

**TÜKETİME HAZIR FERMENTE SUCUKLARIN  
MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE GAMMA  
IŞINLAMANIN ETKİSİ**

**Gülce Bedis BAKANOĞULLARI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Tuncay GÜMÜŞ**

**2015**

**T.C.**

**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TÜKETİME HAZIR FERMENTE SUCUKLARIN MİKROBİYOLOJİK  
VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE GAMMA IŞINLAMANIN  
ETKİSİ**

**Gülce Bedis BAKANOGULLARI**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: DOÇ. DR. TUNCAY GÜMÜŞ**

**TEKİRDAĞ-2015**

**Her hakkı saklıdır**

Doç. Dr. Tuncay GÜMÜŞ danışmanlığında, Gülce Bedis BAKANOGULLARI tarafından hazırlanan "Tüketime Hazır Fermente Sucukların Mikrobiyolojik ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Gamma Işınlamanın Etkisi" isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

*İmza:*

Üye: Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

*İmza:*

Üye: Yrd. Doç. Dr. Harun URAN

*İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TÜKETİME HAZIR FERMENTE SUCUKLARIN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE GAMMA IŞINLAMANIN ETKİSİ

**Gülce Bedis BAKANOGULLARI**

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

Bu çalışmada tüketime hazır 10 farklı markanın tesadüfi örnekleme yöntemine göre seçilmiş fermente sucuk örneklerinde (S, Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G), mikrobiyal ve kimyasal kalite üzerine gamma ışınlamanın (0, 2, 4 ve 6 kGy) etkisi araştırılmıştır. Fermente sucuk örnekleri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, laktik asit bakterisi (LAB), sporlu bakteri sayısı, maya-küf sayısı, pH değeri, % protein içeriği, Hunter Lab renk değerleri ve yağ asitleri bileşimi bakımından incelenmiştir. Fermente sucuk örneklerinin ortalama *S aureus* sayısı  $3,33 \pm 0,03$  log kob/g olarak belirlenmiş ve 2 kGy'lik bir ışınlama sonucunda Ş örneği hariç örneklerin tamamında *S.aureus* inhibe olmuştur. 10 örneğin 3'ünde *E. coli*'ye rastlanmış, 2 kGy ışınlama ile Ş ve AP örneklerinde yaklaşık 2 log azalma tespit edilirken, P örneğinde *E. coli* tamamen inhibe edilmiştir. Örneklerin hiçbirinde sporlu bakteriye rastlanmamıştır. Ortalama laktik asit bakteri sayısı  $4,51 \pm 0,04$  log kob/g'dan 2 kGy'lik bir ışınlama sonucunda yaklaşık 3 log azalmış sadece N örneğinde 6 kGy'lik ışınlama ile 2 log seviyesine gerilemiştir ve diğer örneklerde ise tamamen inhibe olmuştur. Maya-küf sayısı ortalama  $3,73 \pm 0,03$  log kob/g tespit edilmiş ve N kodlu örnek hariç tamamında 2 kGy'lik ışınlama ile maya ve küfler inhibe edilmiştir. pH değeri ortalama  $5,35 \pm 0,03$ , olarak tespit edilmiş ve farklı dozda ışınlamanın örnekler arasındaki pH değeri farklılıkları istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) bulunmuştur. Protein oranı (%) ortalama  $16,01 \pm 0,05$  olarak belirlenmiştir. 6 kGy'lik ışınlama işleminin örneklerin protein oranı değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ). Ortalama L değeri  $35,97 \pm 0,05$ , a değeri  $13,84 \pm 0,08$  ve b değeri  $11,21 \pm 0,04$  olarak saptanmış, ışınlama dozu arttıkça L değerinde (Parlaklık) artış, a değerinde (Kırmızılık) ve b değerinde (Sarılık) ise azalma gözlenmiştir. Örneklerin yağ asidi bileşimi farkları 6 kGy'lik ışınlama sonucunda istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** fermente sucuk, gamma ışınlama, mikrobiyolojik özellikler, yağ asitleri bileşimi

2015, 81 sayfa

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF FERMENTED SAUSAGES READY FOR CONSUMPTION

**Gülce Bedis BAKANOGULLARI**

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Main Science Division of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

In this study, the effect of gamma irradiation (0, 2, 4 and 6 kGy) on microbial and chemical quality of ready-to-eat fermented sausages (S, Ş, M, N, P, PR A, AP, E and G) belonging to 10 different brands selected by random sampling method was investigated. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, lactic acid bacteria (LAB), amount of spore-forming bacteria, yeast and mould counts were analyzed in terms of microbiological evaluation and pH value, protein value, Hunter Lab color values and fatty acids composition were determined in terms of physicochemical evaluation. Amount of *S. aureus* of fermented sausages were determined as mean  $3,33 \pm 0,03$  log cfu/g. As a result of 2 kGy irradiation, *S. aureus* was inhibited in all samples except Ş. *E. coli* was found in three samples of each. Although about 2 log reduction were obtained in Ş and AP samples at 2 kGy irradiation, *E. coli* was eliminated completely in P sample. None of samples included spore-forming bacteria. Number of lactic acid bacteria that was an average value of  $4,51 \pm 0,04$  log cfu/g was decreased to 3 log at 2 kGy irradiation. Lactic acid bacteria were completely inhibited in all samples except N which declined to 2 log at a dose of 6 kGy. Number of yeast and mould was determined  $3,73 \pm 0,03$  log cfu/g on average and yeast and mould count was inhibited in all samples except N at irradiation dose of 2 kGy. The average pH value was determined as  $5,35 \pm 0,03$ . The effect of different irradiation doses on pH values of all samples was found statistically insignificant ( $p > 0,05$ ). Protein content (%) was detected  $16,01 \pm 0,05$  on average. The effect irradiation dose of 6 kGy on protein ratio of samples was statistically insignificant ( $p > 0,05$ ). The average L, a and b values of samples were detected as  $35,97 \pm 0,05$ ;  $13,84 \pm 0,08$  and  $11,21 \pm 0,04$ , respectively. As a result of increase in irradiation dose, L value (brightness) increased a (redness) and b (yellowness) values decreased. Fatty acid composition of samples irradiated at 6 kGy was statistically different from control ( $p < 0,05$ )

**Key Words:** fermented sausage, gamma irradiation, microbiological properties fatty acid composition

2015, 81 pages

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ .....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ .....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ .....	x
ÖNSÖZ.....	xi
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>4</b>
2.1. Sucuk Üretimi.....	4
2.2. Sucuk İle İlgili Yapılmış Çalışmalar .....	8
2.3. Sucuklara Işınlama İşleminin Uygulanması .....	13
<b>3.MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>19</b>
3.1. Materyal.....	19
3.2. Metod.....	19
3.3. Mikrobiyolojik Analizler.....	19
3.3.1. Laktik asit bakterisi (LAB) sayımı.....	20
3.3.2. <i>Esherichia coli</i> Sayımı.....	20
3.3.3. <i>Staphylococcus aureus</i> Sayımı .....	20
3.3.4. Sporlu Bakteri Aranması .....	20
3.3.5. Maya ve Küf Sayımı.....	20
3.4. Kimyasal Analizler .....	21
3.4.1. pH Analizi .....	21
3.4.2. Renk Analizi .....	21
3.4.3. Ham Protein Analizi .....	21
3.4.4.Yağ Asitleri Kompozisyonu Analizi .....	21

3.5. İstatistik Analizi.....	22
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>23</b>
4.1. Mikrobiyolojik Analizler.....	23
4.1.1 <i>Esheria coli</i> Sayımı.....	23
4.1.2. <i>Staphylococcus aureus</i> Sayımı .....	25
4.1.3. Laktik Asit Bakterisi Sayımı .....	28
4.1.4. Sporlu Bakteri Aranması .....	32
4.1.5. Maya-Küf Sayımı .....	33
4.2. Kimyasal Analizler .....	39
4.2.1. Ham Protein Analizi .....	39
4.2.2. pH Analizi .....	41
4.2.3. Renk Analizi .....	43
4.2.4. Yağ Asitleri Bileşimi Analizi .....	51
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>75</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>81</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Fermente et ürünleri üretiminde kullanılan starter kültürler .....	6
Çizelge 4.1. Farklı dozlarla ışınlanmış fermente sucuk örneklerinde ortalama <i>E. coli</i> sayısı (kob/g) .....	23
Çizelge 4.2. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklarda <i>E. coli</i> sayımındaki (log kob/g) değişime ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	24
Çizelge 4.3. Farklı dozlarla ışınlanmış fermente sucuk örneklerinde ortalama <i>S. aureus</i> Sayısı (kob/g) .....	26
Çizelge 4.4. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki <i>S. aureus</i> sayısı (log kob/g) değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	27
Çizelge 4.5. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki ortalama laktik asit bakterilerinin sayısı (kob/g) .....	29
Çizelge 4.6. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki laktik asit bakterileri sayısı değişimine ait (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	30
Çizelge 4.7. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki sporlu bakteri aranması sonuçları (kob/g) .....	32
Çizelge 4.8. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki ortalama maya-küf sayısı (kob/g) .....	34
Çizelge 4.9. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki maya-küf sayısı değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (log kob/g) .....	35
Çizelge 4.10. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki % protein sayısındaki değişime ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	40
Çizelge 4.11. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki pH değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	42
Çizelge 4.12. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki L (koyuluk) değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	44
Çizelge 4.13. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki a (kırmızılık) değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	46
Çizelge 4.14. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki b (sarılık) değeri değişimine Ait Duncan testi sonuçları .....	48



Çizelge 4.15. Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki toplam renk değişimine ( $\Delta E$ ) ait Duncan testi sonuçları .....	50
Çizelge 4.16. Işınlama işleminin fermente sucuklardaki yağ asidi bileşimi üzerine etkisi (%)	53
Çizelge 4.16. Işınlama işleminin fermente sucuklardaki yağ asidi bileşimi üzerine etkisi (Devam).....	54
Çizelge 4.17. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam yağ asidi değişimine ait Paired-Sample T testi sonuçları (%).....	55
Çizelge 4.18. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam doymuş yağ asidi değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%).....	57
Çizelge 4.19. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki C16:0 oranı değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%) .....	59
Çizelge 4.20. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki C18:0 değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%) .....	60
Çizelge 4.21. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam doymamış yağ asidi değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%) .....	62
Çizelge 4.22. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam tekli doymamış yağ asidi değişimine Ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%) .....	64
Çizelge 4.23. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam çoklu doymamış yağ asidi değişimine Ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%) .....	66
Çizelge 4.24. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki C18:1n9 değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%) .....	68
Çizelge 4.25. 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam <i>trans</i> yağ asidi değişimine Ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%).....	69

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Nitrozamin oluşum reaksiyonu .....	8
Şekil 4.1. Fermente sucuklardaki <i>E.coli</i> bakterisi üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi..	25
Şekil 4.2. Fermente sucuklardaki <i>S. aureus</i> bakterisi üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi .....	28
Şekil 4.3. Fermente sucuklardaki LAB üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi.....	31
Şekil 4.4. Tipik kolonilere yapılan spor boyama mikroskop görüntüsü.....	33
Şekil 4.5. Fermente sucuklardaki maya- küf sayısı üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi	35
Şekil 4.6. Işınlanmayan fermente sucuk örneklerin mikrobiyal kalitesi .....	37
Şekil 4.7. Fermente sucuk örneklerinde 2 kGy'lik ışınlama sonucu mikrobiyal yük .....	37
Şekil 4.8. Fermente sucuk örneklerinde 4 kGy'lik ışınlama sonucu mikrobiyal yük .....	38
Şekil 4.9. Fermente sucuk örneklerinde 6 kGy'lik ışınlama sonucu mikrobiyal yük .....	39
Şekil 4.10. Fermente sucuk örneklerindeki % protein miktarı (g/100g) .....	41
Şekil 4.11. Fermente sucuklardaki ortalama pH değeri.....	42
Şekil 4.12. Farklı dozlarda ışınlanmış fermente sucuklardaki L değeri değişimi .....	45
Şekil 4.13. Farklı dozlarda ışınlanmış fermente sucuklardaki a değeri değişimi .....	47
Şekil 4.14. Farklı dozlarda ışınlanmış fermente sucuklardaki b değeri değişimi.....	49
Şekil 4.15. Fermente Sucukların Farklı dozlarda ışınlanması sonucu toplam renk değişimi...	51
Şekil 4.16. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam yağ asidi üzerine etkisi .....	56
Şekil 4.17. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam doymuş yağ asidi üzerine etkisi .....	58
Şekil 4.18. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki C16:0 üzerine etkisi .....	59
Şekil 4.19. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki C18:0 üzerine etkisi .....	61
Şekil 4.20 Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam doymamış yağ asidi üzerine etkisi .....	63
Şekil 4.21 Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam tekli doymamış yağ asidi üzerine etkisi .....	65

Şekil 4.22. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam çoklu doymamış yağ asidi üzerine etkisi.....	67
Şekil 4.23. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki C18:1n9 üzerine etkisi .....	68
Şekil 4.24. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam <i>trans</i> yağ asidi üzerine etkisi .....	70

## SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
$\Delta$	Delta
$\mu\text{L}$	Mikrolitre
$\mu\text{m}$	Mikrometre
$a_w$	Su aktivitesi
$\text{cm}^2$	Santimetrekare
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
kGy	KiloGray
L	Litre
log	Logaritma 10'luk taban
m	Metre
MeV	Milyon elektron volt enerji birimi
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
N	Normalite
$^{\circ}\text{C}$	Celsius derecesi
ppm	Milyonda bir kısım
s	Saat
sn	Saniye

## KISALTMALAR DİZİNİ

AOCS	American Oil Chemist Society
BPA	Braid Parker Agar
CO <sup>60</sup>	Kobalt- 60
Cs <sup>137</sup>	Sezyum- 137
cfu	Colony forming unit
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
kob	Koloni oluşturan birim
LAB	Laktik asit bakterisi
MRS	Man Rogosa Sharpe
PCA	Plate Count Agar
PDA	Potato Dekstroz Agar
spp.	Türler
TBA	Tiyobarbütrik Asit
TBARS	Tiyobarbütrat reaktif madde
TBX	Tryptone Bile-X
VBN	Uçucu Basit Nitrojen
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca bilgi ve deneyimlerinin yanı sıra maddi manevi desteğinden sürekli istifade ettiğim tez danışman hocam Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Tuncay GÜMÜŞ'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarına katkılarından ve yardımlarından dolayı Sayın Doç. Dr. Ümit GEÇGEL ve istatistik analizinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezim süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Deniz Damla ALTAN'a ve laboratuvar çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Şeymanur ÖZALP'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak manevi desteklerinden dolayı saygıdeğer annem Semra BAKANNOĞULLARI, babam Fatih BAKANNOĞULLARI ve kardeşim Zeynep BAKANNOĞULLARI'na teşekkür ederim.

Aralık 2015

Gülce Bedis BAKANNOĞULLARI

## 1.GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun artışı, gıda ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Gıda üreticileri, daha fazla kişiye erişmek amacıyla ürünlerin raf ömrünü ve albenisini arttırmak için daha fazla kimyasal katkı maddesi kullanma yoluna gitmektedir. Bu durum yaşam tarzına bağlı olarak beslenmeye dayalı hastalıkların çağımızda artmasına neden olmaktadır. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de beslenmeye dayalı hastalıkların artması insanları hem doğal, hem de geleneksel gıdalar tüketmeye yönlendirmektedir.

Değerli bir besin kaynağı olan etten daha fazla yararlanmak için çeşitli et ürünleri üretilmektedir. Bunlardan en önemli olanı fermente et ürünlerinin tarihi, çok eskilere dayanmaktadır. Aynı zamanda bu yöntem biyolojik saklama yöntemi olarak da kabul edilmektedir. Mikroorganizmaların gelişmeleri ve metabolik aktiviteleri sonucunda oluşan ve birçok ülkede yaygın olarak üretilen kuru fermente et ürünlerinin Türkiye'de en başta geleni ise sucuktur. Sucuk tarihimizde ilk olarak Kaşgarlı Mahmud tarafından 11.yy.'da kaleme alınan Divanü Lügati't-Türk'te bahsi geçmiş daha sonra ise 17.yy.'da Evliya Çelebi tarafından yazılan Seyahatname'de yer almış geleneksel bir Türk gıdasıdır. Türklere özgü olan bu ürün sucuk işleme teknolojisi açısından Avrupa ve Amerika'daki kuru salam ve sosislere benzemektedir (Çon ve ark. 2002, Kaban 2013).

Son yıllarda, et ürünlerinin içerdikleri doymuş yağlar, sodyum ve diğer katkı maddelerinin insan sağlığını olumsuz etkilediği yönündeki söylemler et ürünlerinin tercih edilirliliğini azaltmıştır. Bunda son 50 yılda yapılan epidemiyolojik çalışmalar etkili olmuştur (Arslan 2002). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2003 yılında işlenmiş et ürünlerinin özellikle kürlenmiş ve dumanlanmış et ürünlerinin tüketiminin ılımlı bir şekilde azaltılması gerektiğini bildirmişlerdir (Severini ve ark. 2003). Dünya Kanser Araştırma Merkezi "İşlenmiş Etten Kaçının" uyarısıyla işlenmiş et ürünlerinin kötü imajını daha da güçlendirmiştir (Jimenez 2001). Bu durum üreticileri ve gıda mühendislerini sağlıklı et ürünleri oluşturmaya yönlendirmiştir.

Ülkemizde ticari olarak geleneksel fermente sucuk üretimi azalmaktadır. Geleneksel sucuk üretiminin süresinin uzun oluşu ve buna bağlı olarak ekonomik olmayışı, firmaları bu üretim şekline vazgeçirmeye ve üretim süresi daha kısa, proses verimi daha fazla ve bunlara bağlı olarak daha ekonomik olan ısıtma işlemi uygulanan sucuk üretimine yönlendirmektedir. Isıtma işleminin sağladığı avantajlara rağmen, elde edilen ürünlerin duyu niteliklerinin geleneksel Türk sucuğuna göre yetersiz kalması nedeniyle dezavantajlıdır. Isıtma işlemiyle üretilen sucuklarda fermentasyon süresi çok kısa tutulmakta ve oluşan az miktardaki

uçucu bileşenler ısıtma işlemi sırasında uzaklaşmaktadır. Fermentasyon reaksiyonları ısıtma işlemiyle birlikte durmaktadır. Böylece üretilen üründe koku ve lezzet bileşenleri ya hiç oluşmamakta ya da üründen buharlaşarak uzaklaşmaktadır. Tüketicilerin aradığı karakteristik lezzete sahip ürün ancak belirli şartlarda fermentasyon sonucu oluşabilmektedir (Ercoşkun 2006, Kara ve Akkaya 2010).

Gıdalar mikroorganizmaların gelişmesi için çok verimli ortamlardır. Bu yüzden işlenmiş veya işlenmemiş bir gıdanın muhafazası çağlar boyunca önemli bir sorun olmuştur. Gıda muhafazasında uygulanan yöntemlerin amacı mikrobiyolojik ve enzimatik değişimleri önlemek veya sınırlandırmaktır. Gıda muhafazasında kullanılan dondurma, tütüleme ve ısıtma işlem uygulamaları besin kayıplarına neden olmaktadır. Gıda üretiminde kayıpları azaltacak, raf ömrünü artıracak ve güvenilirliği sağlayacak yeni yöntemlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Konuyla ilgili olarak ışınlama işleminin beklentilere cevap vermesi, bu yöntemin popülaritesini arttırmıştır (Korel ve Orman 2005).

Işınlama tekniği, gıdalara birçok farklı amaçla uygulanabilmektedir. Başlıca uygulamaları, beyaz et, kırmızı et, balık ve baharatlarda hijyenik kalite ve dayanma süresinin yükseltilmesi, meyve ve tahıl gibi tarım ürünlerinde böceklerle mücadele, patates ve soğan gibi ürünlerde filizlenmenin engellenmesi, hasat sonrasında meyvelerin olgunlaşma sürelerinin uzatılması dolayısıyla daha uzun süre saklanabilmelerinin sağlanması ve soğutmaya gerek duyulmadan uzun süre dayanabilen ışınlanarak sterilizasyona uğratılmış gıdaların üretilmesi olarak sıralanabilir (WHO 1994).

Işınlama tekniği et ve et ürünlerinde patojenleri elimine eden en etkili yöntemlerden biridir. Patojenik (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica*) ve bozulma etkeni bakterilerin gelişimini kontrol etmek için 10 kGy'den düşük ışınlama dozu yeterli olmaktadır (Fu ve ark. 1995).

Işınlama, et ürünlerinde etkin bir patojen inaktivasyonu sağlamasına rağmen kaliteyi değiştirmeme konusunda bir garanti vermemektedir. Işınlama işleminin değişik gıdalarda belirli dozların üzerinde istenmeyen tat, koku, renk ve yapı değişimlerine sebep olabildiği bildirilmiştir. Bu durum özellikle taze et ürünlerinde oksidasyon, kötü koku ve renk değişimi olarak kendini göstermekte olup, bu etki ışınlama dozuna, paketleme koşuluna, gıdanın bileşimine bağlı olarak değişmektedir (Kim ve ark. 2002).

Ülkemizde üretilen sucukların büyük kısmı teknolojik ve hijyenik kurallara uyulmaksızın üretilmekte ve fermentasyonları doğal bulaşmadan kaynaklanan mikroorganizmalar ile gerçekleşmektedir. Bunun sonucu olarak da piyasada duyusal,



kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri açısından çok farklı sucuk örnekleri ile karşılaşılmaktadır (Çon ve Gökalp 1998).

Bu çalışmada, tüketime hazır fermente sucuklara uygulanan gamma ışınları ile sucuklarda gelişebilecek patojenlerin inhibisyonu amaçlanmıştır. Her ne kadar ısı işlem görmüş sucukların üretilmesi daha hızlı ise de ısı işlem görmüş ürünler gerek aroma gerekse lezzet bakımından tüketici tarafından pek rağbet görmemektedir. Buna bağlı olarak çalışmamızda ışınlama işlemi ile fermente sucuklarda patojen sporsuz bakteriler ile sporlu bakterilerin inhibisyonu, starter kültürlerin ışınlamaya dayanıklılığı belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca sporlu bakterilerin ışınlama işlemine karşı direnci ortaya konulmaya çalışılarak bir sonraki çalışmada sucuklarda kullanılan kanserojen nitrat ve nitrit miktarını azaltma yoluna gidilmesi planlanmıştır. Aynı zamanda ışınlamanın fermente sucuktaki kimyasal özellikleri üzerine etkileri, özellikle yağ asidi bileşenleri, toplam doymamış yağ asidi ve toplam tekli doymamış yağ asidi miktarını *trans* yağ oluşumu ve doymuş yağ asitlerindeki değişim belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Sucuk Üretimi

Fermente sucuk, kıyma makinesinde veya kuterde büyükbaş ve küçükbaş hayvan etlerinin ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurulmak suretiyle belirli sıcaklık, nispi rutubet, hava cereyanı ve sürede olgunlaştırılan ve kurutma işlemi uygulanarak nem oranı % 40 ve altına düşürülmüş, kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmamış fermente et ürünleridir (Anonim 2012, Gökalp ve ark. 2012).

Sucuk üretiminde et seçimi çok önemli olup, üretimde 3-7 yaşlarında sağlıklı büyük baş hayvan etleri kullanılmalıdır. Kullanılan etlerden tendo, fascia, kıkırdak, lenf yumruları ve sinirler uzaklaştırılmalıdır. Sucuk yapılacak etlerin pH'sı 5,4-5,8 arasında olmalıdır. Düşük pH'a sahip etlerin su tutma kapasitesi azalmakta, bu nedenle de etlerde kuruma ve renk oluşumu daha çabuk şekillenmektedir. Aynı zamanda bu durum nitratın nitrite dönüşümünü geciktirmektedir. Bu nedenle sucuk üretimi için pH 5,9 değeri, kritik pH olarak belirlenmelidir. Üretimde DFD (Dark Firm Dry) etlerin kullanılması yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle daha çabuk bakteriyel bozulmalara, PSE (Pale Soft Exudatif) etlerin kullanımı ise hızlı su kaybı nedeniyle kuruma hatalarına yol açacağından dolayı tercih edilmemelidir (Gökalp ve ark. 2012, Özer 2012).

Sucuk yapımında kullanılacak yağın sert kıvamlı ve düşük sıcaklıkta saklanmış olması gerekmektedir. Yumuşak kıvamlı yağ kullanımı, etin kıyma haline getirilmesi aşamasında sucuk hamuru ve katkı maddelerinin birbirlerine karışmasını ve mozaik görünümün oluşumunu engeller. Kullanılan yağların işlenmeden önce (-6) - (-12) °C arasında veya daha düşük sıcaklık derecelerinde depolanması gerekmektedir. Düşük sıcaklıkta depolama hem yağların oksidasyonunun geciktirilmesi hem de yağın kıyma makinesinde daha etkin bir şekilde kıyılması açısından önemlidir. Sucuk yapımına en uygun yağlar koyun kuyruk yağı veya sığır sırt yağlarıdır. İç ve çöz yağları sucuk yapımında kullanılmamalıdır (Öztan 2003, Gökalp ve ark. 2012, Özer 2012).

Sucuk ve benzeri fermente ürünlerde olgunlaştırmada en önemli rolü oynayan mikroorganizmalar *Lactobacillus*, *Staphylococcus* ve *Micrococcus* cinslerinin üyeleridir. Laktobasiller fermentasyon tipine göre homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki gruba ayrılırlar ve heterofermantatifler laktik asit oluşturmalarını yanında CO<sub>2</sub> gazı da oluşturdukları için sucuk ve benzeri fermente ürünlerde gözenek oluşumuna hatta

vakumlanarak ambalajlanmış ürünlerde bombaj oluşumuna neden olabildikleri için arzu edilmezler.

Sucuk hamurunun mikroflorası et ve yağın tabii olduğu işlemlere bağlıdır. Hijyenik koşullarda elde edilen taze et genellikle  $10^4$  /cm<sup>2</sup>'den daha az mikroorganizma içermekte, hakim florayı *Micrococcaceae* familyasının üyeleri ile mayalar oluşturmaktadır. Sucuk hamurunun hazırlanması işlemi sırasında tuz ilavesi ile  $a_w$  0,96 civarına düşürülerek aerobik bakterilerin oksijen temini zorlaştırılmaktadır. Stafilokoklar aside hassas mikroorganizmalardır. Bunların laktobasillerle çoğalabilmeleri laktobasillerin pH'yı düşürme hızına, laktobasil başlangıç yüküne ortamdaki karbonhidrat miktarına ve çeşidine bağlıdır. pH'daki düşüş *Enterobacteriaceae* familyası üyeleri üzerinde de etkili olmaktadır. Fermente et ürünlerini yavaş olgunlaştırılması halinde, aside hassas bu bakteriler (*Enterobacteriaceae*, *Micrococcaceae*) daha iyi gelişme imkanına sahip olmaktadır. Çünkü pH düşüşü, düşük oranda şeker ilavesinde ve düşük olgunlaşma sıcaklığında daha yavaş bir seyir göstermekte ve buna bağlı olarak nitrat ilavesi aside hassas nitratı indirgeyen bu bakterilerin çoğalmasını teşvik etmektedir (Gökalp ve ark. 2012).

Sucuk hamuru kıyma makinesinde veya kuterde hazırlanmaktadır. Daha önceden el ayası büyüklüğünde parçalara ayrılarak soğutulmuş etler kıyma makinesinin kuşbaşı gözlü aynasından çekilir. Bu karışımın üzerine baharat, katkı maddeleri ve starter kültür ilave edilerek iyice karıştırılır. Bu karışım +4 °C de 12-24 saat bekletilir. Soğutulmuş yağ 2,5-3,0 mm çaplı aynalardan geçirilir. Yağın etten daha büyük çaplı aynalardan geçirilmesi sağlanacak mozaik görüntü açısından önemlidir. Dinlenen karışımın içerisine çekilen yağda ilave edilerek iyice yoğrulur ve dolum işlemine geçilir (Öztan 2003, Gökalp ve ark. 2012 ).

Kılıflara dolum yapıldıktan sonra sucukların fermente edilip, kurutulması için olgunlaştırma aşamasına geçilir. Sucuklarda fermentasyon işlemi ile beraber oluşan laktik asit sayesinde arzu edilen asitlik derecesi elde edilir. Yeteri düzeyde fermentasyon işleminden sonra sucuklar belirli koşullar altında kurumaya bırakılır. Uygun sıcaklık, rutubet ve hava sirkülasyonu ile arzu edilen mikroorganizmaların faaliyeti neticesinde olgunlaştırma işlemi gerçekleştirilir. Klimatize odalarda sucuklar 15-25 °C sıcaklık, 0,5-1,5 m/s hava sirkülasyonu ve bağıl nemi % 75-95 arasında değişen koşullarda olgunlaştırılır (Öztan, 2003, Gökalp ve ark. 2012 ).

Türk sucuğu kimyasal ve duyuşsal özelliklerine göre üç sınıfa, içerdiği yağ miktarına göre ise normal yağlı ve çok yağlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Üretim yöntemine ve dış görünüşüne göre; kangal sucuk, baton (çubuk, jop veya baston) sucuk, parmak sucuk, pişmiş

sucuk olmak üzere dört çeşittir. Soyulduktan sonra dilimlenmiş olarak pazarlandığı gibi büfe sucuk, lüks sucuk, ekstra sucuk gibi değişik üretim biçimleri de mevcuttur (Öztaş, 2003).

Geleneksel yöntemlerle Türk tipi fermente sucuk üretiminde standart bir ürün elde etmek ve raf ömrünü arttırmak amacıyla starter kültürlerden faydalanılmaktadır. Bu üretimlerde starter kültür olarak laktik asit bakterileri, mikrokoklar, stafilokoklar, enterobakterler, mayalar ve küfler kullanılmaktadır. Bunların bazı suşları Çizelge 2.1’de verilmiştir. Bunun yanı sıra starter kültür kullanımı ile sucukta oksidatif ransidite, biyojenik aminler ile nitrozamin oluşumu ve istenmeyen mikroorganizmaların gelişmeleri engellenmektedir (Alperden ve Öztaş 1993, Dalmış 2007).

**Çizelge 2.1.** Fermente et ürünleri üretiminde kullanılan starter kültürler

<b>Bakteriler Bazı Suşlar</b>	
<b><i>Lactobacillus</i></b>	<i>Lactobacillus plantarum, L. pentosus, L. sake, L. curvatus,</i>
<b><i>Pediococcus</i></b>	<i>Pediococcus acidilactici, Pediococcus pentosaceus</i>
<b>Mikrococcus</b>	<i>Micrococcus varians, M. auranticus</i>
<b><i>Staphylococcus</i></b>	<i>Staphylococcus carnosus, S. xylosus,</i>
<b>Enterobakterler</b>	<i>Aeromonas sp.</i>
<b>Mayalar</b>	<i>Debaryomyces hansenii</i>
<b>Küfler</b>	<i>Penicillium nalgiovense</i>

Olgunlaşma süresi açısından çiğ sucuklar hızlı, normal ve yavaş olgunlaşan olmak üzere üç gruba ayrılır. Hızlı olgunlaştırılan fermente ürünlerde kürleyici olarak nitritli kütleme tuzu (%0,4-0,5 NaNO<sub>2</sub>, % 99,6- 99,5 NaCl) kullanılmakta ve olgunlaşma oldukça yüksek sıcaklıklarda (25 °C civarı) yapılmaktadır. Aroma açısından arzu edilen ölçüde olmayan bu tip ürünler 7-10 gün içerisinde tüketime hazır duruma gelmekte ve bu nedenle üretim maliyetleri daha düşük olmaktadır.

Normal sürede olgunlaştırılan çiğ sucuklarda ise hamura nitritli kütleme tuzu (NKT) ilave edilmektedir. Ancak olgunlaşma daha yavaş bir şekilde (olgunlaşma sıcaklığı: 20-24 °C) yapılmaktadır. Bu tip ürünler en az 20 günlük olgunlaşma süresinden sonra piyasa sürülmektedir. Yavaş olgunlaştırılan çiğ sucuklarda olgunlaşma sıcaklığı 20 °C’nin altında olup kürleyici olarak nitritli kütleme tuzu yerine genellikle nitrat + tuz kullanılmaktadır. Bazen, nitrat ile nitritli kütleme tuzu birlikte de kullanılabilir. Nitrat ilave edilerek üretilen sucuklarda pH değerindeki çok hızlı düşüş, nitratı indirgeyen mikroorganizmaların faaliyetlerini inhibe etmekte ve böylece renk oluşum hataları meydana gelmektedir. pH

değerinin hızlı düşüşünde, yüksek şeker dozu ve yüksek olgunlaşma sıcaklığı önemli derecede etkili olmaktadır. Bu nedenle hızlı olgunlaştırılan sucuklarda nitrat kullanımını uygun görülmemektedir (Gökalp ve ark. 2012).

Nitrat ve nitritin et ürünlerinde kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) ve Nitrit ( $\text{NO}_2$ )'in indirgenmesi sonucu oluşan nitrik oksit (NO) gıda zehirlenmesine neden olan *Clostridium botulinum*'un çoğalması ve toksin salgılamasını engellemektedir. Araştırmacılar, NO'nun etkili olduğu ve inhibe ettiği mikroorganizmaların *C. botulinum*, *C. putrificans* ve *C. sporogenes* olduğunu ve *C. botulinum*'un inhibisyonu için gerekli nitrit dozunun 150 ppm olduğu bildirmektedirler.
- Sosis salam gibi kür edilmiş ısıl işlem görmüş ürünlerde arzu edilen parlak, pembemsi-kırmızı rengi sağlayan nitrosohemokronu, sucuk gibi kür edilmiş çiğ ürünlerde ise pembemsi-kırmızı rengini sağlayan nitrosomyoglobini  $\text{NO}_3$  ve  $\text{NO}_2$  oluşturmaktadır. Bu rengin oluşabilmesi için ise 35-50 ppm nitrit yeterli olmaktadır.
- Tat ve lezzet üzerinde etkileri vardır. Kür edilmiş ürünlerin kendilerine özgü tipik tat ve lezzetinin oluşmasını sağlarlar.
- $\text{NO}_3$  ve  $\text{NO}_2$ 'nin aynı zamanda antioksidant özelliği de vardır. Bu özellikleri sayesinde ısıtılmış-soğutulmuş tekrar ısıtılmış ürünlerde, arzu edilmeyen tat ve lezzetinin (warmed-over-flavor) oluşumunu önlerler.
- Doku gelişimini sağlarlar (Wirth 1986, Öztan ve ark. 1991, Ferreira ve Silva 2008, Gökalp ve ark. 2012).

