasıyla 274.17, 294.82, 316.12 ve 315.83 μm'dir.

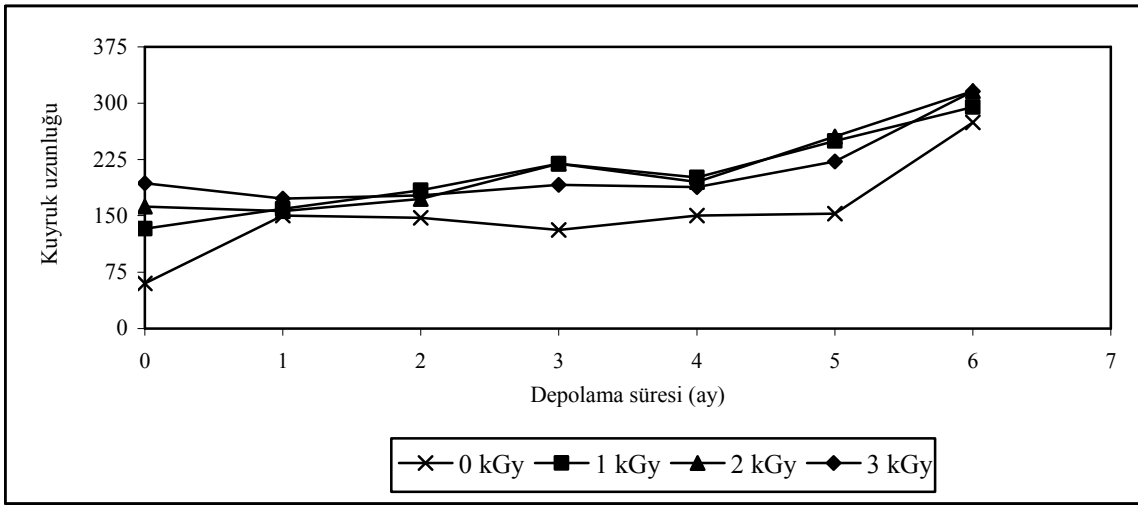
Donmuş depolanan tavuk göğüs eti örneklerinde, 0. günde 0, 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde ölçülen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri sırasıyla 51.53, 125.5, 158.09 ve 139.64 μm'dir. -18 °C'de 6 ay depolama sonunda yine aynı sıra ile 306.96, 278.35, 326.66 ve 331.99 ortalama kuyruk uzunluğu değerleri saptanmıştır. Tavuk but eti ve göğüs eti örneklerinin ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin depolama süresi ve ışınlama dozuna bağlı olarak arttığı gözlenmektedir.

6 ay donmuş depolanan ışınlanmış (1, 2 ve 3 kGy) ve ışınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerlerinde gözlemlenen değişim sırasıyla Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

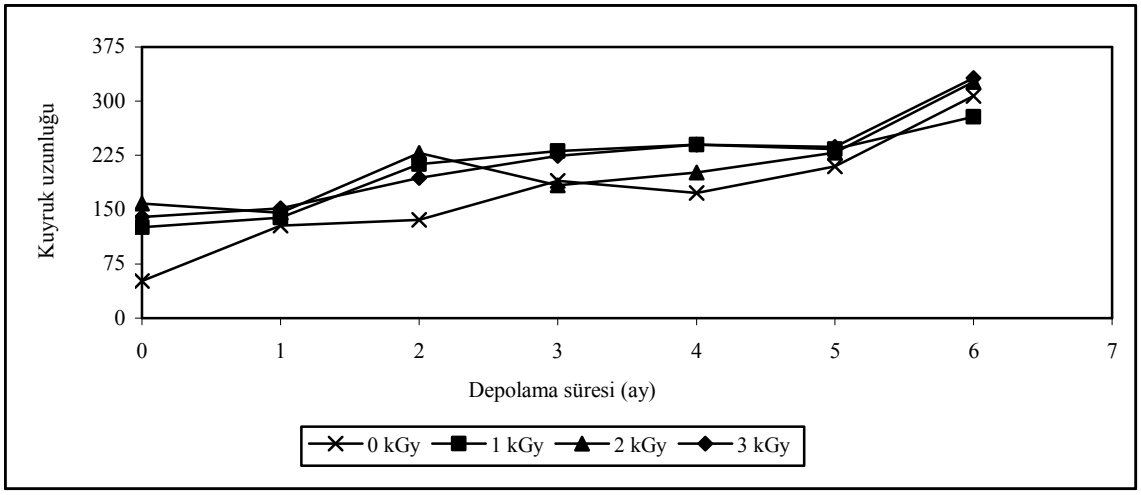
Çizelge 4.22 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde donmuş depolama süresince belirlenen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri (μm)*

Süre (ay)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	0	$^{D}60.33^{d} \pm 4.14$	$^{C}51.53^{f} \pm 1.17$
	1	$^{C}132.79^{g} \pm 7.83$	$^{B}125.65^{d} \pm 7.01$
	2	$^{B}162.10^{ef} \pm 5.22$	$^{A}158.09^{e} \pm 1.50$
	3	$^{A}193.13^{c} \pm 6.34$	$^{B}139.64^{e} \pm 0.76$
1	0	$^{B}150.17^{b} \pm 4.37$	$^{B}127.84^{e} \pm 10.17$
	1	$^{B}159.16^{f} \pm 3.95$	$^{AB}138.61^{d} \pm 2.74$
	2	$^{B}156.24^{f} \pm 9.38$	$^{A}145.26^{e} \pm 4.86$
	3	$^{A}172.76^{e} \pm 5.26$	$^{A}151.60^{e} \pm 5.58$
2	0	$^{B}147.35^{b} \pm 14.07$	$^{D}135.73^{e} \pm 15.16$
	1	$^{A}184.00^{e} \pm 3.21$	$^{B}212.68^{c} \pm 9.52$
	2	$^{A}172.49^{e} \pm 16.14$	$^{A}228.43^{b} \pm 10.25$
	3	$^{A}176.92^{de} \pm 9.70$	$^{C}193.57^{d} \pm 0.99$
3	0	$^{C}131.08^{c} \pm 1.76$	$^{B}189.79^{c} \pm 8.03$
	1	$^{A}219.24^{c} \pm 1.07$	$^{A}230.76^{b} \pm 1.15$
	2	$^{A}219.14^{c} \pm 8.56$	$^{B}183.67^{d} \pm 2.44$
	3	$^{B}191.08^{c} \pm 5.12$	$^{A}224.27^{c} \pm 3.13$
4	0	$^{B}150.32^{b} \pm 2.52$	$^{C}172.97^{d} \pm 0.61$
	1	$^{A}200.82^{d} \pm 1.61$	$^{A}239.95^{b} \pm 9.40$
	2	$^{A}194.91^{d} \pm 6.41$	$^{B}201.35^{c} \pm 7.72$
	3	$^{A}188.16^{cd} \pm 0.38$	$^{A}240.00^{b} \pm 5\ 05$
5	0	$^{C}152.92^{b} \pm 2.06$	$^{B}209.68^{b} \pm 3.59$
	1	$^{A}249.55^{b} \pm 1.27$	$^{A}233.77^{b} \pm 1.74$
	2	$^{A}255.35^{b} \pm 0.76$	$^{A}228.80^{b} \pm 3.87$
	3	$^{B}222.27^{b} \pm 1.84$	$^{A}236.49^{bc} \pm 2.98$
6	0	$^{C}274.17^{a} \pm 4.81$	$^{B}306.96^{a} \pm 18.43$
	1	$^{B}294.82^{a} \pm 1.69$	$^{C}278.35^{a} \pm 8.90$
	2	$^{A}316.12^{a} \pm 1.67$	$^{A}326.66^{a} \pm 1.29$
	3	$^{A}315.83^{a} \pm 3.28$	$^{A}331.99^{a} \pm 0.79$

* Tavuk but eti ve göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı depolama süresinde doz ortalamalarının karşılaştırılmasında büyük harfler; aynı ışınlama dozu için depolama süreleri ortalamalarının karşılaştırılmasında ise küçük harfler kullanılmış olup, aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).



Şekil 4.25 Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri (μm)

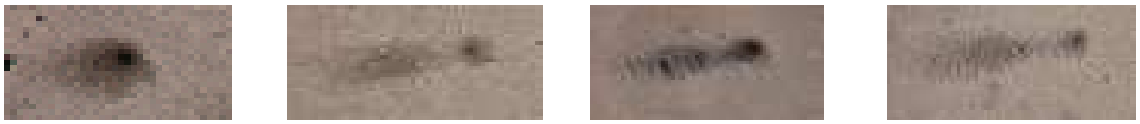


Şekil 4.26 Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri (μm)

Şekil 4.27'de denemenin başlangıcında ve 6 ay donmuş depolama sonunda 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinden elde edilen komet şekilleri verilmektedir. Şekillerde de görüldüğü gibi 0. günde ışınlanmamış örneklerde DNA bir bütün olarak görülmektedir. DNA'da ölümden sonra geçen süreden kaynaklanan çok az bir hasar gözlenmektedir. Ancak ışınlanmamış örnekte 6. ay sonunda depolamaya bağlı olarak DNA parçalanmasının olduğu ve DNA göçü neticesinde kuyruk oluştuğu görülmektedir. Işınlama dozu ile kuyruk uzunluğu arasında lineer bir ilişki

saptanmıştır. Ayrıca ışınlama dozuna ve depolama süresi ile kometin baş kısmının küçüldüğü, kuyruk kısmının uzadığı ve yoğunluğun arttığı gözlenmiştir.