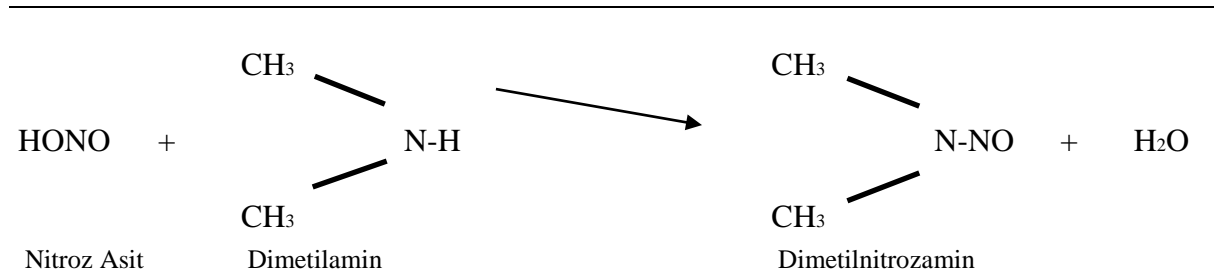
Nitrat ve nitrit, et ve et ürünlerinde vazgeçilmez katkı maddelerindedir. Ancak öngörülen dozdan daha yüksek oranlarda ilave edildiklerinde ortaya çıkabilecek zararlı etkilerinden korunmak için bazı ülkelerde (örneğin Norveç) nitrat ve nitrit kullanımını tamamen yasaklanmıştır. Diğer ülkelerde de kullanımına belli bir dozda olmak şartıyla izin verilmiştir. Et ürünlerindeki kalıntı nitrit miktarı Avrupa Topluluğu Standartları'nda 15 ppm, Codex Alimentarius'ta da 30 ppm'den fazla olmamalıdır (Bayraktar ve ark. 1998). Ülkemizde ise Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde sodyum nitrat ve potasyum nitratın maksimum 150 ppm kullanımına fermente sucuk ve pastırma hariç izin verilmiştir. Potasyum nitrit ve sodyum nitritin ısıl işlem görmemiş işlenmiş etlerde üretim sırasında maksimum 150 ppm kullanımına izin verilmiştir (Anonim 2013).

Nitratın akut toksisitesi çok seyrek görülmektedir. Çoğu olguda meydana gelen bulgular nitratın nitrite indirgenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yetişkinlerde 8-15 g sodyum

veya potasyum nitrat alınmasını takiben aniden ortaya çıkan şiddetli gastroenterit, karın ağrısı, idrar ve gaitada kan ve halsizlik görülebilir. Kronik durumlarda ise hazımsızlık, mental depresyon, işitme ve görme bozukluğu, baş ağrısı görülebilir. Nitratın aksine nitritin akut toksisitesi siktir ve buna bağlı çok sayıda ölüm bildirilmiştir. Bu genellikle sodyum nitritin yanlışlıkla alımına veya gıdalarda kontrolsüz kullanımına bağlı olarak gelişmektedir (Tayyar 2010).

Bağırsaklardan emilen nitrit kana geçtiğinde hemoglobinle birleşerek methemoglobin oluşumuna neden olur. Methemoglobin hemoglobinde bulunan iki değerli demirin ( $Fe^{+2}$ ) okside olup, üç değerli ( $Fe^{+3}$ ) duruma geçmesiyle oluşur. Methemoglobinin oksijen taşıma özelliği olmadığından oksijen yetersizliği görülür. Methemoglobinemi derecesine göre hafif bir siyonazla seyredildiği gibi ileri durumlarda ölüm görülür (Öztürk ve ark. 2010, Tayyar 2010).

Gıdalara katılan nitrat ve nitrit, toksik tesirlerini, hayvansal ürünlerdeki sekonder aminlerle birleşerek oluşturdukları nitrozaminlerle de gösterirler. Nitrozaminlerin hem insanlar ve hem de hayvanlarda karsinojenik tesirli olduğu çok sayıda araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Nitrozaminlerin mutajenik ve teratojenik etkileri de söz konusudur. Nitrozamin oluşum reaksiyonu Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** Nitrozamin oluşum reaksiyonu

Nitritin birleşerek nitrozamin oluşturduğu sekonder aminler, proteinlerin parçalanma ürünlerinden kaynaklanır. Nitrozaminlerin oluşumunda bakteriler, pH değeri ve sıcaklık önemli rol oynar (Bayraktar ve ark. 1998).

## 2.2. Sucuk İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Sancak ve ark. (1996) araştırmalarında, Van piyasasından toplanan 50 adet fermente sucuk numunesinin mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri bakımından incelenmişlerdir. Fermente sucukların mikrobiyolojik analizlerinin sonucunda ortalama toplam bakteri, koliform, *E.coli*, fekal streptokok, stafilokok, koagulaz pozitif stafilokok, *C.*

*perfringenes* ve maya-küf sayılarını sırasıyla;  $3,3 \times 10^8$  kob/g,  $5,2 \times 10^3$  kob/g,  $4,6 \times 10^3$  kob/g,  $5,1 \times 10^3$  kob/g,  $6,7 \times 10^3$  kob/g,  $1,9 \times 10^3$  kob/g,  $1,7 \times 10^3$  kob/g ve  $7,3 \times 10^3$  kob/g olarak saptamışlardır. Numunelerde *Salmonella* spp.'ye rastlanmamıştır. Kimyasal ve fiziksel analizlerin sonucunda numunelerin ortalama rutubet, yağ, tuz, kül ve protein miktarları sırasıyla %38,57; %36,13; %4,12; %3,99; %16,43; pH değeri 5,50 ve su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri 0,91 olarak bulmuşlardır.

Çon ve ark. (2002), büyük kapasiteli et işletmelerinde üretilen sucuk örneklerinde yaptıkları bazı mikrobiyolojik analizlerde toplam aerobik mezofilik bakteri, *Enterobacteriaceae* ve maya-küf sayısını ortalama olarak sırasıyla  $2,9 \times 10^7$  kob/g,  $1,3 \times 10^3$  kob/g ve  $1,2 \times 10^4$  kob/g düzeyinde saptamışlardır. *Staphylococcus aureus* sayısı da  $2,0 \times 10^1$ - $7,1 \times 10^5$  kob/g arasında ve ortalama  $3,8 \times 10^4$  kob/g olarak tespit edilmiştir. *C. perfringens*'in örneklerin % 93,3'ünde bulunmadığını, ancak % 6,67'sinde  $10^1$  kob/g seviyesinde *C. perfringens* tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Demirci ve ark. (2004) İstanbul piyasasında üretilen bazı fermente sucukların kalite kriterlerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada numunelerin pH değeri 5,02-5,87, % nem miktarı; 25,90-38,60, % yağ; 32,50-43,40, % ham protein; 18,90-26,85, % kül; 4,10-5,10, % tuz; 3,10-4,44 arasında bulmuşlardır. Mikrobiyolojik olarak ise örneklerin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısını  $1 \times 10^7$ - $5,7 \times 10^8$  kob/g, koliform grubu bakteri sayısını  $1,8 \times 10^3$ - $6,9 \times 10^3$  kob/g arasında bulurken, hiçbir örnekte *E. coli* tespit etmemişlerdir. Maya ve küf sayısı 2 çeşitte  $<10$  kob/g olarak tespit edilirken, diğer çeşitlerin maya ve küf sayısını ortalama  $5 \times 10^5$  kob/g olarak tespit etmişlerdir.

Erkmen ve Bozkurt (2004) Türk sucuğunun genel kalite özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmalar neticesinde fabrikasyon üretimi yapan firmalardan alınan örneklerin toplam mezofil aerobik canlı mikroorganizma sayısı 5,67-7,43 log kob/g, laktik asit bakteri sayıları 4,70-6,43 log kob/g, maya küf sayıları 3,15-5,53 log kob/g, pH'ları 4,53-5,68, kalıntı nitrit miktarları 3-18,60 mg/kg sonuçlarına varmışlardır. Kasaplardan temin edilen numunelerde yapılan çalışmalarda ise canlı mikroorganizma yükü 5,83-7,78 log kob/g, laktik asit bakteri sayısı 4,12-5,74 log kob/g, maya küf sayıları 3,70-5,80 log kob/g, kalıntı nitrit miktarı 2,05-22,62 mg/kg olarak bulmuşlardır. Yapılan araştırma neticesinde maya-küf sayılarının izin verilen düzeylerin dışında olduğu, fabrikasyon ürünlerinin kasap sucuklarına nazaran tüketilmesinin daha az riskli olduğu sonucuna varmışlardır.

Fernandez-Gines ve ark. (2004) Fermente çiğ ve pişirilmiş olan sosislere limon albedolarını 4 farklı konsantrasyonda ilave etmişlerdir. Bologna tipi sosislere ilave edilen

diyet lifi sayesinde ürünün besin değerinin arttığı ve biyoaktif bileşenlerin kalıntı nitrit miktarını azalttığını belirtmişlerdir.

Erdoğan ve Ergün (2005) Kahramanmaraş piyasasında tüketime sunulan sucukların kalite özelliklerini saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ortalama  $3,2 \times 10^7$  kob/g, küf ve maya sayısı ortalama  $7,0 \times 10^5$  kob/g, toplam koliform sayısı ortalama 244 EMS/ml, proteolitik bakteri sayısı ortalama  $1,5 \times 10^7$  kob/g olarak bulunmuşlardır. Ayrıca 60 sucuk örneğinden 9 tanesinde *E.coli*, 4 tanesinde koagülaz negatif *S.aureus*, 1 tanesinde *Salmonella* spp., 10 tanesinde endosporlu bakteriye, 1 tanesinde *Vibrio parahaemolyticus* ve 1 tanesinde *V. cholerae*'ya rastlamışlardır.

Afyonkarahisar'da 100 adet sucuk örneği üzerinde yapılan bir çalışmada piyasadandan alınan örneklerin %18'inde kalıntı nitrat ve %11'inde kalıntı nitrit seviyelerinin olması gerekenden daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Sırıken ve ark. 2006).

Yetim ve ark (2006) yaptıkları bir çalışmada ürüne katılan nitrit miktarının 150 ppm seviyesinden 100 ppm seviyesine düşürülmesi sonucunda hem antimikrobiyal hem de duyuşsal olarak istenen sonuçların alınabildiği bildirmişlerdir.

Başka bir çalışmada ise engeller teknolojisi kullanılarak sosislerdeki kalıntı nitrit miktarı azaltılmaya çalışılmış ve 50 ppm nitrit ilave edilmiş, pH'sı glukona delta lakton ile 5,4'e ayarlanmış, iç sıcaklığı 75°C oluncaya kadar pişirilmiş, kısa sürede soğutulan ve düşük sıcaklıkta (3 - 10°C) muhafaza edilmiş sosislerde kontrol grubuna göre (120 ppm nitrit ilave edilmiş) toplam mikroorganizma sayısının düştüğü, *Clostridium perfringens* ve *Cl. botulinum* sayısı bakımından bir farklılık bulunmadığı bildirilmiştir. Ama bilindiği gibi nitrit özellikle *C. botulinum*'a karşı kullanılan bir katkı maddesi olması sebebi ile bu çalışmadaki araştırmacılar da nitritin etkili olduğu minimum miktarda patojenlere karşı kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir (Jafari ve Emam-Djomeh 2007).

Zhang ve ark. (2007) harbin red sosise kürlenmiş et rengi olan pembe rengi vermesi için nitrit yerine  $10^8$  kob/g seviyesinde *L. fermentum* katmışlar ve istenen seviyede pembe renk oluşumunu sağlamışlardır. Nitrit (60 mg/kg) katılan ürünün kalıntı nitrit (10,76 mg/kg) miktarı nitrit yerine *Lactobacillus fermentum* ilave edilen sosise (2,33 – 2,66 mg/kg) göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca *L. fermentum* kullanımının sosis tat ve tekstürü üzerine negatif bir etkisinin olmadığını da ifade etmişlerdir.

Ulusoy (2007) fermente sucuk üretiminde, kefir kültürünün çeşitli oranlarda klasik sucuk kültürüyle kombinasyonun starter kültür olarak kullanılmasının mikrobiyolojik ve kalite yönünden uygunluğu araştırmıştır. Bu amaçla, sucukları A (kültürsüz, kontrol), B ( $10^9$  kob/ml'lik kefir kültürü stok solüsyonundan 100 ml), C ( $10^9$  kob/ml'lik sucuk kültürü stok



solüsyonundan 100 ml), D (Kefir kültürü stok solüsyonundan 10 ml + sucuk kültürü stok solüsyonundan 90 ml) ve E (Kefir kültürü stok solüsyonundan 90 ml + sucuk kültürü stok solüsyonundan 10 ml) olmak üzere 5 gruba ayırmıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, *S. aureus*, *E. coli*, sülfite indirgeyen anaerob bakteri ve koliform bakteriler gibi ürün hijyeni ve halk sağlığı açısından risk taşıyan bakterilerin kefirle üretilen sucuk gruplarında diğer gruplara kıyasla muhafazanın daha erken dönemlerinde inhibe olduğunu tespit etmiştir. Muhafazanın son gününde A, B, C, D ve E gruplarında küf-maya sayılarının 5,30 ile 7,84 log<sub>10</sub> kob/g arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Kök ve ark. (2007) Aydın ilindeki farklı marketlerden temin ettikleri toplam 100 fermente sucuk örneğinden kültür yöntemi ile *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella* spp, *Listeria* spp.'nin varlığı test etmişlerdir. Sucuk örneklerinde, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ortalama  $4,20 \pm 0,06$  log kob/g, maya ve küf sayısı ortalama  $3,00 \pm 0,06$  log kob/g, stafilokok-mikrokok sayısı ortalama  $3,95 \pm 0,5$  log kob/g ve koliform grubu bakteri sayısı ortalama  $1,62 \pm 0,54$  log kob/g olarak bulmuşlardır. Ayrıca 100 sucuk örneğinin 16 tanesinde *E. coli*, 12 tanesinde *S. aureus*, 5 tanesinde *Salmonella* spp, 4 tanesinde *Listeria monocytogenes*, 7 tanesinde *Listeria innocua*, 3 tanesinde *Listeria welshimerii* izole ve tanımlanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda sucuk örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Et Ürünleri Tebliğine uygun olmadığını ve dolayısıyla mikrobiyolojik kalitesinin kötü olduğu kanısına varmışlardır.

Çoksever (2009) sucuklara çiğ kurutulmuş turunç albedolarını ve ısıtma işlemi görmüş kurutulmuş turunç albedolarını farklı oranlarda (% 1,0; 2,5 ve 5,0) ilave etmiş ve bu iki farklı turunç albedosunun sucuğun kalite karakteristikleri üzerine yaptığı etkiyi incelemiştir. Olgunlaşma sonucu ortalama pH değerini 5,40 bulmuştur. Laktik asit bakteri sayısını ortalama 5,72 log kob /g maya-küf sayısını ortalama 5,95 log kob/g olarak tespit etmiştir.

Farklı yağ (%10, 15 ve 20) ve portakal lifi oranlarını (%0, 2 ve 4) esas alarak elde ettiği sucukların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimleri inceleyen Yalınkılıç (2009) %4 lif seviyesinin laktik asit bakteri gelişimini önemli ölçüde teşvik ettiğini ve pH'yı düşürücü etkisi sayesinde *Micrococcus/ Staphylococcus* gelişimini az da olsa yavaşlattığını tespit etmiştir. Ancak lif kullanımının *Micrococcus/ Staphylococcus* üzerindeki etkisini oldukça sınırlı bulmuş, lif içeren örneklerde kontrol grubu örneklerde olduğu gibi *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı inokülasyon sayısının altına düşmediğini belirtmiştir. Sucuk üretiminde portakal lifi kullanımının kalıntı nitrit miktarını önemli ölçüde düşürdüğünü tespit etmiştir. Sucuk üretiminde portakal lifi kullanımının tiyobarbitrat reaktif madde (TBARS) değerinde artışa neden olduğunu fakat bu artışın duyu analizde üründe ransid tada sebebiyet vermediğini ortaya koymuştur.

Kaval ve ark. (2010) Tokat bez sucuğunda aerobik mezofilik mikroorganizma sayısını  $3,35 \times 10^6$ -  $4,23 \times 10^9$  kob/g, laktik asit bakterisi sayısını  $5,55 \times 10^5$ - $2,45 \times 10^9$  kob/g, *Bacillus cereus* sayısını  $3 \times 10^5$ -  $5,1 \times 10^8$  kob/g, *C. perfringenes* sayısını  $3 \times 10^3$ - $2,86 \times 10^5$  kob/g, maya-küf sayısını  $3 \times 10^3$ - $6,9 \times 10^9$  kob/g,  $a_w$  değerini 0,774-0,978, pH değerini 4,69-6,94 arasında tespit etmişlerdir. Ayrıca tüm numunelerde *E. coli*'ye rastlamışlardır.

Turhan ve Temiz (2010) Bez sucuklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada bez sucukların, protein oranları %13,17 - 30,66, pH değerlerini 5,16 - 5,68;  $L^*$  değerini 31,69 - 40,47;  $a^*$  değerini 5,46 - 16,58;  $b^*$  değeri 9,32 - 16,76 arasında belirlemişlerdir.

Öksüztepe ve ark. (2011) Elazığ'da satışa sunulan 100 adet fermente sucuk örneğini mikrobiyolojik ve kimyasal kaliteleri yönünden incelemişlerdir. Ortalama olarak toplam mezofilik aerob bakteri sayısını 8,75 log kob/g, koliform grubu bakteri sayısını 1,32 log kob/g, maya-küf sayısını 3,08 log kob/g, *Staphylococcs-Micrococcus* sayısını 3,99 log kob/g, laktik asit bakterisi sayısını 8,56 log kob/g ve *Clostridium perfringens* sayısını 1,94 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. İncelenen örneklerin %15'inde *E.coli*, % 10'unda koagulaz (+) *Staphylococcus aureus*, %3'ünde *Salmonella* spp., %4'ünde *Listeria monocytogenes*, %2'sinde *Listeria welshimeri* ve %3'ünde *Listeria seeligeri* bakterisine rastlamışlardır. Kimyasal analiz sonuçlarına göre ise ortalama rutubet miktarını %38,75; tuzu %4,36; külü %5,39; proteini %21,92; yağı %35,22 ve pH değerini 5,18 olarak tespit etmişlerdir.

Karakuş (2011) Tokat ilinde üretilen Tokat Bez Sucuğunun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada sucuk çeşitlerinin ortalama değerleri bakımından nem oranını %42,91 - 43,28; kül oranlarını %4,41 - 4,47; protein oranını %15,83 - 23,88; yağ oranını %34,1 - 35,1; pH değerini 5,18 - 6,48; Hunter L değeri 32,03 - 40,04; Hunter a değeri (-)1,11 - 5,87, Hunter b değeri 8,14 - 12,78; toplam canlı mikroorganizma sayısı 8,93 - 8,99 log kob/g; *S.aureus* sayısı 3,01 - 3,13 log kob/g; laktik asit bakterileri sayısı 6,87 - 7,02 log kob/g; maya-küf sayısı 4,11 - 4,20 log kob/g arasında değiştiğini belirlemiştir. Ayrıca 20 örneğin 4'ünde *Salmonella* 3'ünde *E.coli* varlığı belirlemiştir.

Pehlivanoglu ve ark. (2015) Türkiye'de marka olmuş firmalar tarafından üretilen ve fermente sucuk etiketi ile piyasaya sunulan sucukların karakteristik özelliklerini araştırmışlar ve sonuçları geleneksel Türk sucuğu özellikleri ile karşılaştırmışlardır. Koliform grubu mikroorganizma sayılarını, numunelerin 15 adedinde (%50)  $10^5$  kob/g'dan fazla, 3 adedinde (%10)  $10^3$  ile  $10^5$  kob/g arasında 12 adedinde (%40) ise  $10^1$  kob/g'ın altında olduğunu tespit etmişlerdir. Laktik asit bakterileri, numunelerin 14 adedinde (%46,6)  $10^6$  kob/g'dan fazla, 2

adedinde (%6,6)  $10^3$  ile  $10^6$  kob/g arasında ve 14 adedinde (%46,6) ise  $10^1$  kob/g'ın altında olduğunu tespit etmişlerdir. Mikrokok ve stafilocok sayıları, numunelerin 9 adedinde (%30)  $10^4$  kob/g'ın üzerinde, 4 adedinde (%13,3)  $10^3$  ile  $10^4$  kob/g arasında ve 17 adedinde (%56,6) ise  $10^1$  kob/g'ın altında bulmuşlardır. Küf ve maya sayıları, numunelerin 8 adedinde (%23,3)  $10^7$  kob/g'den büyük, 16 adedinde (%53,3)  $10^5$ - $10^7$  kob/g arasında, 3 adedinde (%10)  $10^2$ - $10^5$  kob/g arasında ve 4 adedinde (%13,3) ise  $10^1$  kob/g'ın altında olduğu tespit etmişlerdir. pH değerleri numunelerin 22 adedinde (%73,3) 4,7 ile 5,4 arasında ve numunelerin 8 adedinde (%26,6) ise 5,4 ile 6 arasında saptamışlardır. Bu yaptıkları çalışmaya göre materyal olarak kullandıkları 30 örneğin 8 adedinin fermente sucuk özelliğine, 9 adedin yarı fermente ve 13 adedin ise ısıtılmış sucuk özelliğine yakın olduğunu belirtmişlerdir. Bunun sonucunda piyasaya sürülen çoğu örneğin tam fermente olmaması nedeniyle yönetmelikler açısından taklit ve taşıma kapsamına girdiği sonucuna varmışlardır.

Poçan ve ark. (2015) ticari olarak satışı sunulan farklı tip sucukların fizikokimyasal ve tekstürel özelliklerinin belirlenmesini amaçladıkları çalışmalarında fermente sucuk örneklerinin pH değerleri 4,92 - 5,37 arasında bulmuşlardır. Fermente sucuk örneklerini L\*, a\* ve b\* değerlerini ortalama sırasıyla 43,76; 22,20 ve 14,90 olarak tespit etmişlerdir.

### 2.3. Sucuklara Işınlama İşleminin Uygulanması

Radyasyonun gıda ışınlamada kullanılmasının temelini, 1895 yılında Alman fizikçi W. Konrad Roentgen'in X ışınlarını, aynı yıl Fransız fizikçi Antoine Henry Becquerel'in radyoaktiviteyi keşfetmeleri oluşturmuştur. 1921'de Schwartz'ın, X-ışınlarıyla domuz etindeki *Trichniella spiralis*'in eliminasyonu konulu çalışması ilk gıda ışınlama araştırmasıdır (Zorba 2009). 1980 yılında, Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO), Uluslararası Atomik Enerji Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO), gıdalarda 10 kGy doza kadar ışınlamanın toksikolojik, beslenme ve mikrobiyolojik açıdan bir zararı olmadığını belirtmişlerdir (Brewer 2004).

Gıda ışınlamada, ışınlama kaynağı olarak gama ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektronlar kullanılmaktadır. X-ray ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları makineler ile oluşturulurken, gamma ışınları radyoaktif çekirdeklerin kendiliğinden bozunması ile oluşan enerji sonucunda kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Bu üç kaynaktan gama ışınları,  $Co^{60}$  (Kobalt 60) ve  $Cs^{137}$  (Sezyum 137) izotopları en fazla kullanılan kaynaklardır. Cobalt-60 ile gıda ışınlama çoğu işletme tarafından tercih edilen bir yöntemdir, çünkü derinlemesine ve hızlı bir penetrasyon sağlamaktadır (Öztürk 2008, Apaydın 2015).

Gıdaların gama ışınları ile muamele edilmesi diğer geleneksel yöntemlerde de olduğu gibi bazı besin değerlerinde değişimlere yol açabilmektedir. Diğer yandan ışınlamanın karbonhidrat

kaynaklı besin değerini etkilemediği belirtilmiştir. Gama ışınları kararsız katyon radikalleri ve molekülleri oluşturarak oksidasyon, dekarboksilasyon, dehidrasyon ve polimerizasyon reaksiyonlarına yol açar. Bu reaksiyonlar ile aldehitler, ketonlar, esterler, diğliseritler, hidrokarbonlar gibi birçok ürün oluşur. Gıdada doymamış yağ asidi miktarı arttıca ışınlama işlemine karşı gösterilen hassasiyet artmaktadır (Karadağ ve Güneş 2005).

Gıdaya uygulanan ışınlama doğrudan veya dolaylı olarak mevcut mikroorganizmaların sayılarını azaltmayı veya tamamen yok etmeyi hedeflemektedir. Doğrudan etkide ışınlama, direkt hücre bileşenleriyle reaksiyona girmekte, hücrenin yaşamını sürdürmesi için gerekli olan bazı bileşenlere çok hızlı hareket yüklenmesi ve çarpma sonucu hasar vermekte DNA gibi moleküllere enerjisini aktararak iyonize olmalarına neden olmakta ve hücre çoğalmasını önlemektedir. Dolaylı etki de ise yaklaşık %70 - 90'lık kısmı sudan oluşan hücrenin ışınlanması sonucu ışınlama su moleküllerini  $H^+$  ve  $OH^-$  radikallerine ayırıştırmakta ve oluşan radikaller hücrede yükseltgenme ve indirgenme etkisi yapmaktadır (Korel ve Orman 2005).

Byun ve ark. (2000) yerel marketlerden satın aldıkları sığır etlerine 0, 1, 3 ve 5 kGy'lik ışınlar uygulamışlarıdır ve bu etleri kullanarak yaptıkları Bologna sosislerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Pişirme verimi, tekstür analizi ve lezzetlilik açısından ışınlanmamış sığır eti kullanılarak yapılan Bologna sosisleri ile ışınlanmış sığır eti kullanılarak yapılan Bologna sosisleri arasında bir fark gözlemleyememişlerdir. Işınlanmış sığır etinin verim ve lezzetinde herhangi bir bozulma olmaksızın sosis üretiminde kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir. 3 kGy ve 5 kGy uygulanmış sığır etinden yapılan Bologna sosislerinde aerobik ve anaerobik bakterilere rastlamamışlardır. Buna karşın ışınlanmamış Bologna sosislerinde depolamanın 30. gnde mikrobiyal açıdan düşük değerler elde etmişlerdir. Sonuç olarak son ürünün raf ömrünün uzatılması açısından gamma ışınlamanın faydalı olduğunun ileri sürmüşlerdir.

Ahn ve ark. (2004) depolama süresince sucuklardaki kalıntı nitrit ve N-nitrosamini gama ışınlama ile azaltmaya çalışmışlardır. Vakum ve aerobik olarak depolanan domuz sosislerine 0, 5, 10, 20 ve 30 kGy'lik ışın uygulamışlardır. Vakum paketlenmiş sucuklarda kalıntı nitrit seviyesinde azalma tespit etmişlerdir. Vakum paketlemede 20 kGy'lik bir ışın dozuna ihtiyaç varken aerobik paketlemede 10 kGy ve üzerindeki dozlarda ışınlanmış sucuklardaki N-nitrosodimetilaminin azaldığını gzlemlemiştirler. N-nitrosopyrolidin azalmasını 20 ve 30 kGy'lik ışınlamada belirlemişlerdir. Kanserojenik nitrosamin ve nitritin seviyeni azaltmak için yüksek dozlu ışınlamaya ihtiyaç olduğuna kanaat getirmişlerdir (Ahn ve ark. 2004).

Chouliara ve ark. (2006) Yunan tipi kuru fermente sucuk üretiminde kullandıkları et ve yağlara 2 ve 4 kGy'lik ışınlar uygulamış ve mikrobiyolojik ve fizyolojik özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Sucuk üretiminden önce et ve tıraşlanmış yağları 2 ve 4 kGy'lik ışınlamaya tabi tutulmuşlar ve *Listeria* spp.'nin kontaminasyonu elimine etmişler *Pseudomonas*, enterokok ve patojenik stafilokokun 2 log kob/g'den az enterobakterin 1 log kob/g'den az azalma gösterdiğini tespit etmişlerdir. *Pseudomonas*'ın her iki ışınlama dozuna karşı çok duyarlı olduğu belirlemişlerdir. Mayalardan sonra sucuğun doğal florasında bulunan laktik asit bakterileri ışınlamaya en dirençli tür olarak saptamışlardır. Radyasyonun kalıcı etkisini enterokoklara karşı saptamışlar fakat fermentasyon sırasında hızla tükenen gram negatifler üzerinde saptamamışlardır. Işınlama sonrası sucuk hamuruna inoküle ettikleri *Lactobacillus pentosus* ve *Staphylococcus carnosus*'un iki ayrı ışınlama dozundan da etkilenmediğini tespit etmişlerdir. Işınlamanın olgunlaşma süresi boyunca sucuğun pH'sını, nem içeriğini ve rengini ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametreleri) az ya da hiç etkilemediğini bildirmişlerdir. Tiyobarbütrik asit (TBA) değerlerindeki değişimleri ise küçük ama istatistiki açıdan önemli bulmuşlardır. Çalışmanın sonucunda kuru fermente sucuğun üretiminde önce çiğ materyalin ışınlanmasının (2-4 kGy) patojen kontrolünü artırma, istenmeyen bakteri inaktivasyonunu ve/veya fermentasyon ve olgunlaşma sırasında bakteri gelişimini azalttığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda ışınlama, kuru fermente sucuk teknolojisinde hayati olan fermentasyonun başlangıcında starter bakterinin egemenliğine katkı sağladığını ileri sürmüşlerdir. Çiğ materyali önceden ışınlanmış kuru fermente sucuklar ile ışınlanmamış kuru fermente sucukların karakteristik özelliklerinde benzerlik tespit etmişlerdir. Çiğ materyali önceden ışınlanmış kuru fermente sucuklara ışınlama sonrası ilave edilen starter bakterinin gelişiminin ise ışınlamadan etkilenmediğini gözlemlemişlerdir.

Yılmaz ve Geçgel (2007) sığır etinden yapılmış kıymaların ışınlanması (0, 1, 3, 5 ve 7 kGy) üzerine yaptıkları bir araştırmada 7 kGy ışınlanmış sığır kıyması örneklerindeki toplam trans yağ asidi, toplam doymamış yağ asidi ve toplam tekli doymamış yağ asidi miktarını diğer örneklerle oranla yüksek bulmuşlardır. Bunun sonucu olarak ışınlamanın dozunu arttırdıkça ürünlerdeki *trans* yağ asidi miktarının da arttığını ileri sürmüşlerdir.

Chen ve ark. (2007) ışınlanan ve depolanan sığır etindeki nötral lipid, polar lipid ve toplam lipid fraksiyonlarının yağ asidi değişimlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada toplam doymuş yağ asidi ve tekli doymamış yağ asidi miktarının arttığını, çoklu doymamış yağ asidi miktarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Gümüş ve ark. (2008) Tekirdağ köftesine inoküle ettikleri *E. coli* O157:H7 (ATCC 33150), *S. aureus* (ATCC 2392) ve *S. typhimurium* (NRRL 4463) 'un inaktivasyonu üzerine

gamma ışınlanmanın etkisini araştırmışlardır. Köftelere patojenleri ilave etmişler ve 1; 2,2; 3,2; 4,5 ve 5,2 kGy'lik ışınlamaya tabi tutmuşlardır. 7 gün soğukta muhafaza ettikleri 1 kGy de ışınlanmış köftelerdeki *Escherichia coli* O157:H7 sayısını ışınlanmamış örneklerden daha düşük, 4 log kob/g olarak saptamışlardır. 1 kGy ışınlamaya maruz bıraktıktan sonra *Staphylococcus aureus* sayısının 4 log kob/g'a azaldığını gözlemlemişlerdir. 3,2 kGy'lik ışın dozunun *Salmonella typhimurium*'nin eliminasyonu üzerine etkisiz olduğunu buna rağmen *E. coli* O157:H7 ve *S. aureus* sayısını azalttığını belirtmişlerdir. 4,5 kGy'lik ışınlamaya tabi tutulan örneklerde ise hiçbir test organizmasına rastlamamışlardır.

Wei ve ark. (2009) kuru kürlenmiş Çin Rugao jambonunda olgunlaşma sırasında ve olgunlaşma sonrasındaki N-nitrosamin, biyojenik amin ve kalıntı nitritin üzerine gama ışınlanmanın etkisini araştırmışlardır. Rugao jambonlarını olgunlaşma öncesi 5 kGy'lik ışınlamaya tabi tutmuşlar ve olgunlaşmaya bırakmışlardır. Gama ışınlarının tyramin, putresin ve spermini degrade ettiğini buna karşın spermidin, feniletilamin, kadaverin ve triptaminin yapısını etkilemediğini gözlemlemişlerdir. Kalıntı nitritin gama ışınlama tarafından önemli ölçüde azaltıldığını bildirmişlerdir. N-nitrosodimetilamin, N-nitrosodietilamin ve N-nitrosopyrodilamini Rugao jambonununda olgunlaşma sırasında ve sonrasında saptamışlar fakat gama radyasyonu tarafından bozulmuş olabileceklerini ileri sürmüşlerdir. Sonuç olarak gama ışınlanmanın, yukarıda belirtilen kimyasal bileşiklerden kuru kürlenmiş et ürünlerini arındırmada potansiyel bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

Stefanova ve ark. (2011) gamma ışınlanmanın, sığır eti yağ asidi profili üzerine etkisini incelemişlerdir. Işınlama dozu arttıkça ışınlanmamış örneklere nazaran ışınlanmış örneklerdeki triaçilgliserol bileşimindeki çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarında bir azalma, doymuş yağ asitlerinin miktarında ise bir artma tespit etmişlerdir.

Kim ve ark. (2011) kuru fermente sucukların tekstür profili, yağ asitleri bileşimi, serbest amino asitler ve duyuşal değerleri üzerine gamma ışınlanmanın (1, 2 ve 4 kGy) etkisini araştırmışlardır. 2 ve 4 kGy ışınlanmış örneklerin çignenebilirliklerini diğerk test örneklerinden daha yüksek bulmuşken, ışınlanmış örneklerin sertlik ve yapışkanlığını kontrol grubundan önemli derecede düşük bulmuşlardır. 4 kGy de ışınlanmış örneklerin doymuş yağ asidi (C14:0, C16:0, C18:0) içeriğı ışınlanmamış örneklerden daha yüksek olduğı saptanmışken, 4 kGy de ışınlanmış örneklerin doymamış yağ asidi içeriğı (C16:1, C18:1, C18:3), trans, n-3 ve n-6 yağ asitlerinin ise ışınlanmamış örneklerden önemli ölçüde düşük olduğunu saptamışlardır. Gamma ışınlaması sonucunda fosferin, aspartik asit ve glutamik asitte bir artış serbest amino asitlerdeki glutamik asitte bir azalma tespit etmişlerdir.

Kim ve ark. (2012) soğuk depolama sırasında vakum ambalajlanmış kuru fermente domuz sucuklarının üzerine gamma ışınlanmanın (0,5; 1; 2 ve 4 kGy) etkisini araştırmışlardır. Işınlanmanın ilk gününde 2 ve 4 kGy ışınlanmış örneklerin pH,  $a^*$ ,  $b^*$ , TBARS (2-tiobarbütirik asit reaktif maddeler) ve VBN (uçucu basit nirojen) değerlerini kontrol grubundan yüksek ( $p < 0,05$ )  $L^*$  değerini kontrol grubundan daha düşük ( $p < 0,05$ ) bulmuşlardır. Bununla beraber 1 kGy'den az ışınlanmışlarda pH,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde önemli bir ışınlama etkisi tespit edememişlerdir. 2 ve 4 kGy ışınlanmış örneklerde depolama süresinin artmasıyla  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir. 90 gün soğuk depolama yapılan örneklerde  $L^*$ , TBARS ve VBN değerlerinde önemli bir değişim olmadığını ileri sürmüşlerdir. 4 kGy ışın uyguladıkları örneklerdeki toplam canlı ve laktik asit bakterilerinin (LAB) sayısını daha düşük ışın uyguladıkları örneklerden önemli ölçüde düşük bulmuşlardır. 0,5 ve 1 kGy ışınlanmış örneklerdeki toplam canlı, koliform ve laktik asit bakterilerinin sayısının muhafaza süresince artmadığını tespit etmişlerdir. 90 günlük depolamada 4 kGy ışınlanmış örneklerde toplam canlı ve LAB tespit edememişlerdir. Ayrıca 1 kGy ışınlanmış örneklerin soğuk muhafazası boyunca koliform bakteriye rastlamamışlardır. 4 kGy ışınlanmış örneklerdeki ransid tadı kontrol gruplarından fazla bulmuşlardır. Raf ömrünün uzatılması ve ransid tat açısından kuru fermente sucuklardaki en iyi koşulları 2 kGy'lik ışınlanmanın sağladığını belirtmişlerdir.

Fregonesi ve ark. (2014) kuzu etinin raf ömrü üzerine farklı dozlarda gamma ışınlanmanın etkisini araştırmışlardır. Kuzu kontrfile (Longissimus dorsi) 1,5 ve 3 kGy'lik ışınlamaya tabi tutmuşlardır. Örnekler 0., 14., 28., 42. ve 56. günlerde mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri açısından analiz etmişlerdir. Işınlanmış örneklerin mikrobiyal yükünde önemli bir azalma tespit etmişlerdir. Ve 3 kGy ışınlanmış örneklerin fizikokimyasal özelliklerine zarar vermeksizin mikroorganizma içeriğini azaltan ışınlama dozunun 3 kGy olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Hwang ve ark. (2015) tavuk sosislerinin depolanması sırasında pH, toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ), Renk açısı ( $H^0$ ), TBARS (2-tiyobarbütirik asit reaktif madde), kalıntı nitrit içeriği ve duyuşal değerleri üzerine gamma ışınlama (0, 2,5 ve 5 kGy) ve antioksidan (pelin otu ekstraktı ve askorbik asit) kombinasyonunun etkisini araştırmışlardır. Tavuk sosisinin pH değeri ve duyuşal özelliklerinde depolama boyunca ışınlama ya da pelin otu ekstraktı ilavesinden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Ancak ışınlanmanın depolama boyunca önemli bir etkisinin olmadığını buna karşın pelin otu (ya pelin otu ekstraktı ya da pelin otu ekstraktı ile askorbik asit) içeren örneklerin  $\Delta E$  ve  $H^0$  değerlerinin kontrol grubundan daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Pelin otu ekstraktı (PE) ve Askorbik asit (Aa)'in

kombinasyonunun (%0,2 PE + %0,05 Aa) ışınlanan tavuk sosislerinde lipid oksidasyonunun gecikmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber ışınlama dozlarına bağlı olarak nitrit içeriğinin azalmasına ilaveten özellikle PE + Aa kombinasyonunun kalıntı nitritin azalmasında en önemli etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak gamma ışınlama ve antioksidan karışımı kombinasyonunun tavuk sosislerinde kalıntı nitrit ve lipid oksidasyonunu azaltmada kullanışlı bir teknoloji olduğunu ileri sürmüşlerdir.



### **3.MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Fermente sucuk örnekleri, tesadüfi örnekleme yöntemine göre marketlerden seçilmiş ve toplam 10 farklı ulusal markanın satışa hazır olarak ürettiği kangal sucuklardan seçilmiştir. Resmi gazetede yayınlanan 2015/7 Nolu tebliğ "Perakende işletmelerde ısıtılmış sucuk fermente sucuk, pastırma, sosis salam gibi et ürünleri üretilmez" ibaresine göre Kırklareli piyasasında bulunan ulusal süpermarketlerden alınmıştır.

#### **3.2. Metod**

Seçilen sucuklar A, AP, S, Ş, N, M, G, E, P ve PR şekilde isimlendirilmiş ve her biri yaklaşık 250 gr olacak şekilde 4 eşit parçaya tartımı yapılarak ayrılmıştır. Ayrılan parçalardan her örneğin ilk grup kontrol grubu seçilmiş ve A1, AP1, S1, Ş1, N1, M1, G1, E1, P1 ve PR1 şeklinde kodlama yapılmıştır. 2 kGy ışınlanmış örnekler A2, AP2, S2, Ş2, N2, M2, G2, E2, P2 ve PR2 şeklinde isimlendirilmiştir. 4 kGy ışınlanacak örnekler A3, AP3, S3, Ş3, N3, M3, G3, E3, P3 ve PR3 adlandırılmıştır. 6 kGy ışınlanacak örnekler A4, AP4, S4, Ş4, N4, M4, G4, E4, P4 ve PR4 şeklinde kodlanmıştır.

Gruplandırılan sucuklara ışınlama işlemi, Çerkezköy-Tekirdağ'da bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon Tic. A.Ş. tesisinde uygulanmıştır. Işınlama işlemi, Co<sup>60</sup> (1.25 MeV) gamma ışını (mds, Nordion, Kanada) kullanılarak yapılmıştır. Fermente sucuk örnekleri 0 kGy (kontrol), 2 kGy, 4 kGy ve 6 kGy'lik ışınlama dozlarına sırasıyla 74, 150 ve 230 dk süreyle tabi tutulmuştur. Absorbans dozları Horwell Amber Perspex dosimeter ile kontrol edilmiştir. Işınlanmış örnekler hemen mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Kimyasal analizler için ise ışınlanan örnekler derin dondurucuda -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

Tüm analizler 3 tekerrürlü yapılmıştır. Çizelgelerde tekerrürlerin ortalamaları kullanılmış ve varyans analiz tablolarında ortalamalar standart sapma değerleri ile birlikte verilmiştir.

#### **3.3. Mikrobiyolojik Analizler**

Işınlanmış sucuk örneklerinden aseptik koşullara uygun bir şekilde 5g örnek tartılarak, steril poşetlere konulmuştur ve üzerine 45 ml steril fizyolojik tuzlu su (FTS, % 0,85 NaCl) ilave edilerek, stomacherde (Bag Mixer Interscience) 2 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Bunu takiben hazırlanan homojenattan (10<sup>-1</sup>) direk mikrobiyolojik ekimler yapılmıştır. Steril koşullar laminar akışlı kabinde, UV-lamba ile sağlanmıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçları kob/g ve log kob/g olarak verilmiştir (Dalmış 2007).

### **3.3.1. Laktik asit bakteri (LAB) sayımı**

Laktik asit bakteri sayımı için Man Rogosa Sharpe (MRS broth, Merck) sıvı besiyerine %14 Agar-Agar (Merck) ilave edilerek hazırlanan katı besiyerine, 0,1 mL yüzeye yayma yöntemi kullanılarak ekim yapılmıştır. Ekim sonrası petri plakları 30°C'de 72 saat süreyle inkübe edilmiştir. Tipik koloniler (beyaz-krem renginde 0,5-1 mm çaplı) laktik asit bakterisi olarak sayılmıştır (Hughes ve ark. 2002).

### **3.3.2. *Esheria coli* Sayımı**

Örnekleredeki *E. coli* sayısını belirlemek için hazırlanan 10<sup>-1</sup>'lik dilüsyonlar kullanılmıştır. Ekim Tryptone Bile X-Glucuronide (TBX Merck) agar yapılarak 44,5 °C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır ve floresan mavi renk veren tipik koloniler değerlendirilerek sayım yapılmıştır (Efe ve Gümüüşsoy 2005).

### **3.3.3. *Staphylococcus aureus* Sayımı**

Stomacher ile homojen hale getirilmiş numunelerin *Staphylococcus aureus* sayımı için 50 ml/l oranında Egg Yolk Tellurite Emülsiyon (Merck) içeren Baird Parker Agar (BPA, Scharlau)'e besiyerine ekim yapılarak analiz edilmiş ve ekim yapılan petripler 37 °C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan etrafı zonlu siyah koloniler patojen olarak değerlendirilmiştir (Efe ve Gümüüşsoy 2005).

### **3.3.4. Sporlu Bakteri Aranması**

Stomacher ile homojen hale getirilmiş numunelerde sporlu bakteri aramak için dilüsyonlar su banyosunda 90 °C'de 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra normal bir besin ortamı olan Plate Count Agar (PCA, Difco) 'a ekim yapılmıştır. Ekim yapıldıktan sonra paralellerden biri areop şartlarda diğeri ise Anaerobik jar içerisinde Anaerob Cult (Merck) kullanılarak 37 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen kolonilerin sayımı yapılmıştır. Gelişen kolonileri doğrulamak için tipik kolonilere spor boyaması yapılmıştır.

Spor boyama işlemi için preparat hazırlanmış, kurutulmuş ve tespit edilmiştir. Malaşit yeşili (% 5) solüsyonu ile alttan ısıtılarak, 5 dk boyanmıştır. Daha sonra saf su ile yıkanıp ve safraninle 30 sn muamele edilmiştir. Tekrar saf su ile yıkandıktan sonra kurutulmuş ve immersiyon objektifi ile muayene edilmiş yeşil renkli olanlar spor kırmızı renkte olanlar basil olarak kabul edilmiştir (Sert 2002).

### **3.3.5. Maya ve Küf Sayımı**

Stomacher ile homojen hale getirilmiş örneğin maya-küf sayımında Potato Dekstroz Agar (PDA, Merck) kullanılmıştır. Bu besiyerine sterilizasyondan sonra sıcaklığı 45-50 °C'ye düşükten sonra %10'luk 14mL/L tartarik asit ilave edilmiştir. Yüzeye yayma yöntemi ile

ekimi yapılan örnekler 20-25 °C de 3-5 inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan maya ve küf kolonileri sayılmıştır (Kurt 2012).

### **3.4. Kimyasal Analizler**

Kimyasal analizler 0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemine tabi tutulmuş ve -18 °C'de muhafaza edilen fermente sucuk örneklerine yapılmıştır. Kimyasal analizleri desteklemek için yapılan yağ asitleri bileşimi analizi ise sadece kontrol grubu ile 6 kGy'lik ışınlamaya tabi tutulan örnekler üzerine uygulanmıştır.

#### **3.4.1. pH Analizi**

Sucuk örneklerinden alınan 10 gram örnek 100 ml saf su ile karıştırılmış ve ultraturrax'da 1 dakika süreyle homojenize edildikten sonra, birleşik elektrotlu pH-metre (HANNA instruments pH 211 marka dijital pH metre) ile ölçüm yapılmıştır (Yalınkılıç 2009).

#### **3.4.2. Renk Analizi**

Örneklerin kesit yüzeyi renk ölçümü Hunter Lab (Model D-25 LT) ile yapılmıştır. Petri kapları içerisine yayılan örnekler cihaz haznesine yerleştirilip 6 kez ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerin ortalaması cihaz göstergesinden okunmuştur Hunter'in (a) değeri kırmızılık ve yeşilliği, (b) değeri ise sarılık ve maviliği ölçer. (L) ışık değeri ve aydınlık derecesini (Lightness) ölçer ve 100 tam beyaz, 0 siyah arasında değişir. Renkssel ölçümler (a ve b ) renk tayinlerini verir (Altan 2014).

#### **3.4.3. Ham Protein Analizi**

Bu çalışmada protein analizleri Kjeldahl protein tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır. 1 g örnek hassas terazide tartılıp yakma tüpü içerisine konulmuştur, üzerine 2 tablet katalizör (3,5 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,035g Se) ve 15 ml derişik sülfürik asit ilave edilerek yakma cihazına yerleştirilmiştir. Örnek berrak yeşil renk alıncaya kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yeşil renk oluşumundan sonra tüp bir müddet soğuması için bekletilmiş ve üzerine 70 ml saf su ilave edilmiştir. Bu işlemlerden sonra tüp destilasyon cihazına takılmış ve aletin deposundaki %33'lük NaOH'ten 50 ml otomatik olarak tüpün üzerine ilave edilmiştir. Diğer taraftan 25 ml %4'lük borik asit erlenmayer içerisine konup sisteme bağlanarak destilasyon cihazı çalıştırılmıştır. Destilasyon sona erdikten sonra toplanan destilat 0,2 N HCl ile titre edilmiş ve sarfiyat miktarı ile % azot hesaplanmış, daha sonra da 6,25 faktörü ile çarpılarak % protein bulunmuştur (Gündüz 2010).

#### **3.4.4. Yağ Asitleri Kompozisyonu Analizi**

Sucuk örneklerinden yeterli miktarlarda yağ çıkarıldıktan sonra elde edilen yağ örneklerine ait yağ asitleri AOCS (1993)'nin Ce 2-66'nolu metoduna göre BF<sub>3</sub>-metanol ile metil esterlerine dönüştürülmüştür (Anonim 1993). Yağ asidi metil esterleri gaz

kromatografisi cihazına 0,5 µL enjekte edilerek yağ asidi bileşimlerini gösteren kromatogramlar elde edilmiştir. Hewlett-Packard Chemstation 3365 ile donanmış olan gaz kromatografisine ait özelliklerle, seçilen çalışma parametreleri aşağıda verilmiştir.

Gaz kromatografisi: Hewlett-Packard 6890 Series II

Dedektör: Alev İyonizasyon Dedektörü (FID)

Kolon: % 100 sianopropil polisiloksan ile kaplanmış, slika kapiler kolon (CP Sil 88, uzunluğu 50 m, iç çapı 0,25 mm ve film kalınlığı 0,20 µm; Chrompack, Middelburg, Holland)

*Sıcaklıklar;*

Dedektör: 250°C

Kolon: 177°C

Enjeksiyon bloğu: 250°C

*Gazlar;*

Taşıyıcı gaz, Helyum: 1 mL/dk

Hava: 450 mL/dk

Hidrojen: 40 mL/dk

Elde olunan pikler bileşenlerin veya yağ asitlerinin alıkonma zamanlarına göre tanımlanmış, alanlardan ise her yağ asidinin konsantrasyonu veya derişimi integratör ile hesaplanmıştır (Hışıl 1981).

### **3.5. İstatistik Analizi**

Araştırmalardan elde edilen veriler SPSS Statistics 18.0 paket programı kullanılarak Oneway Anova varyans analizine ve Paired-T testine tabi tutulup farklılıkların istatistiksel önemlilik sınırları belirlenmiştir. Oneway Anova analizine göre istatistiksel olarak önemli bulunanlar varyasyon kaynakları Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları çizelgeler halinde özetlenmiş ve önemli bulunan değişiklikler farklı harflerle gruplandırılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Piyasadan temin edilen fermente sucuklara uygulanan farklı dozlarda ışınlama işleminin mikroorganizmalar ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmış ve analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

### 4.1. Mikrobiyolojik Analizler

#### 4.1.1 *E. coli* Sayımı

Farklı firmalara ait fermente sucuklara 0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemi uygulanan örneklerdeki *E. coli* sayıları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Farklı dozlarla ışınlanmış fermente sucuk örneklerinde ortalama *E. coli* sayısı (kob/g)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
Ş	$1,9 \times 10^5$	$3,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
M	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
N	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
P	$1,5 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
PR	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
A	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
AP	$4,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
E	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
G	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi, Ş kontrol örneğinde  $1,9 \times 10^5$  kob/g *E. coli* tespit edilirken 2 kGy'lik bir ışınlama ile bakteri seviyesi yaklaşık 3 log azalarak  $3 \times 10^2$  kob/g seviyesine düşmüştür. 4 kGy'lik bir ışınlama Ş örneğindeki *E. coli* bakterisinin tamamını inhibe etmiştir. Benzer şekilde P örneğinde  $1,5 \times 10^2$  kob/g olan *E. coli* sayısı, 2 kGy'lik ışınlama ile tamamı inhibe olurken, AP örneğinde  $4 \times 10^4$  kob/g olan *E. coli* sayısı 2 kGy'lik ışınlama ile yaklaşık 2 log azalmış, 4 kGy ışınlama ile tamamen inhibe olmuştur. Ş, P ve AP örnekleri hariç diğerlerin de ise *E. coli* bakterisi tespit edilememiştir. Farklı ışınlama dozlarının AP, P ve Ş örneklerinde tespit edilen *E. coli* üzerine etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Farklı markalar arasındaki *E. coli* farkını tespit etmek için yaptığımız varyans analizine göre; *E. coli* tespit edilen ışınlanmamış kontrol örnekleri (Ş, P ve AP) arasında *E. coli* sayısı farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). 2 kGy ışınlamaya tabi tutulan Ş, P ve AP örneklerine (Ş2, P2 ve AP2) yapılan varyans analizi sonucuna göre Ş ve AP örneklerinin *E. coli* sayıları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) bulunurken, P2 örneğinin *E. coli* sayısı Ş2 ve AP2 örneğinin *E. coli* miktarından önemli derecede farklı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). 4 ve 6 kGy'lik ışınlamaya tabi tutulan örnekler arasındaki *E. coli* sayıları farkı ise istatistiksel olarak önemsizdir ( $p < 0,05$ ).

Fermente sucuk örneklerini kendi ışınlama grupları arasındaki *E. coli* sayısı farkını belirlemek için yapılan varyans analizine göre; Ş, P ve AP kodlu fermente sucukların kontrol örnekleri ile ve 2 kGy ışınlanmış örnekleri arasındaki farkı ile Ş ve AP'nin 2 kGy ışınlanan örnekleri ile 4 kGy ışınlanan örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu örneklerin 4 kGy ve 6 kGy ışınlama işlemi sonucunda *E. coli* sayısı farkı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine ait sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

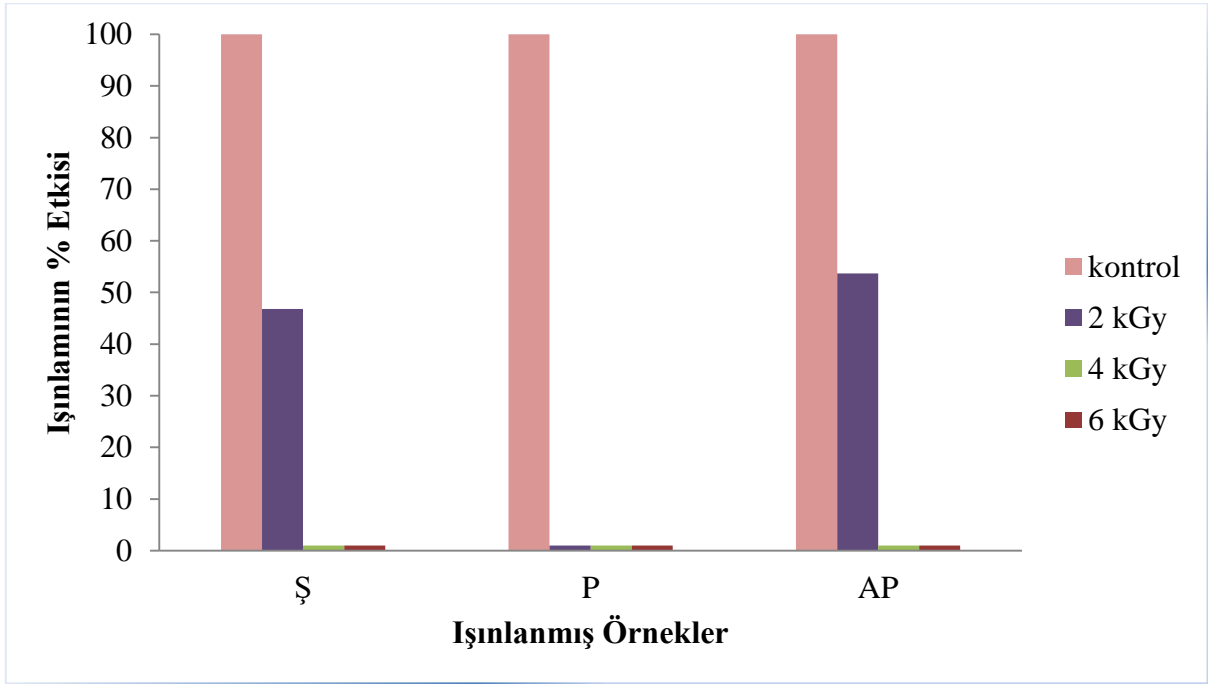
**Çizelge 4.2.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklarda *E. coli* sayımındaki (log kob/g) değişime ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
Ş	5,28±0,02 <sup>Cc</sup>	2,47±0,01 <sup>Bb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
P	2,17±0,03 <sup>Ab</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
AP	4,60±0,01 <sup>Bc</sup>	2,47±0,01 <sup>Bb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>

<sup>A-C</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

<sup>a-c</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Örneklerin kontrol gruplarında 10 örneğin 3'ünde *E. coli*'ye rastlanmış ve en fazla Ş örneğinde 5,28 log kob/g, en az P örneğinde 2,17 log kob/g olarak bulunmuştur. *E. coli* tespit edilen örneklerde farklı dozda ışınlamanın % etkisi Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu grafiğe göre P örneğinde 2 kGy'lik ışınlama yaklaşık %99 etkili olurken, Ş örneğinde 2kGy'lik ışınlama yaklaşık %53 etkili olmuştur. AP örneğinde ise 2 kGy'lik ışınlama *E. coli* sayısı üzerine yaklaşık %46 etki ederken, 4kGy'lik ışınlama %99'luk bir etki sağlamıştır.



**Şekil 4.1.** Fermente sucuklardaki *E.coli* bakterisi üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi

*E. coli*'nin temel kaynağı insan ve sıcakkanlı hayvanların bağırsak sistemidir. *E. coli*'nin gıdada bulunması, fekal orijinli olması nedeniyle, genel olarak gıdaya direkt veya indirekt yolla bir dışkı bulaşının olduğuna işaret eder. Buna bağılı olarak da *E. coli* gıdalarda enterik patojen bakterilerin bulunabileceğinin klasik bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Karakuş 2011). Herhangi bir gıdada yüksek düzeylerde *E. coli* varlığı gıdanın uygun olmayan ya da yetersiz hijyen ve sanitasyon koşullarında üretilip depolandığı konusunda kesin bir fikir verir. S, M, N, PR, A, E ve G örneklerinde *E. coli* saptanmamışken, Ş, P ve AP örneklerinde *E. coli* tespit edilmesi bu örneklerin hijyenik olmayan koşullarda imal edildiğinin göstergesidir. Kök ve ark. (2007) toplam 100 fermente sucuk örneğinin 16 tanesinde, Öksüztepe ve ark. (2011) mevcut örneklerini %15'inde, Erdoğan ve Ergün (2005)'de örneklerinin %15'inde Kaval ve ark. (2010) araştırılan sucuk örneklerinin tümünde *E.coli*'ye rastlamışlardır. Karakuş (2011) bizim çalışmamızdaki gibi 10 örneğin 3'ünde *E. coli*'ye rastlamıştır. Satışa sunulan fermente sucuklarda tespit edilen *E.coli*'nin düşük dozlarla ışınlama ile inhibe edilmesi gıda güvenirliliği bakımından oldukça önemlidir.

#### 4.1.2. *Staphylococcus aureus* Sayımı

Farklı firmalara ait fermente sucuklara 0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışın uygulaması sonucu örneklerdeki *S. aureus* sayıları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi, S kontrol örneğinde  $2,0 \times 10^2$  kob/g *S. aureus* tespit edilmiş ve 2kGy’lik bir ışınlama bakteri sayısının tamamını inhibe etmeye yetmiştir. Ş kontrol örneğinde  $2,0 \times 10^3$  kob/g *S. aureus* bakterisine rastlanmış ve 2 kGy’lik ışınlanma bakteri seviyesini 1,2 log azaltarak  $1,0 \times 10^2$  kob/g seviyesine düşürmüştür. 4 kGy’lik bir ışınlama ise Ş örneğindeki *S. aureus* bakterisinin tamamını inhibe etmiştir. N örneğinde  $1,0 \times 10^2$  kob/g olan *S. aureus* sayısı 2 kGy ışınlama ile tamamen inhibe olurken, benzer şekilde P örneğinde  $2,5 \times 10^4$  kob/g olan *S. aureus* sayısı da 2 kGy’lik ışınlama ile tamamı inhibe edilmiştir. AP örneğinde ise  $4,8 \times 10^4$  kob/g olan *S. aureus* sayısı yine 2 kGy’lik ışınlama ile tamamen inhibe olmuştur. M, PR, A, E ve G örneklerinde ise *S. aureus* bakterisi tespit edilememiştir. S, Ş, N, P ve AP örneklerinde tespit edilen *S. aureus* üzerine farklı ışınlama dozlarının etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

**Çizelge 4.3.** Farklı dozlarla ışınlanmış fermente sucuk örneklerinde ortalama *S. aureus* Sayısı (kob/g)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	$2,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
Ş	$2,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
M	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
N	$1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
P	$2,5 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
PR	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
A	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
AP	$4,8 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
E	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
G	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$

S, Ş, N, P ve AP örneklerinin varyans analiz sonucuna göre kontrol grupları arasındaki *S. aureus* miktarları farkı istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. S, N, P ve AP örneklerinin 2 kGy ışınlanmış gruplar (S2, N2, P2 ve AP2) arasında uygulanan varyans analiz sonucuna göre *S. aureus* miktarları farkı istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ). 2 kGy ışınlanmış Ş örneğinin (Ş2) *S. aureus* sayısı ile S2, N2, P2 ve AP2 örneklerinin *S. aureus* sayısından farklı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Bu örneklerinin 4 ve 6 kGy ışınlanmış örnekleri arasındaki *S. aureus* farkı istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ).



Örneklere uygulanan farklı dozlarda ışınlamanın, *S. aureus* seviyesine etkisini saptamak için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; S, Ş, N, P ve AP kodlu örneklerinin kontrol grupları ile 2 kGy ışınlanan grupları arasında bakteri sayısındaki farklılıklar önemli bulunurken, Ş örneği hariç diğer örneklerdeki 2 ile 4 kGy ışınlama arasındaki farklılıkları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı şekilde *S. aureus* saptanan fermente sucukların 4 ile 6 kGy'lik ışınlamaya maruz kalmış örnekleri arasındaki farklılıklar da istatistiki açıdan önemsizdir ( $p > 0,05$ ). Farklı dozlarda ışınlanmış S, Ş, N, P ve AP örneklerinin varyans analiz sonucuna göre örneklere uygulanan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki *S. aureus* sayısı (log kob/g) değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	2,30 ± 0,02 <sup>Bb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
Ş	3,30 ± 0,04 <sup>Cc</sup>	2,00 ± 0,07 <sup>Bb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
N	2,00 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
P	4,39 ± 0,02 <sup>Db</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
AP	4,68 ± 0,04 <sup>Eb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>

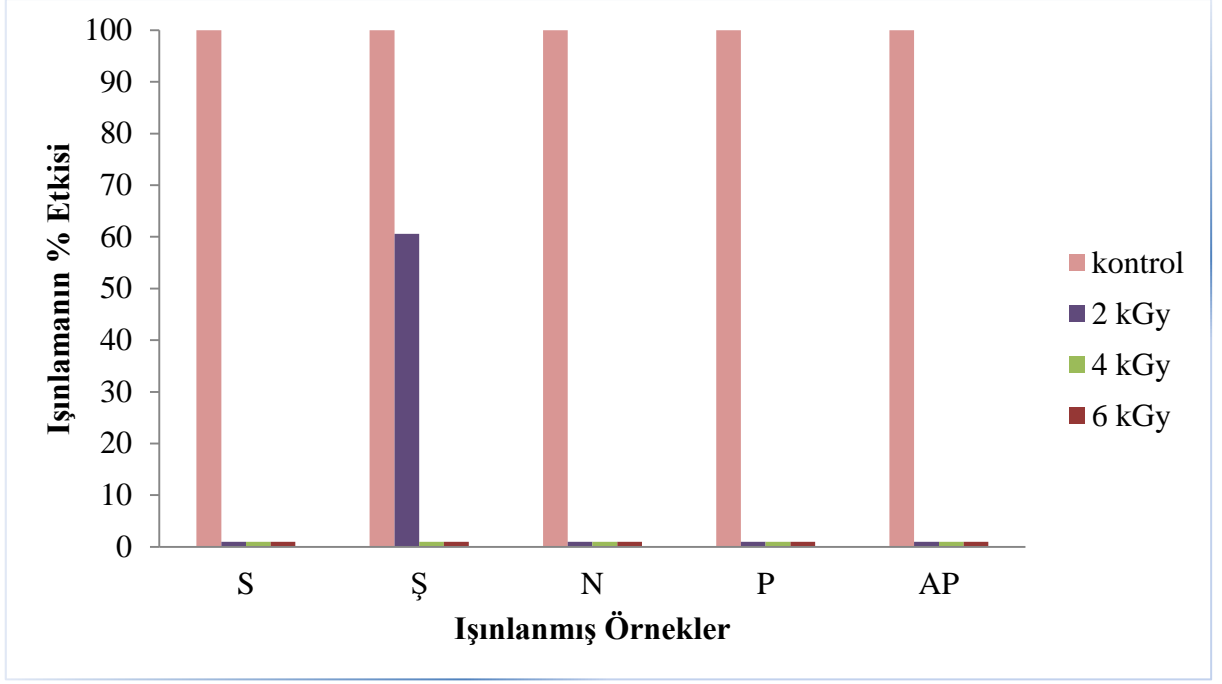
<sup>A-E</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

<sup>a-c</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

*S. aureus* saptanan örneklerde en fazla AP örneğinde 4,68 ± 0,04 log kob/g, en az ise N örneğinde 2,00 ± 0,03 log kob/g bakteri saptanmıştır. Çizelgede de görüldüğü gibi fermente sucukların *S. aureus* sayısı 2,00 - 4,68 aralığında değişmektedir. Bu çalışmada tespit edilen ortalama *S. aureus* sayısı 3,33 ± 0,03 log kob/g'dır.

S, Ş, N, P ve AP örneklerinin *S. aureus* sayısı üzerine farklı dozlarda ışınlamanın yüzde etkisi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

2 kGy'lik ışınlama Ş örneğinde *S. aureus* sayısı üzerinde yaklaşık %40 etkili olurken 4 kGy'lik ışınlama %99 etki etmiştir. S, N, P ve AP örneklerinde ise 2 kGy'lik bir ışınlama %99 etkili olmuştur. Yaklaşık 2 kGy'lik bir ışınlama dozu *S. aureus*'u inhibe etmeye yetmiştir.



**Şekil 4.2.** Fermente sucuklardaki *S. aureus* bakterisi üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi

Çalışmamızda tespit edilen değerler, Kök ve ark (2007) buldukları  $3,95 \pm 0,05$  log kob/g Çon ve ark. (2002) 'nin buldukları 4,57 log kob/g, Öksüztepe ve ark (2011)'nin buldukları 3,99 log kob/g ve Sancak ve ark. (1996)'nın buldukları 3,63 log kob/g değerlerinden düşük, Karakuş (2011)'in bulduğu 3,07 log kob/g'dan yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

*S. aureus* özellikle pH değeri 4,2'nin üstünde olan fermente et ürünlerinde bulunabilme olasılığı yüksek olan bir bakteri türüdür. Bu nedenle, araştırma kapsamında sucuk örneklerinin *S. aureus* sayısı da belirlenmiştir. Ancak *S. aureus* ile gerçekleşen gıda zehirlenmeleri için minimum enfeksiyon dozunun  $10^6$  kob/g'dan daha fazla olması gerektiği için bu çalışma kapsamında incelenen fermente sucuk örneklerindeki *S. aureus* sayılarının zehirlenme etmeni olmayacağı açıktır (Çon ve ark. 2002). Yine de satışa sunulan fermente sucuk örneklerinde tespit edilen *S. aureus*'un düşük dozlarda ışınlama ile inhibe edilmesi gıda güvenliği bakımından oldukça önemlidir.