0.gün



0 kGy	1 kGy	2 kGy	3 kGy
51.55	132.56	162.16	192.29

6 ay



0 kGy	1 kGy	2 kGy	3 kGy
272.43	294.05	316.76	315.68

Şekil 4.27 Donmuş depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde depolamanın başlangıcında ve sonunda gözlemlenen kuyruk uzunlukları (μm)

6 ay süresince donmuş depolanan tavuk but etinin istatistiksel değerlendirmesinde ışınlama x depolama interaksiyonu istatistiksel olarak 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde kuyruk uzunluğu değerlerinin doza bağlı olarak arttığı görülmektedir ve artışın istatistiksel olarak da önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). 1. ay sonunda yapılan Comet Assay analizinde kontrol grubu, 1 ve 2 kGy'de ışınlanan örneklerin kuyruk uzunluğu değerleri arasında ki farkın önemsiz olduğu görülmektedir ($p>0.05$). Ancak, 2, 3, 5 ve 6. aylarda ışınlanmayan, kontrol grubu örneklerin ışınlanmış, diğer grup örneklerden ayrı olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Işınlama dozları aylara göre incelendiğinde ise bazen tutarsızlıklar gözlense de depolama süresi ile kuyruk uzunluğu arasında lineer bir artış söz konusudur. Işınlanmayan, kontrol grubu tavuk but eti örneklerinin 1. ay kuyruk uzunluğu değerlerinin başlangıç değerinin 2 katından daha fazla olduğu ama daha sonra bu artışın durduğu ve depolamanın sonunda tekrar arttığı gözlenmiştir. Kontrol grubu tavuk but eti örneklerinin ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin 1, 2, 4 ve 5 aylarda birbirleri ile

benzer ($p>0.05$) ancak başlangıç ve 6. ay ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin diğerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir.

Tavuk göğüs eti örneklerinin ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin istatistik değerlendirmesinde ışınlama x depolama interaksiyonu önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. gün ve 2, 4, 5, 6 aylarda ışınlanmayan, kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinin ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin ışınlanmış diğer örneklerden farklılığı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerin ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin 1. ay depolama sonunda 2 katından fazla arttığı ve bulunan kuyruk uzunluğu değerinin 1 kGy'de ışınlanmış örneklerdeki kuyruk uzunluğu değerine benzer olduğu görülmüştür ($p>0.05$). Işınlama grupları depolama süresinde incelendiğinde ise ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin depolama süresi ile arttığı gözlenmektedir. Işınlanmayan tavuk göğüs eti örneklerinin 1 aylık depolamadan ışınlanmış örneklerden daha fazla etkilendiği söylenebilir. Işınlanmayan tavuk göğüs eti örneklerinin başlangıç ve 1.ay ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin benzer ancak diğer aylarda elde edilen ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada tavuk etine uygulanan ışınlama dozlarının DNA parçalanmasına neden olduğu ve DNA parçalanması ile uygulanan doz arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Bu durum birçok araştırmada da belirtilmiştir. Çünkü ışınlamada hedef hücrenin genetik materyalidir. Uygulanan ışınlama dozu DNA'da hasara neden olmakta ve elektroforezde bu parçacıklar anoda doğru hareket ederek kuyruğu oluşturmaktadır. Parçalamanın çok olması kuyruk uzunluğunu ve yoğunluğunu artırmaktadır. Şekillerden de görüldüğü gibi doz ve depolama süresi arttıkça kometin baş kısmı küçülmekte kuyruk uzunluğu ve yoğunluğu artmaktadır.

Işınlanmamış, kontrol grubu örneklerde DNA parçalanmasının özellikle depolamanın ilk ayında ışınlanmış diğer örneklerden hızlı olduğu saptanmıştır.

Duarte *et al*. (2009) 1.5, 3.0 ve 4.5 kGy'de ışınladıkları donmuş tavuk ciğer örneklerini 7 gün depolayarak örneklere Comet Assay testi uygulamışlardır. Işınlanmamış ve

ışınlanmış örnekleri 3 ve 1 saatte çözdürerek analize almışlardır. DNA'da en çok zararın ışınlanmış, donmuş depolanmış ve 3 saate çözdürülmüş örnekte gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Faullimel *et al.* (2005) dondurulmuş tavuk eti örnekleriyle yaptıkları çalışmada benzer sonuçları bildirmişlerdir.

4 ^{o}C'de depolanan ve 3'er gün aralıklarla Comet Assay analizine alınan tavuk but ve göğüs eti örneklerinde 0-9 gün depolama periyodunda ölçülen kuyruk uzunluğu değerleri Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Soğuk depolama sırasında tavuk but ve göğüs eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerlerinde gözlemlenen değişim sırasıyla Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da verilmiştir.

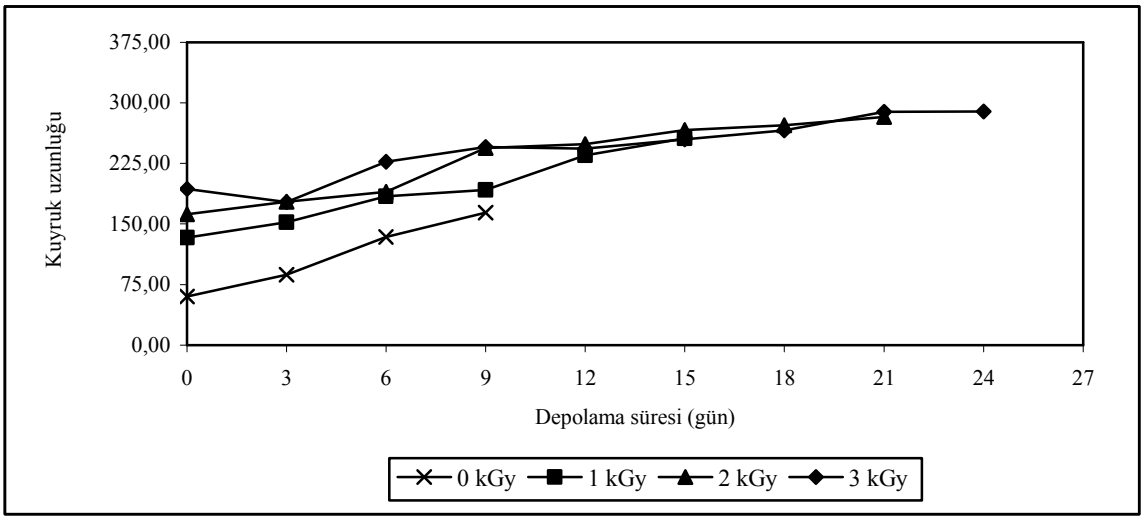
Işınlanmamış tavuk but ve göğüs eti örneklerinde 0. günde sırasıyla ortalama 60.33 ve 51.53 µm değerleri saptanmıştır. Aynı gün 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but etinde sırasıyla ortalama 132.79, 162.10 ve 193.13, tavuk göğüs eti örneklerinde ise sırasıyla ortalama 125.65, 158.09 ve 139.64 değerleri belirlenmiştir. Işınlanmamış tavuk eti örneklerinin bozulduğu 9 günde tavuk but etinde ışınlanmamış ve 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla ortalama 164.04, 191.89, 244.17 ve 245.32 değerleri saptanmıştır. 1 kGy'de ışınlanmış örneklerin tüketilme özelliklerini kaybettikleri 15 günde 1, 2 ve 3kGy'de ışınlanmış örneklerinde tespit edilen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri sırasıyla 255.98, 266.45 ve 254.77 µm'dir. 21. günde 2 kGy'de ışınlanan örneklerde ortalama 282.51, 3 kGy'de ışınlanan örneklerde ortalama 288.96 kuyruk uzunluğu değerleri bulunmuştur. 24. günde 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinde bulunan ortalama kuyruk uzunluğu değeri 289.14'dür.

9. günde ışınlanmamış ve 1, 2, 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla ortalama 174.77, 227.85, 239.33 ve 219.32 kuyruk uzunluğu değerleri saptanmıştır. 18. günde 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla 259.42, 255.34 ve 248.79 ortalama kuyruk uzunluğu değerleri belirlenmiştir. 24. günde 2 ve 3 kG'de ışınlanmış örneklerde sırasıyla ortalama 288.82 ve 282.17 değerleri belirlenmiştir. 27. gün 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinde ortalama 298.75 µm kuyruk uzunluğu değeri saptanmıştır.