#### 4.1.3. Laktik Asit Bakterisi Sayımı

Fermente sucuğun olgunlaşmasında, hakim floranın oluşmasında ve sucuğa has kalite kriterlerinin meydana gelmesinde öncü olan laktik asit bakterilerinin sayısı Çizelge 4.5'te verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki ortalama laktik asit bakterilerinin sayısı (kob/g)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	$4,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
Ş	$1,0 \times 10^6$	$4,4 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
M	$1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
N	$3,2 \times 10^5$	$1,5 \times 10^4$	$1,3 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$
P	$9,6 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
PR	$3,2 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
A	$6,1 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
AP	$1,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
E	$3,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
G	$2,0 \times 10^4$	$4,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$

Çizelge 4.5'te de görüldüğü gibi S kontrol örneğinde  $4,0 \times 10^4$  kob/g olan laktik asit bakterileri 2 kGy ışınlama ile tanımlanabilir düzeyin altına ( $<10^1$ ) düşmüştür. Ş örneğinde  $1,0 \times 10^6$  kob/g olarak tespit edilen laktik asit bakteri sayısı 2 kGy ışınlama ile  $4,4 \times 10^4$  kob/g'a düşmüş ve 4 kGy'lik ışınlama Ş örneğinde laktik asit bakterisinin tamamını inhibe etmiştir. M örneğinde ise 2 kGy'lik ışınlama M kontrol örneğinde  $1,0 \times 10^4$  kob/g olan laktik asit bakterilerinin tamamını inhibe etmiştir. N kontrol örneğinde  $3,2 \times 10^5$  kob/g laktik asit bakterisi tespit edilmiş ve 2kGy'lik bir ışınlama ile bakteri seviyesi 1,3 log azalarak  $1,5 \times 10^4$  kob/g seviyesine düşmüştür. P kontrol örneğinde  $9,6 \times 10^4$  kob/g olan laktik asit bakterisinin tamamı 2 kGy ışınlama ile inhibe olmuştur. Aynı şekilde PR kontrol örneğinde  $3,2 \times 10^3$  kob/g, A kontrol örneğinde  $6,1 \times 10^3$  kob/g ve E kontrol örneğinde  $3,0 \times 10^2$  kob/g olan laktik asit bakterilerinin tamamı 2 kGy'lik ışınlama işlemi ile inhibe olmuştur. AP örneğinde  $1,0 \times 10^6$  kob/g olarak tespit edilen laktik asit bakterileri 2 kGy ışınlama ile  $1,0 \times 10^4$  kob/g seviyesine düşmüş ve 4 kGy ışınlama ile tamamen inhibe olmuştur. Benzer şekilde G örneğinde  $2,0 \times 10^4$  kob/g olarak tespit edilen laktik asit bakterileri 2 kGy ışınlama ile yaklaşık 2 log azalarak  $4,0 \times 10^2$  kob/g seviyesine düşmüş ve 4 kGy ışınlama ile tamamen inhibe olmuştur. Farklı ışınlama dozlarının fermente sucuk örneklerindeki laktik asit bakterileri üzerine etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Farklı markalar arasındaki LAB farkını tespit etmek için yaptığımız varyans analizine göre; ışınlama işlemine tabi tutulmayan kontrol grubu örnekleri arasındaki bakteri sayısı farkı

istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Duncan çoklu karşılaştırma testine göre Ş1 ve AP1 örnekleri arasındaki fark önemsiz ( $p > 0,05$ ) bulunurken, 2 kGy ışınlanmış örnekler arasındaki fark Ş2, N2, AP2 ve G2 örneklerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Duncan çoklu karşılaştırma testine göre S2, M2, P2, PR2, A2 ve E2 örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bir fark yoktur. 4 kGy ışınlanmış örnekler arasında N örneğinin LAB sayısı ile aynı şekilde 6 kGy ışınlanmış örnekler arasında da N örneğinin LAB sayısı diğer örneklerin LAB sayısından önemli derecede farklıdır.

Fermente sucuk örneklerini kendi ışınlama grupları arasındaki LAB sayısı farkını belirlemek için yapılan varyans analizinde, örneklerin kontrol grubu ile 2 kGy ışınlanan örnekleri arasındaki LAB sayısı farklılıkları ile Ş, N, AP ve G örneklerinin 2 kGy ile 4 kGy ışınlanan örnekleri arasındaki fark ve N örneğinin 4 kGy ışınlanan örneği ile 6 kGy ışınlanan örneği arasındaki LAB sayısı farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Farklı dozlarda ışınlanmış örneklerinin varyans analiz sonuçlarına göre uygulanan Duncan çoklu karşılaştırma testine ait sonuçlar Çizelge 4.6'de verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki laktik asit bakterileri sayısı değişimine ait (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

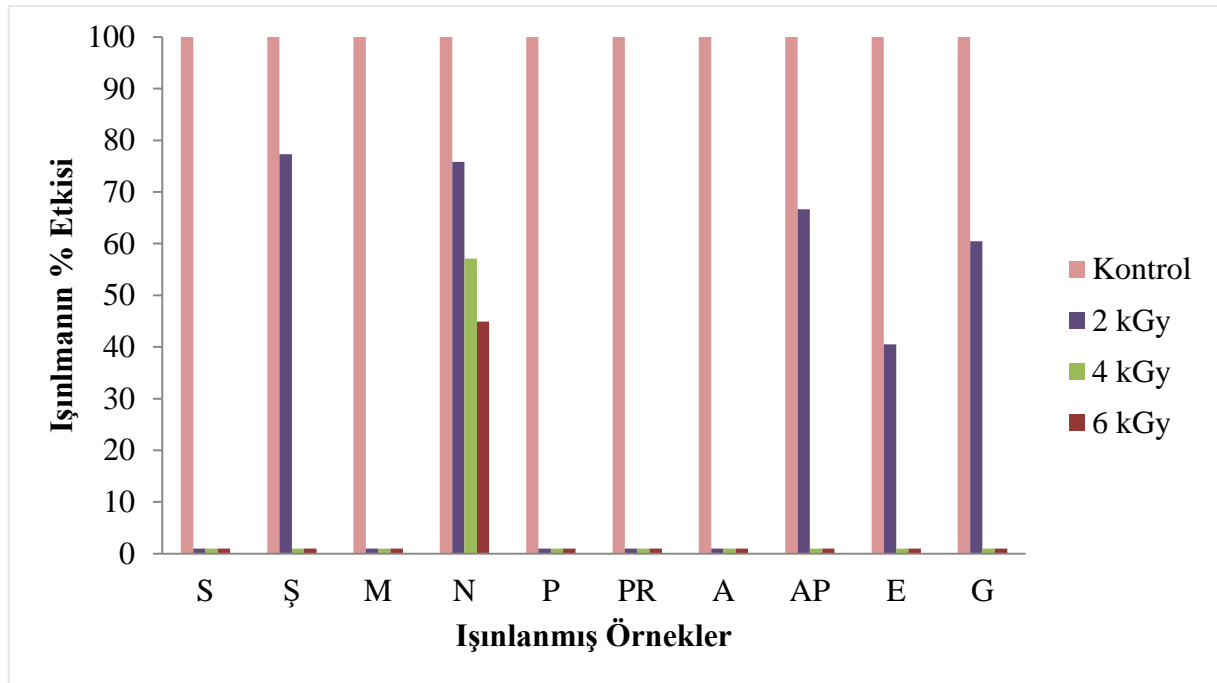
Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	4,60 ± 0,01 <sup>Fb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
Ş	6,00 ± 0,01 <sup>Ic</sup>	4,64 ± 0,01 <sup>Eb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
M	4,00 ± 0,01 <sup>Db</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
N	5,50 ± 0,05 <sup>Hd</sup>	4,17 ± 0,03 <sup>Dc</sup>	3,14 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	2,47 ± 0,04 <sup>Ba</sup>
P	4,98 ± 0,02 <sup>Gb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
PR	3,50 ± 0,01 <sup>Bb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
A	3,78 ± 0,02 <sup>Cb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
AP	6,00 ± 0,02 <sup>Ic</sup>	4,00 ± 0,04 <sup>Cb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
E	2,47 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
G	4,30 ± 0,04 <sup>Ec</sup>	2,60 ± 0,05 <sup>Bb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>

<sup>A-1</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

<sup>a-d</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Laktik asit sayımı sonucunda Ş ve AP örneklerinde 6,00 log kob/g seviyesinde LAB bulunurken, en az LAB E örneğinde  $2,47 \pm 0,03$  log kob/g olarak belirlenmiştir. Tüm örneklerin ortalaması yaklaşık olarak  $4,51 \pm 0,04$  log kob/ g'dır.

Fermente sucuk örneklerinin laktik asit bakterisi sayısı üzerine farklı dozlarda ışınlamanın yüzdece etkisi Şekil 4.3 'te gösterilmiştir. Şekil 4.3.'e göre; S, M, P, PR ve A örneklerinde 2 kGy'lik ışınlama işlemi yaklaşık %99 etkili olurken Ş örneğinde %23, AP örneğinde %33, E örneğinde %60 ve G örneğinde %40 etkili olmuştur. N örneğinde ise 2 kGy'lik ışınlama %24, 4 kGy'lik ışınlama %43 ve 6 kGy'lik ışınlama %53 etkili olmuştur.



Şekil 4.3. Fermente sucuklardaki LAB üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi

Fermente sucuklar üzerinde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında bu çalışmadaki laktik asit bakteri sayısının Çoksever (2009) 5,72 log kob/g, Kaval ve ark. (2010) 5,74 log kob/g, Öksüztepe ve ark. (2011) 8,56 log kob/g, Erkmen ve Bozkurt (2004) 6,55 log kob/g, Karakuş (2011) 6,94 log kob/g değerlerinden düşük olduğu gözlemlenmiştir. Pehlivanoğlu ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada piyasadan temin ettik 30 fermente sucuk numunesinin 22'sinin tam fermente sucuk olmadığını ileri sürmüşlerdir. Laktik asit bakterilerinin 14 üründe 1 log kob/g'ın altında olduğunu tespit etmişlerdir.

Bulduğumuz değerlerin yapılan diğer çalışmalardan düşük olmasını, bazı ürünlerin tam fermente sucuk özelliğine sahip olmaması şeklinde açıklayabiliriz.

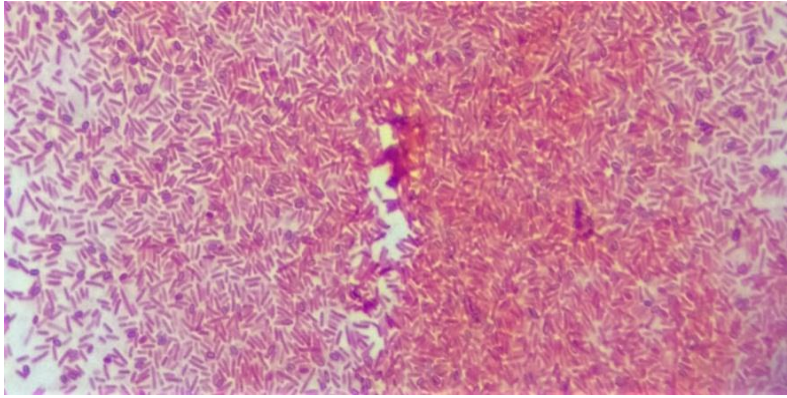
#### 4.1.4. Sporlu Bakteri Aranması

Fermente sucuklara 0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışın uygulanması sonucu örneklerdeki sporlu bakteri sayıları belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan analizlerde S ve M örneğinde  $1,0 \times 10^2$  kob/g, AP örneğinde ise  $6,1 \times 10^3$  kob/g seviyesinde aerobik şartlarda bakteri geliştiği tespit edilirken, diğer örneklerde bakteri sayısının tespit edilebilir seviyenin altında olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki sporlu bakteri aranması sonuçları (kob/g)

Örnek		Işınlama dozu (kGy)			
		Kontrol	2	4	6
S	Aerobik	$1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
Ş	Aerobik	$1,3 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
M	Aerobik	$1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
N	Aerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
P	Aerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
PR	Aerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
A	Aerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
AP	Aerobik	$6,1 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
E	Aerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
G	Aerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
	Anaerobik	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$

Anaerobik şartlarda sporlu bakteri aranması *Clostridium* türlerinin tanımlaması için yapılmış ve analiz sonucunda örneklerin hepsinde mikroorganizma sayısı tanımlanabilir düzeyin altında bulunmuştur. Aerobik şartlarda sporlu bakteri aranması ise *Bacillus* türlerinin belirlenmesi için yapılmıştır. Işınlanmamış S, Ş, M ve AP örneklerinde mikroorganizma tespit edilmiş ve bunları tanımlamak için tipik kolonilere spor boyaması testi uygulanmıştır. Yapılan testler sonucunda bu analizde tespit edilen bakterilerin, ısıya dayanıklı bakteriler olduğu, ancak bu kolonilerin sporlu olmadığı kanısına varılmıştır. Spor boyama mikroskopik görüntüsü Şekil 4.4'te verilmiştir.



**Şekil 4.4.** Tipik kolonilere yapılan spor boyama mikroskop görüntüsü

#### **4.1.5. Maya-Küf Sayımı**

Çalışmamızda incelenen farklı dozlarda ışınlanmış fermente sucuk örneklerindeki maya-küf sayısı Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8'de de görüldüğü gibi M kontrol örneğinde  $1,5 \times 10^3$  kob/g olarak tespit edilen maya küf sayısı 2 kGy'lik ışınlama sonucunda tamamen inhibe edilmiştir. Benzer şekilde A kontrol örneğinde  $3,5 \times 10^3$  kob/g, AP kontrol örneğinde  $1,0 \times 10^2$  kob/g ve E kontrol örneğinde  $1,0 \times 10^2$  kob/g olan maya küf sayısı, 2 kGy'lik ışınlama işlemi ile tamamen inhibe olmuştur. N kontrol örneğinde ise  $2,0 \times 10^5$  kob/g olan maya küf sayısı 2 kGy ışınlama ile 1,36 log azalarak  $8,9 \times 10^3$  kob/g'a düşmüş, 4 kGy ışınlama ile 1,29 log azalarak  $4,5 \times 10^2$  kob/g'a düşmüş ve 6 kGy ışınlamadan neredeyse hiç etkilenmeyip  $4,0 \times 10^2$  kob/g'a düşmüştür. Farklı ışınlama dozlarının M, N, A, AP ve E örneklerinde tespit edilen maya küf üzerine etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

**Çizelge 4.8.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki ortalama maya-küf sayısı (kob/g)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
Ş	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
M	$1,5 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
N	$2,0 \times 10^5$	$8,9 \times 10^3$	$4,5 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$
P	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
PR	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
A	$3,5 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
AP	$1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
E	$1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
G	$4,2 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$

Farklı marka örnekler arasındaki maya küf sayısı farkını belirlemek için yapılan varyans analizinde, maya küf tespit edilen M, N, A, AP, E ve G örneklerinin kontrol grubu örnekleri (M1, N1, A1, AP1, E1 ve G1) arasında maya-küf sayısı farkı istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Bu örneklerin 2, 4 ve 6 kGy ışınlanmış örnekleri arasındaki farkların N örneği hariç istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Maya-küf tespit edilen örnekler üzerine ışınlamanın etkisini belirlemek için örnekler içi varyans analizi yapılmıştır. M, N, A, AP, E ve G örneklerinin kontrol numuneleri ile 2 kGy ışınlanan numuneleri arasındaki maya küf sayısı farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2 kGy ışınlanan örnekler ile 4 kGy ışınlanan örnekler arasındaki maya küf sayısı farkı N örneği hariç önemsizken aynı şekilde 4 kGy ışınlanan örneklerle 6 kGy ışınlananlar arasında da N örneği hariç önemsizdir ( $p > 0,05$ ).

Varyans analizi sonuçlarını karşılaştırmak için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.9’de verilmiştir.



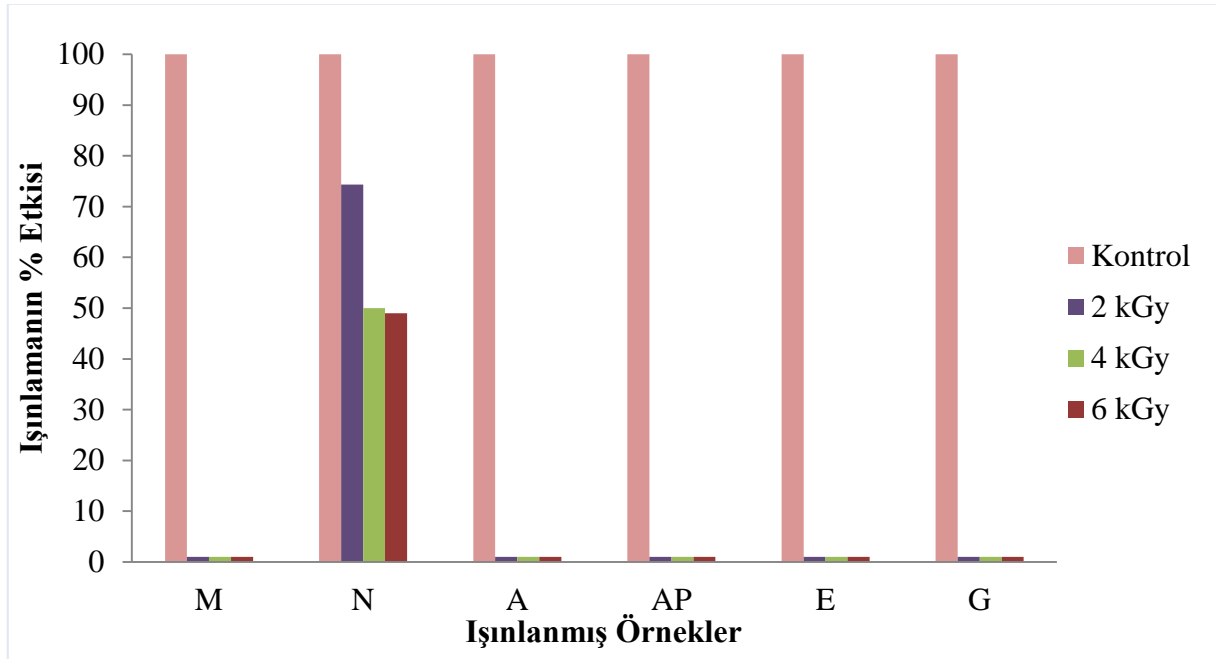
**Çizelge 4.9.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki maya-küf sayısı değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (log kob/g)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
<b>M</b>	3,17 ± 0,02 <sup>Bb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
<b>N</b>	5,30 ± 0,01 <sup>Ed</sup>	3,94 ± 0,01 <sup>Bc</sup>	2,65 ± 0,01 <sup>Bb</sup>	2,60 ± 0,01 <sup>Ba</sup>
<b>A</b>	3,54 ± 0,01 <sup>Cb</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
<b>AP</b>	2,00 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
<b>E</b>	2,00 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>
<b>G</b>	4,62 ± 0,01 <sup>Db</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>	<1,00 <sup>Aa</sup>

<sup>A-E</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

<sup>a-d</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Yapılan çalışmalar sonucunda maya küf tespit edilen örnekler arasında en fazla maya-küf sayısı N örneğinde 5,30 log kob/g olarak tespit edilmiştir. En az maya küf sayısı ise AP ve E örneklerinde 2,00 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Maya küf belirlenen fermente sucuklardaki ortalama maya küf sayısı ise  $3,73 \pm 0,03$  log kob/g 'dir.



**Şekil 4.5.** Fermente sucuklardaki maya- küf sayısı üzerine farklı dozlarda ışınlamanın etkisi

Işınlama işleminin örneklerin maya-küf sayısı üzerine % etkisini gösteren grafik Şekil 4.5'te verilmiştir.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi M, A, AP, E ve G örneklerinde 2 kGy'lik ışınlama işlemi mikroorganizma sayısını tespit edilebilir seviyesinin ( $<10^1$  kob/g) altına düşürdüğü için yaklaşık olarak %99 etkili olmuştur. N örneğinde 2 kGy'lik ışınlama maya küf sayısı üzerine yaklaşık % 26, 4 kGy'lik ışınlama sonucun % 50 ve 6 kGy'lik ışınlama sonucunda yaklaşık % 51 etki etmiştir.

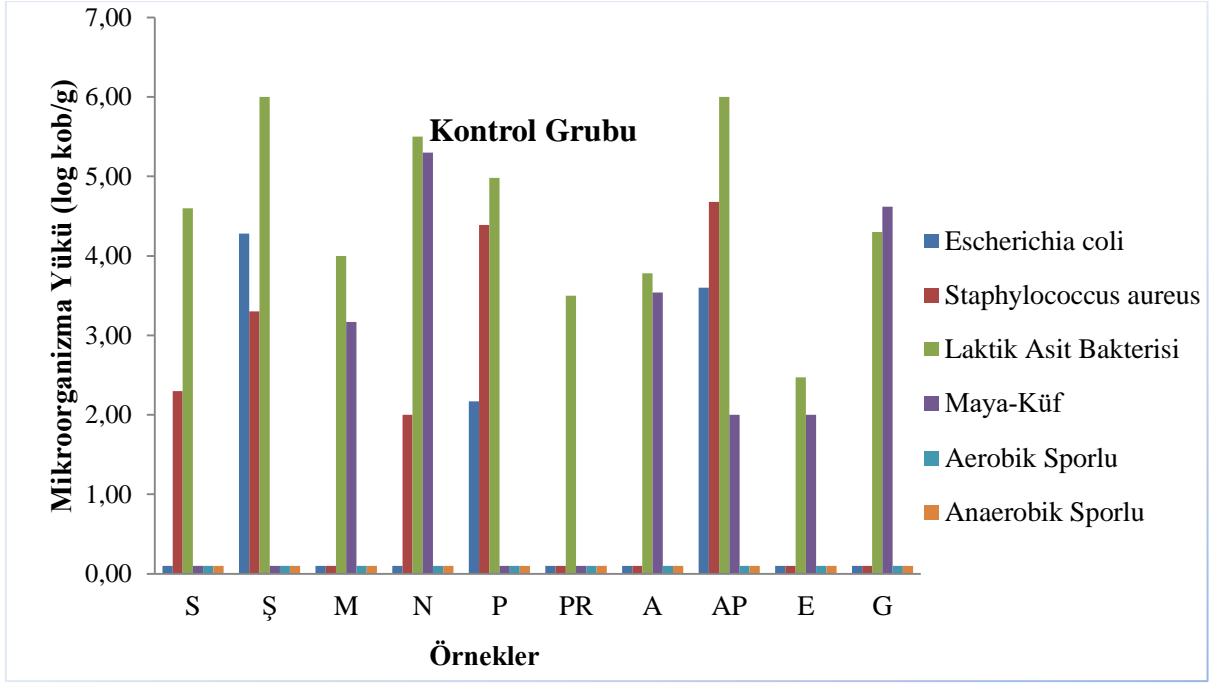
Olgunlaşmanın ilk günlerinde çevre koşullarına bağlı olarak küf ve mayaların sayısı hızla artmakta ve sayıları  $10^6$  kob/g'a kadar ulaşmaktadır. Küf ve mayalar daha sonraki günlerde pH, su aktivitesi ve redoks potansiyel değerinin düşmesiyle olgunlaşmanın sonuna doğru sayıları azalmakta ve sucuğun dış kısımlarına doğru yoğunlaşmaktadırlar (İnal 1973, Tekinşen ve ark. 1982).

Küf ve mayaların bazı türleri sucuklarda renk, aroma ve koku özellikleri üzerine etkili olurken, diğer bazı türleri ise sucukların bozulmasına neden olmaktadır (Şenol ve Nazlı 1996).

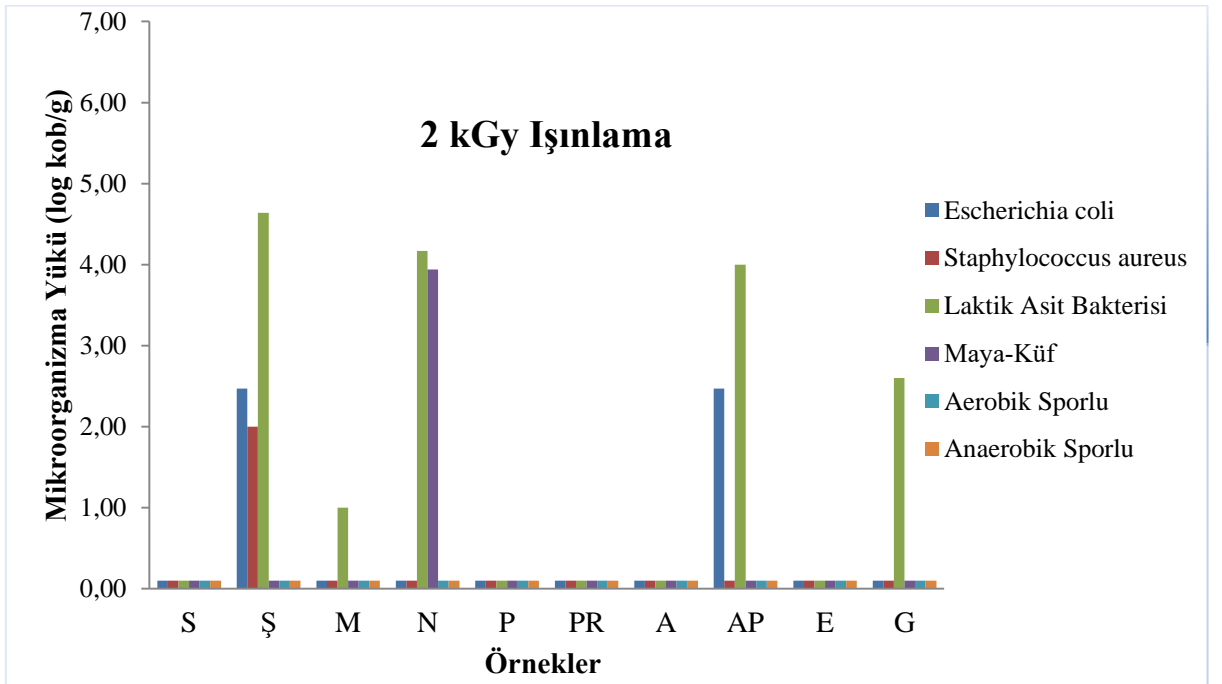
Sucuk örneklerinde yapılan diğer çalışmalara göre bizim bulduğumuz ortalama  $3,73 \pm 0,03$  log kob/g değeri, Çon ve ark. (2002), Çoksever (2009), Demirci (2004), Karakuş (2011) ve Sancak (1996)'ın bulduğu değerlerden düşük; Erkmen ve Bozkurt (2004), Kaval ve ark. (2010) ve Pehlivanoğlu ve ark. (2015)'nin bulduğu değerlerin arasında Kök ve ark. (2007) ve Öksüztepe ve ark. (2011)'nin bulduğu değerlerden yüksek çıkmıştır.

Chouliara ve ark. (2006) yunan tipi fermente sucuklar üzerine yaptıkları çalışmada enterokok ve patojenik stafilokokun 2 log kob/g'dan az azaldığını ve mayalardan sonra laktik asit bakterilerini ışınlamaya en dirençli türler olduklarını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da *S. aureus* ve *E.coli* tüm ışınlama dozlarından etkilenmiştir. 2 kGy'lik ışınlama sonucunda *E. coli* tespit edilen 3 örneğinin 2'sinde hala mikroorganizma bulunurken *S. aureus* tespit edilen 5 örneğin sadece 1'inde bakteri tespit edilmiştir. 4 kGy'lik ışınlama sonucunda ise hiçbir örnekte ne *S aureus* ne de *E. coli*'ye rastlanmamıştır. Tüm bu sonuçların ışığında maya- küf ve laktik asit bakterileri ışınlamaya en dayanıklı türler olarak belirlenmiştir.

Fermente sucukların mikrobiyal kalitesi üzerine farklı dozlarda ışınlama işleminin etkisi Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Işınlanmayan fermente sucuk örneklerin mikrobiyal kalitesi

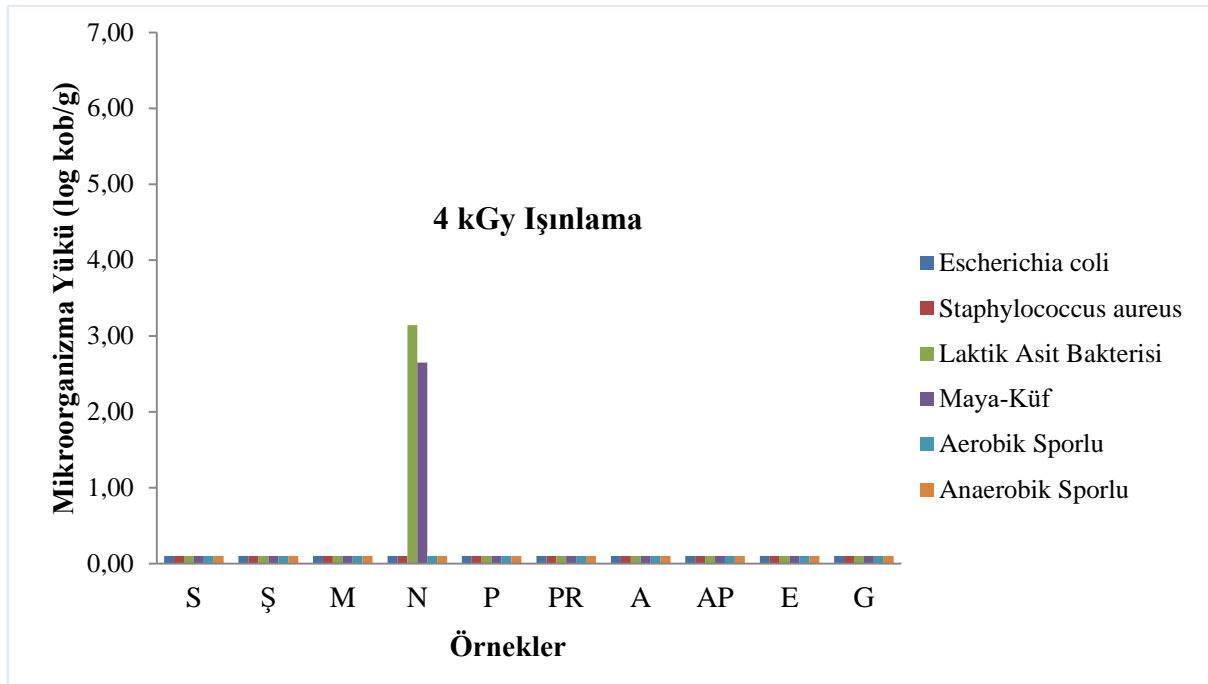


Şekil 4.7. Fermente sucuk örneklerinde 2 kGy'lik ışınlama sonucu mikrobiyal yük

Mikrobiyolojik çalışmaların sonuçlarına genel olarak değerlendirmek gerekirse Şekil 4.6'da da görüldüğü gibi *E. coli*'ye 10 örneğin 3'ünde (%30), *S. aureus*'a 10 örneğin 5'inde (%50) tespit edilmiştir. Laktik asit bakterilerine örneklerin tamamında belirlenirken, bakteri sayısı geleneksel fermente sucuk değerlerinin altında bulunmuştur. Maya-küf örneklerin %

60'ında tespit edilmiştir. Sporlu bakteri sayısı örneklerin tümünde tespit edilebilir seviyenin altında bulunmuştur. Fermente sucuk örneklerine uygulanan 2 kGy'lik ışınlama ile mikrobiyal yükündeki değişim Şekil 4.7'de verilmiştir.

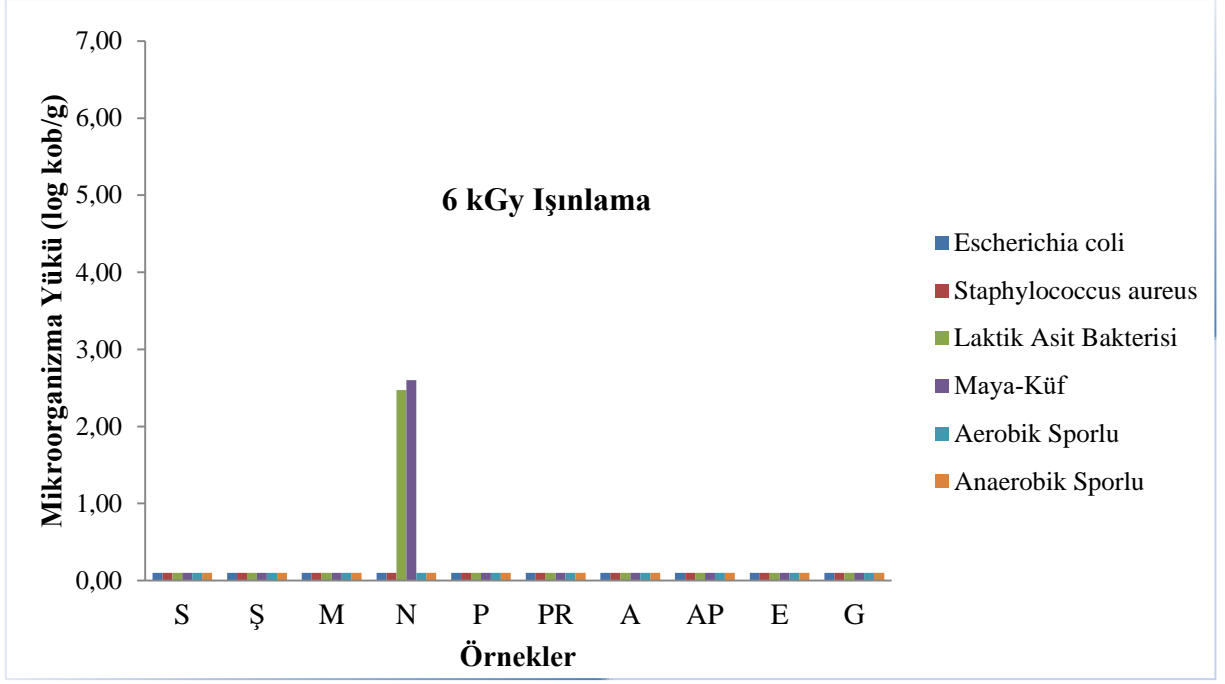
*E. coli* tespit edilen örneklerde 2 kGy'lik ışınlama işlemi bakteri sayısını % 59 oranında, *S. aureus* tespit edilen örneklerde ise 2 kGy'lik ışınlama bakteri sayısını % 88 oranında inhibe olmuştur. 2 kGy'lik ışınlama fermente sucuk örneklerinde laktik asit bakterilerini %65 azaltırken maya-küf tespit edilen örneklerde bakteri sayısını % 18'e düşürmüştür.