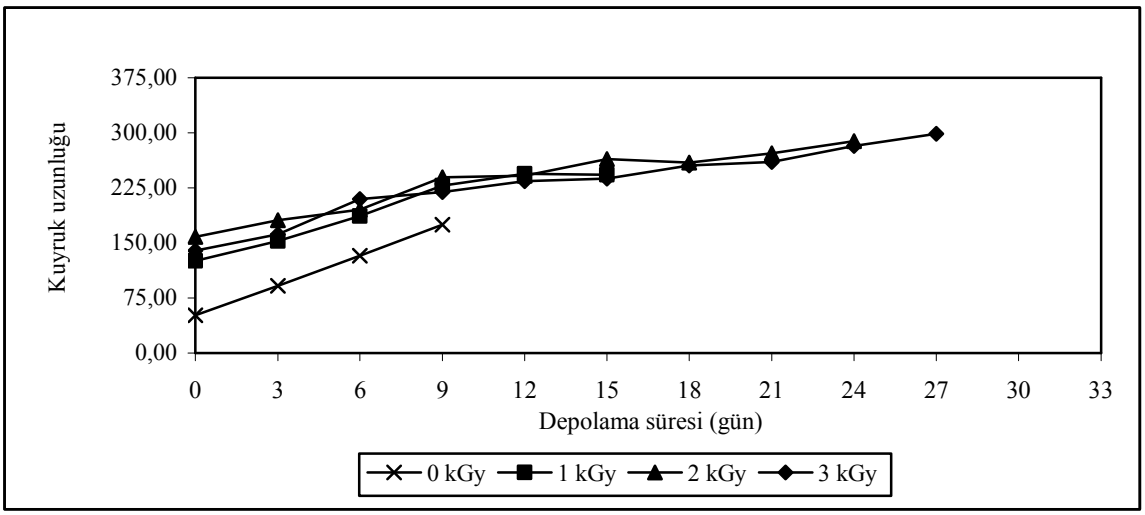
Çizelge 4.23 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-9 gün soğuk depolama süresince belirlenen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri (µm)*

Süre (ay)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	0	$^{D}60.33^{d} \pm 4.14$	$^{D}51.53^{d} \pm 1.17$
	1	$^{C}132.79^{c} \pm 7.83$	$^{D}125.65^{c} \pm 7.01$
	2	$^{B}162.10^{c} \pm 5.22$	$^{D}158.09^{a} \pm 1.50$
	3	$^{A}193.13^{c} \pm 6.34$	$^{C}139.64^{b} \pm 0.76$
3	0	$^{C}87.35^{c} \pm 6.62$	$^{C}91.39^{c} \pm 8.16$
	1	$^{B}151.88^{b} \pm 4.60$	$^{C}152.71^{b} \pm 8.43$
	2	$^{A}177.30^{b} \pm 2.28$	$^{C}180.86^{a} \pm 6.71$
	3	$^{A}176.82^{d} \pm 8.14$	$^{B}161.70^{b} \pm 4.91$
6	0	$^{C}133.87^{b} \pm 5.87$	$^{B}132.40^{c} \pm 6.15$
	1	$^{B}184.18^{a} \pm 6.57$	$^{B}186.71^{b} \pm 6.45$
	2	$^{B}189.56^{b} \pm 9.50$	$^{B}195.15^{b} \pm 4.41$
	3	$^{A}226.83^{b} \pm 8.21$	$^{A}209.79^{a} \pm 2.07$
9	0	$^{C}164.04^{a} \pm 4.56$	$^{A}174.77^{b} \pm 6.72$
	1	$^{B}191.89^{a} \pm 8.81$	$^{A}227.85^{a} \pm 8.82$
	2	$^{A}244.17^{a} \pm 6.37$	$^{A}239.33^{a} \pm 1.96$
	3	$^{A}245.32^{a} \pm 9.75$	$^{A}219.32^{a} \pm 0.94$

* Tavuk but eti ve göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı depolama periyodunda ışınlama dozlarının karşılaştırılmasında büyük harfler; aynı ışınlama dozunun farklı depolama günlerinde karşılaştırılmasında küçük harfler kullanılmış olup, aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).



Şekil 4.28 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri (µm)



Şekil 4.29 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri (µm)

0-9 gün periyodunda soğuk depolanan tavuk but ve göğüs eti örneklerinin kuyruk uzunluğu değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde ışınlama x depolama interaksiyonu anlamlı bulunmuştur. Ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin ışınlama dozu ve depolama süresi ile arttığı gözlemlenmiştir. Işınlanmamış tavuk but eti örneklerinin her depolama periyodunda belirlenen ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin ışınlanmış diğer gruplardan farklı olduğu görülmüştür. Işınlanmamış tavuk but eti örneklerinin her depolama periyodunda bulunan ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin birbirlerinden

farklı olduğu belirlenmiştir. Bu zaman aralığında tavuk göğüs etinin ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin yapılan istatistiksel değerlendirmesinde ışınlama x depolama interaksiyonu önemli bulunmuştur. 0, 3 ve 6.günlerde kontrol, 1 ve 2 kGy'de ışınlanmış örneklerde elde edilen ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin benzer ve 3 kGy'de ışınlanmış örneklerin ortalama kuyruk uzunluğu değerinden farklı olduğu görülmüştür. Ancak 9. günde ışınlama dozlarının ortalama kuyruk uzunluğu değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.23).

0-18 gün depolama periyodunda 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but ve göğüs eti örnekleri için yapılan istatistiksel analizde ışınlama x depolama interaksiyonu önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tavuk but eti örneklerinde yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre 12. ve 15. günde farklı ışınlama gruplarında elde edilen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri arasında ki farkın önemli olmadığı görülmüştür. 1 kGy'de ışınlamış örnekler günlerde incelendiğinde ise 6 ve 9. günlerde bulunan ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin birbirlerine benzer ve diğer günlerden farklı, 3 kGy'de ışınlanan örneklerin ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin 9, 12, 15 günlerde benzer olduğu görülmüştür. Bu zaman periyodunda avuk göğüs eti örneklerinin istatistiksel değerlendirmesinde 9, 12 ve 18. günlerde 1, 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinden elde edilen ortalama kuyruk uzunluğu değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmüştür ($p>0.05$). 1. kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örnekleri depolama süresinde incelendiğinde 3, 6 ve 15 günler ve 9, 12 ve 18 günlerde elde edilen ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin kendi aralarında benzer ancak birbirlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

3. periyot olan 0-27 gün aralığında da 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but ve göğüs etlerinin ortalama kuyruk uzunluğu değerleri için yapılan istatistiksel değerlendirmede ışınlama x depolama interaksiyonu önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 21. günde 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinde kuyruk uzunluğu değerleri sırasıyla 282.51 ve 288.96 μm ölçülmüştür. 24. günde 3 kGy'de ışınlanmış tavuk but eti örneklerinde ise 289.14 μm kuyruk uzunluğu değeri saptanmıştır. 24. günde 2 ve 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinde 288.82 ve 282.48 μm ölçülmüştür. Depolamanın son günü

27. günde 3 kGy'de ışınlanmış tavuk göğüs eti örneklerinde 298.75 µm kuyruk uzunluğu ölçülmüştür (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.24 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-18 gün soğuk depolama süresince belirlenen kuyruk uzunluğu değerleri (µm)*

Süre (ay)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	1	$^{C}132.79^{e} \pm 7.83$	$^{F}125.65^{c} \pm 7.01$
	2	$^{B}162.10^{d} \pm 5.22$	$^{F}158.09^{a} \pm 1.50$
	3	$^{A}193.13^{c} \pm 6.34$	$^{E}139.64^{b} \pm 0.76$
3	1	$^{B}151.88^{d} \pm 4.60$	$^{E}152.71^{b} \pm 8.43$
	2	$^{A}177.30^{cd} \pm 2.28$	$^{E}180.8^{6a} \pm 6.71$
	3	$^{A}176.82^{d} \pm 8.14$	$^{D}161.70^{b} \pm 4.91$
6	1	$^{B}184.18^{c} \pm 6.57$	$^{D}186.71^{b} \pm 6.45$
	2	$^{B}189.56^{c} \pm 9.50$	$^{D}195.15^{b} \pm 4.41$
	3	$^{A}226.83^{b} \pm 8.21$	$^{C}209.79^{a} \pm 2.07$
9	1	$^{B}191.89^{c} \pm 8.81$	$^{C}227.85^{a} \pm 8.82$
	2	$^{A}244.17^{b} \pm 6.37$	$^{C}230.33^{a} \pm 1.96$
	3	$^{A}245.32^{a} \pm 9.75$	$^{C}219.32^{a} \pm 0.94$
12	1	$^{A}234.87^{b} \pm 5.35$	$^{B}244.23^{a} \pm 1.50$
	2	$^{A}248.89^{b} \pm 9.67$	$^{B}241.76^{a} \pm 3.84$
	3	$^{A}243.28^{a} \pm 8.47$	$^{B}233.94^{a} \pm 6.77$
15	1	$^{A}255.98^{a} \pm 4.68$	$^{B}242.67^{b} \pm 5.25$
	2	$^{A}266.45^{a} \pm 10.23$	$^{A}264.36^{a} \pm 6.06$
	3	$^{A}254.77^{a} \pm 4.59$	$^{B}237.53^{b} \pm 3.99$
18	1	.....	$^{A}259.42^{a} \pm 8.54$
	2	.....	$^{A}255.34^{a} \pm 6.52$
	3	.....	$^{A}248.79^{a} \pm 4.32$

* Tavuk but eti ve göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı depolama periyodunda farklı ışınlama dozlarının karşılaştırılmasında büyük harfler; aynı ışınlama dozunun farklı depolama günlerinde karşılaştırılmasında küçük harfler kullanılmış olup, aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

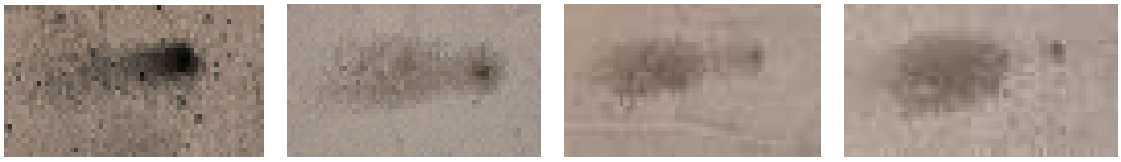
Çizelge 4.25 Işınlanmış ve ışınlanmamış tavuk eti örneklerinde 0-27 gün soğuk depolama süresince belirlenen kuyruk uzunluğu değerleri (μm)*

Süre (gün)	Doz (kGy)	Tavuk but eti	Tavuk göğüs eti
0	2	$162.10^{d} \pm 5.22$	$158.09^{h} \pm 1.50$
	3	$193.13^{e} \pm 6.34$	$139.64^{g} \pm 0.76$
3	2	$177.30^{cd} \pm 2.28$	$180.86^{g} \pm 6.71$
	3	$176.82^{e} \pm 8.14$	$161.70^{f} \pm 4.91$
6	2	$189.56^{c} \pm 9.50$	$195.15^{f} \pm 4.41$
	3	$226.83^{d} \pm 8.21$	$209.79^{e} \pm 2.07$
9	2	$244.17^{b} \pm 6.37$	$230.33^{e} \pm 1.96$
	3	$245.32^{c} \pm 9.75$	$219.32^{e} \pm 0.94$
12	2	$248.89^{b} \pm 9.67$	$241.76^{d} \pm 3.84$
	3	$243.28^{cd} \pm 8.47$	$233.94^{d} \pm 6.77$
15	2	$266.45^{a} \pm 10.23$	$264.36^{bc} \pm 6.06$
	3	$254.77^{bc} \pm 4.59$	$237.53^{d} \pm 3.99$
18	2	$272.09^{a} \pm 8.99$	$255.34^{c} \pm 8.54$
	3	$265.84^{b} \pm 8.15$	$248.79^{c} \pm 6.52$
21	2	$282.51^{a} \pm 5.96$	$272.17^{b} \pm 5.17$
	3	$288.96^{a} \pm 9.84$	$260.43^{b} \pm 10.87$
24	2	.....	$288.82^{a} \pm 1.70$
	3	289.14 ± 2.18	$282.17^{a} \pm 5.81$
27	2	.....	.....
	3	.....	298.75 ± 4.44

* Tavuk but eti ve göğüs eti için ayrı ayrı olmak üzere, aynı ışınlama dozunun farklı depolama günlerinde karşılaştırılmasında aynı veya ortak harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir ($p>0.05$).

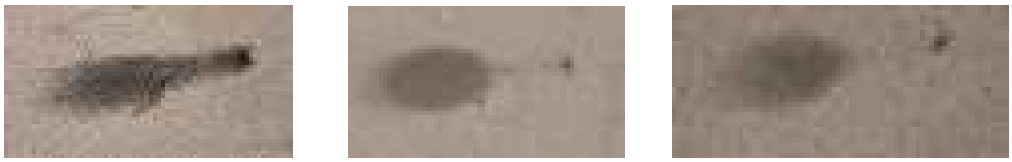
Şekil 4.30'da tavuk but etinde 9, 15, 21 ve 24. günlerde ölçülen kuyruk uzunluğu değerleri verilmektedir.

9. gün



0 kGy 165.41 | 1 kGy 193.51 | 2 kGy 244.32 | 3 kGy 246.49

15. gün



1 kGy 255.14 | 2 kGy 265.95 | 3 kGy 254.05

21. gün



2 kGy 282.16 | 3 kGy 286.49

24. gün



3 kGy 288.65

Şekil 4.30 Soğuk depolanan ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk but eti örneklerinde depolamanın başlangıcında ve sonunda gözlemlenen kuyruk uzunlukları (μm)

Cerda and Koppen (1998b) 4 ºC'de 12 gün depoladıkları tavuk but eti örneklerine 1, 3, 7, 10 ve 12 günlerde nötral Comet Assay tekniğini uygulayarak tavuk etinin kalitesini incelemişler, DNA parçalanmasının depolama süresi ile arttığını belirtmişler ve bu metodun etin kalitesinin belirlenmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Faullimel *et al*. (2005) soğuk depolanan tavuk göğüs eti ve tavuk ciğeri örneklerine 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,

8, 9 günlerde Comet Assay testi uygulamışlardır. DNA parçalanmasının depolama zamanı ile arttığını ve bu durumun kometin şekline yansıdığını belirtmişlerdir. Kometin kuyruk uzunluğu değerinin depolamanın 7. gününe kadar arttığını, sonra durduğunu bu süreden sonra kometin baş kısmının küçüldüğünü, kuyruk kısmının irileşerek, büyüdüğünü bildirmişlerdir.

Araştırmada depolama süresinin ve ışınlamanın DNA parçalanmasına neden olduğu görülmüştür. Artan ışınlama dozu ve depolama süresini kometin kuyruk uzunluğunu artırdığı saptanmıştır.

Comet Assay tekniğinin tavuk etlerine uygulanarak etlerin kalitesi hakkında bir fikir verebileceği düşünülmektedir. Ancak bu yöntemin tavuk etlerinin kalitesinin belirlenmesinde rutin olarak kullanılabilecek duruma gelebilmesi için daha çok araştırmanın yapılması gerekmektedir. Çünkü tavuk etine uygulanan işlemler ve/veya kimyasallarda DNA'da parçalanmalara neden olabilir.

Işınlanmış gıdaların tespitinde tarama metodu olarak kullanılan Comet Assay yönteminin gıdaların ışınlanıp-ışınlanmadığının belirlenmesinde yetersiz olabileceği düşünülmektedir. Donmuş depolamada ve soğuk depolamada, depolama süresi ile ışınlanmamış örneklerde kuyruk oluşumunun gözlenmesi bu konuda doğru kararın verilemeyeceğini göstermektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı dozlarda ışınlanan ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan tavuk etlerinin kalitesi Comet Assay yöntemi kullanılarak araştırılmıştır.

Araştırmada ulaşılan başlıca bulgular aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Işınlama teknolojisi kullanılarak tavuk etlerinin raf ömrü uygulanan doza bağlı olarak uzatılabilir. Ancak ışınlama ile birlikte diğer gıda muhafaza metotlarının da kullanılması, engeller teknolojisinin uygulanması ile düşük ışınlama dozu kullanılarak ürünün raf ömrü daha da uzatılabilir.

2. Işınlama tavuk etlerinde hastalık etmeni patojen bakterilerin elimine edilmesinde de kullanılabilir.

3. Işınlama işleminin DNA'da zarara neden olduğu ve bu zararın uygulanan doz miktarı ile doğrusal olduğu görülmüştür.

4. Araştırmada donmuş ve soğuk depolama süresinin DNA parçalanması üzerinde etkisinin olduğu saptanmıştır.

5. Comet Assay tekniğinin tavuk etlerine uygulanarak etlerin kalitesi hakkında bir fikir verebileceği düşünülmektedir. Ancak bu yöntemin tavuk etlerinin kalitesinin belirlenmesinde rutin olarak kullanılabilecek duruma gelebilmesi için daha çok araştırmanın yapılması gerekmektedir.

6. Işınlanmış gıdaların tespitinde tarama metodu olarak kullanılan Comet Assay yönteminin gıdaların ışınlanıp-ışınlanmadığının belirlenmesinde yetersiz olabileceği düşünülmektedir. Donmuş depolamada ve soğuk depolamada, depolama süresi ile ışınlanmamış örneklerde kuyruk oluşumunun gözlenmesi bu konuda doğru kararın verilemeyeceğini göstermektedir

KAYNAKLAR

Abu-Tarboush, H.M., Al-Kahtani, H.A., Atia, M., Abou-Arab, A., Bajaber, A.S. and El-Mojaddidi, M.A. 1997. Sensory and microbial quality of chicken as affected by irradiation and postirradiation storage at 4.0 ºC. J. Food Prot., 60(7); 761-770.