**Şekil 4.8.** Fermente sucuk örneklerinde 4 kGy'lik ışınlama sonucu mikrobiyal yük

*E. coli* tespit edilen örneklerde 4 kGy'lik ışınlama işlemi bakteri sayısını %97 oranında, *S. aureus* tespit edilen örneklerde ise 4 kGy'lik ışınlama bakteri sayısını %97 oranında inhibe etmiştir. Fermente sucuk örneklerinde laktik asit bakterileri 4 kGy'lik ışınlama ile %91 azalmış, maya-küf tespit edilen örneklerde ise ışınlama % 89 etkili olmuştur.

*E. coli* tespit edilen örneklerde 6 kGy'lik ışınlama işlemi bakteri sayısını %97 oranında, *S. aureus* tespit edilen örneklerde ise 6 kGy'lik ışınlama bakteri sayısını %97 oranında azaltmıştır. Laktik asit bakterileri üzerinde 6 kGy'lik ışınlama %93, maya-küf tespit edilen örneklerde yaklaşık %90'lık azalma sağlamıştır. 4 kGy'lik bir ışınlama işlemi maksimum seviyede *E. coli* sayısında inhibisyonu etmede yeterli olmuştur. 4 ve 6 kGy'lik bir ışınlamada mikroorganizmada sayısındaki değişim Şekil 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.



**Şekil 4.9.** Fermente sucuk örneklerinde 6 kGy'lik ışınlama sonucu mikrobiyal yük

N kodlu örnekte tespit edilen maya- küf ve laktik asit bakterilerinin çalışmamızda kullanılan ışınlama dozlarına, diğer örneklerden daha fazla direnç gösterdikleri gözlenmiştir.

## 4.2. Kimyasal Analizler

### 4.2.1. Ham Protein Analizi

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri 2012/74 nolu Tebliği'ne göre fermente sucuklarda kütlece protein miktarı en az % 16 olmalıdır. Işınlamanın protein miktarı üzerine etkisini daha net görebilmek için analiz kontrol grubu ve 6 kGy ışınlanmış örneklere yapılmıştır. Fermente sucuklarındaki ortalama % protein oranları ve Duncan çoklu karşılaştırma testine ait sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi 6 kGy'lik ışınlama % protein miktarını etkilememiştir. S, Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G örneklerinde protein oranı sırasıyla; %16,10 - 16,12, %15,78 - 15,81; %16,37 - 16,40; %16,70 - 16,75; %14,20 - 14,21; %15,96 - 16,01; %14,44 - 14,42; %16,30 - 16,26; %18,02 - 17,97 ve 16,21 - 16,17 arasında belirlenmiştir.

Fermente sucuk örneklerinin % protein oranları üzerine ışınlama işleminin etkisini tespit etmek için Paired-Sample T testi (Eşleştirilmiş Örneklem testi) uygulanmıştır. Işınlanmamış örnek ile 6 kGy ışınlanmış örnekler arasındaki kolerasyon tespit edilmiş ve aralarındaki ilişkinin doğruluğu Eşleştirilmiş Örneklem Testi ile doğrulanmıştır. Buna göre S1 ile S4 örneği arasında, Ş1 ile Ş4 arasında, M1 ile M4 örneği arasında, N1 ile N4 örneği arasında, P1 ile P4 örneği arasında, PR1 ile PR4 örneği arasında, A1 ile A4 örneği arasında,

AP1 ile AP4 örneği arasında, E1 ile E4 örneği arasında ve G1 ile G4 örneği arasında % protein oranı bakımından yüksek (1,00 ) bir ilişki kurulmuştur. Paired-Sample T Testine göre kontrol grubu örneklerin % protein oranı ile (S1, Ş1, M1, N1, P1, PR1, A1, AP1, E1 ve G1) 6 kGy ışınlanmış örneklerin (S4, Ş4, M4, N4, P4, PR4, A4, AP4, E4 ve G4) % protein oranları arasında farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,01$ ) bulunmuştur.

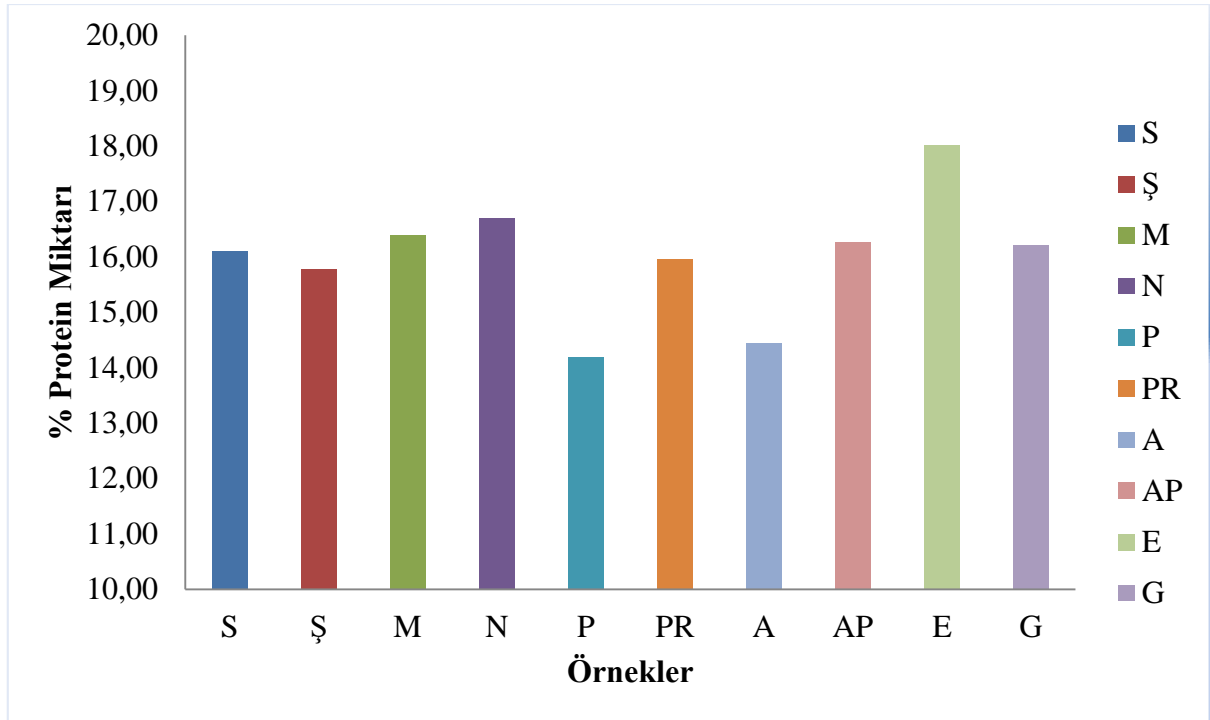
**Çizelge 4.10.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki % protein sayısındaki değişime ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	16,10 ± 0,08 <sup>E</sup>	16,12 ± 0,06 <sup>E</sup>
Ş	15,78 ± 0,05 <sup>C</sup>	15,81 ± 0,02 <sup>C</sup>
M	16,37 ± 0,05 <sup>G</sup>	16,40 ± 0,02 <sup>F</sup>
N	16,70 ± 0,08 <sup>H</sup>	16,75 ± 0,03 <sup>G</sup>
P	14,20 ± 0,04 <sup>A</sup>	14,21 ± 0,03 <sup>A</sup>
PR	15,96 ± 0,04 <sup>D</sup>	16,01 ± 0,07 <sup>D</sup>
A	14,44 ± 0,06 <sup>B</sup>	14,42 ± 0,08 <sup>B</sup>
AP	16,30 ± 0,02 <sup>F</sup>	16,26 ± 0,06 <sup>F</sup>
E	18,02 ± 0,03 <sup>I</sup>	17,97 ± 0,08 <sup>H</sup>
G	16,21 ± 0,06 <sup>F</sup>	16,17 ± 0,08 <sup>E</sup>

<sup>A-I</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Farklı örnekler arasındaki % protein oranı farkını belirlemek için One Way Anova varyans analizi kullanılmış ve Duncan testi ile desteklenmiştir. Işınlanmamış örnekler arasındaki % protein farkı, istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunurken, AP1 ve G1 örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ). 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki % protein değeri farkı, istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunurken, AP4 ile M4 ve S4 ile G4 örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ).

Fermente sucuk örneklerinin ortalama % protein oranları Şekil 4.10'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.10.** Fermente sucuk örneklerindeki % protein miktarı (g/100g)

Bu çalışmada belirlen en yüksek protein oranı % 18,02 ile E örneğindedir. En düşük % protein oranı ise P örneğinde %14,20 olarak belirlenmiştir. Şekil 4.10’da görüldüğü gibi % protein oranı fermente sucuk örneklerinde %14,20 - % 18,02 arasında değişmektedir. Ş, A ve P örneklerinde % protein oranı Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri 2012/74’nolu Tebliği’ne uymamaktadır.

Bu çalışmada hesaplanan ortalama % protein oranı  $16,01 \pm 0,05$  olarak tespit edilmiştir. Bu değer Kurt (2012), Demirci ve ark. (2004) ve Sancak ve ark. (1996)’ın buldukları % protein oranının altında, Karakuş (2011), Turhan ve Temiz (2010) ve Öksüztepe ve ark. (2011)’in bulunduğu değerlerin arasındadır.

#### 4.2.2. pH Analizi

Farklı dozlarda ışınlanan tüketime hazır fermente sucuk örneklerinin pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma testine ait sonuçlar Çizelge 4.11’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi farklı dozda ışınlama fermente sucuk örneklerinin pH değerini etkilememiştir. Farklı dozlarda ışınlanan S, Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G örneklerinde pH değerleri sırasıyla 5,30 - 5,38; 5,45 - 5,57; 5,32 - 5,38; 5,20 - 5,28; 5,31 - 5,38; 5,14 - 5,20; 5,27 - 5,30; 5,27 - 5,30; 5,44 - 5,49 ve 5,47 - 5,55 arasında belirlenmiştir.

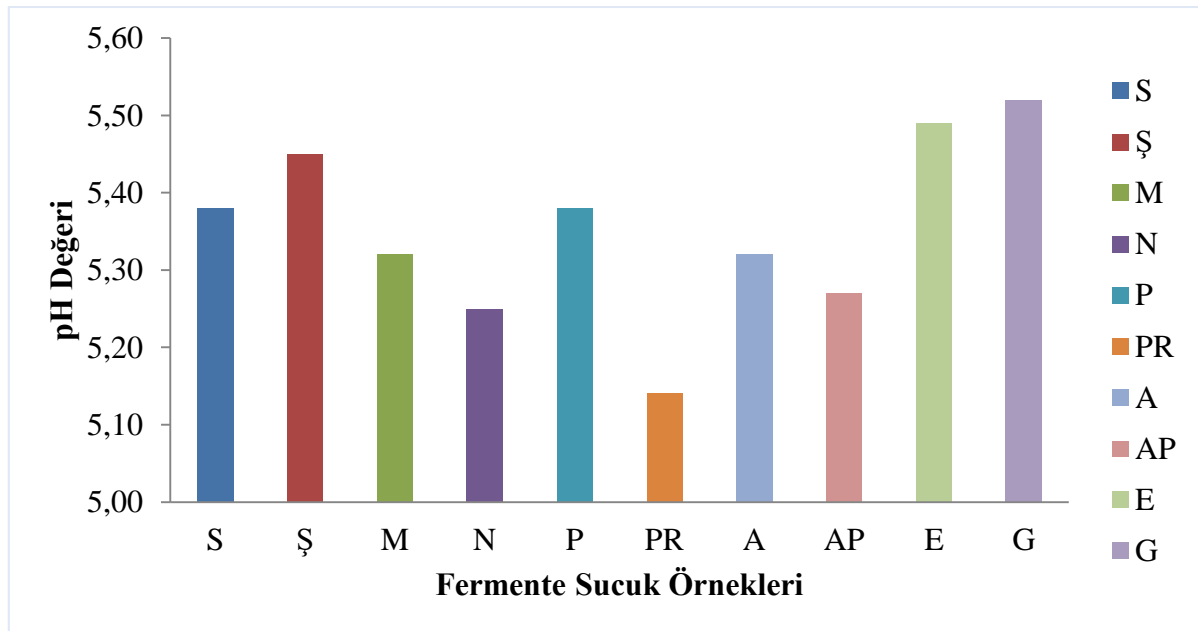
Örneklerin ortalama pH değerlerinin değişimini gösteren grafik Şekil 4.11’de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.11.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki pH değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	5,38 ± 0,03 <sup>D</sup>	5,38 ± 0,02 <sup>BC</sup>	5,37 ± 0,05 <sup>BC</sup>	5,30 ± 0,04 <sup>BC</sup>
Ş	5,45 ± 0,05 <sup>E</sup>	5,50 ± 0,07 <sup>D</sup>	5,47 ± 0,03 <sup>CD</sup>	5,57 ± 0,02 <sup>F</sup>
M	5,32 ± 0,03 <sup>CD</sup>	5,33 ± 0,06 <sup>B</sup>	5,35 ± 0,08 <sup>B</sup>	5,38 ± 0,02 <sup>D</sup>
N	5,25 ± 0,01 <sup>B</sup>	5,20 ± 0,08 <sup>A</sup>	5,28 ± 0,03 <sup>AB</sup>	5,25 ± 0,04 <sup>B</sup>
P	5,38 ± 0,01 <sup>D</sup>	5,32 ± 0,04 <sup>B</sup>	5,33 ± 0,02 <sup>B</sup>	5,31 ± 0,05 <sup>BC</sup>
PR	5,14 ± 0,02 <sup>A</sup>	5,20 ± 0,01 <sup>A</sup>	5,18 ± 0,03 <sup>A</sup>	5,16 ± 0,04 <sup>A</sup>
A	5,32 ± 0,04 <sup>CD</sup>	5,30 ± 0,04 <sup>B</sup>	5,27 ± 0,05 <sup>AB</sup>	5,32 ± 0,02 <sup>C</sup>
AP	5,27 ± 0,02 <sup>BC</sup>	5,30 ± 0,03 <sup>B</sup>	5,28 ± 0,03 <sup>AB</sup>	5,30 ± 0,02 <sup>BC</sup>
E	5,49 ± 0,05 <sup>EF</sup>	5,44 ± 0,03 <sup>CD</sup>	5,47 ± 0,01 <sup>CD</sup>	5,48 ± 0,02 <sup>E</sup>
G	5,52 ± 0,04 <sup>F</sup>	5,48 ± 0,05 <sup>D</sup>	5,55 ± 0,02 <sup>D</sup>	5,47 ± 0,05 <sup>E</sup>

<sup>A-F</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Farklı dozlarda ışınlama işlemine tabi tutulan fermente sucuk örneklerinde yapılan varyans analizine göre örneklerin pH değerleri üzerine ışınlama işleminin istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0,05$ ) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.



**Şekil 4.11.** Fermente sucuklardaki ortalama pH değeri



Örnekler arasındaki pH farkını belirlemek için yapılan varyans analizinde kontrol grubu örnekleri arasında istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0,05$ ) bir fark bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre E1-G1 arasında, M1-A1-AP1 arasında, P1-A1 arasında ve E1-Ş1 arasındaki pH değeri farkı ( $p > 0,05$ ) önemsizdir.

Yapılan çalışma sonucunda pH değeri 5,14 ile 5,57 arasında değişmektedir. Örneklerin ortalama pH değeri 5,35 olarak belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri 2012/74 nolu Tebliği'nde fermente sucukların pH değerinin en yüksek 5,4 olması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre çalışmada değerlendirilen Ş, E ve G örneklerinin pH değeri tebliğe uygun bulunmamıştır.

Türk sucuğu ile ilgili yapılan çalışmalarda elde edilen pH değerleri ile çalışmamızdaki değerleri kıyasladığımızda, Sancak ve ark. (1996) ve Çoksever (2009)'un buldukları değerlerden düşük, Öksüztepe ve ark. (2011) 'in buldukları ortalama değerden büyük, Demirci ve ark. (2004), Erkmen ve Bozkurt (2004), Kavak ve ark. (2010), Pehlivanoglu ve ark (2015) ve Poçan ve ark. (2015)'in buldukları değerlerin arasında olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.2.3. Renk Analizi**

Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuk örneklerinin ortalama L (Parlaklık), a (Kırmızılık), b (Sarılık) değerleri ve bunların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla; Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Farklı dozlarda ışınlanan S, Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G örneklerinde L değeri 35,41 - 39,08; 33,89 - 34,85; 33,11 - 34,54; 36,53 - 38,19; 32,57 - 33,98; 38,94 - 39,65; 32,05 - 35,64; 32,87 - 35,41; 35,57 - 38,14; 36,39 - 37,96 arasında bulunmuştur. Farklı ışınlama dozlarının fermente sucuk örneklerindeki L değeri üzerine etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Örneklerin kendi ışınlama grupları arasındaki L değeri farkını belirlemek için yapılan varyans analizine göre S örneğinin ışınlama grupları (S1, S2, S3 ve S4) arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiş fakat S3 ve S4 örnekleri arasındaki fark istatistiksel önemsiz ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Yani 2kGy'lik ışınlama ile L değerinde fark ortaya çıkarken, 4 ve 6kGy'de L değerinde bir değişim olmamıştır. Ş örneğinin ışınlama grupları arasında (Ş1, Ş2, Ş3 ve Ş4) arasındaki L değeri farkı, M örneğinin 0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama sonucunda L değeri farkı, N örneğinin ışınlama grupları (N1, N2, N3 ve N4) arasındaki L değeri farkı, P örneği ışınlama grupları (P1, P2, P3 ve P4) arasındaki L değeri farkı, PR örneği ışınlama grupları (PR1, PR2, PR3 ve PR4) arasındaki L değeri farkı, A örneği ışınlama grupları (A1, A2, A3 ve A4) arasındaki L değeri farkı, AP örneği ışınlama grupları (AP1, AP2, AP3 ve AP4) arasındaki L değeri farkı, E örneği ışınlama grupları (E1, E2, E3 ve E4) arasındaki L

değeri farkı, G örneği ışınlama grupları (G1, G2, G3 ve G4) arasındaki L değeri farkı istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. M3 ve M4 arasındaki fark, P3 ve P4 arasındaki fark, PR1 ve PR2 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) kabul edilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki L (koyuluk) değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

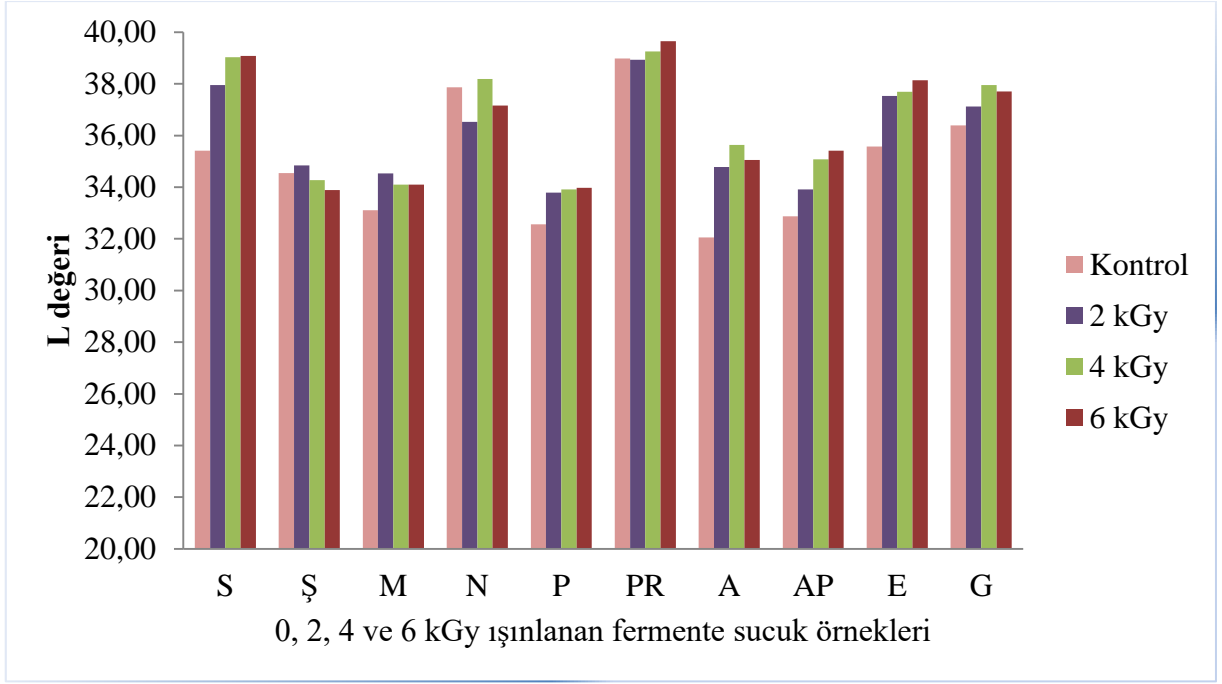
Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
<b>S</b>	35,41 ± 0,09 <sup>Fa</sup>	37,96 ± 0,02 <sup>Hb</sup>	39,03 ± 0,05 <sup>Ic</sup>	39,08 ± 0,12 <sup>Ic</sup>
<b>Ş</b>	34,55 ± 0,02 <sup>Ec</sup>	34,85 ± 0,02 <sup>Dd</sup>	34,28 ± 0,01 <sup>Cb</sup>	33,89 ± 0,03 <sup>Aa</sup>
<b>M</b>	33,11 ± 0,03 <sup>Da</sup>	34,54 ± 0,08 <sup>Cc</sup>	34,10 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	34,10 ± 0,10 <sup>Cb</sup>
<b>N</b>	37,87 ± 0,06 <sup>Ic</sup>	36,53 ± 0,05 <sup>Ea</sup>	38,19 ± 0,03 <sup>Hd</sup>	37,16 ± 0,02 <sup>Fb</sup>
<b>P</b>	32,57 ± 0,05 <sup>Ba</sup>	33,79 ± 0,06 <sup>Ab</sup>	33,91 ± 0,06 <sup>Ac</sup>	33,98 ± 0,06 <sup>Bc</sup>
<b>PR</b>	38,99 ± 0,08 <sup>Ja</sup>	38,94 ± 0,09 <sup>Ia</sup>	39,26 ± 0,06 <sup>Jb</sup>	39,65 ± 0,01 <sup>Jc</sup>
<b>A</b>	32,05 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	34,78 ± 0,03 <sup>Db</sup>	35,64 ± 0,05 <sup>Ed</sup>	35,06 ± 0,02 <sup>Dc</sup>
<b>AP</b>	32,87 ± 0,06 <sup>Ca</sup>	33,91 ± 0,04 <sup>Bb</sup>	35,08 ± 0,02 <sup>Dc</sup>	35,41 ± 0,02 <sup>Ed</sup>
<b>E</b>	35,57 ± 0,14 <sup>Ga</sup>	37,53 ± 0,02 <sup>Gb</sup>	37,70 ± 0,06 <sup>Fc</sup>	38,14 ± 0,02 <sup>Hd</sup>
<b>G</b>	36,39 ± 0,06 <sup>Ha</sup>	37,13 ± 0,07 <sup>Fb</sup>	37,96 ± 0,03 <sup>Gd</sup>	37,71 ± 0,03 <sup>Gc</sup>

<sup>A-C</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

<sup>a-c</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Farklı marka fermente sucuk örnekleri arasındaki L değeri farkını belirlemek için yapılan varyans analizine göre ışınlanmamış kontrol örnekleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. 2 kGy ışınlanan örnekler arasında da L değeri farkı istatistiksel olarak önemlidir. 4 kGy ve 6kGy ile ışınlanan örnekler arasındaki L değeri farkı ise varyans analizine göre önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur.

0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemine tabi tutulan örnekler arasındaki L değeri değişimini gösteren grafik Şekil 4. 12'de verilmiştir.



**Şekil 4.12.** Farklı dozlarda ışınlanmış fermente sucuklardaki L değeri değişimi

Şekil 4.12'ye göre ışınlama dozu arttıkça S, P, PR, AP ve E örneklerinde parlaklık artmıştır. N, A ve G örneklerinde farklı dozlarda ışınlama sonucunda en yüksek L değeri 4 kGy ışınlanan örneklerde saptanmıştır. Ş ve M örneklerinin farklı dozlarda ışınlanması sonucundan ise en fazla parlaklık artışı 2 kGy ışınlanan örneklerde olmuştur. Buna göre örneklerin L değeri değişimi en fazla 6 kGy ışınlama sonucunda olurken en az değişim 2 kGy ışınlamada olmuştur.

Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki a (kırmızılık) değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13'te de görüldüğü gibi farklı dozlarda ışınlanan S, Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G örneklerinde a (kırmızılık) değeri sırasıyla; 13,66-14,39; 13,06-15,60; 15,37-17,40; 13,49-15,55; 14,32-18,56; 11,45-14,82; 12,45-14,87; 14,21-15,70; 10,63-11,95 ve 11,05-13,48 arasında bulunmuştur. Farklı ışınlama dozlarının fermente sucuk örneklerindeki a değeri üzerine etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Farklı dozlarda ışınlanan örnekler arası a değeri farkını belirlemek için yapılan varyans analizine göre ışınlanmamış örnekler arasında (S1, Ş1, M1, N1, P1, PR1, A1, AP1, E1 ve G1) istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bir fark tespit edilmiştir. Ş1, N1 ve AP1 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) olarak bulunmuştur. 2 kGy ışınlanan örnekler arasında yapılan varyans analizine göre örneklerin (S2, Ş2, M2, N2, P2, PR2, A2, AP2, E2 ve G2) kırmızılık değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Fakat Ş2

ve N2 arasında olarak önemli bir fark saptanmamıştır. 4 kGy ışınlanan örnekler (S3, Ş3, M3, N3, P3, PR3, A3, AP3, E3 ve G3) arasında a değeri farkı varyans analizine göre önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. 6 kGy ışınlanan örnekler (S4, Ş4, M4, N4, P4, PR4, A4, AP4, E4 ve G4) arasında a değeri farkı varyans analizine göre önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Ş4 ve N4 arasındaki a değeri farkı istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ).

**Çizelge 4.13.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki a (kırmızılık) değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	14,39 ± 0,13 <sup>Cc</sup>	14,38 ± 0,10 <sup>Fc</sup>	14,04 ± 0,06 <sup>Gb</sup>	13,66 ± 0,15 <sup>Fa</sup>
Ş	15,60 ± 0,02 <sup>Ed</sup>	13,91 ± 0,05 <sup>Ec</sup>	13,06 ± 0,07 <sup>Ea</sup>	13,35 ± 0,07 <sup>Eb</sup>
M	17,40 ± 0,03 <sup>Fd</sup>	15,93 ± 0,08 <sup>Hc</sup>	15,63 ± 0,03 <sup>Jb</sup>	15,37 ± 0,15 <sup>Ha</sup>
N	15,55 ± 0,08 <sup>Ed</sup>	13,94 ± 0,05 <sup>Ec</sup>	13,78 ± 0,05 <sup>Fb</sup>	13,49 ± 0,02 <sup>Ea</sup>
P	18,56 ± 0,09 <sup>Gd</sup>	16,11 ± 0,08 <sup>Ic</sup>	15,27 ± 0,06 <sup>Ib</sup>	14,32 ± 0,08 <sup>Ga</sup>
PR	14,82 ± 0,12 <sup>Dc</sup>	12,50 ± 0,12 <sup>Cb</sup>	11,45 ± 0,10 <sup>Ca</sup>	11,64 ± 0,05 <sup>Ca</sup>
A	14,87 ± 0,09 <sup>Dd</sup>	13,38 ± 0,05 <sup>Dc</sup>	12,45 ± 0,12 <sup>Da</sup>	12,99 ± 0,05 <sup>Db</sup>
AP	15,70 ± 0,14 <sup>Ec</sup>	14,57 ± 0,08 <sup>Gb</sup>	14,21 ± 0,03 <sup>Hab</sup>	14,38 ± 0,20 <sup>Ga</sup>
E	11,95 ± 0,20 <sup>Ab</sup>	11,77 ± 0,09 <sup>Ab</sup>	10,65 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	10,63 ± 0,06 <sup>Aa</sup>
G	13,48 ± 0,06 <sup>Bd</sup>	12,17 ± 0,11 <sup>Bc</sup>	11,05 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	11,21 ± 0,04 <sup>Bb</sup>

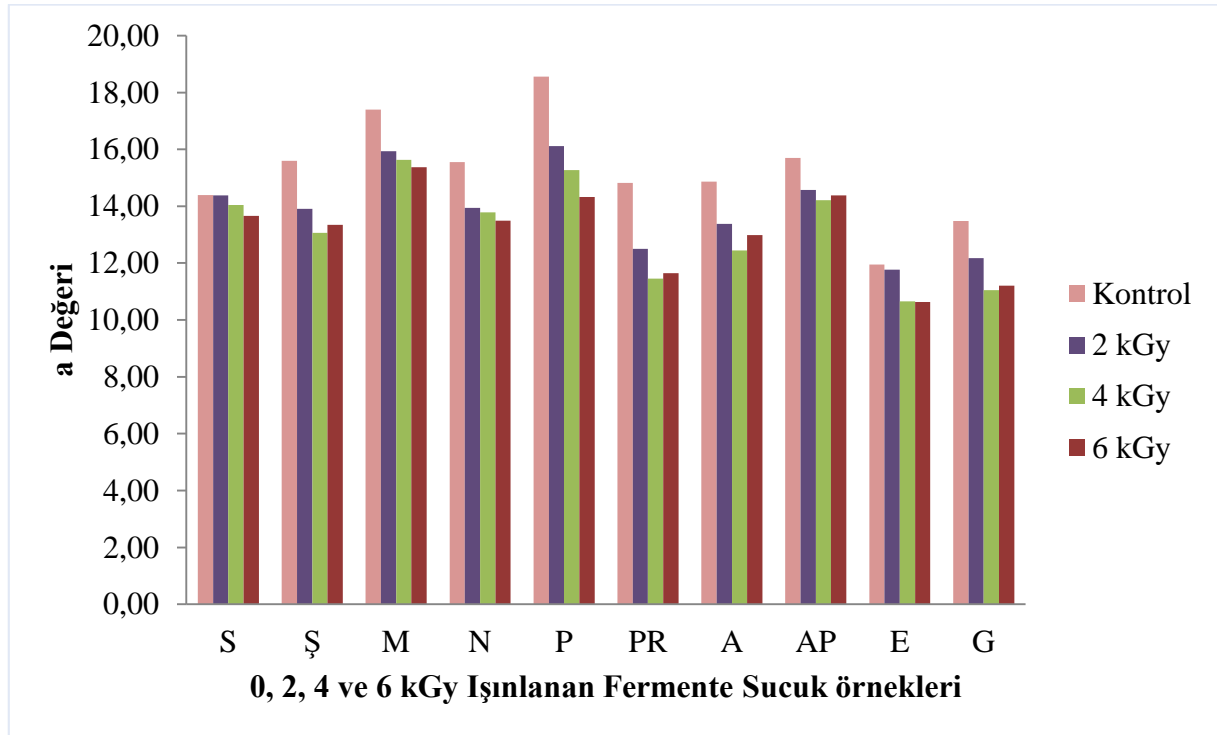
<sup>A-J</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

<sup>a-d</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Örneklerin kendi ışınlama grupları arasındaki a değeri farkını belirlemek için yapılan varyans analizine göre Ş örneğinin ışınlama grupları (Ş1, Ş2, Ş3 ve Ş4) arasındaki fark, M ve N örneklerini 0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemi sonucunda a değeri farkları, P ve AP örneklerinin ışınlama grupları arasındaki farklar ve G örneğinin farklı ışınlama dozlarındaki a değeri farkları istatistiksel açıdan önemli tespit edilmiştir. S1, S2, S3 ve S4 arasından a değeri bakımından istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bir fark tespit edilmiştir. Fakat S1 ve S2

örnekleri arasındaki fark istatistiksel önemsizdir ( $p > 0,05$ ). PR, AP ve E örneklerinin ışınlama grupları arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemlidir. Fakat Duncan çoklu karşılaştırma testine göre PR3 ve PR4 örnekleri arasındaki fark, AP2 ve AP3 arasındaki fark, AP3 ve AP4 arasındaki fark, E1 ve E2 arasındaki a değeri farkı ve E3 ile E4 arasındaki a değeri farkı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemine tabi tutulan örnekler arasındaki a değeri değişimini gösteren grafik Şekil 4. 13'te verilmiştir.



**Şekil 4.13.** Farklı dozlarda ışınlanmış fermente sucuklardaki a değeri değişimi

S, M, N, P ve E örneklerinde ışınlamanın şiddeti arttıkça kırmızılık azalmıştır. Ş, PR, A, AP ve G örneklerinde ise 4 kGy ışınlama dozuna kadar bir azalma gözlenirken 6 kGy ışınlama ile kırmızılık değerinde az da olsa bir artış olmuştur. Bu artış Ş, A ve G örneklerinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) iken PR ve AP örneklerinde önemsiz bulunmuştur. Buna dayanarak örneklerin % 70'inde ışınlama dozu ile kırmızılık (a değeri) azalmıştır diyebiliriz. 2 kGy ışınlama örneklerin a değeri değişimini en az 2 kGy'lik ışınlama etkilemiştir. 2 kGy ışınlanan S ve E örneklerinin kendi kontrol örnekleri ile aralarındaki a değeri değişimi ise istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) bulunmuştur.

Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki b (sarılık) değeri değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki b (sarılık) değeri değişimine Ait Duncan testi sonuçları

Örnek	Işınlama dozu (kGy)			
	Kontrol	2	4	6
S	12,31 ± 0,05 <sup>Fc</sup>	12,01 ± 0,05 <sup>Hb</sup>	11,85 ± 0,02 <sup>Ha</sup>	11,90 ± 0,06 <sup>Ia</sup>
Ş	12,79 ± 0,03 <sup>Gd</sup>	12,08 ± 0,02 <sup>Hc</sup>	11,66 ± 0,03 <sup>Ga</sup>	11,78 ± 0,06 <sup>Hb</sup>
M	10,50 ± 0,05 <sup>Bc</sup>	9,97 ± 0,05 <sup>Bb</sup>	9,63 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	9,61 ± 0,04 <sup>Ba</sup>
N	10,66 ± 0,11 <sup>Cc</sup>	9,73 ± 0,06 <sup>Ab</sup>	9,72 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	9,33 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
P	10,80 ± 0,06 <sup>Dc</sup>	10,54 ± 0,11 <sup>Eb</sup>	10,47 ± 0,02 <sup>Dab</sup>	10,41 ± 0,03 <sup>Ea</sup>
PR	15,17 ± 0,07 <sup>Id</sup>	14,71 ± 0,03 <sup>Ib</sup>	14,32 ± 0,01 <sup>Ia</sup>	14,86 ± 0,04 <sup>Jc</sup>
A	11,52 ± 0,01 <sup>Eb</sup>	11,79 ± 0,03 <sup>Gc</sup>	11,38 ± 0,02 <sup>Fa</sup>	11,33 ± 0,05 <sup>Ga</sup>
AP	11,48 ± 0,08 <sup>Ed</sup>	11,09 ± 0,02 <sup>Fc</sup>	10,89 ± 0,01 <sup>Eb</sup>	11,00 ± 0,04 <sup>Fa</sup>
E	10,30 ± 0,03 <sup>Ad</sup>	10,09 ± 0,04 <sup>Cc</sup>	9,66 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	9,74 ± 0,01 <sup>Cb</sup>
G	10,79 ± 0,04 <sup>Dc</sup>	10,38 ± 0,08 <sup>Db</sup>	10,34 ± 0,02 <sup>Cb</sup>	9,87 ± 0,02 <sup>Da</sup>

<sup>A-J</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

<sup>a-d</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

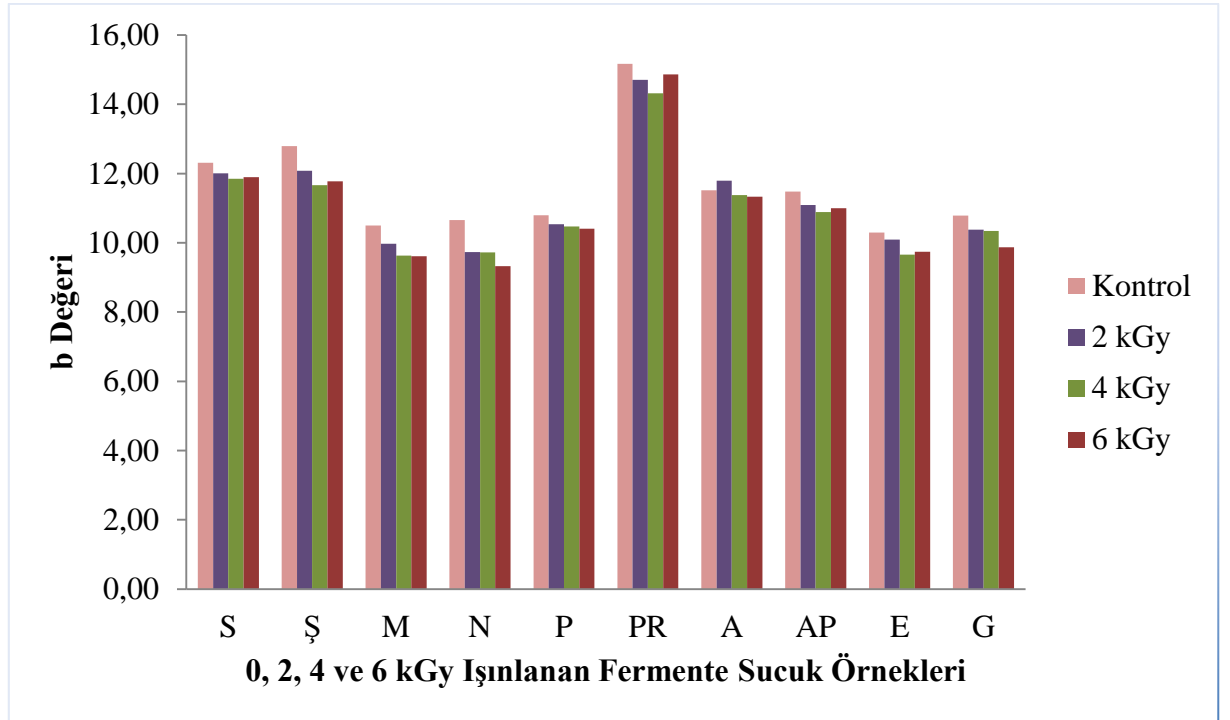
S, Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G örneklerinin b değeri 11,85-12,31; 11,66-12,79; 9,61-10,50; 9,33-10,66; 10,41-10,80; 14,32-15,17; 11,33-11,79; 10,89-11,48; 9,66-10,30 ve 9,87-10,79 arasında belirlenmiştir. Farklı ışınlama dozlarının fermente sucuk örneklerindeki b değeri üzerine etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

0, 2, 4 ve 6 kGy ışılama sonucunda farklı markalara ait fermente sucukların b değeri farkını belirlemek için yapılan varyans analizine göre ışınlanmamış kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bir fark tespit edilmiştir. Aynı şekilde 2 kGy ışınlanan örnekler arasındaki b değeri farkı, 4 kGy ışınlanan örnekler arasındaki fark ve 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki sarılık değeri farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat Duncan çoklu karşılaştırma testine göre Ş2 ve S2 arasındaki, E3 ve M3 arasındaki ve A1 ve AP1 arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsizdir (p> 0,05).

Örneklerin kendi ışınlama grupları arasındaki b değeri farkını belirlemek için yapılan varyans analizine göre Ş, PR, AP ve E örneklerinin ışınlama grupları arasındaki farklılıklar

istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. S, M, N, A ve G örneklerinin farklı dozlarda ışınlama uygulanan örnekleri arasındaki b (sarılık) değeri farklılıkları istatistiksel olarak önemli olup S3 ve S4 arasındaki, M3 ve M4 arasındaki, N2 ve N3 arasındaki, P3 ve P4 arasındaki ve G2 ile G3 arasındaki b değeri farkı Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemsiz olarak tespit edilmiştir. P örneğinin farklı dozlarda ışınlanması sonucunda sarılık rengindeki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemine tabi tutulan örnekler arasındaki b değeri değişimini gösteren grafik Şekil 4. 14'te verilmiştir.



Şekil 4.14. Farklı dozlarda ışınlanmış fermente sucuklardaki b değeri değişimi

S, M, N, P, AP ve G örneklerinde ışınlamanın dozu arttıkça sarılık değeri azalmıştır. Ş, PR ve E örneklerinde ise 4 kGy ışınlama dozunda b değerinde önemli bir azalma olurken 6 kGy ışınlama ile sarılık değerinde istatistiksel olarak önemli bir artış meydana gelmiştir. Örneklerin % 60'ında ışınlama dozunun artması ile sarılık değerinin azaldığı belirlenmiştir. PR örneği hariç diğerlerinde en az b değeri değişimi 2 kGy ışınlama ile olmuştur.

Fermente sucuk örneklerinin 0, 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlamaya maruz kalan örnekleri arasında toplam renk farkının ( $\Delta E$ ) değişimini belirlemek için yapılan varyans analiz sonuçları Duncan çoklu karşılaştırma testi ile desteklenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Örneklerin kontrol grubu ile 2 kGy ışılama işlemi sonucundaki  $\Delta E$  değerleri  $\Delta E^{(2-0)}$ , kontrol grubu ile 4 kGy arasındaki  $\Delta E$  değerleri  $\Delta E^{(4-0)}$  ve kontrol grubu ile 6 kGy ışınlama

işlemi arasındaki  $\Delta E$  değerleri  $\Delta E^{(6-0)}$  şeklinde verilmiştir.  $\Delta E$  (4.1) eşitliğinde verildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^0 - L^*)^2 + (a^0 - a^*)^2 + (b^0 - b^*)^2} \quad (4.1)$$

$L^0$ : Kontrol örneğinin L değeri       $L^*$ : Işınlanan örneğin L değeri a değeri

$a^0$ : Kontrol örneğinin                       $a^*$ : Işınlanan örneğin a değeri

$b^0$ : Kontrol örneğinin b değeri       $b^*$ : Işınlanan örneğin b değeri

Çizelge 4.15'e göre S örneğinin 2, 4 ve 6 kGy ışınlanması sonucu ışınlanmayan kontrol örneğine (S1) göre  $\Delta E^{(2-0)}$ ,  $\Delta E^{(4-0)}$  ve  $\Delta E^{(6-0)}$  değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre S örneğinin  $\Delta E^{(4-0)}$  ve  $\Delta E^{(6-0)}$  arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ). Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G örneklerinin 2, 4 ve 6 kGy ışınlama işlemleri sonucunda kontrol örneklerine göre toplam renk farklılıkları istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**Çizelge 4.15.** Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucuklardaki toplam renk değişimine ( $\Delta E$ ) ait Duncan testi sonuçları

Örnek	$\Delta E^{(2-0)}$	$\Delta E^{(4-0)}$	$\Delta E^{(6-0)}$
<b>S</b>	2,57 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,67 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,76 ± 0,02 <sup>b</sup>
<b>Ş</b>	1,86 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,79 ± 0,04 <sup>c</sup>	1,33 ± 0,04 <sup>a</sup>
<b>M</b>	2,12 ± 0,00 <sup>b</sup>	2,21 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,44 ± 0,01 <sup>a</sup>
<b>N</b>	2,29 ± 0,05 <sup>c</sup>	2,03 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,57 ± 0,09 <sup>a</sup>
<b>P</b>	2,73 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,57 ± 0,04 <sup>c</sup>	2,32 ± 0,01 <sup>a</sup>
<b>PR</b>	2,37 ± 0,01 <sup>b</sup>	3,49 ± 0,03 <sup>c</sup>	1,13 ± 0,02 <sup>a</sup>
<b>A</b>	3,12 ± 0,03 <sup>b</sup>	4,33 ± 0,01 <sup>c</sup>	3,04 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>AP</b>	1,59 ± 0,04 <sup>a</sup>	2,73 ± 0,04 <sup>c</sup>	2,59 ± 0,04 <sup>b</sup>
<b>E</b>	1,98 ± 0,11 <sup>a</sup>	2,58 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,87 ± 0,09 <sup>c</sup>
<b>G</b>	1,56 ± 0,05 <sup>a</sup>	3,04 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,69 ± 0,02 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

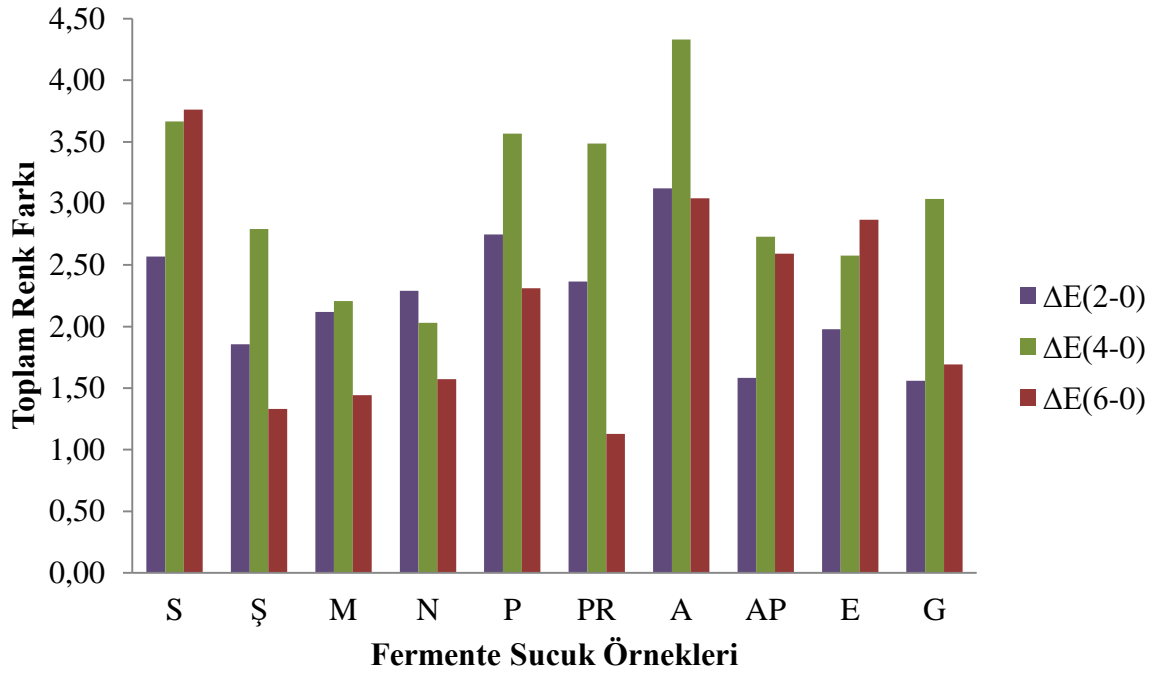
<sup>(2-0)</sup> Kontrol grubu ile 2 kGy ışınlanmış örnekler arasındaki renk farkını,

<sup>(4-0)</sup> 2 kGy ile 4 kGy ışınlanmış örnekler arasındaki renk farkını,

<sup>(6-0)</sup> 4 kGy ile 6 kGy ışınlanmış örnekler arasındaki renk farkını gösterir.



Şekil 4.15’de fermente sucukların farklı dozlarda ışınlanması sonucu toplam renk değişimi verilmiştir.



Şekil 4.15. Fermente Sucukların Farklı dozlarda ışınlanması sonucu toplam renk değişimi

Şekil 4.15’te verilen grafik üzerinden toplam renk farkını inceleyecek olursak toplam renk farkı en fazla 4 kGy ışınlanan Ş, M, P, PR, A, AP ve G örneklerinde olmuştur. N kodlu örnekte en az  $\Delta E$  6 kGy ışınlanan örnekte olurken E örneğinde 2 kGy ışınlanan örnekte olmuştur. Ş, M, P, PR ve A örneklerinde en az  $\Delta E$  6 kGy ışınlananlar da olmuştur. Genel olarak renk değişimi en fazla 4 kGy ışınlanan örneklerde olmuştur.

Yaptığımız çalışma sonucunda L değeri 32,07- 39,66 arasında, a değeri 10,58- 18,56 arasında ve b değeri 9,29 - 15,24 arasında değişmektedir. Çalışmamızda ortalama L değeri  $35,97 \pm 0,05$  ortalama a değeri  $13,84 \pm 0,08$  ortalama b değeri  $11,21 \pm 0,04$  olarak bulunmuştur. Bulduğumuz değerler Karakuş (2011) ve Chauliara ve ark. (2006)’nın buldukları değerlerden yüksek; Poçan ve ark (2015) 'in buldukları değerlerin arasında bulunmuştur.

#### 4.2.4. Yağ Asitleri Bileşimi Analizi

Işınlamanın fermente sucukların mikrobiyal kalitesi üzerine etkisini desteklemek için yaptığımız yağ asitleri bileşimi analizinde, ışınlamanın sucuklardaki yağ asitleri bileşimi üzerine etkisinin görülebilmesi için analiz, kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanmış örnekler

arasında yapılmış ve örnekler arasında yapılmış ve belirlenen yağ asitlerinin oranları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Ferment sucukların yağ asitleri bileşimi üzerine 6 kGy'lik ışınlamanın etkisini görebilmek için her örneğin 0 ve 6 kGy'lik ışınlanan örnek grupları arasında Paired- Sample T testi uygulanmıştır. Farklı marka fermente sucuk örnekleri arasındaki yağ asitleri bileşimi farkını belirlemek için ise One Way Anova varyasyon testi yapılmış ve bu test Duncan çoklu karşılaştırma testi ile desteklenmiştir.

S, Ş, M, N, P, PR, A, AP, E ve G örneklerinin 0 ve 6 kGy ışınlama işlemleri sonucunda *Kaprik* asit (C10:0) 0,07 - 0,12 arasında, *Laurik* asit (C12:0) 0,05 - 0,72 arasında, *Miristik* asit (C14:0) miktarı 3,05 - 4,51 arasında, *Miristoleik* asit (C14:1) 0,48 - 0,78 arasında, C14:1*t* 0,26 - 0,74 arasında, *Palmitik* asit (C16:0) 24,35 - 31,50 arasında, *Palmitoleik* asit (C16:1) 2,92 - 5,02 arasında, C16:1*t* 0,76 - 1,22 arasında, *Margarik* (C17:0) 1,50 - 1,83 arasında, *Heptadesenoik* (C17:1) 0,37 - 0,81 arasında, C17:1*t* 0,11 - 0,24 arasında, % *Stearik* asit (C18:0) 15,14 - 26,17 arasında, *Oleik* asit (C18:1n9) 29,44 - 38,34 arasında, *Linoleik* (C18:2n6) 1,65 - 3,06 arasında, C18:1*t* 1,36 - 3,20 arasında, *Araşidik* (C20:0) 0,08 - 0,35 arasında ve *Eikosenoik* (C20:1) 0,05 - 0,82 arasında bulunmuştur.

**Çizelge 4.16.** Işınlama işleminin fermente sucuklardaki yağ asidi bileşimi üzerine etkisi (%)

Yağ Asitleri (%)	Işınlama dozu (kGy)	S	Ş	M	N	P	PR	A	AP	E	G
<i>C10:0</i> <i>Kaprik asit</i>	0	0,08	0,09	0,09	0,09	0,11	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08
	6	0,09	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,09	0,08	0,09	0,09
<i>C12:0</i> <i>Laurik asit</i>	0	0,05	0,08	0,09	0,11	0,70	0,07	0,06	0,08	0,05	0,05
	6	0,06	0,09	0,10	0,12	0,72	0,08	0,07	0,09	0,06	0,06
<i>C14:0</i> <i>Miristik asit</i>	0	3,05	3,58	3,32	3,61	3,26	3,21	3,16	3,05	3,41	3,21
	6	3,17	4,51	3,63	3,88	3,68	3,42	3,31	3,15	3,47	3,28
<i>C14:1</i> <i>Miristoleik</i>	0	0,53	0,78	0,68	0,72	0,65	0,68	0,61	0,62	0,69	0,69
	6	0,48	0,68	0,55	0,66	0,64	0,66	0,60	0,61	0,67	0,65
<i>C14:1trans</i>	0	0,26	0,34	0,56	0,39	0,37	0,29	0,32	0,32	0,26	0,32
	6	0,27	0,74	0,72	0,41	0,44	0,30	0,33	0,34	0,32	0,37
<i>C16:0</i> <i>Palmitik asit</i>	0	24,35	27,99	27,42	28,28	26,93	25,67	25,21	25,40	26,14	25,88
	6	25,70	31,50	27,69	29,12	28,41	26,82	26,37	25,89	26,19	26,42
<i>C16:1</i> <i>Palmitoleik</i>	0	2,99	4,57	3,75	3,61	4,44	3,26	3,04	3,24	5,02	4,41
	6	2,92	4,23	3,73	3,59	4,07	3,14	3,01	3,21	4,68	4,31
<i>C16:1trans</i>	0	0,87	0,89	0,86	1,10	0,85	0,88	0,85	0,88	0,76	0,84
	6	0,92	0,92	0,98	1,22	0,87	0,96	0,92	0,89	0,79	0,91
<i>C17:0</i> <i>Margarik</i>	0	1,54	1,52	1,68	1,59	1,64	1,65	1,75	1,59	1,50	1,67
	6	1,63	1,72	1,79	1,68	1,65	1,69	1,83	1,60	1,76	1,78
<i>C17:1</i> <i>Heptadesenoik</i>	0	0,45	0,63	0,57	0,48	0,59	0,46	0,61	0,45	0,65	0,66
	6	0,43	0,56	0,50	0,39	0,58	0,37	0,54	0,43	0,81	0,76
<i>C17:1trans</i>	0	0,17	0,11	0,17	0,17	0,23	0,12	0,17	0,18	0,12	0,17
	6	0,18	0,17	0,20	0,19	0,24	0,17	0,20	0,20	0,19	0,22
<i>C18:0</i> <i>Stearik</i>	0	23,70	16,86	21,45	22,22	18,00	25,43	23,65	23,57	15,14	17,63
	6	23,87	17,88	22,62	22,48	18,99	26,17	23,82	23,89	15,66	17,93

**Çizelge 4.16.** Işınlama işleminin fermente sucuklardaki yağ asidi bileşimi üzerine etkisi  
(Devam)

Yağ Asitleri (%)	Işınlama dozu (kGy)	S	Ş	M	N	P	PR	A	AP	E	G
<i>C18:1n9</i> <i>Oleik</i>	0	34,17	35,28	33,07	31,21	35,35	30,01	33,30	33,87	38,34	36,98
	6	33,67	32,21	32,31	30,18	33,48	29,44	33,05	33,49	37,83	35,91
<i>C18:2n6</i> <i>Linoleik</i>	0	3,06	2,26	2,35	2,23	2,20	2,54	2,41	2,65	2,88	2,67
	6	2,44	1,71	2,06	1,99	1,65	2,48	2,05	2,55	2,35	2,18
<i>C18:1trans</i>	0	2,92	2,01	1,88	2,00	1,36	3,01	2,25	2,28	2,19	2,21
	6	3,20	2,07	1,91	2,13	1,70	3,08	2,55	2,36	2,23	2,26
<i>C20:0</i> <i>Araşidik</i>	0	0,11	0,08	0,12	0,12	0,09	0,17	0,12	0,11	0,11	0,31
	6	0,13	0,15	0,13	0,13	0,12	0,19	0,18	0,17	0,15	0,35
<i>C20:1</i> <i>Eikosenoik</i>	0	0,33	0,19	0,23	0,34	0,28	0,22	0,44	0,14	0,71	0,82
	6	0,05	0,05	0,09	0,23	0,16	0,11	0,32	0,05	0,57	0,74
<b>Toplam Yağ Asitleri</b>	0	98,63	97,26	98,29	98,27	97,05	97,75	98,03	98,50	98,05	98,60
	6	99,21	99,30	99,12	98,52	97,52	99,20	99,24	99,00	97,82	98,22
<b>Tanımlanmayan Toplam Yağ Asitleri</b>	0	1,37	2,74	1,71	1,73	2,95	2,25	1,97	1,50	1,95	1,40
	6	0,79	0,70	0,88	1,48	2,48	0,80	0,76	1,00	2,18	1,78
<b>Toplam Doymuş Yağ Asitleri</b>	0	52,88	50,20	54,17	56,02	50,73	56,28	54,03	53,87	46,43	48,83
	6	54,65	55,96	56,07	57,53	53,69	58,49	55,67	54,87	47,38	49,91
<b>Toplam Doymamış Yağ Asitleri</b>	0	45,75	47,06	44,12	42,25	46,32	41,47	44,00	44,63	51,62	49,77
	6	44,96	43,34	43,05	40,99	43,83	40,71	43,57	44,13	50,44	48,31
<b>Toplam Tekli Doymamış Yağ Asidi</b>	0	42,69	44,80	41,77	40,02	44,12	38,93	41,59	41,98	48,74	47,10
	6	42,12	41,63	40,99	39,00	42,18	38,23	41,52	41,58	48,09	46,13
<b>Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asitleri</b>	0	3,06	2,26	2,35	2,23	2,20	2,54	2,41	2,65	2,88	2,67
	6	2,84	1,71	2,06	1,99	1,65	2,48	2,05	2,55	2,35	2,18
<b>Toplam Trans Yağ Asitleri</b>	0	4,22	3,35	3,47	3,66	2,81	4,30	3,59	3,66	3,33	3,54
	6	4,57	3,90	3,81	3,95	3,25	4,51	4,00	3,79	3,53	3,76

Çalışmamızdaki fermente sucuk örneklerinin yağ asidi bileşiminin temel yapısını C18:1n9, C16:0 ve C18:0 yağ asitleri oluşturmaktadır. Bu yüzden varyans analizleri toplam yağ asitleri, C16:0, C18:0 ve C18:1n9 asitleri üzerinden yapılmıştır.

Toplam yağ asidi değişimi, toplam doymuş yağ asidi değişimi, C16:0 değişimi, C18:0 değişimi, toplam doymamış yağ asidi değişimi, toplam tekli doymamış yağ asidi değişimi, toplam çoklu doymamış yağ asidi değişimi, C18:1n9 değişimi ve toplam *trans* yağ asidi değişimi sırasıyla Çizelge 4.17, Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21, Çizelge 4.22, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24 ve Çizelge 4.25'te verilmiştir.

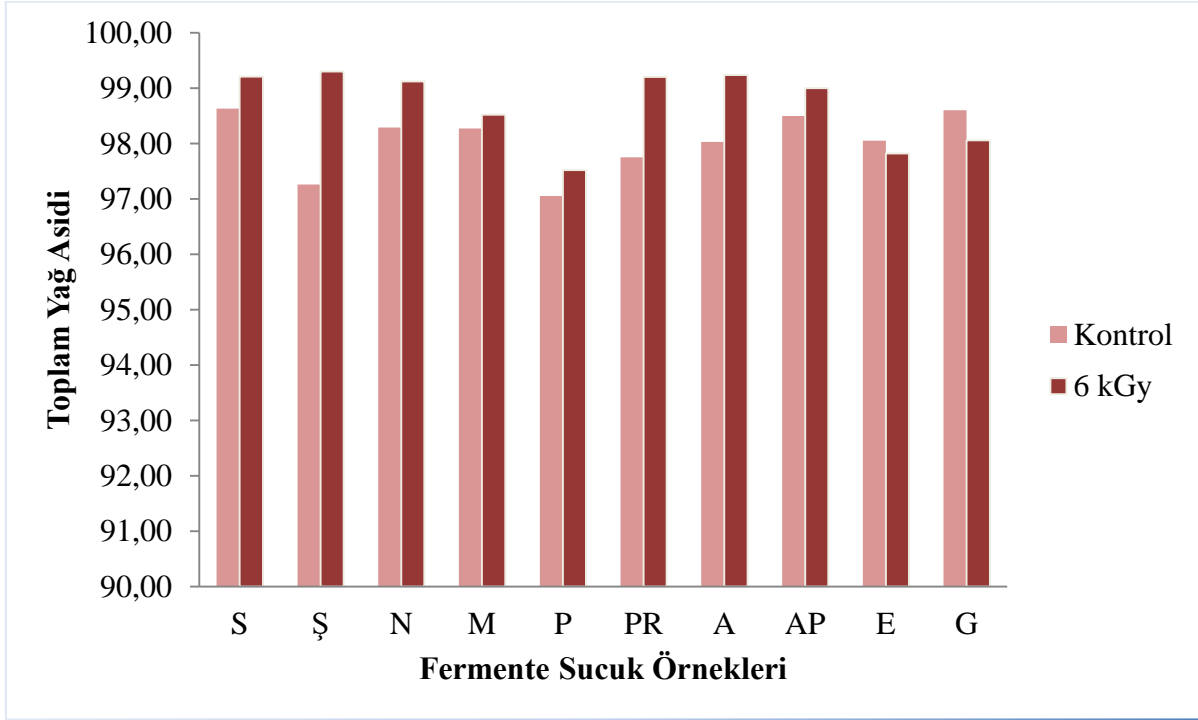
**Çizelge 4.17.** 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam yağ asidi değişimine ait Paired-Sample T testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	98,63 ± 0,54 <sup>a</sup>	99,21 ± 0,47 <sup>b</sup>
Ş	97,26 ± 0,71 <sup>a</sup>	99,30 ± 0,69 <sup>b</sup>
N	98,29 ± 0,70 <sup>a</sup>	99,12 ± 0,57 <sup>b</sup>
M	98,27 ± 0,92 <sup>a</sup>	98,52 ± 0,64 <sup>a</sup>
P	97,05 ± 0,58 <sup>a</sup>	97,52 ± 0,57 <sup>b</sup>
PR	97,75 ± 0,80 <sup>a</sup>	99,20 ± 0,76 <sup>b</sup>
A	98,03 ± 0,65 <sup>a</sup>	99,24 ± 0,57 <sup>b</sup>
AP	98,50 ± 0,94 <sup>a</sup>	99,00 ± 0,82 <sup>b</sup>
E	98,05 ± 1,04 <sup>a</sup>	97,82 ± 0,93 <sup>a</sup>
G	98,60 ± 1,02 <sup>b</sup>	98,06 ± 0,91 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Fermente sucuk örneklerinin kontrol grupları ile 6 kGy ışınlanan örnek grupları arasındaki toplam yağ asidi farkını belirlemek için yapılan varyans analizi sonucuna göre S1 ve S4 arasındaki, Ş1 ve Ş4 arasındaki, N1 ve N4 arasındaki, P1 ve P4 arasındaki, PR1 ve PR4 arasındaki, A1 ve A4 arasındaki ve AP1 ve AP4 arasındaki toplam yağ asidi farkı istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bulunmuştur. M1 ile M4 arasındaki, E1 ile E4 arasındaki ve G1 ile G4 arasındaki farklar önemsizdir.

6 kGy ışınlamanın fermente sucuk örneklerindeki toplam yağ asidi değişimini gösteren grafik Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam yağ asidi üzerine etkisi

Şekil 4.16'te görüldüğü gibi fermente sucuk örneklerinin % 70'inde toplam yağ asidi oranı 6 kGy ışınlama sonucunda artış göstermiştir. 6 kGy'lik ışınlama toplam yağ asidini, S örneğinde %0,58, Ş örneğinde % 2,09, N örneğinde %0,84, M örneğinde %0,25, P örneğinde %0,48, PR örneğinde %1,48, A örneğinde %1,23 ve AP örneğinde %0,50 arttırmıştır. 6 kGy'lik ışınlama toplam yağ asidini, E örneğinde %0,23 ve G örneğinde %0,54 azaltmıştır.

Fermente sucuk örneklerinin ortalama toplam doymuş yağ asitlerine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Işınlanmamış fermente sucuk örnekleri (S1, Ş1, N1, M1, P1, PR1, A1, AP1, E1 ve G1) arasındaki toplam doymuş yağ asidi farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre Ş1 ve P1 arasındaki, N1 ve PR1 arasındaki ve M1, A1 ve AP1 arasındaki toplam doymuş yağ asidi farkının istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. 6 kGy ışınlanan örnekler (S4, Ş4, N4, M4, P4, PR4, A4, AP4, E4 ve G4) arasındaki toplam doymuş yağ asidi farkı istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre G4 ve A4 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ).

Örneklerin 6 kGy'lik ışınlamaya maruz bırakılmaları sonucu kontrol gruplarına göre toplam doymuş yağ asidi değişimini incelemek için yaptığımız varyans analizi sonucunda S1 ve S4 arasındaki fark, Ş1 ve Ş4 arasındaki fark, N1 ve N4 arasındaki fark, M1 ve M4 arasındaki fark, P1 ve P4 arasındaki fark, PR1 ve PR4 arasındaki fark, A1 ve A4 arasındaki fark, AP1 ve AP4 arasındaki fark, E1 ve E4 arasındaki fark ve G1 ve G4 arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur.

**Çizelge 4.18.** 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam doymuş yağ asidi değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
<b>S</b>	52,88 ± 0,30 <sup>Da</sup>	54,65 ± 0,21 <sup>Db</sup>
<b>Ş</b>	50,20 ± 0,34 <sup>Ca</sup>	55,96 ± 0,25 <sup>Eb</sup>
<b>N</b>	54,17 ± 0,36 <sup>Fa</sup>	56,07 ± 0,19 <sup>Fb</sup>
<b>M</b>	56,02 ± 0,42 <sup>Ea</sup>	57,53 ± 0,02 <sup>Eb</sup>
<b>P</b>	50,73 ± 0,28 <sup>Ca</sup>	53,69 ± 0,14 <sup>Cb</sup>
<b>PR</b>	56,28 ± 0,48 <sup>Fa</sup>	58,49 ± 0,26 <sup>Gb</sup>
<b>A</b>	54,03 ± 0,29 <sup>Ea</sup>	55,67 ± 0,12 <sup>Eb</sup>
<b>AP</b>	53,87 ± 0,47 <sup>Ea</sup>	54,87 ± 0,35 <sup>Db</sup>
<b>E</b>	46,43 ± 0,47 <sup>Aa</sup>	47,38 ± 0,35 <sup>Ab</sup>
<b>G</b>	48,83 ± 0,50 <sup>Ba</sup>	49,91 ± 0,28 <sup>Bb</sup>

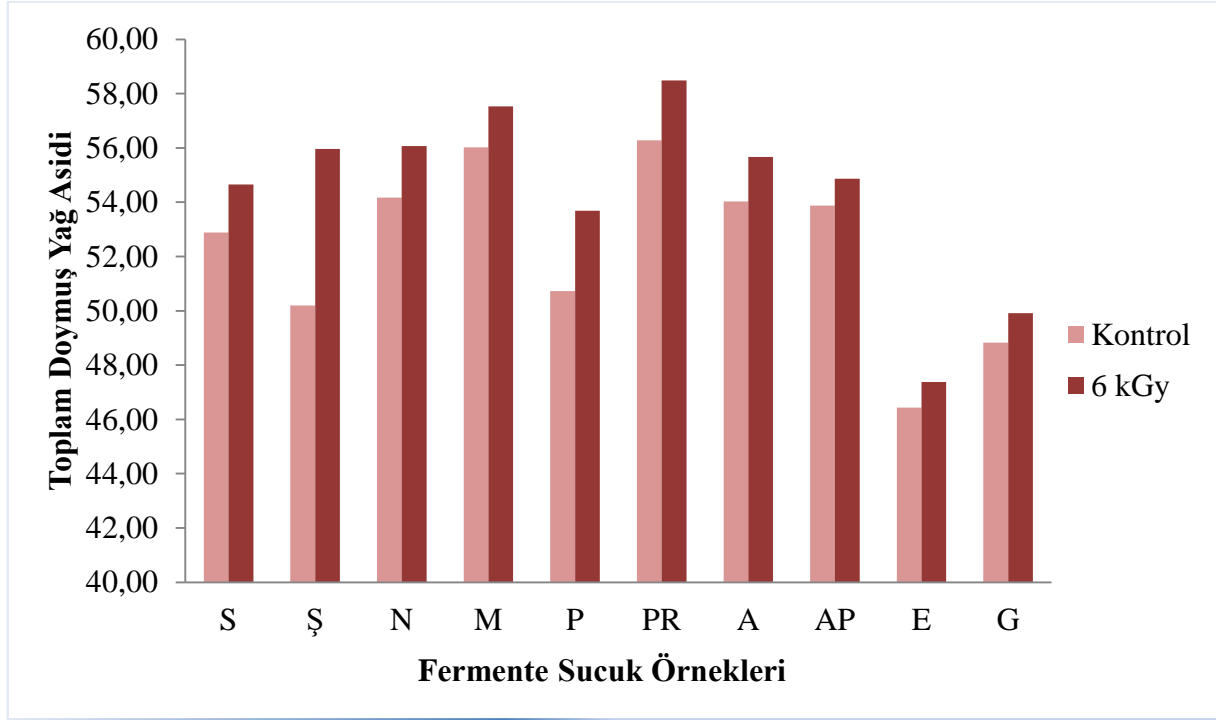
<sup>A-F</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

6 kGy ışınlamanın fermente sucuk örneklerindeki toplam doymuş yağ asidi değişimini gösteren grafik Şekil 4.17'de verilmiştir.