Adu-Gyamfi, A., Nketsia-Tabiri, A, Apea Bah, J., F. 2008. Radiosensitivities of bacterial isolates on minced chicken and poached chicken meal and their elimination following irradiation and chilled storage. Radiat. Phys. Chem.,77, 174-178.

Ahn, D.U., Nam, K.C., Du., M. and Jo, C. 2001. The effect of irradition and packaging conditions on the formation of cholesterol and lipid oxidation products in meat during storage. Meat Sci., 57(4); 413-418.

Ajuyah, A.O., Fenton, T.W., Hardin, R.T. and Sim, J.S. 1993. Measuring lipid oxidation volatiles in meats. J. Food Sci., 58 (2); 70-273.

Akamittath, J.G., Brekke, C.J. and Schanus, E.G. 1991. Lipid oxidation and color stability in restructured meat systems during frozen storage. J. Food Sci., 55(6); 1513-1517.

Anderson, D., Dhawan, A., Wei, T. and Plewa, M.J. 1996. An investigation of bone marrow and testcular cells invivo using the comet assay. Mutat. Res., 370, 159-174.

Anonim. 1996. TS 7703 ISO 4833 Mikrobiyoloji-Mikroorganizmaların Sayımı İçin Genel Kurallar-30 ºC'de Koloni Sayım Tekniği. TSE, Ankara.

Anonim. 1999. Gıda Işınlama Yönetmeliği. Resmi Gazete, Sayı 23868. Ankara.

Anonim. 2004. Gıda maddeleri - ışınlanmış gıda maddelerinin belirlenmesi için DNA komet deneyi - eleme yöntemi. TSE, Ankara.

Anonim. 2005. TS EN ISO 6579. Mikrobiyoloji - Gıda ve Hayvan Yemleri – *Salmonella* Türlerinin Belirlenmesi İçin Yatay Yöntem. TSE, Ankara.

Anonim. 2009. Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği. Resmi Gazete, Sayı 27133. Ankara.

Anonymous. 1980. Wholesomess of Irradiated Food: A Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee on Food Irradiation. WHO Technical Report Series, 659, World Health Organization, Geneva.

Anonymous. 1982. Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques. Technical Reports Series (IAEA) no: 114, Vienna, Austria.

Anonymous. 1983a. Recommended International Code of Practice for the Operation of Irradiation Facilities Used for the Treatment of Foods. CAC/RCP 19-1999, Codex Alimentarus. IAEA Pres, Rome.

Anonymous 1983b. Codex General Standard for Irradiated Foods. CODEX STAN 106-1983, joint FAO/ WHO Food Standards Programme. United Nations Food and Agriculture Organization/World Health Organization/Codex Alimentarius Commission, Rome, Italy.

Anonymous. 1986. Irradiation in the production, processing, and handling of food. Fed. Reg., 51(75); 13376-13399.

Anonmouys. 1990a. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15 th. Edition, (Ed) Williams, S., Arlington, Virginia.

Anonymous. 1990b. Irradiation in the production, processing and handling of food. FDA, Fed. Reg., 55,18538–18544.

Anonymous. 1991. Facts About Food Irradiatıon. IAEA Panel Proceeding Series. Vienna, IAEA Press.

Anonymous. 1997a. ISO/DIS 11886-2 Milk and milk products; Enumeration of presumptive *E. coli*-MPN technique using MUG.

Anonymous. 1997b. Statement of Food Irradiation of Poultry Products. FDA, Fed. Reg. 57, 435888-43600

Anonymous. 1999a. Directive of Irradiation of Food. Sayı; 1999/2/EC. Brüksel.

Anonymous. 1999b. Directive1999/2/EC on the approximation of the laws of the Member States concering foods and food ingredients treated with ionising radiation. European Commission, Brussels, Belgium.

Anonymous. 2000. Economics of foodborne disease: Feature. U.S. Dept. of Agriculture Economic Research Service, Washington, D.C

Anonymous. 2001. Foodstuffs – DNA comet assay for the detection of irradiated foodstuufs – screening method. CEN. Brussels.

Anonymous. 2003a. Revision of the opinion of the Scientific Committee on Food on the irradiation of food. European Commission, Brussels. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out193_en.pdf.

Anonymous. 2003b. ISO 6888 Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) - Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium.

Anonymous. 2003c. Evaluation of the significance of 2-dodecylcyclobutanone and other alkylcyclobutanones. Health Canada, Ottawa.

Anonymous. 2004a. Preliminary FoodNet data on the incidence of infection with pathogens transmitted commonly through food—Selected sites, United States, 2003. Morb. Mortal. Weekly Rep., 53(16); 338-343.

Anonymous. 2004b. Commission decision of 7 october 2004 amending decision 2002/840/EC adopting the list of approved facilities in third countries for the irradiation of foods. European Commission, Brussels, Belgium Anonymous. 2001. Foodstuffs – DNA comet assay for the detection of irradiated foodstuufs – screening method, CEN. Brussels.

Anonymous. 2005. U. S. Census Bureau. http://www.census.gov/population/ projections/projectionsagesex.htm. 2006.

Anonymous. 2006. Zoones in the Europe Union. Europen Food Safety Authority. ISBN 10-92-9199-044-2.

Appleby, J. and Barks, A.J. 1905. British Patent No:1609. Jan. 26.

Aymerich, T., Picouet, P.A. and Monfort, J.M. 2008. Decontamination technologies for meat products. Meat Sci., 8, 114-129.

Bakalivanov, S., Nikolova, T. and Mitkov, S. 1975. Prolongation of storage life of refrigerated fresh poultry meat by gamma irradiation. Khranitelna Promyshlenost. 24, 26-28.

Barros, A.C., Freund, M.T.L., Villavicencio, C.H., Delinceé, H. and Arthur, V. 2002. Identification of irradiated wheat by germination test, DNA comet assay and electron spin resonance. Radiat. Phys. Chem.,63, 423-426.

Başaran, A.A. 2004. Bitkisel İlaç Hammaddesi Toplantısı, Bildiriler. Eds. K.H.C. Başer ve N.Kırımer. Eskişehir.

Binkova, B., Letwlats, J., Miskova, I., Prossner, M.C., Mrackova, S.M. and Mumford, S.M. 1996. Biomarker studies in Northem Bohemia. Environ. Health. Perspect., 104(3); 591-597.

Bowden,R.D., Buckwalter, M.R., McBride, J.F., Johnson, D.A., Murray, B.K. and O'Neill, K.L. 2003. Tail profile: a more accurate system for analyzing DNA damage using the comet assay. Mutat. Res., 537, 1-9.

Brignoli, C.A., Kinsella, J.E. and Weihrauch, J.L. 1976. Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. J. American Dietetic Association, 68, 224-229.

Cerda, H., Delinceé, H., Haine, H. and Rupp, H. 1997. The DNA 'comet assay' as a rapid screening technique to control irradiated food. Mutat. Res., 375, 167-181.

Cerda, H. 1998a. Detection of irradiated frozen food with the DNA comet assay: Interlaboratory test. J. Sci. Food Agr., 78, 453-442.

Cerda, H. and Koppen, G. 1998b. DNA degradation in chilled fresh chicken studied with the neutral comet assay. Z. Lebensm Unters Forsch A., 207, 22-25.

Cerda, H. 1998c. Detection of irradiated fresh chicken, pork and fish using the DNA Comet Assay. Lebensm. Wiss. U.-Technol., 31, 89-92.

Chanmugam, P., Boundreau, M., Boutte, T., Park, R. S., Hepert, J., Berrio, I. and Hwang, D. H. 1992. Incorporation of differant types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. Poultry Sci.,71;5.

Cho, H.O. , Lee, M.K., Byun, M.W., Known, J.H. and Kim, J.G. 1985. Radurization of the microorganisms contaminating chicken. Kor. J. Food Sci. Technol, 17, 170-174.

Clavero, M.R.S., Monk, J.D., Beuchat, L.R., Doyle, M.P. and Brackett, R.E. 1994. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, Salmonellae, and *Campylobacter jejuni* in raw ground beef by gamma irradiation. Appl. Environ. Microbiol., 60, 2069–2075.

Collins, A.R., Raslova, K., Somorovska, M., Petrovska, H. Ondrusova, A., Vohnout, B., Fabry, R. and Dusinka, M. 1998. DNA damage in diabetes correlation with a clinical marker. Free Radic. Biol. &Med. 25(3); 373-377.

Collins, A.R. 2004. The comet assay for DNA damage and repair. Moleculer Biotechnology, 26, 249-261.

Cotella, S. and Férard, J.F. 1999. Comet assay in genetic ecotoxicology: A review. Environmental and Moleculer Mutagenesis, 34, 246-255.

Chung, H.W., Hong, J.H., Kim, M.C., Marshall, M.R., Jeong, Y. and Han, S.B. 2004. Detection properties of irradiated ostrich meat by DNA Comet Assay and radiaition-induced hydrocarbons. J. Food Sci., 69(5); 399-403.

Davies, R. 1976. The inactivation of vegetative bacterial cell by ionizing radiation. In "Inhibition and Inactivation of Vegetative Microbes". Academic Pres, London. 239-255.

Delincee, H. 1993. Detection of the irradiation treatment of food using micro gel electrophoresis of DNA. New Developments in Food, Feed and Waste Irradiation. Edited by Schreiber, G. A., Helle, N., Bogl, K. W. Bericht des Instituts fur Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheitsamtes. Berlin. Bundesgesundheitsamt, Soz-Ep Heft 16/1993, 112-116.

Delince H. 1998. Detectıon of irradıated food: DNA Fragmentatıon in Grapefruits. Radiat. Phys. Chem., 52, 135 139.

Delinceé, H., Khan, A.A. and Cerda, H. 2000. Some limitations of the comet assay to detect the treatment of seeds with ionising radiation. Eur. Food Res. Technol., 216, 343-346.

Delinceé, H. 2002. Rapid detection of irradiated frozen hamburgers. Radiat. Phys. Chem.,63, 443-446.

Dickerson, C. Y., Rao, D.R. and Thayer, D.W. 1991. Dose response of survival of Salmonella tryphimurium in ckicken wings to gamma irradiation. Paper presented at the annual meeting of the Unstitute of Food Technologists, Dallas, TX.

Dickson, J. 2001. Radiation Inactivation of Microorganisms. "Food Irradiation Principles and Applications" 496s. John Wiley&Sons, New York, USA, pp: 23-32.

Diehl, J.F. 1990. Biological Effects of Ionizing Radiation In."Safety of irradiated foods" sayfa 95-136. Marcel Dekker Inc., New York. USA. 345s.

Diehl, J.F. 1995. Chemical Effects of Ionising Radiation, in Safety of Irradiated Foods, Second Edition. Marcel Dekker, New York, Chap. 3. pp.43-88

Dinçer, A. H. and Baysal, T. 2004. Decontamination techniques of pathogen bacteria in meat and poultry. Crit. Rev. Microbiol., 30, 197–204.

Duarte, R.C., Araujo, M.M., Salum, D.C., Marchioni, E. and Villvicencio, A.L.C.H.2009. Effects of the ionizing radiations, freezing and thawing duration on chicken liver cells qualşty. Radiat. Phys. Chem., 78, 631-634

Dubravic, M.F. and Nawar, W.W. 1968. Radiolysis of lipids: mode of cleavage of simple triglycerides, J.Am. Oil Chem. Soc., 5, 566-600.

Düzgünes, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Arastırma ve deneme metotları. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, Ankara.

Elias, P.H. and Cohen, A. J. 1977. Radiation Chemistry of Major Food Components. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

El-Husseiny , T. M., El-Fouly, M.Z., Neweigy, N.A. and El-Mongy, T.M. 1986. The effect of gamma radiation on decreasing the spoilage microorganisms in chilled and frozen chicken carcasses. Ann. Agric. Sci. Ain Shams Univ., 31, 937-948.

Fairbairn, D.W., Olive, P.L. and O'Neill, K.L. 1995. The comet assay: a comprehensive review. Mutat. Res., 339, 37-59.

Farkas, J. 1997. Physical Methods of Food Preservation. In "Michael P.Doyle, Larry R. Beuchat&Thomas J. Montville (Ed.). Food Microbiology Fundamentals and Frontiers." Sayfa:497-519. ASM Pres. Washington D.C. 768 s.

Farkas, J. 2006. Irradition for better foods. Trends Food Sci. Tech., 17, 148-152.

Faullimel, C., Ennahar, S., Aoude-Werner, D., Guterl, P. and Marchioni, E. 2005. DNA comet assay for the detection of time-temperature abuse during the storage of poultry. International Association for Food Protection, 68, 1414-1420.

Fernandez, J., Alvarez, J.A. and Lopez, J.A. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Food Chemistry, 59(3); 345-353.

Frenzilli, G., Betti, C., Davini, T., Desideri, M., Fornai, E., Giannesi, L., Magiorelli, F., Paoletti, P. and Barole, R. 1997. Evaluation of DNA damage in leukocytes of exsmokers by single gel electrophoresis. Mutat. Res., 375, 117-123.

Garciduenas, L.C., Osnaya, L.C., Alcaraz, A.R., Calderon, V. 1997. DNA damage in nasal respiratory epithelium from children exposed to urban pollution. Environ. Mol. Mutagen., 30, 11-20.

Gedik, C.M., Ewen, W.B. and Collins, A.R. 1992. Single cell gel electrophoresisiapplied to the analysisi of UV-C damage its repair human cells. Int. J. Radiant. Biol., 62(3); 313-320.

Giroux, M. and Lacroix, M. 1998. Nutritional adequancy of irradiated meat-a review. Food Res. Int., 31(4); 257-264.

Gomes, H.A., Silva, E.N., Cardello, H.M.A.B. and Cipolli, K.M.V.A.B. 2003. Effect of gamma radiation on refrigerated mechanically deboned chicken meat quality. Meat Sci., 65, 919-926.

Gomes, H. A., and Silva, E. N. 2006. Effects of ionizing radiation on mechanically deboned chicken meat during frozen storage. J. Radioanal. Nuc. Chem., 270 (1), 225-229.

Grant, I.R., Patterson, M.F. 1989. A novel radiation Deinobacter spp. Isolated from irradiated pork. Lett. Appl. Microbiol., 8, 21-24.

Grecz, N., R, and Matsuyama, A. 1983. the action of radiation on bacterial and viruses. In. "E.S. Josephson and M.S. Peterson (Ed.) . Preservation of Food Ionizing Radiation (2), CRC Press Inc, Boca Raton, Fla.

Grolichova, M., Dvorak, P. and Musilova, H. 2004. Employing ionizing radiation to enhance food safety-a review. Acta Vet. Brno., 73, 143-149.

Haine, D.L., Chen, G., Jansen, E.G., Fraser, L. and Lynch, J.A. 1997. Identification of irradiated foodstuffs: a review of the recent literature. Food Res. Int., 30, 249-264.

Hampson, J. W., Fox, J. B., Lakritz, L. and Thayer, D. W. 1996. Effect of low dose gamma radiation on lipids in five different meats. Meat Sci., 42, 271–276.

Hanis, T.P., Jelen, P., Klir, J., Mnukova, B., Perez, B. and Pesek, M. 1989. Poultry meat irradiation, effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganims. J. Food. Prot. 52:26-29.

Heath, J. L., Owens, S. L. and Tesch, S. 1990. Effects of high energy electron irradiation of chicken meat on *Salmonella* and aerobic plate count. Poult. Sci., 69, 150–156.

Hellman, B., Vaghef, H. and Bostrom, B., 1995. The concepts of tail moment and tail inertia in the single cell gel electrophoresis assay. Mutat. Res., 336, 123-13.

Hoyland, D.V. and Taylor, A.J. 1991. A review of the methodology of the 2-thiobarbituric acid test. Food Chem., 40, 271-291.

Idziak, E. and Incze, K. 1968. Radiatrion treatment of foods: Radurization of fresh eviscerated poultry. App. Microbiol. 16, 1061-1066.

Javanmard, M., Rokni, N., Bokaie, S. and Shahhosseini, G. 2006. Effects of gama irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. Food Cont., 17, 469-473

Jo, D. and Kwon, J.H. 2006. Detection of radiation-induced markers from parts of irradiated kiwifruits. Food Cont., 17, 617–621.

Kahan, R.S. and Howker, J.J. 1978. Low dose irradiation of fresh, nonfrozen chicken and other preservation methods for improving its public health quality. p.211-224. In: Food Preservation by irradiation. Proceeding of the FAO/IAEA/WHO symposium. Wageningen, 21-25 November, IAEA, Vienna.

Kamat, A.S., Alur, D.M., Nenkar, D.P., Nair, P.M. 1991. Hygienization of ındian chicken meat by ionizing radiation. J.Food Saf., 12, 59-71.

Kanat, S.R., Paul, P., D'souza, S.F. and Thomas, P. 1997. Effect of gamma irradiation on the lipid peroxidation in chicken, lamb and buffalo meat during chilled storage. J. Food Saf., 17, 283-294.

Kanat, S.R., Chander, R. and Sharma, A. 2005. Effect of radiation processing on the quality of chilled meat products. Meat Sci., 69, 269-275.

Kassie, F., Parzefall, W. and Knasmuller, S. 2000. Single cell gel electrophoresis assay: A new technique for human biomonitoring studies. Mut. Res., 463, 13-31.

Katta, S.R., Rao, G.R., Sunki, G.R. and Chawan, C.B. 1991. Effect of gamma irradiation of whole chicken carcasses on bacterial loads and fatty acids. J.Food Sci., 56(2); 371-372.

Katusin,-Razem, B., Mihaljevic, K. and Razem, D. 1992. Time dependent post irradiation oxidative chemical in dehydrated egg products. J. Agr. Food Chem., 40, 1948-1952.