Şekil 4.17'da görüldüğü gibi fermente sucuk örneklerin %100'ünde 6 kGy'lik ışınlama sonucunda toplam doymuş yağ asidi oranı artmıştır. 6 kGy'lik ışınlama toplam doymuş yağ asidini, S örneğinde %3,34, Ş örneğinde %11,47, N örneğinde %3,50, M örneğinde %2,69, P örneğinde %5,83, PR örneğinde %3,92, A örneğinde %3,03, AP

örneğinde %1,85, E örneğinde %2,04 ve G %2,21 örneğinde arttırmıştır. Toplam doymuş yağ asidi içeriği bakımından 6 kGy'lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az AP örneği etkilenmiştir.



**Şekil 4.17.** Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam doymuş yağ asidi üzerine etkisi

Fermente sucuk örneklerinin ortalama C16:0 asit oranına ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.19’de verilmiştir.

Işınlanmamış fermente sucuk örnekleri arasındaki C16:0 oranı farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre G1 ile PR1 arasındaki ve A1 ile AP1 arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) olduğu saptanmıştır. 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki C16:0 oranı farkı da istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Fakat G4 ve A4 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

Örnekler arasında 6 kGy’lik ışınlama işleminin C16:0 oranı değişimine etkisini görmek için yaptığımız varyans analizi sonucunda; S1 ve S4 arasındaki, Ş1 ve Ş4 arasındaki, N1 ve N4 arasındaki, M1 ve M4 arasındaki, P1 ve P4 arasındaki, PR1 ve PR4 arasındaki, A1 ve A4 arasındaki, AP1 ve AP4 arasındaki ve G1 ve G4 arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. E1 ve E4 arasındaki C16:0 oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir.



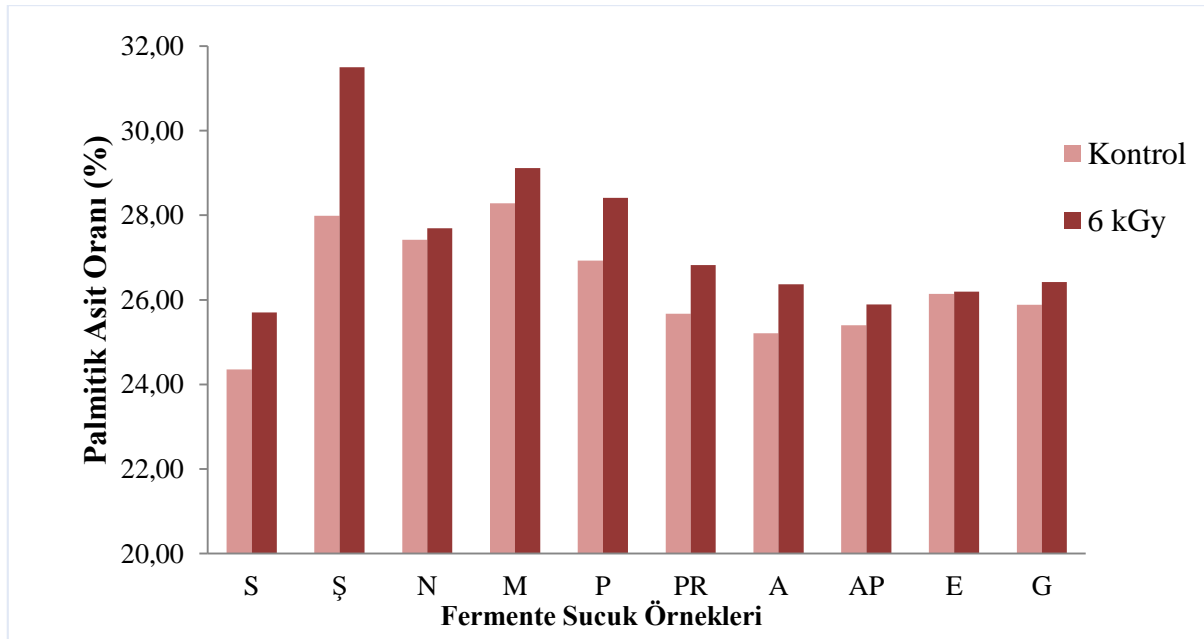
**Çizelge 4.19.** 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki C16:0 oranı değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	24,35 ± 0,09 <sup>Aa</sup>	25,70 ± 0,07 <sup>Ab</sup>
Ş	27,99 ± 0,14 <sup>Ga</sup>	31,50 ± 0,08 <sup>Ib</sup>
N	27,42 ± 0,10 <sup>Fa</sup>	27,69 ± 0,05 <sup>Fb</sup>
M	28,28 ± 0,13 <sup>Ha</sup>	29,12 ± 0,07 <sup>Hb</sup>
P	26,93 ± 0,13 <sup>Ea</sup>	28,41 ± 0,05 <sup>Gb</sup>
PR	25,67 ± 0,18 <sup>Ca</sup>	26,82 ± 0,11 <sup>Eb</sup>
A	25,21 ± 0,11 <sup>Ba</sup>	26,37 ± 0,04 <sup>Db</sup>
AP	25,40 ± 0,15 <sup>Ba</sup>	25,89 ± 0,10 <sup>Bb</sup>
E	26,14 ± 0,12 <sup>Da</sup>	26,19 ± 0,09 <sup>Ca</sup>
G	25,88 ± 0,14 <sup>Ca</sup>	26,42 ± 0,12 <sup>Db</sup>

<sup>A-I</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

6 kGy ışınlamanın fermente sucuk örneklerindeki C16:0 oranı değişimini gösteren grafik Şekil 4.18'de verilmiştir.



**Şekil 4.18.** Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki C16:0 üzerine etkisi

Şekil 4.18’de görüldüğü gibi 6 kGy’lik ışınlama işlemini, çalışmamızdaki fermente sucuk örneklerinin % 90’ında C16:0 oranını arttırmıştır. 6 kGy’lik ışınlama sonucunda; C16:0 oranını, S örneğinde %5,54, Ş örneğinde %12,54, N örneğinde %0,98, M örneğinde %2,97, P örneğinde %5,49, PR örneğinde %4,47, A örneğinde %4,60, AP örneğinde %1,92, E örneğinde %0,19 ve G örneğinde %2,08 arttırmıştır. C16:0 içeriği bakımından 6 kGy’lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az E örneği etkilenmiştir.

Fermente sucuk örneklerinin ortalama C18:0 asit oranına ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

**Çizelge 4.20.** 6 kGy’lik ışınlamanın fermente sucuklardaki C18:0 değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	23,70 ± 0,09 <sup>Ga</sup>	23,87 ± 0,06 <sup>Eb</sup>
Ş	16,86 ± 0,09 <sup>Ba</sup>	17,88 ± 0,06 <sup>Bb</sup>
N	21,45 ± 0,12 <sup>Ea</sup>	22,62 ± 0,07 <sup>Db</sup>
M	22,22 ± 0,09 <sup>Fa</sup>	22,48 ± 0,04 <sup>Db</sup>
P	18,00 ± 0,05 <sup>Da</sup>	18,99 ± 0,02 <sup>Cb</sup>
PR	25,43 ± 0,16 <sup>Ha</sup>	26,17 ± 0,08 <sup>Fb</sup>
A	23,65 ± 0,01 <sup>Ga</sup>	23,82 ± 0,01 <sup>Eb</sup>
AP	23,57 ± 0,20 <sup>Ga</sup>	23,89 ± 0,16 <sup>Eb</sup>
E	15,14 ± 0,20 <sup>Aa</sup>	15,66 ± 0,16 <sup>Ab</sup>
G	17,63 ± 0,19 <sup>Ca</sup>	17,93 ± 0,06 <sup>Ba</sup>

<sup>A-G</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

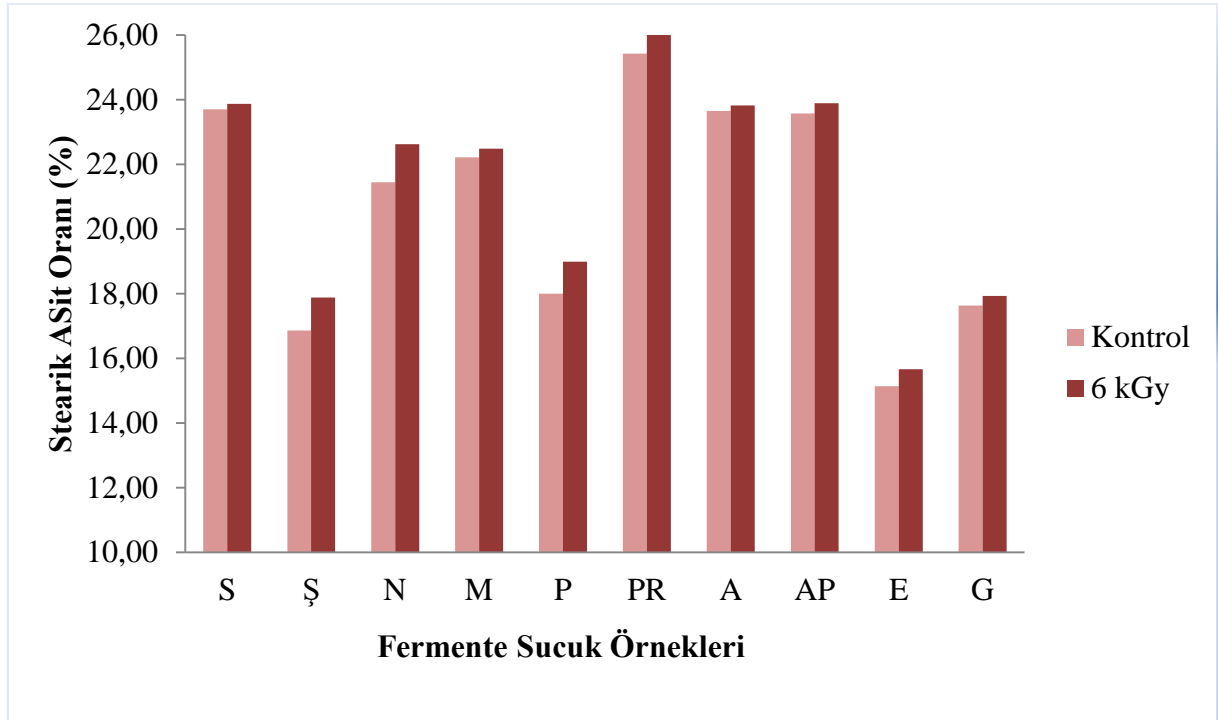
<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Işınlanmamış fermente sucuk örnekleri arasındaki C18:0 oranı farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testinin uygulanması sonucu A1, AP1 ve S1 arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz (p> 0,05) olduğu saptanmıştır. 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki C18:0 oranı farkı da istatistiksel olarak

önemli ( $p > 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre G4 ve Ş4 arasındaki fark, S4, A4 ve AP4 arasındaki fark ve N4 ile M4 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

Örnekler arasında 6 kGy'lik ışınlama işleminin C18:0 oranı değişimine etkisini görmek için yaptığımız varyans analizi sonucunda tüm fermente sucuk örneklerinin kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanan grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur.

6 kGy ışınlamanın fermente sucuk örneklerindeki C18:0 oranı değişimini gösteren grafik Şekil 4.19'de verilmiştir.



Şekil 4.19. Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki C18:0 üzerine etkisi

Şekil 4.19'da görüldüğü gibi 6 kGy'lik ışınlama fermente sucuk örneklerinin tümünde C18:0 oranını arttırmıştır. 6 kGy'lik ışınlama C18:0 oranını, S örneğinde %0,42, Ş örneğinde %6,04, N örneğinde %5,45, M örneğinde % 1,17, P örneğinde % 5,50, PR örneğinde % 2,90, A örneğinde %0,71, AP örneğinde %1,35, E örneğinde %3,43 ve G örneğinde %1,70 arttırmıştır. C18:0 içeriği bakımından 6 kGy'lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az S örneği etkilenmiştir.

Fermente sucuk örneklerinin ortalama toplam doymamış yağ asidi oranına ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir.

**Çizelge 4.21.** 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam doymamış yağ asidi değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	45,75 ± 0,24 <sup>Db</sup>	44,96 ± 0,41 <sup>Da</sup>
Ş	47,06 ± 0,37 <sup>Eb</sup>	43,34 ± 0,44 <sup>Ba</sup>
N	44,12 ± 0,34 <sup>Cb</sup>	43,05 ± 0,38 <sup>Ba</sup>
M	42,25 ± 0,50 <sup>Bb</sup>	40,99 ± 0,44 <sup>Aa</sup>
P	46,32 ± 0,30 <sup>Db</sup>	43,83 ± 0,43 <sup>BCa</sup>
PR	41,47 ± 0,32 <sup>Ab</sup>	40,71 ± 0,50 <sup>Aa</sup>
A	44,00 ± 0,36 <sup>Cb</sup>	43,57 ± 0,45 <sup>Ba</sup>
AP	44,63 ± 0,47 <sup>Cb</sup>	44,13 ± 0,47 <sup>CDa</sup>
E	51,62 ± 0,57 <sup>Gb</sup>	50,44 ± 0,58 <sup>Fa</sup>
G	49,77 ± 0,52 <sup>Fb</sup>	48,31 ± 0,63 <sup>Ea</sup>

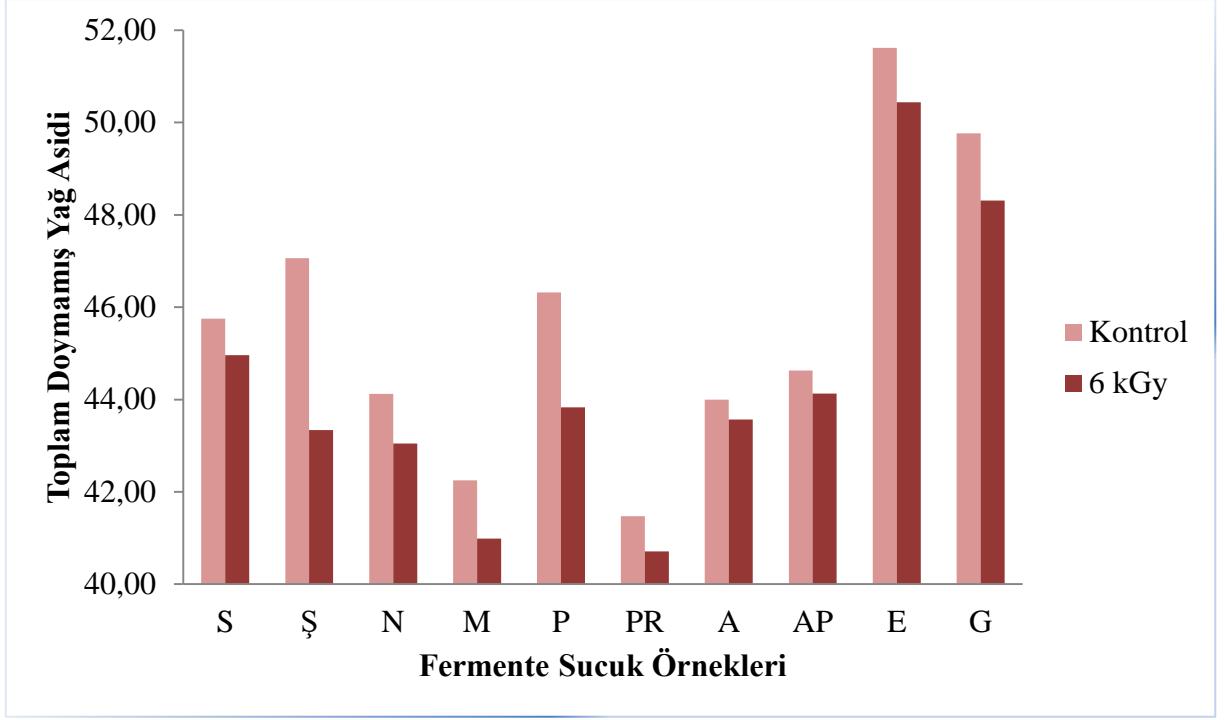
<sup>A-G</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Işınlanmamış fermente sucuk örnekleri arasındaki toplam doymamış yağ asidi oranı farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testinin uygulanması sonucu S1 ve P1 arasındaki fark ile A1, AP1 ve N1 arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki toplam doymamış yağ asidi oranı farkı da istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bulunmuştur. M4 ve PR4 arasındaki fark, Ş4, N4, P4 ve A4 arasındaki fark, P4 ve AP4 arasındaki fark ve S4 ve AP4 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

Fermente sucuk örneklerine 6 kGy ışınlama işlemi uygulanması sonucunda toplam doymamış yağ asidi değişimini görmek için yaptığımız varyans analizi sonucuna göre; S1 ve S4 örnekleri arasındaki fark, Ş1 ve Ş4 arasındaki fark, N1 ve N4 kodlu örnekler arasındaki fark, M1 ve M4 arasındaki fark, P örneğinin kontrol ve 6 kGy ışınlanmış örneği arasındaki fark, PR1 ve PR4 arasındaki fark, A örneğinin 0 ve 6 kGy ışınlanan örnekleri arasındaki fark, AP1 ve AP4 arasındaki fark, E1 ve E4 örnekleri arasındaki fark ve G1 ve G4 örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bulunmuştur.

Şekil 4.20'de ışınlanmamış örnekler ile ışınlanmış örnekler arasındaki toplam doymamış yağ asidi oranı değişimi gösterilmiştir.



**Şekil 4.20** Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam doymamış yağ asidi üzerine etkisi

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi fermente sucuk örneklerin %100’ünde 6 kGy’lik ışınlama sonucunda toplam doymamış yağ asidi oranı azalmıştır. 6 kGy’lik ışınlama toplam doymamış yağ asidi oranını, S örneğinde %1,72, Ş örneğinde %7,90, N örneğinde %2,42, M örneğinde %2,98, P örneğinde %5,37, PR örneğinde %1,83, A örneğinde %0,97, AP örneğinde %1,12, E örneğinde %2,28 ve G örneğinde %2,93 azalmıştır. Toplam doymamış yağ asidi içeriği bakımından 6 kGy’lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az A örneği etkilenmiştir.

Fermente sucuk örneklerinin ortalama toplam tekli doymamış yağ asidi oranına ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Işınlanmamış fermente sucuk örnekleri (S1, Ş1, N1, M1, P1, PR1, A1, AP1, E1 ve G1) arasındaki toplam tekli doymamış yağ asidi oranı farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre M1 ile PR1 arasındaki, S1, AP1, A1 ve N1 arasındaki, Ş1 ve P1 arasındaki toplam tekli doymamış yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir. 6 kGy ışınlanan örnekler (S4, Ş4, N4, M4, P4, PR4, A4, AP4, E4 ve G4) arasındaki toplam tekli doymamış yağ asidi oranı farkı da istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. M4 ve P4 arasındaki ve S4, Ş4, N4, P4, A4 ve AP4 arasındaki toplam tekli doymamış yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir.

Örnekler arasında 6 kGy'lik ışınlama işleminin toplam tekli doymamış yağ asidi değişimine etkisini görmek için yaptığımız varyans analizi sonucunda A1 ve A4 örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, diğer örneklerin kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanmış örnek grupları arasındaki toplam tekli doymamış yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.22.** 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam tekli doymamış yağ asidi değişimine Ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
<b>S</b>	42,69 ± 0,22 <sup>Bb</sup>	42,12 ± 0,25 <sup>Ba</sup>
<b>Ş</b>	44,80 ± 0,35 <sup>Cb</sup>	41,63 ± 0,41 <sup>Ba</sup>
<b>N</b>	41,77 ± 0,30 <sup>Bb</sup>	40,99 ± 0,32 <sup>Ba</sup>
<b>M</b>	40,02 ± 0,48 <sup>Ab</sup>	39,00 ± 0,39 <sup>Aa</sup>
<b>P</b>	44,12 ± 0,28 <sup>Cb</sup>	42,18 ± 0,37 <sup>Ba</sup>
<b>PR</b>	38,93 ± 0,30 <sup>Ab</sup>	38,23 ± 0,43 <sup>Aa</sup>
<b>A</b>	41,59 ± 0,35 <sup>Ba</sup>	41,52 ± 0,44 <sup>Ba</sup>
<b>AP</b>	41,98 ± 0,41 <sup>Bb</sup>	41,58 ± 0,40 <sup>Ba</sup>
<b>E</b>	48,74 ± 0,51 <sup>Eb</sup>	48,09 ± 0,49 <sup>Da</sup>
<b>G</b>	47,10 ± 0,49 <sup>Db</sup>	46,13 ± 0,56 <sup>Ca</sup>

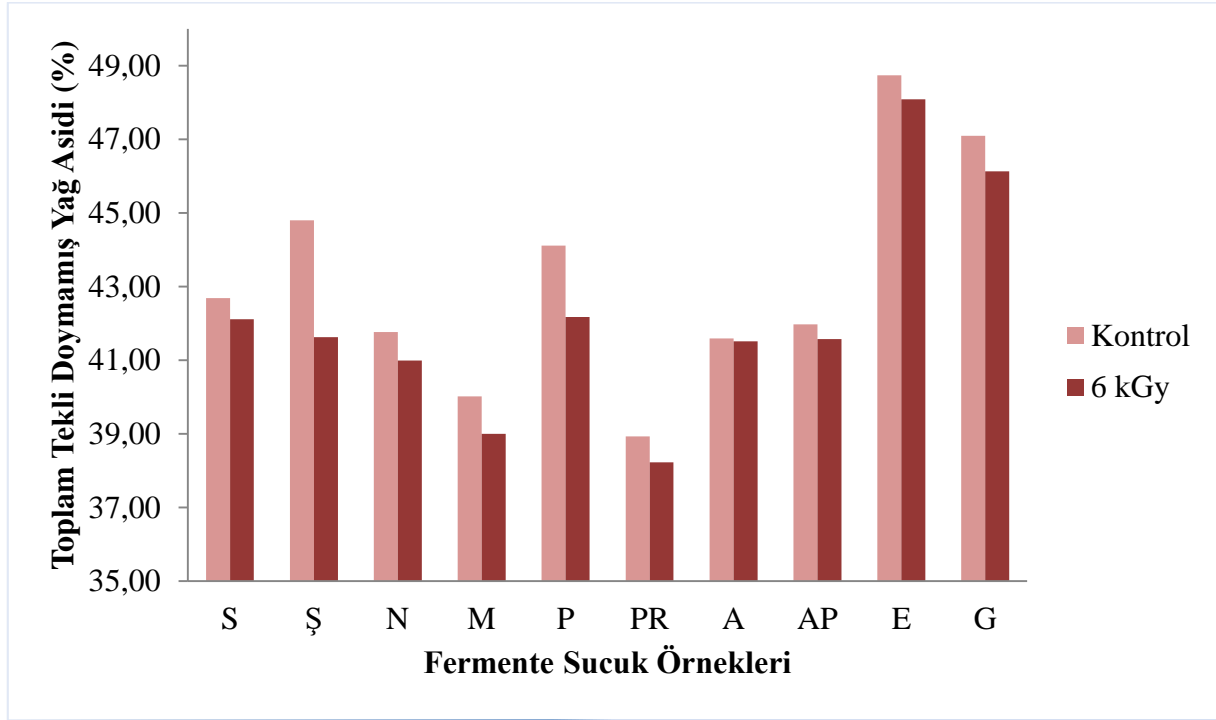
<sup>A-E</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Şekil 4.21'de ışınlanmamış örnekler ile ışınlanmış örnekler arasındaki toplam tekli doymamış yağ asidi oranı değişimi gösterilmiştir.

Şekil 4.21'de görüldüğü gibi fermente sucuk örneklerin %90'ında 6 kGy'lik ışınlama sonucunda toplam tekli doymamış yağ asidi oranı azalmıştır. 6 kGy'lik ışınlama toplam tekli doymamış yağ asidi oranını, S örneğinde %1,30, Ş örneğinde %7,07, N örneğinde %1,86, M örneğinde %2,54, P örneğinde %4,37, PR örneğinde %1,79, A örneğinde %0,16, AP örneğinde %0,95, E örneğinde %1,33 ve G örneğinde %2,05 azalmıştır. Toplam tekli

doymamış yağ asidi içeriği bakımından 6 kGy'lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az A örneği etkilenmiştir.



**Şekil 4.21** Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam tekli doymamış yağ asidi üzerine etkisi

Fermente sucuk örneklerinin ortalama toplam çoklu doymamış yağ asidi oranına ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

İşinlanmamış fermente sucuk örnekleri arasındaki toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testinin uygulanması sonucu AP1 ile G1 arasındaki ve Ş1, M1 ve P1 arasındaki toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ). 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı farkı da istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Ş4 ve P4 arasındaki, M4, N4 ve A4 arasındaki ve PR4 ile AP4 arasındaki toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir.

Örnekler arasında 6 kGy’lik ışınlama işleminin toplam çoklu doymamış yağ asidi değişimine etkisini görmek için yaptığımız varyans analizi sonucunda PR1 ve PR4 örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) bulunurken diğer örneklerin kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanmış örnek grupları arasındaki toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur.

**Çizelge 4.23.** 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam çoklu doymamış yağ asidi değişimine Ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	3,06 ± 0,02 <sup>Gb</sup>	2,84 ± 0,10 <sup>Fa</sup>
Ş	2,26 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	1,71 ± 0,03 <sup>Aa</sup>
N	2,35 ± 0,04 <sup>Bb</sup>	2,06 ± 0,06 <sup>Ba</sup>
M	2,23 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	1,99 ± 0,05 <sup>Ba</sup>
P	2,20 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	1,65 ± 0,06 <sup>Aa</sup>
PR	2,54 ± 0,02 <sup>Da</sup>	2,48 ± 0,07 <sup>Ea</sup>
A	2,41 ± 0,02 <sup>Cb</sup>	2,05 ± 0,04 <sup>Ba</sup>
AP	2,65 ± 0,06 <sup>Eb</sup>	2,55 ± 0,07 <sup>Ea</sup>
E	2,88 ± 0,06 <sup>Fb</sup>	2,35 ± 0,09 <sup>Da</sup>
G	2,67 ± 0,03 <sup>Eb</sup>	2,18 ± 0,07 <sup>Ca</sup>

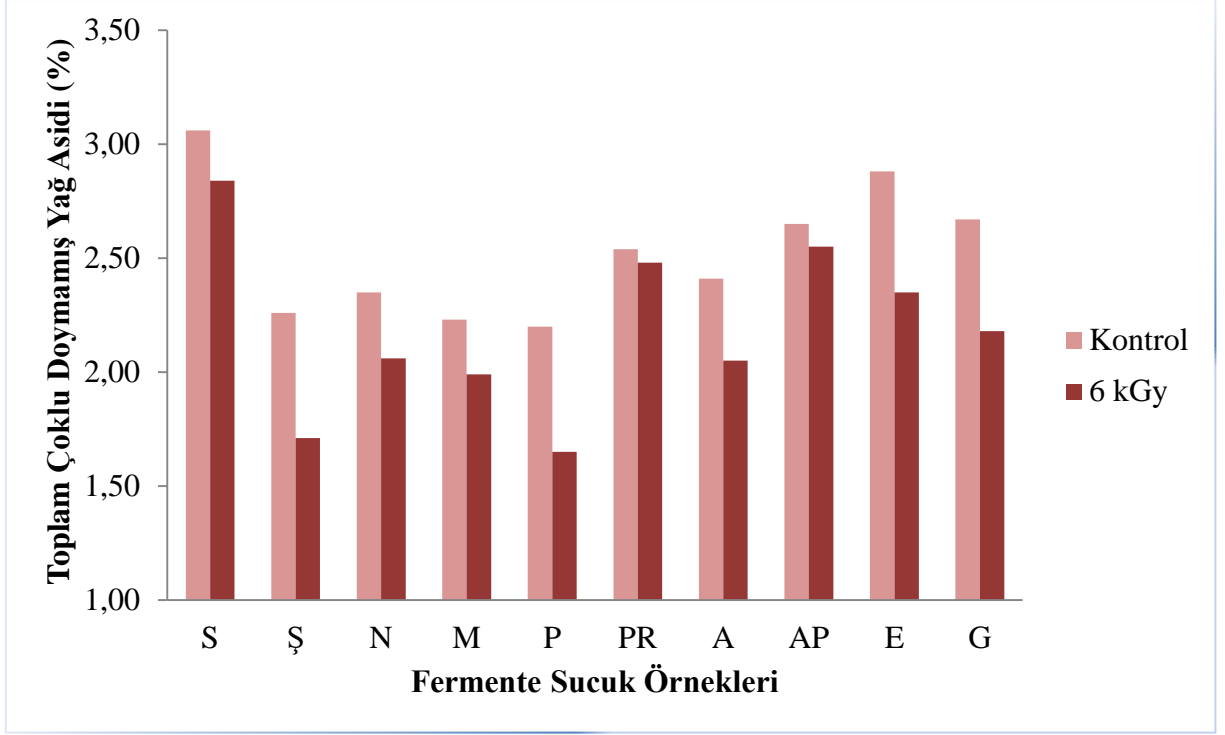
<sup>A-G</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Şekil 4.22'de ışınlanmamış örnekler ile ışınlanmış örnekler arasındaki toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı değişimi gösterilmiştir.

Şekil 4.22'de görüldüğü gibi fermente sucuk örneklerin %90'ında 6 kGy'lik ışınlama sonucunda toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı azalmıştır. 6 kGy'lik ışınlama toplam çoklu doymamış yağ asidi oranını, S örneğinde %7,18, Ş örneğinde %24,33, N örneğinde %12,34, M örneğinde %10,76, P örneğinde %25, PR örneğinde %2,36, A örneğinde %14,93, AP örneğinde %3,77, E örneğinde %18,40 ve G örneğinde %18,35 azalmıştır. Toplam çoklu doymamış yağ asidi içeriği bakımından 6 kGy'lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az PR örneği etkilenmiştir.





**Şekil 4.22.** Işınlatma işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam çoklu doymamış yağ asidi üzerine etkisi

Fermente sucuk örneklerinin ortalama C18:1n9 asit oranına ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Işınlanmamış fermente sucuk örnekleri arasındaki C18:1n9 oranı farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testinin uygulanması sonucu Ş1 ile PR1 arasındaki C18:1n9 oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir. 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki C18:1n9 oranı farkı da istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Ş4 ile N4 arasındaki ve S4, P4 ve AP4 arasındaki C18:1n9 oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir.

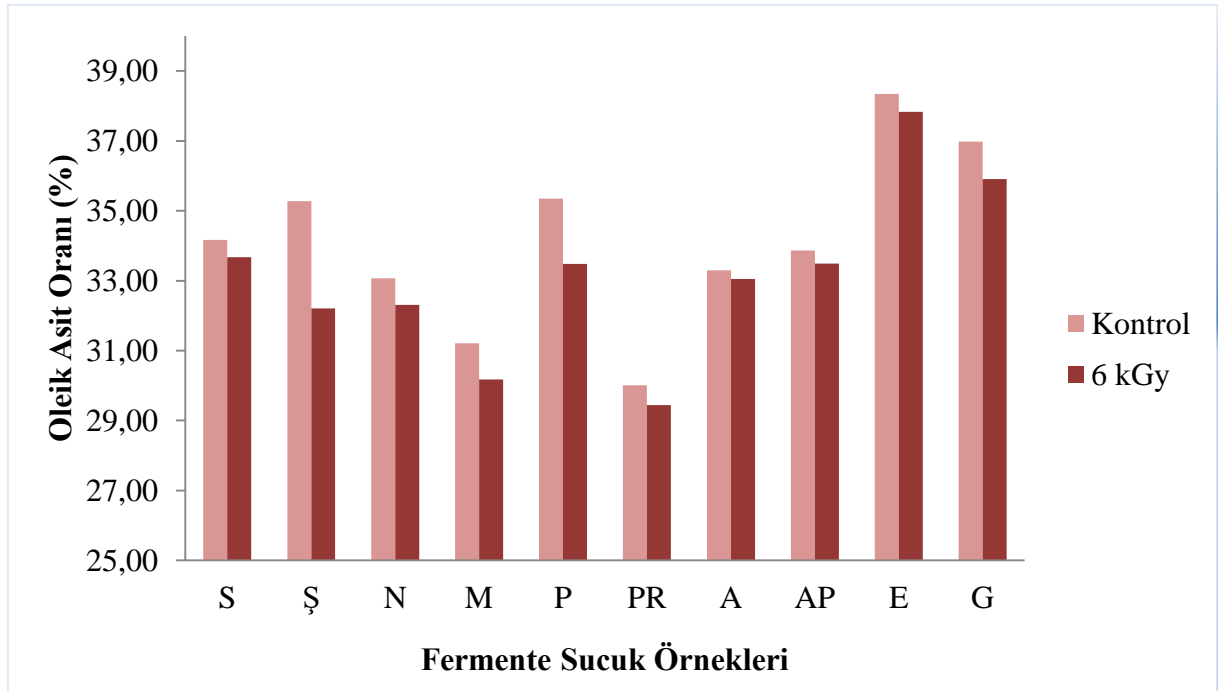
Fermente sucuk örneklerinin 6 kGy ışınlanması sonucunda yağ bileşimlerindeki C18:1n9 oranı değişimini bulmak için yaptığımız varyans analizi sonucunda S1 ve S4 arasındaki fark, Ş örneğinin kontrol ve 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki fark, N1 ve N4 örnekleri arasındaki fark, M1 ve M4 arasındaki fark, P kodlu örneğin 0 ve 6 kGy ışınlatma sonucundaki C18:1n9 farkı, PR1 ve PR4 arasındaki fark, AP1 ve AP4 örnekleri arasındaki fark, E1 ve E4 arasındaki fark ve G1 ile G4 arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. A1 ile A4 arasındaki C18:1n9 oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ).