Kaygıner-Topal, S. 2000. Kanatlı etlerinin mikrobiyolojik kalitesi ve dayanma süresi üzerine ışınlama ve modifiye atmosferle paketlemenin etkisi. Doktora Tezi. Ankara Üni. Sağlık Bilimleri Enst. Ankara.

Kazanas, N., Emerson, J.A., Seagran, H.L. and Kepme, L.L. 1966. Effect of γ-irradiation on the microflora freshwater fish. App. Microbial., 14, 261-266.

Khan, A.A., and Delincee, H.1999. DNA 'Comet Assay' for detection of irradiated food. 5. Deutsche Tagung Lebensmittelbestrahlung. Edited by Knorr, M., Ehlermann, D.A.E., and Delincee, H., Berichte der Bundesforschungsanstalt fur Ernahrung. Karlsruhe: Bundesforschungsanstalt fur Ernahrung, BFE-R--99-01, 216-221.

Khan, A.A., Khan, H.M. and Delinceé, H. 2002. Detection of radiation treatment of beans using DNA comet assay. Radiat. Phys. Chem.,, 63, 407-410.

Khan, A.A., Khan, H.M. and Delinceé, H. 2003. "DNA comet assay" – a validity assessment for the identification of radiation treatment of meats and seafood. Eur Food Res. Tech., 216, 88-92.

Khan, A.A., Khan, H.M. and Delinceé, H. 2005. DNA comet assay- a rapid screening method for detection of irradiated cereals and tree nuts. Food Cont., 16(2); 141-146.

Khan, A.A., and Khan, H.M. 2008. DNA comet assay: a simple screening technique for identification of some irradiated foods. J. Radioanal. Nucl. Chem., 275 (2); 337-342.

Kim, Y.H., Nam, K,C. and Ahn, D.U. 2002. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. Meat Sci., 61, 257-265.

Kiss, I. and Farkas, J. 1982. Radurization of whole eviscerated chicken carcass. Acta. Aliment. Acad. Sci. Hung., 1, 73-86.

Kiss, I.F. 1992. The Chemical Effects of Ionizing Radiation of Food. FAO/IAEA Regional Training Course for Europe and Middle East on Regulatory Control of Food Irradiation Hungary 8-26 june 1992.

Klinger, I., Funcs, V., Basker, D., Juven, M., Lapidot, M. and Eisenberg, E. 1986. Irradiation of broiler chicken meat. Isr. J. Vet. Med., 42, 181-193.

Kolsarıcı, N. and Kırımca, G. 1995. Effect of radurization on microbiological chemical and sensorial properties of chicken meats. Gıda, 20, 67-73.

Koppen, G and Cerda, H. 1997. Identification of low-dose irradiated seeds using the neutral Comet Assay. Lebensm. –Wiss.u.-Technol., 30, 452-457.

Korel, F. ve Orman, S. 2005. Gıda Işınlaması, uygulamaları ve tüketicinin ışınlanmış gıdaya bakış açısı. HR.Ü.Z.F.Dergisi, 9(2), 19-27.

Kruszewski, M., Malec-Czechowsha, K., Dancewicz, A.M., Iwanenko, T. Szot, Z. and Wojewodzka, M. 1998. Application of the DNA Comet Assay for detection of irradiated meat. Nukleonika, 43 (29); 147-160.

Lacroix, M. and Chiasson, F. 2004. The influence of MAP condition and active compounds on the radiosensitization of *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* present in chicken breast. Radiat. Phys. Chem.,, 71, 67–70.

Lamuka, P. O., G. R. Sunki, C. B. Chawan, D. R. Rao, and Shackelford, L. A. 1992. Bacteriological quality of freshly processed broiler chickens as affected by carcass pretreatment and gamma irradiation. J. Food Sci., 57, 330–332.

Lee, B.H., Simard, L.C. and Holley, R.A. 1985. Effects of temperature and storage duration on the microflora, physicochemical and sensory changes of vacuum or nitrogen-packed pork. Meat Sci., 13, 99-112.

Lee, S., Ynag, J. and Song, K.B. 2001. Detection of irradiated chicken wing and thigh using the DNA Comet Assay. J.Food Sci. Biotechnol., 10 (5); 572-575.

Leistner, L. 2000. Basics aspects of food preservation by hurdle technology. Int. J. Food Microbiol, 55, 89–96.

Leth, T., Hansen, H.B. and Boisen, F. 2006. Comparison of three methods for detection of herbal food supplement irradiation. Eur. Food Res. Technol., 223, 39-43.

Lewis, S.J., Velasquez, A., Cuppett, S. L. and McKee, S.R. 2002. Effect of electron beam irradiation on poultry meat safety and quality. Poultry Sci., 81, 896-903

Liber, H. 1905. U.S. Patent No: 788480. April 25.

Luchsinger, S. E., Kropf, D. H., Garcia-Zepeda, C. M., Hunt, M. C., Marsden, J. L., Rubio-Canas, E. J., Kastner, C. L., Kuecher, W. G. and Mata, T. 1996. Color and oxidative rancidity of gamma and electron-beam irradiated boneless pork chops. J. Food Sci., 61, 1000–1005.

Mahatpara, A.K., Muthukumarappan, K. and Julson J.L. 2005. Applications of ozone, bacteriocins and irradiation in food processing: a review. Crit. Rev. in Food Sci. Nutr., 45, 447-461.

Marin-Huachaca, N.S., Lamy-Freund, M.T., Mancini-Filho, J., Delinceé, H. and Villavicencio, C.H. 2002. Detection of irradiated fresh fruits treated by e-beam or gamma rays. Radiat. Phys. Chem., 63, 419-422.

Marin-Huachaca, N.S., Mancini-Filho, J., Delinceé, H. and Villavicencio, A.L.C.H. 2004. Identification of gamma-irradiated papaya, melon and watermelon. Radiat. Phys. Chem., 71, 193-196.

Marin-Huachaca, N.S., Delinceé, H., Mancini-Filho, J. and Villavicencio, A.L.C.H. 2005. Use of the DNA Comet Assay to detect beef meat treated by ionizing radiation. Meat Sci., 71, 446-450.

Martin, V.J., Green, M.H.L., Schmezer, P., Poo-Zobel, B.L., De Meo, M.P. and Collins, A. 1993. The single cell gel electrophoresis assay (comet assay): A Europen review. Mutat. Res., 288, 47-63.

McKelvey, V.J., Green, M.H.L., Schmezer, P., Pool-Zobel, B.L., Meo, M.D.P. and Collins, A. 1993. The single cell electophoresis assay (comet assay): A Europen review. Mutat. Res., 288. 17-63.

Mead, P. S., Slutsker, L., Dietz,V., McCaig,L. F., Bresee, J. S., Shapiro, C., Griffin, P. M., and Tauxe, R. V. 1999. Food related illness and death in the United States. Emerging Infect. Dis. 5, 607–625.

Merino, L. and Cerda, H. 2000.Control of imported irradiated frozen meat and poultry using the hydrocarbon method and the DNA Comet Assay. Eur. Food Res. Technol., 211, 298-300.

Minsch, F. 1896. Munch Med Wochensch, 5, 101, 109, 202.

Miyahara, M., Saito, A., Ito, H. and Toyoda, M. 2002. Identification of low level gamma irradiation of meats by high sensitivity comet assay. Radiat. Phys. Chem., 63, 451-454.

Molins, R.A. 2001. Food Irradition: Principles and applications, John Wiley&Sons, Inc. Canada. p:469.

Mossel, D.A.A. 1977. The elimination of enteric bacterial pathogens from food and feed of animal origin by gamma irradiation with particular references to S*almonella* radicidation. J. Food Quality, 1, 85-90.

Mulder, R.W.A.W., Notermans, S. and Lampelmacher, E.H. 1977. Inactivation of *Salmonella* on chilled and deep frozen broiler carcasses by irradiation. J. App. Bacteriol., 42, 179-185.

Naik, G. N., Paul, P., Chawla, S. P., Sherikar, A. T. and Nair, P. M. 1994. Influence of low dose irradiation on the quality of fresh buffalo meat stored at 0–3 ºC. Meat Sci., 38, 307–313.

Nam, K.C., Hur, S.J., Ismail, H. and Ahn, D.U. 2002. Lipid oxidation, volatiles, and color changes in irradiated raw turkey breast during frozen storage. Food Chemistry and Toxicology, 67(6); 2061-2066.

Nam, K.C. and Ahn, D.U. 2003. Combination of aerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey breast. Meat Sci., 63, 389-395.

Nakatani, N. 1992. Natural antioxidants from spices. In M. T. Huang, C.-T. Ho, & C. Y. Lee (Eds.), Phenolic compounds in food and their effects on health II – Antioxidants and cancer prevention (pp. 72–86). Washington: American Chemical Society.

Nawar, W.W. 1986. Volatiles from food irradiation. Food Rev. Int., 1, 45-78.