**Çizelge 4.24.** 6 kGy'lik ışınlamanın fermente sucuklardaki C18:1n9 değişimine ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	34,17 ± 0,05 <sup>Eb</sup>	33,67 ± 0,08 <sup>Ea</sup>
Ş	35,28 ± 0,14 <sup>Fb</sup>	32,21 ± 0,21 <sup>Ca</sup>
N	33,07 ± 0,08 <sup>Cb</sup>	32,31 ± 0,15 <sup>Ca</sup>
M	31,21 ± 0,18 <sup>Bb</sup>	30,18 ± 0,21 <sup>Ba</sup>
P	35,35 ± 0,07 <sup>Fb</sup>	33,48 ± 0,13 <sup>Ea</sup>
PR	30,01 ± 0,13 <sup>Ab</sup>	29,44 ± 0,28 <sup>Aa</sup>
A	33,30 ± 0,10 <sup>Ca</sup>	33,05 ± 0,23 <sup>Da</sup>
AP	33,87 ± 0,18 <sup>Db</sup>	33,49 ± 0,24 <sup>Ea</sup>
E	38,34 ± 0,16 <sup>Hb</sup>	37,83 ± 0,19 <sup>Ga</sup>
G	36,98 ± 0,27 <sup>Gb</sup>	35,91 ± 0,32 <sup>Fa</sup>

<sup>A-H</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).



**Şekil 4.23.** Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki C18:1n9 üzerine etkisi

Şekil 4.23’de görüldüğü gibi 6 kGy’lik ışınlama fermente sucuk örneklerinin %90’ında C18:1n9 oranını azaltmıştır. 6 kGy’lik ışınlama C18:1n9 oranını, S örneğinde %1,46, Ş örneğinde %8,70, N örneğinde %2,29, M örneğinde %3,30, P örneğinde %5,28, PR örneğinde %1,89, A örneğinde %0,75, AP örneğinde %1,12, E örneğinde %1,33 ve G örneğinde %2,89 azalmıştır. C18:1n9 içeriği bakımından 6 kGy’lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az A örneği etkilenmiştir.

Fermente sucuk örneklerinin ortalama *trans* yağ asidi oranına ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** 6 kGy’lik ışınlamanın fermente sucuklardaki toplam *trans* yağ asidi değişimine Ait Paired-Sample T testi ve Duncan testi sonuçları (%)

Örnek	Işınlama dozu (kGy)	
	Kontrol	6
S	4,22 ± 0,09 <sup>Da</sup>	4,57 ± 0,06 <sup>Fb</sup>
Ş	3,35 ± 0,13 <sup>Ba</sup>	3,90 ± 0,07 <sup>DEb</sup>
N	3,47 ± 0,14 <sup>BCa</sup>	3,81 ± 0,06 <sup>CDb</sup>
M	3,66 ± 0,22 <sup>Ca</sup>	3,95 ± 0,07 <sup>Ea</sup>
P	2,81 ± 0,14 <sup>Aa</sup>	3,25 ± 0,08 <sup>Ab</sup>
PR	4,30 ± 0,12 <sup>Da</sup>	4,51 ± 0,05 <sup>Fb</sup>
A	3,59 ± 0,19 <sup>BCa</sup>	4,00 ± 0,09 <sup>Eb</sup>
AP	3,66 ± 0,12 <sup>Ca</sup>	3,79 ± 0,07 <sup>CDb</sup>
E	3,33 ± 0,15 <sup>Ba</sup>	3,53 ± 0,08 <sup>Bb</sup>
G	3,54 ± 0,15 <sup>BCa</sup>	3,76 ± 0,04 <sup>Ca</sup>

<sup>A-F</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

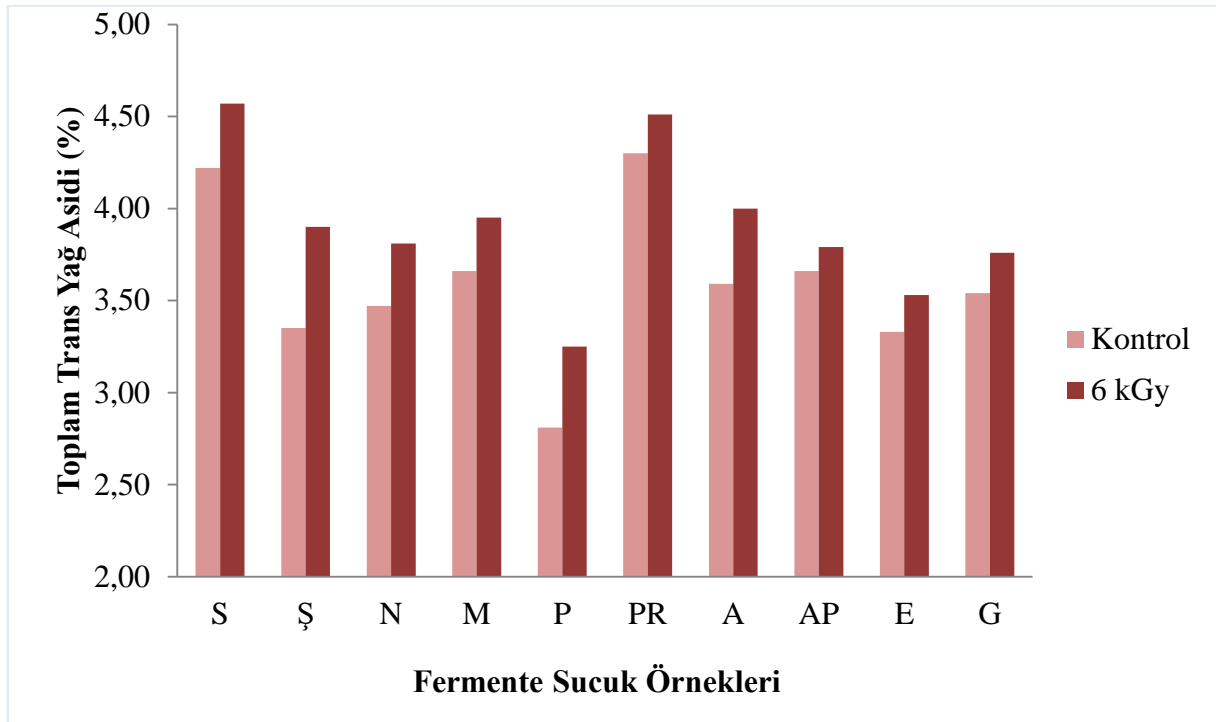
<sup>a-b</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Işınlanmamış fermente sucuk örnekleri arasındaki toplam *trans* yağ asidi oranı farkı varyans analizine göre istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testinin uygulanması sonucu Ş1, N1, A1, E1 ve G1 arasındaki toplam *trans* yağ asidi miktarı farkı ile N1, M1, A1, AP1 ve G1 örneklerinin toplam *trans* yağ asidi arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki toplam *trans* yağ asidi oranı farkı da istatistiksel olarak önemli (p< 0,05) bulunmuştur. Ş4, M4 ve A4 arasındaki, G4,

AP4, N4, AP4, N4 ve Ş4 arasındaki toplam *trans* yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemsizdir.

Örnekler arasında 6 kGy'lik ışınlama işleminin toplam tekli doyamamış yağ asidi değişimine etkisini görmek için yaptığımız varyans analizi sonucunda fermente sucuk örneklerinin tümünde kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanmış örnek grupları arasındaki toplam *trans* yağ asidi oranı farkı istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur.

Şekil 4.24'de ışınlanmamış örnekler ile ışınlanmış örnekler arasındaki *trans* yağ asidi oranı değişimi gösterilmiştir.



**Şekil 4.24.** Işınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki toplam *trans* yağ asidi üzerine etkisi

Şekil 4.24'de görüldüğü üzere 6 kGy'lik ışınlama işlemi fermente sucuk örneklerinin tamamında *trans* yağ asidi oranını arttırmıştır. 6 kGy'lik ışınlama *trans* yağ asidi oranını, S örneğinde %8,29, Ş örneğinde %16,41, N örneğinde %9,79, M örneğinde %7,92, P örneğinde %15,65, PR örneğinde %4,88, A örneğinde %11,42, AP örneğinde %3,55, E örneğinde %6 ve G örneğinde %6,21 artmıştır. *Trans* yağ asidi içeriği bakımından 6 kGy'lik ışınlama işleminden en fazla Ş, en az AP örneği etkilenmiştir.

Çalışmamızdaki fermente sucukların ışınlanmaları sonucunda yağ asidi bileşimlerindeki değişimler Chen ve ark. (2007), Yılmaz ve Geçgel (2007) ve Stefanova ve ark. (2011) ile paralellik göstermektedir. Genel olarak baktığımız zaman 6 kGy'lik ışınlama

işlemi yağ asitleri bileşimini çok fazla etkilememiş olsa da istatistiksel olarak bu etki önemli bulunmuştur ve 6 kGy'lik ışınlama işleminden en fazla Ş örneği etkilenmiştir. Işınlama işlemi ile doymuş yağ asitleri ve trans yağ asitlerinin miktarı artarken, tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oranı azalmıştır.

Wei ve ark. (2009) çalışmalarında 5 kGy'lik ışınlamanın kalıntı nitriti azalttığını belirtmelerine karşın Ahn ve ark. (2004) kanserojenik nitrosamin ve nitritin seviyeni azaltmak için yüksek dozlu ışınlamaya ihtiyaç olduğuna kanaat getirmişlerdir. Bu doğrultuda insan sağlığı için uzun vadede tehlike oluşturacak kanserojenik nitrosamin ve nitritin azaltılması aynı zamanda bunların parçalanma ürünlerinin azaltılmasında yine insan sağlığına uygun ışınlama doz aralığı belirlenmeye çalışılmalıdır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fermente sucuk örneklerinde, *E. coli* tespiti için yaptığımız analiz sonuçlarına göre 10 örneğin 3'ünde *E. coli* tespit edilmiştir. 2 kGy ışınlanan örneklerde *E. coli* değeri yaklaşık 2 log'luk azalma göstererek ortalama  $1.65 \pm 0,01$  log kob/g'a düşmüştür. 4 kGy'lik ışınlama sonucunda ise *E. coli* tespit edilen örneklerin tümünde mikroorganizmalar tamamen inhibe olmuştur. Satışa sunulan fermente sucuklarda tespit edilen *E.coli*'nin düşük dozlarla ışınlama ile inhibe edilmesi gıda güvenirliliği bakımından oldukça önemlidir.

Araştırmamızda *S. aureus* 10 örneğin 5'inde tespit edilmiştir. Işınlanmamış örneklerde ortalama *S. aureus* değeri  $3,33 \pm 0,03$  log kob/g bulunmuşken 2 kGy ışınlanan örneklerde *S. aureus* değeri 2,93 log'luk azalma göstererek ortalama  $0,40 \pm 0,01$  log kob/g'a düşmüştür. 4 kGy'lik ışınlama sonucunda ise bakteri tamamen inhibe olmuştur. *S. aureus*'un düşük dozlardaki ışınlama ile inhibe edilmesi insan beslenmesinde gıda güvenirliliği bakımından önem arz etmektedir.

Laktik asit bakteriler; çalışmamızda kullanılan fermente sucuk örneklerinde ortalama  $4,51 \pm 0,04$  log kob/g olarak tespit edilmiştir. 2 kGy'lik ışınlama sonucunda bu sayı 2,97 log azalarak ortalama  $1,54$  log kob/g'a düşmüştür. 4 kGy ışınlama sonucunda yaklaşık 2 log'luk azalma ile ortalama  $0,31 \pm 0,01$  log kob/g'a düşerken 6 kGy'lik ışınlama sonucunda ortalama bakteri sayısı ortalama  $0,25 \pm 0,01$  log kob/g'a düşmüştür. Başlangıçta örneklerin tümünde laktik asit bakterisi bulunurken 2 kGy'lik ışınlama sonucunda Sadece Ş2, N2, AP2 ve G2 örneklerinde laktik asit bakterisine rastlanmıştır. 4 ve 6 kGy'lik ışınlamalar sonucunda sadece N örneğinde laktik asit bakterisi bulunmuştur. Sonuç olarak 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemine en fazla dayanan örnek N örneği olmuştur. Bu sonuç bize patojen bakterilerin ışınlamaya daha hassas olduğunu ve düşük dozlarda inhibe olmasına rağmen LAB'nin daha dirençli olduğunu göstermektedir. Bu da raf ömrü ve gıda güvenliği açısından fermente sucuklarda oldukça pozitif etki gösterecektir.

Araştırmada kullanılan örneklerde, *Clostridium* ve *Bacillus* cinslerine ait sporlu bakterilere anaerobik ortamlarda rastlanmazken, aerob ortamlarda S, Ş, M ve AP örneklerinde tespit edilmiştir ve tespit edilen tipik kolonilere spor boyama sonucundan hiçbir örnekte spor bulunmamıştır. Burada belirlenen mikroorganizmalar, sporlu olmayıp ısıya dayanıklı aerobik mikroorganizmalar olarak tanımlanabilirler.

Fermente sucuk örneklerinin % 60'ında ortalama  $3,73 \pm 0,03$  lob kob/g maya küf tespit edilmiştir. 2 kGy'lik ışınlama sonucunda bu sayı yaklaşık 3 log azalarak  $0,65 \pm 0,01$  lob kob/g'a düşerken 4 kGy'lik ışınlama sonucunda  $0,44 \pm 0,01$  lob kob/g'a 6 kGy'lik

ışınlama sonucunda ise  $0,43 \pm 0,01$  lob kob/g'a düşmüştür. 2, 4 ve 6 kGy'lik ışınlama işlemleri sonucunda sadece N örneğinde mikroorganizma tespit edilmiştir. Laktik asit bakterisinde olduğu gibi maya-küf sayımı sonucunda da ışınlamaya en dayanıklı örnek N örneği olmuştur.

Farklı dozlarda ışınlanan fermente sucukların pH değerleri üzerine ışınlama işleminin önemli bir etkisi belirlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). Çalışmamızda belirlenen pH değerleri Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri 2012/74'nolu Tebliği'ne uygun bulunmuştur.

İşınlama işleminin fermente sucuk örneklerindeki % protein oranına etkisini belirlemek için kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanan örnekler arasında karşılaştırma yapılmıştır. 6 kGy'lik ışınlama işleminin üründeki protein miktarını değiştirmedığı tespit edilmiştir. 10 sucuk örneğinin 7 tanesi, Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri 2012/74'nolu Tebliği'ne uygundur. A, P ve Ş örneklerini % protein oranları 16'dan düşük bulunmuştur.

Fermente sucuklara farklı dozlarda ışınlama işlemi sonucundan renk analizi yapılmış ve bu analiz sonucundan L, a ve b değerleri saptanmıştır. Işınlama dozu arttıkça L değerinde önemli ( $p < 0,05$ ) derecede bir artma gözlemlenmiştir. Kırmızılık (a) değeri ise ışınlama işleminin dozu arttıkça önemli ( $p < 0,05$ ) derecede azalmıştır. Fakat 4 ve 6 kGy arasındaki azalma istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) bulunmuştur. Aynı şekilde b değerinde (sarılık) ışınlama işleminin dozu arttıkça önemli ( $p < 0,05$ ) derecede azalma göstermiştir. Fakat 4 ve 6 kGy'lik ışınlama dozları arasındaki azalma istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0,05$ ) bulunmuştur. Çalışmamıza benzer şekilde Toplam renk farkı ( $\Delta E$ ) bakımından incelediğimizde örneklerin genelinde 2 kGy ışınlama sonucunda  $\Delta E$  değeri 2,22, 4 kGy ışınlama sonucunda  $\Delta E$  değeri 3,04 ve 6 kGy ışınlama sonucunda  $\Delta E$  değeri 2,18 olarak belirlenmiştir. Tekstürel anlamda sucuk için önemli olan renk, ışınlama işleminden az da olsa etkilenmiştir. Bu etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

İşınlamanın yağ asitleri bileşimi üzerine etkisini belirlemek için analiz kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanan örnekler arasında yapılmıştır. Bu doğrultuda 6 kGy ışınlama sonucunda E ve G örnekleri hariç diğer örneklerde toplam yağ asidi oranı önemli ( $p < 0,05$ ) derecede artmıştır. 6 kGy'lik ışınlama sonucunda araştırmada kullanılan örneklerin tümünde toplam doymuş yağ asitlerinin oranı önemli ( $p < 0,05$ ) derecede artmıştır. Çalışmamızda kullanılan fermente sucukların yağ asitleri bileşiminin ortalama % 26,33'ünü C16:0 oluşturmaktadır. 6 kGy ışınlanma sonucunda ürünlerin C16:0 içeriklerinde önemli ( $p < 0,05$ ) oranda artış meydana gelmiştir. En fazla artış Ş örneğinde %12,54 iken en az artış %0,98 ile N örneğinde olmuştur. Çalışmamızda kullanılan fermente sucuk örneklerinin yağ içeriklerinin yaklaşık %20,77'sini C18:0 oluşturmaktadır. Fermente sucuk örneklerinin önemli bir kısmını oluşturan

C18:0 oranı üzerin 6 kGy'lik ışınlamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. C18:0 oranında en fazla artış %6,04 ile Ş örneğinde olmuştur. En az artış ise %0,42 ile S örneğinde olmuştur. Toplam doymamış yağ asitleri 6 kGy'lik ışınlamanın etkisi ile tüm örneklerde önemli ( $p < 0,05$ ) derecede azalmıştır. En fazla azalama Ş örneğinde %7,90 en azalma ise A örneğinde %0,97 olmuştur. Tekli doymamış yağ asitleri üzerine 6 kGy'lik ışınlamanın etkisini incelediğimizde tüm örneklerde tekli doymamış yağ asitlerinde önemli ( $p < 0,05$ ) bir azalma saptanmıştır. En fazla azalma Ş örneğinde %7,07 iken en az azalma A örneğinde %0,16'dır. Çoklu doymamış yağ asitleri üzerine 6 kGy'lik ışınlamanın etkisini incelediğimizde ise örneklerin tamamında önemli bir azalma ( $p < 0,05$ ) tespit edilmiştir. En fazla azalma Ş örneğinde %24,33 olurken en az azalma PR örneğinde %2,36 olmuştur. Çalışmamızda kullanılan fermente sucukların yağ asitleri bileşiminin ortalama % 34,16'sını C18:1n9 oluşturmaktadır. Fermente sucuk örneklerinin yağ asidi içeriğinin en büyük kısmını oluşturan C18:1n9 üzerine 6 kGy'lik ışınlamanın etkisi incelediğimizde tüm örneklerde C18:1n9 oranı önemli ( $p < 0,05$ ) ölçüde azalma göstermiştir. Bu doğrultuda en fazla azalma diğer analizlerde de olduğu gibi Ş örneğinde %8,70 iken en az azalma A örneğinde %0,75 olmuştur. Örneklerde trans yağ asidi olarak C14:1 trans, C16:1 trans, C17:1 trans ve C18:1 trans tespit edilmiştir. Bu trans yağ asitlerinin % oranı ortalama olarak sırasıyla  $0,38 \pm 0,04$ ,  $0,91 \pm 0,03$ ,  $0,18 \pm 0,01$  ve  $2,28 \pm 0,03$  olarak bulunmuştur. 6 kGy ışınlama sonucunda örneklerin tümünde toplam trans yağ asidi içeriği önemli ( $p < 0,05$ ) derecede artış göstermiştir. En fazla trans yağ asidi artışı Ş örneğinde %16,41 olurken en az artış AP örneğinde %3,55 olmuştur. Yapılan yağ asitleri bileşimi analizinde 6 kGy'lik ışınlama işleminden en fazla Ş örneği etkilenmiştir.

Sonuç olarak araştırmada patojen bakterilerin maksimum 4 kGy'lik bir ışınlama ile inhibe edildiği belirlenmiştir. Sucuk tekstüründe önemli bir değişme gözlenmemiştir. Fakat 6 kGy'lik ışınlama yağ asitleri bileşiminden istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) değişmelere neden olmuştur. Bu yüzden ilerleyen çalışmalarda fermente sucuklarda gıda güvenliği için yağ asitleri bileşiminde tehlike oluşturmayacak doz veya dozajların belirlenmesi için çalışmalar yapılmalıdır.



## 6. KAYNAKLAR

- Ahn HJ, Kim JH, Jo C, Lee JW, Yook HS, Byun MW (2004). Effects of Gamma Irradiation on Residual Nitrite, Residual Ascorbate, Color, and Nnitrosamines of Cooked Sausage During Storage. *Food Control*, 15: 197–203.
- Alperden İ, Özay G (1993). Fermentation Technologies in Food Production. Nato-Tu-Fermentech. Final Project Report. TÜBİTAK, Marmara Research Center, Food and Refrigeration Technology Department.
- Altan DD (2014). Kuşburnu Meyvesinin Geleneksel Yöntemle Meyve Suyuna İşlenmesi Aşamalarında Antioksidan Kapasite Değişiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Anonim (1993). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, AOCS 3<sup>rd</sup> edn., Method Ce 2-66.
- Anonim (2012). Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği. Resmi Gazete, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121205-12.htm> (19.09.2015).
- Anonim (2013). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Resmi Gazete, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130630-4.htm> (09.11.2015).
- Apaydın D (2015). Üzüm Çekirdeklerinin Biyokimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Işınlama İşleminin Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Arslan A (2002). Et Muayenesi ve Et Ürünleri Teknolojisi. Özkan Matbaacılık Ltd. Şti., 748s Ankara.
- Bayraktar N, Gökçe R, Ergün Ö (1998). Gıdalarda Nitrat ve Nitrit Kalıntılarının İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi* 7 (28) 28-30.
- Brewer MS (2004). Irradiation Effects on Meat Color. *Meat Science*, 68: 1-17.
- Byun MW, Lee JW, Yook HS, Lee KH, Kim S, Kim WJ, Kim KS (2000). Effect of gamma irradiation on the raw meat in Bologna sausage production. *International Journal of food science and technology*, 35: 599-601.
- Chen YJ, Zhou GH, Zhu XD, Xu, XL, Tang XY, Gao F (2007). Effect of Low Dose Gamma Irradiation on Beef Quality and Fatty Acid Composition of Beef Intramuscular Lipid. *Meat Science*, 75 (3): 423–431.
- Chouliara I, Samelis J, Kakouri A, Badeka A, Savvaidis IN, Riganakos K, Kontominas MG (2006). Effect of Irradiation of Frozen Meat/Fat Trimmings on Microbiological and Physicochemical Quality Attributes of Dry Fermented Sausages *Meat Science* 74: 303–311.
- Çoksever E (2009). Farklı Oranlarda Turunç Albedosu İlavesinin Sucuk Kalitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Çon AH, Doğu M, Gökalp HY (2002). Afyon'da Büyük Kapasiteli Et İşletmelerinde Üretilen Sucuk Örneklerinin Bazı Mikrobiyolojik Özelliklerinin Periyodik Olarak Belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26: 11-16.
- Çon AH, Gökalp HY (1998). Türkiye Pazarındaki Sucukların Bazı Kimyasal ve Mikrobiyolojik Nitelikleri. *Gıda*, 23(5):3 47-55.
- Dalmış Ü (2007). Sucukta Üretim ve Depolama Sırasında Meydana Gelen Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Değişmeler. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demirci M, Kantarcı A, Yılmaz İ (2004). İstanbul Piyasasında Üretilen Bazı Fermente Sucukların Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. Türkiye 8. Gıda Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, 71s Bursa.
- Efe M, Gümüşsoy KS (2005). Ankara Garnizonunda Tüketime Sunulan Tavuk Etlerinin Mikrobiyolojik Analizi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 14(3): 151-157.
- Ercoşkun H (2006). Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine fermentasyon süresinin etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erdoğrul Ö, Ergün Ö (2005). Kahramanmaraş Piyasasında Tüketilen Sucukların Bazı Fiziksel, Kimyasal, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 31(1): 55-65.
- Erkmen O, Bozkurt H, (2004). Quality Characteristics of Retailed Sucuk (Turkish Dry Fermented Sausage). *Food Technology and Biotechnology*, 42 (1) 63–69.
- Fernandez-Gines JM, Fernandez-Lopez J, Sayas-Barbera E, Sendra E, Perez-Alvarez JA (2004). Lemon Albedo as a New Source of Dietary Fiber: Application to Bologna Sausages. *Meat Science*, 67:7-13.
- Ferreira I, Silva S (2008). Quantification Of Residual Nitrite And Nitrate İn Ham By Reverse-Phase High Performance Liquid Chromatography/Diode Array Detector. *Talanta*, 74:1598-1602.
- Fregonesi RP, Portes RG, Aguiar AMM, Figueira LC, Gonçaves CB, Arthur V, Lima CG, Fernandes AM, Trindade MA (2014). Irradiated Vacuum-Packed Lamb Meat Stored under Refrigeration: Microbiology, Physicochemical Stability and Sensory Acceptance. *Meat Science*, 97:151-155.
- Fu AH, Sebranek JG, Murano EA (1995). Survival of *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* and *Escherichia coli O157:H7* and Quality Changes After Irradiation of Beef Steaks and Ground Beef. *Journal of Food Science*, 60: 972– 977.
- Gökalp HY, Kaya M, Zorba Ö (2012). Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Yayınları, 468s Erzurum.
- Gümüş T, Demirci AŞ, Velioğlu HM, Velioğlu SD, Yılmaz İ, Sağdıç O (2008). Application of Gamma Irradiation for Inactivation of Three Pathogenic Bacteria Inoculated Into Meatballs. *Radiation Physics and Chemistry*, 77:1093–1096.

- Gündüz A (2010). Diyet Lif İlave Edilerek Üretilen Hamburger Köftesinin Kalite Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Hışıl Y (1981). Gıda Kontrolünde Enstrümental Analiz Laboratuvar Kılavuzu. Ege Üniversitesi Gıda Fakültesi Teksir No. 10, 54s İzmir.
- Huges MC, Kerry JP, Arendt EK, Kenneally PM, McSweeney PLH, O'Neill EE (2002). Characterization of Proteolysis During the Ripening of semidry fermented sausage. Meat Science, 62 : 205-216.
- Hwang KE, Kim HW, Song DH, Kim YJ, Ham YK, Lee JW, Choi YS, Kim CJ (2015). Effects of Antioxidant Combinations on Shelf Stability of Irradiated Chicken Sausage During Storage. Radiation Physics and Chemistry 106: 315–319.
- İnal T (1973). Türk fermente sucuğunun bakteriyolojik kalitesi ve mikrobiyolojik standardizasyonu. Bornova Veteriner Araştırma Enstitüsü Dergisi, 14: 95-103.
- Jafari M, Emam-Djomeh Z, (2007). Reducing Nitrite Content in Hot Dogs by Hurdle Technology. Food Control, 18: 1488-1493.
- Jimenez Colmenero F, Carballo J, Cofrades S (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. Meat Science, 59: 5-13.
- Kaban G (2013). Sucuk and pastırma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. Meat Science, 95: 912–918.
- Kara R, Akkaya L (2010). Geleneksel ve Isıl İşlem Uygulanarak Üretilen Türk Sucuklarında *Salmonella typhimurium*'un Gelişimi. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5:1-8.
- Karadağ A, Güneş G (2005). Gıda Işınlmasının Gıdaların Besin Değeri Üzerindeki Etkileri. Dünya Gıda Dergisi, 55-60.
- Karakuş MC (2011). Tokat Bölgesinde Üretilen Bez Sucuklarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kaval N, Öncül N, Yıldırım Z, Ensoy Ü, Yıldırım M, (2010). Tokat Bez Sucuğunun Mikrobiyolojik Niteliklerinin İncelenmesi. 1. Uluslararası Adriyatik'ten Kafkaslar'a Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 418, Tekirdağ.
- Kim IS, Jo C, Lee KH, Lee EJ, Ahn DU, Kang SN (2012). Effects of low-level gamma irradiation on the characteristic of fermented pork sausage during storage. Radiation Physics and Chemistry 81: 466–472.
- Kim IS, Yang MR, Jo C, Ahn DU, Kang SN (2011). Effect Of Gamma-Irradiation On Trans Fatty Acid, Free Amino Acid And Sensory Evaluation Of Dry-Fermented Sausage. Korean J. Food Sci. Ani. Resour, 31 (4): 580-587.
- Kim YH, Nam KC, Ahn DU (2002). Volatile Profiles, Lipid Oxidation and Sensory Characteristics of Irradiated Meat from Different Animal Species. Meat Science, 61, 257–265.

- Korel F, Orman S (2005). Gıda Işınlanması, Uygulamaları ve Tüketicinin Işınlanmış Gıdaya Bakış Açısı. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2):19-27.
- Kök F, Özbey G, Muz A.(2007). Aydın İlinde Satışa Sunulan Fermente Sucukların Mikrobiyolojik Kalitelerinin İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 21 (6): 249 - 252.
- Kurt A (2012). Fermente Sucuk Üretiminde Kuru İncir ve Taze Siyah İncir Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Öksüztepe G, Güran ŞG, İncili GK, Gül SB (2011). Elazığ'da Tüketime sunulan Fermente Sucukların Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kalitesi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, 25 (3): 107-114.
- Özer CO (2012). Sucuk Üretim Teknolojisinde Konjuge Linoleik Asit İçeriğinin Arttırılma İmkanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Öztan A (2003). Et bilimi ve teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, 526s Ankara.
- Öztan A, Vural H, Helvacı R (1991). Sosis Üretiminde Nitrozomyoglobin ve Kalıntı Nitrit Miktarlarını Etkileyen Faktörler. Gıda 16 (2): 117-121.
- Öztürk A (2008). Modifiye Atmosferde paketlenme ve Işınlamanın Pişirmeye Hazır Köftelerin Kalitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk E, Turalı Aktaş B, Öztarhan K, Adal E (2010). Lokal Anestezik Uygulaması Sonrası Gelişen Methemoglobinemi. Jinekoloji Obstetrik Pediatri ve Pediatrik Cerrahi Dergisi, 2 (1): 46-48.
- Pehlivanoglu H, Nazlı B, İmamoğlu H, Çakır B (2015). Piyasada Fermente Sucuk Olarak Satılan Ürünlerin Kalite Özelliklerinin Saptanması ve Geleneksel Türk Fermente Sucuğu ile Karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 41 (2): 191-198.
- Poçan HB, Babaoğlu AS, Ünal K, Karakaya M (2015). Ticari Olarak Satışa Sunulan Farklı Tip Sucukların Fizikokimyasal ve Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi. Journal of New Results in Engineering and Natural Science, 4: 1-10.
- Sancak Y, Kayaardı S, Sağun E, İşleyici Ö, Sancak H (1996). Van Piyasasında Tüketime Sunulan Fermente Türk Sucuklarının Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Organoleptik Niteliklerinin İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 7 (1-2): 67-73.
- Sert S (2002). Genel Mikrobiyoloji Laboratuvar Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No:138, 118s Erzurum.

- Severini C, De Pilli T, Baiano A (2003). Partial substitution of pork back fat with extra virgin olive oil in 'salami' products: effects on chemical, physical and sensorial quality. *Meat Science*, 64: 323-331.
- Sırıken B, Özdemir M, Yavuz H, Pamuk S (2006). The Microbiological Quality and Residual Nitrate/Nitrite Levels in Turkish Sausage (Soudjouck) Produced in Afyon Province, Turkey. *Food Control*, 17: 923-928.
- Stefanova R, Toshkov S, Vasilev NV, Vassilev NG, Marekov NI (2011). Effect of Gamma-Ray Irradiation on The Fatty Acid Profile of Irradiated Beef Meat. *Food Chemistry*, 127: 461-466.
- Şenol A, Nazlı B (1996). Fermente sucuklarda bozulmalara neden olan faktörlerin tespiti üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 355-370.
- Tayyar M (2010). Gıda Güvenliği Kitabı. Marmara Belediyeler Birliği, 360s İstanbul.
- Tekinşen OC, Dinçer B, Kaymaz Ş, Yücel A (1982). Türk sucuğunun olgunlaşması sırasında mikrobiyal flora ve organoleptik niteliklerindeki değişimler. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29: 111-130.
- Turhan S, Temiz H, (2010). Bez Sucukların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. 1. Uluslararası Adriyatik'ten Kafkaslar'a Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 1, 421-424, Tekirdağ.
- Ulusoy BH (2007). Kefir Kültürü ile Fermente Sucuk Üretimi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi, İstanbul.
- Wei F, Xua X, Zhou G, Zhao G, Li C, Zhang Y, Chen L, Qi J (2009). Irradiated Chinese Rugao Ham: Changes in Volatile N-nitrosamine, Biogenic Amine and Residual Nitrite During Ripening and Postripening. *Meat Science*, 81: 451-455.
- WHO (1994). Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food. World Health Organization, Geneva.
- Wirth F (1986). Curing Colour Formation and Color Retention in Frankfurter-Type Sausages. *Fleischwirtschaft*, 66: 354-358.
- Yalınkılıç (2009). Sucuk Üretiminde Portakal Lifi Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yetim H, Kayacığer A, Kesmen Z, Sağdıç O, 2006. The Effects of Nitrite on The Survival of *Clostridium Sporogenes* and The Autoxidation Properties of The Kavrma. *Meat Science*, 72: 206-210.
- Yılmaz İ, Geçgel Ü (2007). Effects of Gamma Irradiation on *Trans* Fatty Acid Composition in Ground Beef. *Food Control*, 18 : 635-638.
- Zhang X, Kong B, Xiong YL, (2007). Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation. *Meat Science*, 77: 593-598.

Zorba AM (2009). Tavuk Eti Ürünlerine (Sosis, Burger, Köfte) Uygulanan Gama Işınlamanın Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1991 yılında Ankara’da doğdu. İlköğrenimi Hamdi Helvacıoğlu İlköğretim Okulu, lise öğrenimi de Kırklareli Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde başladığı lisans eğitimini, 2013 yılında bitirdi. 2014 Şubat’tan itibaren 1 dönem Çorlu Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümünde serbest öğretim elemanı olarak görev yaptı. 2014 Nisan’da Süzölmüş Kardeşler Ltd. Şti.’de sorumlu müdür olarak başladığı görevine halen devam etmektedir.

**Gölce Bedis BAKANÖĞULLARI**