O'Bryan C.A. Crandall, P.G., Ricke, S.C. and Olson, D.G. 2008. Impact of irradiation on the safety and quality of poultry and meat products: a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 48, 442-457

Olive, P.L. 1999. DNA damage and repair in individual cells: applications of the comet assay in radiobiology. Int. J. Radiat. Biol., 75 (4), 395-405.

O'Neill, K.L., Fairbairn, D.W. and Standing, M.D. 1993. Analysis of single cell gel electrophoresis using laser-scanning microscopy. Mutat. Res., 319, 129-134.

Ostling, O. and Johanson, K.J. 1984. Microelectrophoretic study of radiation-induced DNA damages in individual mammalian cells. Biochem. Biophys. Res. Commun., 123(1); 291-298.

Park, J., Hyun, C., Jeong, S., Yi, M., Ji, S. and Shin, H. 2000. Use of the single cell gell electrophoresis assay (comet assay) as a technique for monitoring low-temperature treated and irradiated muscle tissues. Int J. Food Sci. Tech., 35, 555-561.

Patterson, M. 1988. Sensitivity of bacteria to irradition on poultry irradiated under various atmospheres. Letters Appl. Microbiol., 7, 55-58.

Pikul, J. and Kummerow, F.A. 1983. Effect of total lipids, triacylglycerols and phpspholipids on malonaldehyde content in different types of chicken muscles and the corresponing skin. J.Food Biochem., 13, 409-427.

Pikul, J., Leszczynski, E.D. and Kummerow, F.A. 1989. Evaluation of three modified TBARS methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. J. Agr. Food Chem., 37, 1309-1313.

Polednak, A. P. 1997. Estimating the prevalence of cancer in the United States. Cancer, 80(1); 136–141.

Poon, W.B., Dubeski, P. and Kitts, D.D. 2004. Effect of electron beam irradiation on microbial growth, lişpid oxidation and color of ground beef patties upon refrigerated storage. Adv. Exp.Med.Biol. 524, 101-111.

Prescot, S.C. 1904. The effect of radium rays on the colon bacillus, the diphtheria bacillus and yeast. Science, 20, 503, 246.

Rojas, E., Valverde, M., Sordo, M. and Wegman, P.D. 1996. Damage in exfoliated buccal cells of smokers assessed by the single cell gel electrophoresis assy. Mutat. Res., 370, 115-120.

Rojas, E., Lopez, M.C. and Valverde, M. 1999. single cell gel electrohopresis assay: Methodology and applications. Journal of Chromatography B, 722, 225-254.

Rydberg, B. and Johanson, K.J. 1978. DNA repair mechanism. Academic Pres. 465-468. Newyork.

Sardaş, S., Karabıyık, L., Aygün, N. and Karakaya, A.E. 1998. DNA damage evaluated by the alkaline comet assay in lymphocytes of humans anaesthetized with isoflurane. Mutat. Res., 418, 1-6.

Sardaş, S., Yılmaz, M., Öztürk, U., Çakır, N. and Karakaya, A.E. 2001. Assesment of DNA strand breakage by comet assay in diabetic patients and the role of antioxidant supplemenation. Mutat. Res., 49(2); 123-129.

Schwartz, B. 1921. Effect of X-rays on trichinae. J. Ag. Research, 20, 845.

Senter, S.D., Arnold, J.W. and Chew, V. 2000. APC values and volatile compounds formed in commercially processed, raw chicken parts during storage at 4 and 13 ºC and under situmulated temperature abuse conditions. J. Sci. Food Agric., 80,1559-1564.

Shahidi, F., Pegg, R.B. and Saleemi, Z.O. 1998. Stabilization of meat lipids with ground spices. J. Food Lipids, 2, 145-153.

Shea, K.M. 2000. Technical report: irradiation of food. Pediatrics, 106(6); 1505-1510.

Singh, N.P., McCoy, M.T., Tice, R.R. and Schneider, E.L. 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. Exp. Cell Res., 175, 184-191.

Singh, H., Lacroix, M. and Gagnon, M. 1991. Post-irradiation chemical analyses of poultry: a review. Health and Welfare Canada.

Smith, J.S. and Pillai, S. 2004. Irradiation and food safety. Food Tech., 58(11); 48-55.

Spoto, M.H.F., Gallo, C.R., Alcarde, A.R., Gurgel, M.S.A., Blumer, L.,Walder, J.M.M. and Domarco, R.E. 2000. Gamma irradition in the control of pathogenic bacteria in refrigerated ground chicken meat. Scientia Agricola., 57(3); 389-394.

Stevenson, M.H. 1994. Identification of irradiated foods. Food Tech., 55(1); 141-144

Stewart, E.M. 2001. Food Irradiation Chemistry. In R.A. Molins (Ed). Food Irradiation: Principles and applications Chapter 3 . John Wiley&Sons, Inc. Canada.

Tarkowski, J.A., Stoffer, S.C.C., Beumer, R.R. and Kampelmacher, E.H. 1984. Low dose gamma irradiation of raw meat. I. Bacteriological and sensory quality effects in artificially contaminated samples. Int. J. Food Microbiol., 1, 13–23.

Taub, I.A., Kaprielian, R.A., Halliday, J.W., Walker, J.E., Angelini, P. and Merritt, Jr. C. 1979. Factors affecting radiolytic effects in food. Rad. Physics Chem., 14(5); 639-953.

Tauxe, R.V. 2001. Food safety and irradiation: protecting the public from foodborne infections. Emerg. Infect. Dis., 7 (39); 516-521.

Thayer, D.W., Boyd, G., Muller, W.S., Lipson, C.A. Hayne, W.C. and Baer, S.H. 1990. Radiation resistance of Salmonella. J. Indust. Microbiol. 5:383-390.

Thayer, D. W. and Boyd, G. 1992a. Gamma ray processing to destroy *Staphylococcus aureus* in mechanically deboned chicken meat. J. Food Sci., 57, 848–851.

Thayer, D. W., Dickerson, C. Y., Rao, D. R., Boyd, G. and Chawan, C. B. 1992b. Destruction of *Salmonella typhimurium* on chicken wings by gamma radiation. J. Food Sci., 57(3); 586–589.

Thayer, D. W. 1994. Wholesomeness of irradiated foods. Food Tech., 55(1); 132-135.

Thayer, D. W., Boyd, G., Fox, J. B., Lakritz, L. and Hampson, J. 1995. Variation in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meat. J. Food Sci., 60, 63–67.

Tice, R.R., Andrews, P.W., Hirai, O. and Singh, N.P. 1990. The single cell gel (SCG) assay: An electrophoretic technique for the detection of DNA damage in individual cells. Biological Reactive Intermediates IV, Plenum Pres, New York.

Tichivangana, J.Z. and Morrissey, P.A. 1986. Metmyoglobin and inorganic metals as prooxidants in raw and cooked muscle systems. Meat Sci., 15(2); 107-116.

Ulu, H. 2004. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products. Meat Sci., 67, 683-687.

Urbain, W.M. 1986. Food Irradiation, Food Science and Technology, a Series of Monographs, p:351. Academic Pres. Orlando, Florida.

Ünlütürk, A. 1999. Gıda Muhafaza İlkeleri. Alınmıştır 'Gıda Mikrobiyolojisi. Eds. A.Ünlütürk ve F. Turantaş. Bölüm 3'. Mengi Tan Basımevi, İzmir, 605s.

Villavicencio, C.H., Mancini-Filho, J. and Delinceé, H. 1998. Application of different techniques to identify the effectes of irradiation on Brazilian beans after six months storage. Radiat. Phys. Chem., 52, 161-166.

Villavicencio, A.L.C.H., Araujo, M.M., Marin-Huachaca, N.S., Mancini-Filho, J. and Delinceé, H. 2004a. Identification of irradiated refrigerated poultry with the DNA comet assay. Radiat. Phys. Chem.,, 71, 187-189.

Villavicencio, A.L.C.H., Mancini-Filho, J. and Delinceé, H. 2004b. Application of a rapid screening method to detect irradiated meat in Brazil. Radiat. Phys. Chem., 57, 295-298.

Yammamoto, S. A. and Harris, L. J. 2001. The effects of freezing and thawing on the survival of Escherichia Coli O157:H7 in apple juice. Int. J. Food Microbiol., 67, 89–96.

Zhu, M.J., Mendonca, A., Lee, E.C. and Ahn, D.U. 2004. Influence of irradiation and storage on the quality of ready-to-eat turkey breast rolls. Poultry Sci. 83, 1462-1466.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Vasfiye BAŞBAYRAKTAR

Doğum Yeri : Konya

Doğum Tarihi : 05/02/1963

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Konya Atatürk Lisesi

Lisans: Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi A.B.D.

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

1992–1996 : Ankara Büyükşehir Belediyesi, Sağlık İşleri Daire Başkanlığı, Laboratuarlar Şube Müdürlüğü

1997-1999 : Sağlık Bakanlığı Ankara İl Sağlık Müdürlüğü, Gıda ve Çevre Sağlığı Müdürlüğü

2000- : Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi