

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İYONİZE RADYASYON UYGULAMASININ TAZE BALIKLARIN KALİTESİ ve DAYANIM SÜRESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Müge İNUĞUR

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı
İşleme Teknolojisi Programı

Danışman
Doç. Dr. Özkan ÖZDEN

Temmuz, 2006

İSTANBUL



İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İYONİZE RADYASYON UYGULAMASININ TAZE BALIKLARIN KALİTESİ ve DAYANIM SÜRESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Müge İNUĞUR

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı
İşleme Teknolojisi Programı

Danışman
Doç. Dr. Özkan ÖZDEN

Temmuz, 2006

İSTANBUL

Bu çalışma 14/07/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı İşleme Teknolojisi programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Özkan ÖZDEN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Prof. Dr. Aydın YAPAR
Pamukkale Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Sühenda MOL
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Doç. Dr. Fatih ÖZOĞUL
Çukurova Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Yard. Doç. Dr. Cengiz DEVAL.
İstanbul Üniversitesi
Su ÜrünleriFakültesi

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin T-516/21102004 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu çalışma 2.5 ve 5 kGy dozunda ışınlama uygulanmış çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarının raf ömrünün belirlenmesi için hazırlanmıştır.

Çalışma sırasında yapılan duyusal, mikrobiyolojik ve kimyasal analizler İ.Ü Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojisi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Hazırlamış olduğum bu tez konusunu bana öneren ve tezimin yürütülmesi aşamasında göstermiş olduğu teşvik ve desteklerden dolayı danışmanım **Doç. Dr. Özkan ÖZDEN'e, fikir ve yardımlarını benden esirgemeyen hocam Doç. Dr. Nuray ERKAN'a**, ayrıca kürsümüzün diğer hocaları Doç. Dr. Sühendan MOL' e, Araştırma Görevlisi Didem ÜÇOK ALAKAVUK ve Araştırma Görevlisi Ş. Yasemin TOSUN' a, değerli arkadaşım Nevin ÖZGÜR' e ve bu çalışmanın gerçekleşmesinde tesislerini hizmetimize sunan **Gamma-Pak Ltd. Şirketi Tesis Müdürü Dr. Hasan ALKAN'a**, emeğini ve manevi desteğini gördüğüm annem, babam ve eşim Özkan DOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2006 Müge İNUĞUR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....I
İÇİNDEKİLER.....II
ŞEKİL LİSTESİ.....III
TABLO LİSTESİ..... V
ÖZET.....VI
SUMMARY.....VII
1. GİRİŞ.....1
1.1. Gıda Işınlamasında Temel Kriterler.....5
1.2. Işınlama Teknolojisinde Kullanılan Tanımlar.....5
1.3. Işınlamada Absorbe Edilen Doz ve Radyoaktivite Birimleri..... 6
1.4.Işınlamanın Mikroorganizma ve İnsektler Üzerine Etki Mekanizması.....7
1.5. Gıda Işınlama Uygulamaları.....10
1.5.1. Işınlamanın Avantajları…….....11
1.5.2. Işınlamanın Dezavantajları…….....12
1.6. Işınlama Uygulamalarındaki Yasal Düzenlemeler……..... 12
1.7. Etiketleme…….....14

2. GENEL KAVRAMLAR…….....15

3. MATERYAL VE METOT…….....17

3.1. Materyal…….....17
3.1.1. Materyalin Hazırlanması ve Işınlama İşlemi……..... 17
3.2. Metot……..... 21
3.2.1. Analizler.....21

4. BULGULAR.....27

5. TARTIŞMA ve SONUÇ..... 46

6. KAYNAKLAR..... 78

7. ÖZGEÇMİŞ……..... 88

Şekil Listesi **Sayfa No**

Şekil 1.1 : Co_{60} (1 Gamma ışını) ve elektron hızlandırıcılarından elde edilen ışınların (2 hızlandırılmış elektron ışınları) su içerisindeki nüfuzu……...…….. 4
Şekil 1.2 : Işınlama dozuyla mikroorganizma yaşam faaliyeti arasındaki ilişki... 9
Şekil 1.3 : Işınlanmış gıdayı sembolize eden radura sembolü ……...14
Şekil 3.1 : Gamma-Pak A.Ş. Ltd. Şti……..18
Şekil 3.2 : Işınlama işlemini gerçekleştiren Co_{60} radyasyon kaynağının deiyonize su zırhı içerisindeki görüntüsü……..... 18
Şekil 3.3 : Balıkların ışınlama işlemine tabi tutulduğu yer…….....19
Şekil 3.4 : Her bir grubun yeterli dozda iyonize ışın alıp almadığını kontrol etmek için kullanılan dozimetre…….. 19
Şekil 3.5 : Materyale uygulanan ışınlama ve diğer işlem aşamaları…..... 20
Şekil 5.1 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura örneklerinin duyusal değerlerindeki değişimler…….....48
Şekil 5.2 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının tekstür değerlerindeki değişimler……. 49
Şekil 5.3 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının koku değerlerindeki değişimler……..49
Şekil 5.4 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının tat değerlerindeki değişimler…….50
Şekil 5.5 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının tektür, koku ve tat ortalama değerindeki değişimler…….. 50
Şekil 5.6 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek örneklerinin duyusal değerlerindeki değişimler…….. 51
Şekil 5.7 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının tekstür değerlerindeki değişimler……...……51
Şekil 5.8 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının koku değerlerindeki değişimler…….. 52
Şekil 5.9 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının tat değerlerindeki değişimler……..... 52
Şekil 5.10 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının tekstür, koku ve tat ortalama değerlerindeki değişimler……..... 53
Şekil 5.11 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının pH değerlerindeki değişimler……..... 56
Şekil 5.12 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının pH değerlerindeki değişimler……..56
Şekil 5.13 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının TVB-N değerlerindeki değişimler……...……...59
Şekil 5.14 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının TVB-N değerlerindeki değişimler……..... 59
Şekil 5.15 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının TMA-N değerlerindeki değişimler……..... 62
Şekil 5.16 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının TMA-N değerlerindeki değişimler……..... 62
Şekil 5.17 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının TBA değerlerindeki değişimler…….. 65
Şekil 5.18 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının TBA

değerlerindeki değişimler…….. 65
Şekil 5.19 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının mezofilik aerobik bakteri değerlerindeki değişimler……..68
Şekil 5.20 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının mezofilik aerobik bakteri değerlerindeki değişimler……..68
Şekil 5.21 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının psikrofilik bakteri değerlerindeki değişimler……..71
Şekil 5.22 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının psikrofilik bakteri değerlerindeki değişimler……..71
Şekil 5.23 : Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının *Enterobacteriaceae* değerindeki değişimler……..... 74
Şekil 5.24 : Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının *Enterobacteriaceae* değerindeki değişimler……..... 74

Tablo Listesi **Sayfa No**

Tablo 1.1 : Türkiye Cumhuriyeti yasalarına göre su ürünlerindeki yasal ışınlama dozajları…… 13
Tablo 2.1 : Su ürünlerinde uygulanabilir ışınlama dozları…… 16
Tablo 3.1 : Taze (çiğ) balıklar için duyusal değerlendirme tablosu…….. 22
Tablo 3.2 : Pişmiş ürün için duyusal değerlendirme tablosu…….. 23
Tablo 4.1 : Çipura balığının besin bileşenleri …….. 27
Tablo 4.2 : Işınlanmamış çipura balığının duyusal analiz bulguları.....29
Tablo 4.3 : 2.5 kGy ışınlama yapılmış çipura balığının duyusal analiz bulguları...30
Tablo 4.4 : 5 kGy Işınlama yapılmış çipura balığının duyusal analiz bulguları… 31
Tablo 4.5 : Işınlanmış (2.5-5 kGy) ve ışınlanmış pişmiş çipura balığının duyusal analiz bulguları…….. 32
Tablo 4.6 : Işınlanmış (2.5-5 kGy) ve ışınlanmamış çipura balığının kimyasal analiz bulguları…… 34
Tablo 4.7 : Işınlanmış (2.5-5 kGy) ve ışınlanmamış çipura balığının mikrobiyolojik analiz bulguları……36
Tablo 4.8 : Levrek balığının besin bileşenleri ……37
Tablo 4.9 : Işınlanmamış taze levrek balığının duyusal analiz bulguları……38
Tablo 4.10 : 2.5 kGy ışınlama yapılmış levrek balığının duyusal analiz bulguları..39
Tablo 4.11 : 5 kGy ışınlama yapılmış levrek balığının duyusal analiz bulguları….40
Tablo 4.12 : Işınlanmış (2.5-5 kGy) ve ışınlanmış pişmiş levrek balığının duyusal analiz bulguları…… 41
Tablo 4.13 : Işınlanmış (2.5-5kGy) ve ışınlanmamış levrek balığının kimyasal analiz bulguları……..43
Tablo 4.14 : Işınlanmış (2.5-5kGy) ve ışınlanmamış levrek balığının mikrobiyolojik analiz bulguları…….....45
Tablo 5.1 : Işınlanmış (2.5-5 kGy) ve ışınlanmamış çipura Balığının raf ömürleri……..……..76
Tablo 5.2 : Işınlanmış (2.5-5 kGy) ve ışınlanmış levrek balığının raf ömürleri…..77

ÖZET

İYONİZE RADYASYON UYGULAMASININ TAZE BALIKLARIN KALİTESİ VE DAYANIM SÜRESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dünyada yeni gıda işleme yöntemlerine ihtiyaç duyulması, gıda katkı maddelerinin kullanımının azaltılması, gıdaların bozulması ve gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi amacıyla gıda ışınlama teknolojisinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu yöntem her gıda türüne uygulanamamakla birlikte, baharatlar, bitkisel çaylar, tahıl, beyaz et, kırmızı et ve su ürünleri gibi oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Gıda ışınlama yöntemi, konserve, dondurma ve ısıl pastörizasyon-sterilizasyon gibi gıda işleme yöntemleri arasında sayılmakta olup, işlem sırasında önemli bir sıcaklık artışı meydana gelmediğinden dolayı "Soğuk Sterilizasyon" olarak ta adlandırılmaktadır.

Türkiye' de 1990 yılından itibaren su ürünlerine olan rağbetin büyük ölçüde artması ve su ürünlerinin çabuk bozulan gıdalar olması bizi bu yöntem üzerinde araştırma yapmaya yönlendirmiştir.

Bu çalışmada ışınlanmamış ve ışınlanmış (2.5-5 kGy) çipura ve levrek balıkları her gün yenilenen sızdırmaz buz torbalarıyla strafor kutular içerisinde +4 ±1°C'de depolanmıştır. Depolama süresince her üç gruba günaşırı duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmış, raf ömürleri tespit edilmiştir.

Duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerin sonuçlarına göre +4 ±1°C' de depolanan ışınlanmamış ve ışınlanmış çipura ve levrek balıklarından ışınlanmamış çipuranın raf ömrü 13 gün, 2.5 kGy dozunda ışınlama yapılmış çipuranın raf ömrü 15 gün ve 5 kGy dozunda ışınlama yapılmış olan çipuranın da raf ömrü 17 gün olarak tespit edilmiştir. Fakat, ışınlamamış levreğin raf ömrü 9 gün, 2.5 kGy dozunda ışınlamış levreğin raf ömrü 13 gün ve 5 kGy dozunda ışınlamış levreğin raf ömrü 17 gün olarak tespit edilmiştir.

SUMMARY

EFFECT OF APPLICATION OF IONIZING RADIATION ON THE QUALITY AND SHELF LIFE OF FRESH FISH

Use of food irradiation techonology is getting widespread due to the demands for new food processing methods in the world, decreasing use of food additives, keeping foods fresher and safer, and preventing foodborne diseases. Although this method is not applicable for all types of foods, it has considerably a wide area of use such as spices, herbal teas, grains, white meat, red meat and seafood products.

Food irradiation is considered one of the food processing methods like conservation, freezing and heat pasteurization-sterilization. There is no considerable temperature increase during the process, thus it is named also as “cold sterilization”.

Due to the fact that there is a certain increase demand in Turkey since 1990 for seafood products and seafood products do not have long shelf life, we have decided to make research on this method.

In this study, irradiated and non-irradiated (2.5-5 kGy) sea bass and sea bream were stored at +4 ±1°C in styrofoam boxes with daily leakproof ice packages. Throughout the storing period, in every other day sensory, chemical and microbiological analyses were conducted on three groups, and shelf life was evaluated.

According to the results of sensory, chemical and microbiological analyses, among irradiated and non-irradiated sea bass and sea bream stored at +4 ±1°C, shelf life of non-irradiation sea bream was found 13 days, and 15 days for sea bream irradiated at 2.5 kGy, and 17 days for sea bream irradiated at 5 kGy. However, shelf life of non-irradiated sea bass was found 9 days, and 13 days for sea bass irradiated at 2.5 kGy, and 17 days for sea bream irradiated at 5 kGy.

1. GİRİŞ

Dünyada gıda ürünlerine olan ihtiyaç günden güne artmasına karşılık, gıda üretimi aynı oranda artmamaktadır. Buna ilave olarak gıda maddeleri yetersiz muhafaza ve işleme yöntemlerinden dolayı %20-40 oranında kayıplara uğramaktadır. İnsanlar zaman içerisinde gıdaların bozulması ve gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi için sürekli arayış içinde olmuşlar, bu çabalar sonucunda konserve, soğutma, dondurma, kimyasal veya kimyasal olmayan koruyucu madde kullanımı gibi çeşitli muhafaza yöntemleri geliştirmişlerdir. Ancak bu yöntemler de büyük çaptaki gıda kayıpları ve gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinde yetersiz kalmakta veya bazı ürünlerde uygulaması mümkün olamamaktadır (Alkan, 2002).

Su ürünleri içerdiği besin bileşenleri yönünden en değerli gıda maddeleri arasında yer almaktadır. Protein oranının yüksek olması, doğada bulunan tüm aminoasitleri bünyesinde bulundurması, yağda eriyen vitaminler yönünden zengin olması, biyolojik değeri yüksek gıda olarak su ürünlerini kıymetli kılmaktadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Balık ve balık ürünleri değerli gıdalar olmalarının yanında pH değerinin nötre yakın olması, gıdaların bozulmasında rol oynayan mikroorganizmaları doğal flora olarak içermeleri ve bu mikroorganizmaların ölüm sonrası ete geçişinin süratli olması nedeniyle çabuk bozulan gıdalar olarak sınıflandırılırlar.

Su ürünlerinin dağıtım ve pazarlanmasında iki büyük problem, çabuk bozulmaları ve eksik hijyen uygulamalarıdır. Bu durum patojen ve saprofit mikroorganizmaların ürüne kontaminasyonu açısından oldukça önem taşımaktadır (Jeevanandam ve diğ. 2001).

Son on yıldır balık ve balık ürünlerine olan rağbet önemli ölçüde artış gösterdiğinden güvenli muhafaza yöntemlerine ihtiyaç duyulmuştur (Chouliara ve diğ. 2005). Deneysel çalışmalar, ışınlama uygulamasının halk sağlığıyla ilişkili olan patojen ve saprofit

mikroorganizmaları azaltarak, potansiyel problemlere karşı bir çözüm sağladığı kanıtlamıştır (Chen ve diğ. 1996).

İyonize radyasyonla gıda maddelerinin muhafazası birçok gıda muhafaza yöntemine göre yeni bir uygulama olup, ilk olarak 1930 yılında Fransa' dan bu konuda patent alınmıştır (Özbilgin ve Acar, 1988). Bu konuda uzun yıllardır araştırmalar yapılmakta ve yöntemin güvenilirliği, besinsel kalite ve kabuledilebilirliği üzerine etkileri ile birlikte gıdalarda oluşturduğu kimyasal ve fiziksel değişimler incelenmiştir (Topal, 1988).

Gıda ışınlama teknolojisi, dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkede gıdaların korunması, kalite artırımı ve gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinde geleneksel yöntemlere alternatif olarak kabul görmüştür (Özden, 2004).

Işınlama işlemi, konserve ve dondurma muhafaza yöntemlerine benzer fiziksel bir gıda işleme yöntemi olup, işlem sırasında önemli bir sıcaklık artışı meydana gelmediği için "Soğuk Sterilizasyon" olarak ta adlandırılmıştır (Özden, 2004; Tomar ve Ertugay, 2005). Bu yöntemde ısı yerine iyonlaştırılmış enerji kullanılmaktadır. Gıda ürünleri ambalajlı olarak poşet, kutu veya paletli şekilde işlem görmektedir. Işınlama teknikleri ise kullanılan ışın kaynağının nüfuz etme (penetrasyon) yeteneğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bunun için genellikle nüfuz etme kapasitesi yüksek olan gamma, X-ışınları veya hızlandırılmış elektronlar kullanılmaktadır (Kleeberg, 2002).

Gamma ışınları: Gıda ışınlaması yapan tesislerde gamma ışın kaynağı olarak radyoaktif Kobalt-60 (Co_{60}) kullanılmakta olup, Sezyum-137 (Cs_{137}) gamma ışın kaynağı olarak bilinmektedir. Bunlar radyoaktif izotoplardır. Günümüzde Sezyum-137 üretimi söz konusu olmadığı için gamma ışın kaynağı olarak bu alanda sadece Cobalt 59' un nötron bombardımanına dayalı olarak yapay radyoaktivite kazandırılan Co_{60} kullanılmaktadır. Kobalt-60 ın kullanımının ön plana çıkmasındaki temel sebep ise yarılanma ömrünün 5,27 yıl olması ve Sezyum-137' nin ise ancak 30 yılda bu yarılanma işlemini gerçekleştirebilmesidir (Kleeberg, 2002; Heis ve Eichner, 2002).

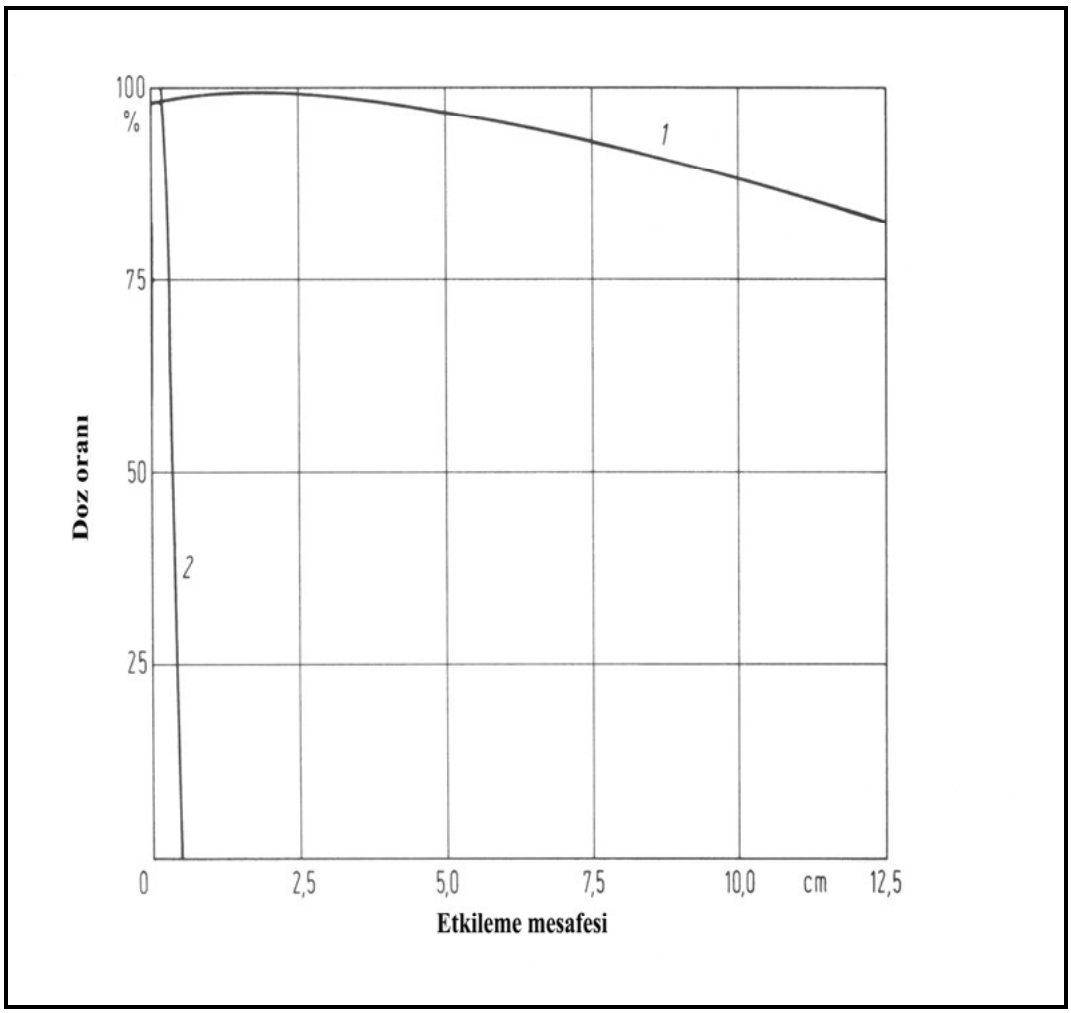
Radyoaktif izotopların yaydıkları alfa, beta (katot ışınları) ve X-ışınları farklı düzeyde iyonizasyon enerjisine sahip olup, etki ettikleri gıdada iyonizasyona neden olmaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 1998). Bu nedenle uygulama iyonize radyasyon olarak bilinmektedir. Radyoaktif izotoplardan kaynaklanan X-ışınları 100-150 nm dalga

boyundaki fotonlar olup, **gamma ışınları** olarak bilinmektedir. Beta ışınlarının dalga boyları uzun, enerjileri düşük olduğu için gıdaya nüfuz etme yeteneği düşüktür, gamma ışınları ise kısa dalga boyuna ve yüksek enerji düzeyine sahip oldukları için gıdaya kolayca nüfuz edebilirler (Şekil 1.1). Bu nedenle günümüzde gıda ışınlamasında en çok Co_{60} izotopundan elde edilen gamma ışınları kullanılmaktadır (Kleeberg, 2002).

$$Co^{60} \longrightarrow Ni^{60} + e^{-}\,(0.314\ MeV) + \gamma\,(1.173\ MeV) + \gamma\ \ (1.332\ MeV)$$

X- ışınları, elektron hızlandırıcılarında üretilmiş yüksek enerjili elektronların tungsten bir plakaya çarptırılması ve bu çarpışma sonucu elektronların kaybettiği enerji X-ışınları olarak yayılır. Bu olaya Bremmstrahlung (Frenleme ışını) olayı, çıkan X-ışınlarının oluşturduğu sürekli spektruma da Bremmstrahlung (Frenleme ışını) denir. X- ışını üreten kaynaklar 5 MeV ve daha düşük enerjidedir. Nüfuz etme düzeyi ve doz hızı yüksek olduğu için ışınlama süresi kısadır. Çeşitli yoğunluktaki ürünler tek ve birbirinden bağımsız olarak ışınlanabilir.

Elektron hızlandırıcıları, elektron ışık hızına yakın bir hıza ulaşma kapasitesindeki cihazlarda üretilirler. Bu ışın demeti jeneratörlerinde enerji kaynağı olarak şehir şebekesindeki enerji kullanılır. Gıda ışınlamasında kullanılan elektron hızlandırıcılarını üreten kaynaklar, 10 MeV' den daha düşük enerjideki cihazlardır. Gıdaya nüfuz etme düzeyi düşüktür. Bu nedenle küçük boyutlu ve yoğunluğu düşük olan ürünler ışınlanır. Doz hızı yüksek olduğu için ışınlama süresi kısadır. Çeşitli yoğunluktaki ürünler tek ve birbirinden bağımsız olarak ışınlanabilir. Son yıllarda özellikle küçük ambalajlar için elektron hızlandırıcılar kullanılmaya başlanmıştır (Demirezen ve Çetinkaya, 2006).



Şekil 1.1: Co_{60} (1: Gamma ışını) ve Elektron hızlandırıcılarından elde edilen ışınların (2: Hızlandırılmış elektron ışınları) su içerisindeki nüfuzu (Heis ve Eichner, 2002)

Gıda ışınlama yöntemi hiçbir atık içermeyen fiziksel bir proses olması nedeniyle taze ve kolay bozulabilen gıdaların korunmasında uygulanan etkin bir yöntemdir (Korel ve Orman, 2005).

Işınlama baharatlar, taze ve dondurulmuş meyve, sebze ve meyve suları, soğan, sarımsak, pirinç, baklagiller, tahıl ve ürünleri, patates, yenilebilir sert kabuklular ve tohumlar, salça, et, kanatlı ve ürünleri, taze ve kurutulmuş deniz ürünleri, çikolata, çay ve ekstraktlarında kullanılmaktadır. Diğer muhafaza ve işleme yöntemlerinde de olduğu gibi bu yöntem de bozulmuş bir gıdayı tüketilebilir hale getirmek için kullanılamaz. Işınlama uygulamalarının lipidler, proteinler ve vitaminler üzerinde oluşturduğu etkiye rağmen diğer kalite koruma yöntemlerine kıyasla daha faydalı olduğu bilinmektedir.

Özellikle yağlı gıdalarda ransidite denilen acılaşma, yüksek proteinli gıdalarda ise kötü tat ve koku meydana gelmesi ışınlama uygulamalarını sınırlamaktadır (Korel ve Orman, 2005).

1.1. GIDA IŞINLAMASINDA TEMEL KRİTERLER

- Gıdalar sadece ihtiyaç duyulduğunda ve gıda hijyeni sağlamak için ışınlanmalıdır.
- Bozulmuş gıdalar insan tüketimine sunulmak üzere ışınlanmaz.
- Hasat veya üretim sonrası gerçekleştirilen işlemler, depolama ve taşıma koşulları gıda hijyeni konusundaki Codex Genel Standartını, her bir ürün için geçerli olan mevcut yasal gerekleri sağlamak zorundadır.
- İyi Üretim Uygulamasının yerini tutmak için kullanılmaz.
- Gıda kalitesi, uygulanan ışınlama dozu ve halk sağlığı amaçlarını karşılamalı ve İyi Işınlama İşlemi Uygulamasına uygun olmalıdır.
- Yığın halinde ışınlanacak ürünler için ise Hazards Analysis and Critical Control Point (HACCP) kuralları izlenerek yeniden böceklenme ve kontaminasyon önlenmelidir.
- Işınlanacak gıda ambalajlarının hijyen ve kalite özelliklerini taşıyor olması, ürün taşıma sistemi ve ışınlama kaynağının tipi çok önemlidir (Demirezen ve Çetinkaya, 2006).

1.2. IŞINLAMA TEKNOLOJİSİNDE KULLANILAN TANIMLAR

- **Doz:** Işınlanan gıdaların birim kütlesinde absorbladığı radyasyon enerjisinin miktarını,
- **Dozimetri:** Doz ve doz hızının kGy/saat olarak standartize edilmiş metotlarla ölçülmesi,

- **Gıda ışınlaması:** Gıda maddesinin istenilen teknolojik bir amaca ve usulüne uygun olarak yeterli dozda ışınlamasını,

- **Işınlama lisansı:** Işınlama tesisinin tasarım, inşa ve işletilmesi için Türkiye Atom Enerjisi Kurumu` nun (TAEK) verdiği radyasyon güvenliği uygunluk onayını,

- **MeV:** Milyon elektron volt enerji birimini,

- **Ortalama doz:** Belli kütledeki gıdanın birim hacminde dozimetrelerin yerleştirildiği noktalardaki yerel yoğunluk ve absorblanan dozların ortalamasıyla bulunan absorblanan doz miktarını; yoğunlukça homojen gıdalarda absorblanan ortalama minimum ve maksimum dozların ortalamasını ifade eder (Sheike, 2000).

1.3. IŞINLAMADA ABSORBE EDİLEN DOZ VE RADYOAKTİVİTE BİRİMLERİ

Işınlama işleminde ışınlanan madde tarafından absorblanan enerji miktarı, diğer bir ifade ile "absorblanan doz" önemlidir. Bu dozun ifadesi olan birimler ve açıklamaları aşağıdaki gibi bildirilmiş olup, kaynağının, yoğunluğunun, substratının kümülatif etkisinin ve oranının göstergesidir.

Rad: İyonize radyasyon etkisinde kalan her maddenin 100 erg/g.[*] eşdeğerinde absorbe ettiği radyasyon miktarı olup, absorbe edilen enerjinin ölçüsüdür. Diğer bir tanımla ışınlanmış ürünün 1 gramının 10^{-5} joul' lük oranda enerji absorbsiyonuna eşdeğerdir. 100 rad = 1 J/kg dır. 10^{3} rad = 1 kilorad (Krad), 10^{6} rad = 1 Megarad (Mrad).

Gray (Gy): Radyasyon etkisinde kalan bir maddenin absorbe ettiği iyonize radyasyon miktarının diğer bir ifadesidir (100 rad = 1 Gy, 1 Krad = 100 Gy, 1 kGy = 100 Krad ve 1 Mrad = 10 kGy).

[*] Erg; enerji birimi olup, 1 Erg = 10^{-7} joul' dur.

Röntgen (r): 1 gram radyum kaynağından, 1 yard' a (91,44 cm) uzaklıktan 1 saatte alınan radyasyon miktarıdır. Diğer bir ifade ile, 1 cm^3 kuru havada $2,08\times10^9$ iyon çifti oluşturan radyasyondur.

Rep (Rontgen equivalent physical = Röntgen fiziksel eşdeğeri): Işınlanan gıdanın 1 ml sinin 93 erg enerji absorbe etmesine eşdeğer iyonize radyasyon miktarıdır.

Becquerel (bekerel = Bq): Saniyede parçalanan atom çekirdeği sayısıdır. Dozu milirem olup, 100 milirem = 1 milisievett = 1 msv dir.

Res: Radyoaktif bir elementin yaydığı ışınımların biyolojik etkisini değerlendiren birimdir.

Curie: Radyasyon kaynağının gücü veya radyasyon yayma hızı birimi olup; 1 curie bir saniyede $3,7\times10^{10}$ luk parçalanmaya eşittir. Işınlanan homojen ürünlerde, dokular tarafından absorbe edilen radyasyon dozu dozimetrelerle ölçülmektedir (Topal, 1988).

1.4. IŞINLAMANIN MİKROORGANİZMA ve İNSEKTLER ÜZERİNE ETKİ MEKANİZMASI

Işınlama uygulaması ile mikrobiyal inaktivasyona bağlı olarak bir koruma sağlanmaktadır. Bu işlemde kullanılan enerji iyonize radyasyon olarak tanımlanır. Kullanılan enerji ister elektriksel olarak şarj edilmiş (iyonlar) ister doğal (serbest radikaller) olsun, daha küçük parçaların oluşumuna yol açan kimyasal bağların kopmasına neden olmaktadır (Karadağ ve Güneş, 2005).

İyonize radyasyonun canlı hücreler üzerindeki etkisi ya direkt olarak genetik materyal (DNA) üzerinde, yada indirekt olarak genetik olmayan moleküller üzerinde olmaktadır (Topal, 1988). Direkt etkide radyasyon doğrudan doğruya hücre bileşenleri ile reaksiyona girebilmektedir. Yüksek enerjili partiküllerin hücrenin duyarlı ve yaşam için önemli olan bölümlerine çarparak zarar vermesi ve enerjisini organik moleküllere aktararak onların iyonizasyonuna neden olması radyasyonun direkt etkisi olarak tanımlanmaktadır (Özbilgin ve Acar, 1988).

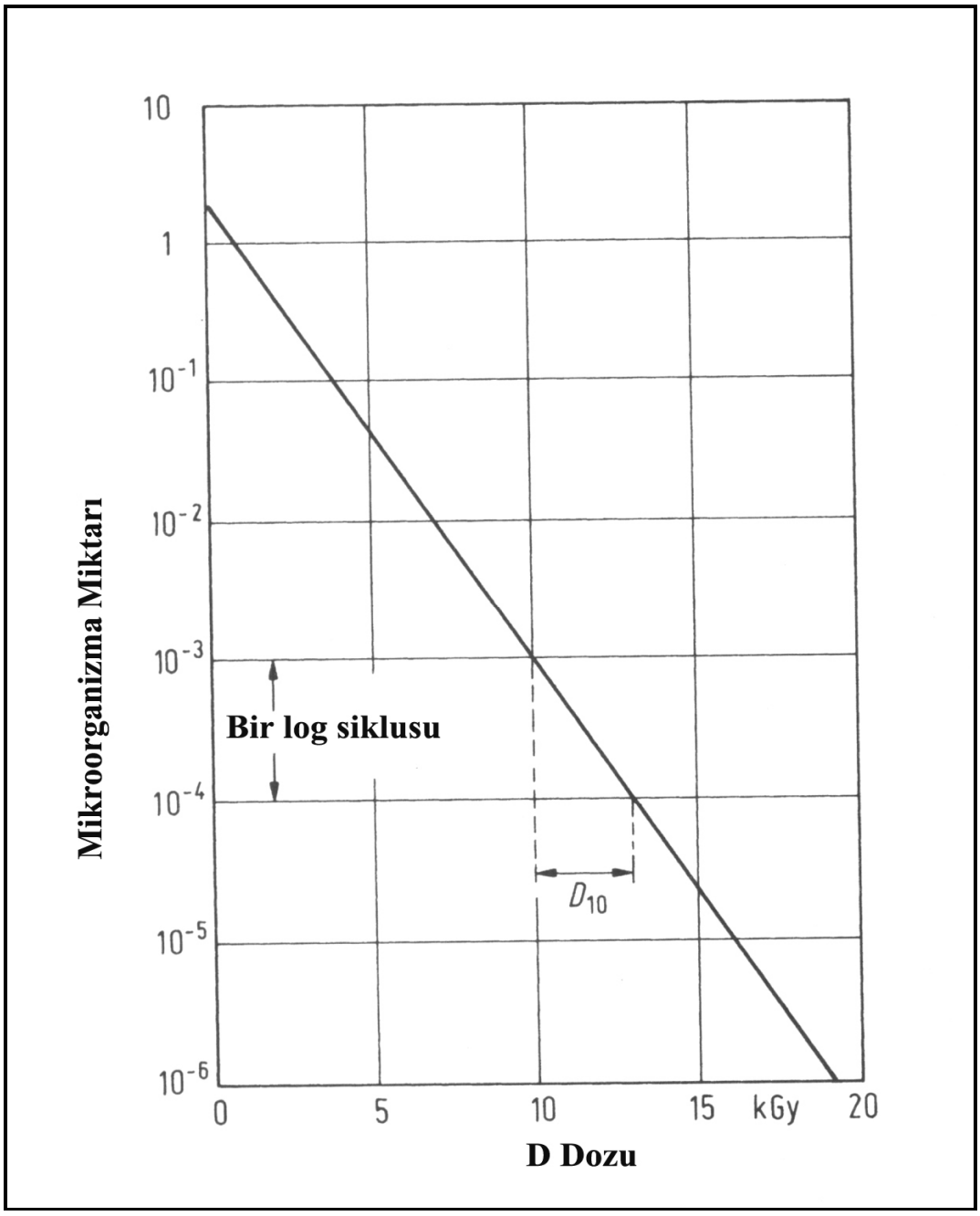
Dolaylı etki ise, su içeren materyalin ışınlanması sonucu su molekülünün iyonize olarak H^+ ve OH^- radikallerine ayrışması ve bu radikallerin iyonize radyasyonun biyolojik

etkisine yardımcı olması şeklinde ifade edilmektedir. Böylece dokulardaki nem değişikliği indirekt etkiyi oluşturmaktadır. Bu radikaller çok aktif olup, oksitlenme veya indirgeme etkisi yapmaktadır. Bu reaksiyonlar sonucunda hücrede bulunan genetik olmayan moleküllerin yapısında değişiklikler meydana gelir ve bu durum hücre üzerinde olumsuz etki yapar (Topal, 1988; Özden, 2004).

Işınlamanın mikroorganizmalar üzerine etkisi, moleküler yapısında değişikliğe yol açma biçiminde olabileceği gibi, mutasyon, öldürücü etki veya hücre çoğalması ve gelişmesinin önlenmesi (germistatik) gibi doğrudan da olabilir. Genellikle bakteri, maya ve küflerin ışınlama ile yok edilmesi; DNA bağlarının kırılması veya DNA onarım mekanizmalarına zarar verilmesi şeklindedir. Mikroorganizmaların cinsi, spor veya vejetatif formda oluşu, ortamın bileşimi, sıcaklık, radyasyon dozu ve ışınlama koşulları gibi faktörler ışınlara karşı duyarlılığı önemli ölçüde etkilemektedir. Gram negatif bakteriler, gram pozitiflerden daha hassastırlar. Mikrobiyal sporlar ise en dayanıklı formlardır. Gıdalarda bozulmaya yol açan *Pseudomonas sp*. veya özellikle deniz ürünlerinde bozulmaya yol açan ve tüketicide zehirlenmeye neden olan *Salmonella* sp. gibi bakterilerinde zarar görmesi farklı ışınlama dozlarında olmaktadır. Ancak düşük doz uygulamaları ile güvenlik elde etmek mümkündür. Ancak populasyondaki mikroorganizma sayısı ile uygulanacak doz doğru orantılıdır (Şekil 1.2). Işınlamaya karşı mayalar küflerden daha dayanıklıdırlar. Mayalar için öldürücü ışınlama dozu 4.65-20 kGy, küfler için 2.4-6.0 kGy arasındadır. *Clostridium botulinum* ve sporlarının radyasyona karşı dirençleri fazla olup, gıdaların radyasyonla muhafazasında önemli bir sorun teşkil etmektedir. Patojen mikroorganizmalardan *Salmonella, Staphylococcuss aureus, Yersinia enterocolitica* radyasyona karşı direnci en fazla olan mikroorganizmalardır (Özbilgin ve Acar, 1988; Durwood ve Brynjolfason, 1980).

Organizmaların radyasyona karşı direnci onların büyüklükleri ile ters orantılıdır. Laboratuar koşullarında, virüslerin radyasyona karşı dirençlerinin çok fazla olduğu ve 100 kGy' lık ışınlama dozlarında bile canlılıklarını muhafaza edebildikleri saptanmıştır (Özbilgin ve Acar, 1988).

Gıda ışınlamasında optimum ışınlama dozu, ürüne zarar vermeden mikroorganizmalarda tahribat yaratan ışınlama dozu olarak tanımlanmaktadır (Özbilgin ve Acar, 1988).



Şekil 1.2: Işınlama dozuyla mikroorganizma yaşam faaliyeti arasındaki ilişki (Heis ve Eichner, 2002)

1.5. GIDA IŞINLAMA UYGULAMALARI

Gıda ışınlama uygulamalarında esas olarak üç farklı teknik kullanılmaktadır.

Radaperdizasyon: Gıdalardaki mikroorganizmaların tamamının yada büyük bir kısmının öldürülmesini amaçlayan bir işlem olup, 30-40 kGy lık ışınlama dozu uygulanır. Ticari sterilizasyonla eşdeğerdir. Örneğin bir gıdadaki 10^{12}/g lık *Clostridium botulinum* yükünün % 90' ını elimine etmek için 48 kGy lık bir doza gereksinim olduğu bildirilmektedir.

Radizidasyon: Bu uygulamada *Salmonella* sp. gibi sadece patojen mikroorganizmaların elimine edilmesi amaçlanır. Sanitasyon uygulamasının karşılığıdır ve 2.5-10 kGy lık dozlar uygulanır.

Radurizasyon: Pastörizasyon işlemi gibi gıdaların raf ömürlerini uzatmak ve sağlık açısından riskleri azaltmak amacıyla yapılan bir işlemdir. 0,75-2,5 kGy lık düşük dozlar uygulanır. Mikroorganizma sayılarının azaltılmasını amaçlar (Topal, 1988; Tomar ve Ertugay, 2005).

FAO/IAEA/WHO Ortak Eksperler Komitesi, gıda ışınlamalarının uygulamadaki amaca göre kullanılması gerekli olan doz aralıkları doğrultusunda gruplaşmışlar ve ışınlanan gıda tarafından absorblanabilecek maksimum dozu 10 kGy olarak saptamışlardır (Topal, 1988; Heis ve Eichner, 2002). Buna göre uygulanan doz, gıda türüne ve amaca göre 3' e ayrılır;

1. **Düşük doz uygulamaları (1 kGy kadar):** Meyve ve sebzelerde filizlenmenin engellenmesi, ileri olgunlaşmanın geciktirilmesi ve gıdalardaki böceklerle parazitlerin kontrolü gibi işlemlerde kullanılır.

2. **Orta düzeydeki doz uygulamaları (1-10 kGy):** Gıdalardaki bozulma ve patojen mikroorganizma yükünün azaltılması, gıdanın muhafaza edilebilirlik özelliklerini geliştirmek için (gıdaların raf ömrünün artırılması gibi) uygulanır.

3. **Yüksek doz uygulamaları (10-50 kGy):** Gıdaların sterilizasyonu için ışınlamayla birlikte tam bir enzim inaktivasyonunun gerçekleşmesi arzu bu yüksek dozda uygulamalar ile sağlanır. Bu işlem için 70-75°C larda ön ısıtma uygulanarak et, su ürünleri, kümes hayvanları ve diğer hazır gıdaların sterilizasyonu, baharat ve enzim

preperasyonları gibi belli bazı gıdaların dezenfeksiyonu bu yüksek doz uygulamasıyla gerçekleştirilir.

Gıda ışınlama uygulamalarında seçilecek doz, teknolojik kalite ve ekonomikliğin anahtarı olarak ifade edilmektedir. Reirradyasyon işlemi (ışınlama uygulamasının ikinci defa yapılması), sadece hazırlandığı ham maddelere ve içerdikleri katkı maddelerine ≤1 kGy düşük doz uygulanmış mamul gıdalara, ışınlanmış gıda katkı maddesini % 5 den daha az oranda içeren gıdalara ve tam ışınlama dozunun bir kere uygulanmasının sakınca yaratmayacağı gıdalara uygulanabileceği ancak böcek zararlarına karşı ışınlanan düşük nemli tahıl vb. gıdalara ise kesinlikle uygulanamayacağı bildirilmiştir (Topal, 1988).

1.5.1. IŞINLAMANIN AVANTAJLARI

Hem insan sağlığı hem de bitki ürün sağlığı yönünden üstünlüğü ile eşsiz bir teknoloji olan ışınlama; çok geniş spektrumlu ve hiçbir mikroorganizmanın direnç gösteremeyen bir metot olması; gıdaların kalite kaybı olmaksızın tüketim süresini uzatması; duyusal analizleri çok yapılmış ve bu konuda çok fazla verisi bulunan bir metot olması; ticari olarak uygulamada deneyimlerin olması; son paketlenmiş ürüne uygulanması; kimyasal kalıntı sorunu olmaması; limit değerler içerisinde istenilen dozda uygulanabilir olması; uygulama sonrası soğutma işlemi gibi bekleme süresine gereksinim göstermemesi; geleneksel yöntemlere göre daha düşük enerji ve işletme maliyeti gibi avantajlara sahiptir (Çetinkaya ve İç, 2006).

1.5.2. IŞINLAMANIN DEZAVANTAJLARI

Işınlama avantajlarının yanı sıra gıdalarda tat kaybına ve renk değişimine neden olması (Bulduk, 2004); yatırım maliyetinin nispeten yüksek olması (4-12 milyon $); ışınlama ile kötü hijyen şartlarının maskeleneceği ön yargısı; ışınlanmış ürünlerin etiketlenmesi zorunluluğu (diğer kimyasal uygulamalarla karşılaştırıldığında tek etiketlenme zorunluluğu olan teknoloji) gibi dezavantajlara sahiptir (Çetinkaya ve İç, 2006).

1.6. IŞINLAMA UYGULAMALARINDAKİ YASAL DÜZENLEMELER

Uzun süredir Avrupa Birliği üyelerince gıdaların ışınlanması tartışma konusu oluşturmaktadır. Özellikle Almanya' nın da içinde bulunduğu bazı ülkelerde baharatlar hariç diğer gıdalara karşı sıkı bir yasaklama söz konusudur. Bu yasaklama üçüncü dünya ülkelerinden yapılan ithalatlar sırasında ürün manipülasyonlarına dayalı olarak tüketicilerin aldatılmasının sözkonusu olması ve buna istinaden sağlık problemlerinin çıkma olasılığından alınmış bir karardır. Gıdalara yapılan radyasyon işleminin bazı uygulamaları ticari olarak kabul edilmeye uygundur. Fransa, Belçika ve Hollanda' nın içinde bulunduğu bazı ülkelerde ışınlama uygulamasına müsaade verilmiştir. 23 ülkede 30 ürüne ticari boyutlarda uygulamalar yapılmaktadır (Bulduk, 2004; Özden, 2004).

Gıda ışınlama çalışmalarını başlatan Amerika' da 1958' den beri uygulanan yasa ışınlama işlemini dondurma ve ısıtma gibi bir işlem olarak değil de bir katkı etmeni olarak görmekte ve buna bağlı olarak ta toksikolojik güvenliliği kesin kanıtlanmadan uygulanamayacağını belirtmektedir. Ayrıca konu tüketicinin tutumuyla da yakından ilgilidir. Tüketicinin ışınlanmış gıda konusundaki düşünceleri değiştirilmedikçe ışınlamanın yaygın ticari uygulama alanı bulması düşünülememektedir. Tüketici ışınlanmış gıdayı benimsediğinde yasal engellerin kendiliğinden kalkacağı açıktır (Bulduk, 2004).

İyonize radyasyon uygulanmış ürünlerin sağlık açısından güvenliği 1980 yılında Dünya Sağlık Örgütü' nün (WHO) uzmanlar komitesi tarafından onaylanmış olup, 1992 yılında toplanan başka bir WHO uzmanlar heyeti tarafından bütün yönleriyle ortaya konmuştur. Almanya' da Alman Bilimsel Araştırma Birliği' nin (DFG) Yabancı Madde

Komisyonu başta olmak üzere değişik ülkelerin uzman heyeti buna destek vermiştir (Ehlermann ve Ammon, 1997).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslarası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) Eksperler Komitesi' nin uzmanlar heyetine göre 10 kGy' a kadar yapılan uygulama gıda maddesinde bir toksikolojik, biyolojik ve kimyasal bir tehlike yaratmayacağı belirlenmiştir (Tablo 1.1) (Korel ve Orman, 2005).

Balık ve balık ürünlerinin hijyenik kalitelerinin kontrolü ve raf ömürlerinin uzatılması amacıyla yapılan ışınlama uygulamalarına, 1973' te Kanada, 1976' da Hollanda, 1982' de Şili, 1983'de Bengladeş, 1985' te Brezilya ve 1986'da Tayland yasal izin vermiştir (Ayhan, 1992).

Nitekim, Türkiye' de 6 Kasım 1999 tarihinde yayınlanan "Gıda Işınlama Yönetmeliği" ile gıda ışınlamasına onay veren ülkeler arasına katılmıştır. Türkiye'de de biri ticari, diğeri araştırma amaçlı iki adet Gama Işınlama Tesisi bulunmaktadır. Bunlardan ilki 1992 yılında Birleşmiş Milletler Gelişme Programının (UNDP) ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının (IAEA) desteği ile daha ziyade araştırma amaçlı olarak Türkiye Atom Enerjisi bünyesinde Ankara Lalahan' da kurulmuş, diğeri ise 1994 yılında ticari amaçlı ilk ışınlama tesisi de İstanbul-Çerkezköy'de kurulmuş ve hizmete sunulmuştur (Alkan, 2000; Çetinkaya ve İç, 2006).

Tablo 1.1: Türkiye Cumhuriyeti yasalarına göre su ürünlerindeki yasal ışınlama dozajları (Anon, 1999).

Su Ürünlerine Uygulanabilecek Işınlama Dozları (kGy) (Resmi Gazete Tarih ve sayısı; 6.11.1999, 23868)			
Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak	(x)	5.0
	b)Raf ömrünü uzatmak	(xx)	3.0
	c)Paraziter enfeksiyonların kontrolü		2.0

(x) Minimum doz düzeyi belli bir zararlı organizma için belirlenebilir.
(xx) Minimum doz düzeyi gıdanın hijyenik kalitesini temin edecek düzeyde belirlenebilir.

Kısaca, ışınlama işleminin son yıllarda kazandığı önemin artarak devam edeceği ve değişen şartların gıda ışınlamasını diğer işleme yöntemleriyle rekabet edebilir hale getirebileceği görülmektedir (Bulduk, 2004).

1.7. ETİKETLEME

Ürünlerin tamamı veya önemli içerikleri ışınlanmış ise bunun etikette belirtilmesi FDA (Gıda ve İlaç İdaresi) tarafından istenmektedir. 1980 yılında FDA-IAEA-WHO Ortak Uzmanlar Komitesi' nin kararıyla ışınlanmış gıdaların şekil 1.3' deki **radura sembolü** ile belirtilmesi kabul edilmiştir. Amerika Birleşik Devletlerinde ise tüketicinin ışınlanmış gıdayı daha iyi belirleyebilmesi için gıda ambalajlarında radura sembolü ile birlikte "radyasyonla muamele edilmiştir" yada "ışınlama uygulanmıştır" ifadesinin bulunmasına karar verilmiştir (Olson, 1998; Bulduk, 2004; Korel ve Orman, 2005).



Şekil 1.3: Işınlanmış gıdayı sembolize eden radura sembolü (Korel ve Orman, 2005)

2. GENEL KAVRAMLAR

Su ürünlerine üretim ve işleme aşamalarında ışınlama uygulamaları yapılmaktadır.

Soğuk depolama işlemi sırasında (+6 ^{o}C) 5 kGy lik ışınlama işlemi karideslere 8 günlük raf ömrü sağlarken, ışınlanmamış karidesler aynı depolama sıcaklığında maksimum 4 gün depolanabileceği sonucuna varılmıştır (Van Cleemput ve diğ. 1980) .

Yengeçlere uygulanan 2 kGy lik ışınlama dozajıyla yengeçler +4°C de 14 gün depolanabilmekte, ışınlanmamış yengeçler ise 3 gün depolanabilmektedir (Chen ve diğ. 1996).

Tilapyalar ve İspanyol uskumrusunda 1,5-10 kGy arasında yapılan ışınlama uygulamalarında değişik yapısal komponentler üzerine etkileri incelenmiş ve minimum dayanım süresini +2 ±2°C de 20 güne kadar artırdığı tespit edilmiştir (Al-Kahtani ve diğ. 1996).

Işınlama işleminin 2-20 kGy lik tatbikinin yılan balıklarının raf ömrünü % 100 oranında arttırdığı belirtilmektedir (Quaranta ve diğ. 1984). Mezgit balığı ile yapılan çalışmalarda ışınlama uygulamasının balığın dayanımını ışınlama uygulanmamış mezgit balıklarına göre üç kat arttırdığı bulunmuştur (Quaranta ve Curzio, 1983).

Tuzlanmış ve ışınlama işlemi yapılmış (1-2 kGy) 0-2°C' de depolanması gerçekleştirilen 1 ve 2 kGy ışınlama yapılmış tuzlanmamış karagöz balığının (uskumru cinsi) sırasıyla 13 ve 23 gün depolanabileceği, tuzlanmış 0, 1 ve 2 kGy ışınlama uygulanmış karagöz balıklarının sırasıyla 9, 14 ve 28 gün depolanabileceği belirlenmiştir (Jeevanandam ve diğ. 2001).

Işınlanmamış, tuzlanmış ve vakum paketlenmiş çipuranın +4°C'ın altındaki sıcaklıkta depolandığında 14-15 günlük raf ömrüne sahip olduğu, 1 ve 3 kGy ışınlama uygulanmış, tuzlanmış ve vakum paketlenmiş çipuranın 27-28 günlük raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir (Chouliara ve diğ. 2004).

Vakum paketlenmiş soğuk depolama işlemi uygulanmış çipuraların +4°C 9-10 gün, ışınlanmış (3 kGy) vakum paketlenmiş çipuraların ise 28 gün raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir (Chouliara ve diğ. 2005).

Tablo 2.1: Su ürünlerinde uygulanabilir ışınlama dozları (Özden, 2004)

Kullanım Alanı	Işınlama Dozu (kGy)
Parazitlerin öldürülmesi	0,2-3
Dayanımın Artırılması	1-3
Patojen Mikroorganizmaların Yok Edilmesi	1-7
Sterilizasyon	30-50

Gama ışınlama uygulamasıyla ilgili besinsel kayıplar ve radyoliz ürünlerin oluşumu artan sorunlar arasındadır.

Balık ve balık ürünlerinin çok yüksek dozda ışınlanması gıda yapısında değişikliğe neden olmaktadır (Tablo 2.1). Özellikle proteinler iyonize enerjinin etkisiyle küçük moleküllere parçalanabilmektedir (Özden, 2004; Topal, 1988). Uygulanan ışınlama dozu 10-10< kGy arasında olursa enzim inaktivasyonu meydana gelir. Mikrobiyolojik, toksikolojik ve beslenmeyle ilgili problemleri ortadan kaldırmak amacıyla 10 kGy' ye kadar uygulanan gıda ışınlama dozuyla balık yapısındaki proteinler zarar görmez ve enzimler aktif halde kalırlar (Chouliara ve diğ. 2005).

Genellikle besin değeri kayıpları ışınlama dozuna, ısıya, havaya ve gıdanın bileşimine bağlı olarak değişmektedir. 1-10 kGy' lik dozda ışınlama uygulanmış havayla temas eden gıdalarda vitamin kayıpları olmakta, bu olay özellikle A, B_1, K ve E gibi vitaminlerde meydana gelmektedir (Sheike, 2000).

Başka bir çalışma verilerine göre ışınlama uygulaması yapılmış 1-3°C' de depolanan tatlı su balıklarının depolama sırasındaki kaliteleri incelenmiş, artan ışınlama dozunun raf ömrünü olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu çalışmada uygulanan 2 kGy lik uygulama sonucunda balıklarda % 16 Vitamin A, % 13 Vitamin D kaybı olduğu bildirilmiştir (Hussain ve diğ. 1978).

Bu çalışmada iyonize radyasyon uygulanan taze balıkların (kültüre edilmiş çipura ve levrek) besin bileşimlerindeki değişimlerin ortaya konması ve +4 ±1°C' lik soğuk depolama işlemi sırasındaki raf ömrünün duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik metotlarla tespiti amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

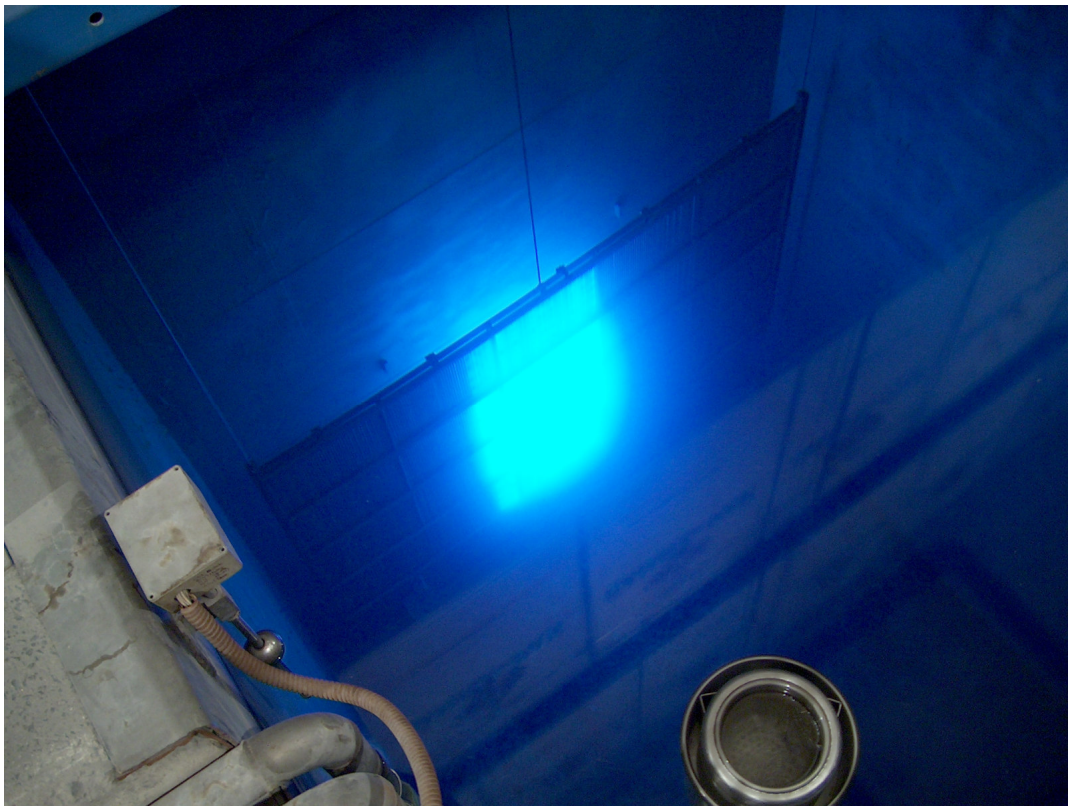
Bu çalışmada Ege Bölgesindeki bir yetiştirme çiftliğinden temin edilen kültüre edilmiş çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları kullanılmıştır. Bu tez iyonize radyasyon uygulamasının çipura ve levrek balıklarının besin bileşimi, kalite ve dayanım süresi üzerine etkisini araştırmak amacıyla hazırlanmıştır.

3.1.1. Materyalin hazırlanması ve ışınlama işlemi

Araştırmada kullanılacak balıklar yetiştirme havuzlarından hasat edildikten sonra, strafor kutular içerisinde yaprak buzla örtülmüş olarak 12 saatte laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvara gelen balıklar Kontrol grubu, 2,5 kGy ve 5 kGy' lik iyonize radyasyon uygulanmış gruplar olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Ayrılan her bir grup strafor kutulara yerleştirilip, balıkların üzeri sızdırmaz buz poşetleriyle örtüldükten sonra ağızları kapatılmıştır. Balıklar **Tekirdağ Çerkezköy'deki Gamma-Pak Ltd. Şirketi**'ne ait olan ışınlama tesisine götürülerek (Şekil 3.1), strafor kutular içerisinde 2.5 ve 5 kGy' lik dozda Co_{60} radyoaktiv kaynak vasıtasıyla gamma ışınlarıyla iyonize ışınlama işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.2 ve 3.3). Strafor kutular içerisindeki balıkların yeterli miktarda radyasyon dozu alıp almadıkları Harwell Amber Perspex Dosimeter (Harwell Dosimeters U.K) Batch R, Type 3042 Range 1-30 kGy kullanılarak tespit edilmiştir (Şekil 3.4). Işınlama işleminden sonra balıklar laboratuvara soğuk muhafaza koşullarında getirilmiştir. Her üç gruptan analiz için örnekler alınmış, kalan balıklar strafor kutu içerisinde yenilenen buz torbalarıyla +4 ±1°C de soğuk muhafazaya alınmıştır. Balıklara bozulmuş olarak değerlendirildiği zamana kadar duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak bir gün ara ile analiz edilmiştir. Her analiz gününde her gruptan yaklaşık 1 kg balık (3 adet) kullanılmıştır.



Şekil 3.1: Gamma-Pak A.Ş. Ltd. Şti.



Şekil 3.2: Işınlama işlemini gerçekleştiren Co_{60} radyasyon kaynağının deiyonize su zırhı içerisindeki görüntüsü

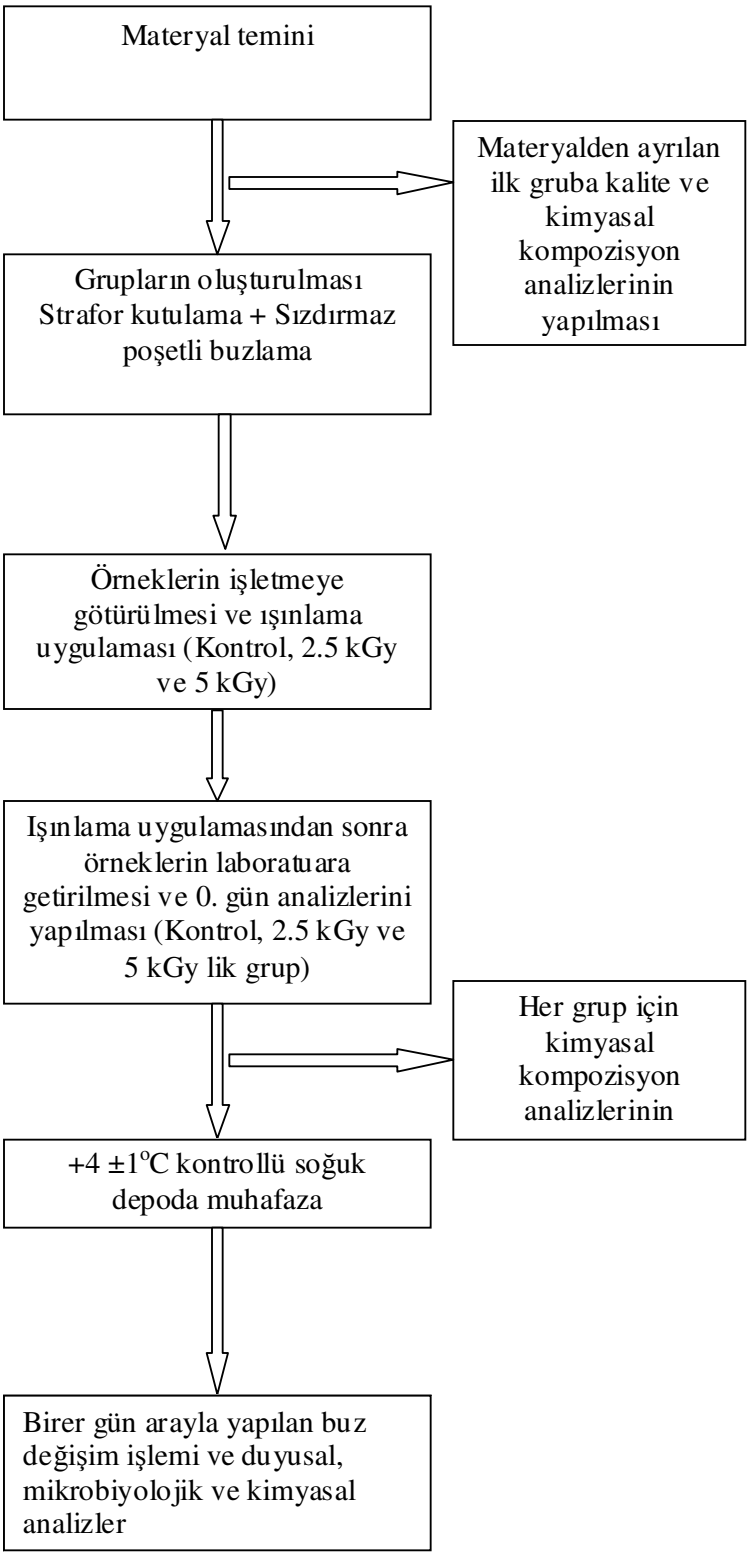


Şekil 3.3: Balıkların ışınlama işlemine tabi tutulduğu yer



Şekil 3.4: Her bir grubun yeterli dozda iyonize ışın alıp almadığını kontrol etmek için kullanılan dozimetre

Analize alınan balıklara uygulanan işlem akış şeması aşağıda şekil 3.5' te verilmiştir.



Şekil 3.5: Materyale uygulanan ışınlama ve diğer işlem aşamaları

3.2. METOT

Çalışmada ışınlama uygulaması yapılmamış (Kontrol) ve 2.5-5 kGy dozda ışınlanmış çipura ve levrek balıklarının +4 ±1°C deki depolama koşullarında duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri birer gün ara ile yapılmıştır.

3.2.1. Analizler

Duyusal analizler

Çipura ve levrek balığının duyusal analizinde ürünler çiğ ve pişmiş olarak iki şekilde değerlendirilmiştir.

Çiğ ürünlerin değerlendirilmesinde EU [EC Regulation (1996) Council Regulation (EC)] tarafından beyaz etli balıklar için geliştirilen (Tablo 3.1) şema kullanılmıştır. Bu şemada deri, mukoza, göz, solungaç, et, omurga, organlar, karın zarı ve kokusu panelistler tarafından Huss (1988) tarafından oluşturulan puanlama sistemine göre değerlendirilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Taze (çiğ) balıklar için duyusal değerlendirme tablosu

Parametreler	Ekstra kalite E≥2,7	A Kalite 2,0≤A<2,7	B Kalite 1,0≤B<2,0	Tüketilemez C<1,
Deri	• Canlı ve parlak, renk kaybı yok • Bazı türler için karın ile sırt arasında açık renk farkı	• Canlı fakat parlak olmayan renk, • Karın ve sırt renk farkı daha az	• Solmuş ve ton kaybeden renk • Balığın eğilmesi ve derisinde katlanma	• Solgun donuk ren • Derinin etten ayrılması
Mukoza	• Şeffaf ve akıcı (sulu) mukoza, sümüksü madde	• Hafif bulanık mukoza	• Sümüksü mukuza	• Sütlü mukoza, • Donuk renkte, saydam değil
Göz	• Dışbükey (şişkin) şeffaf kornea • Siyah parlak gözbebeği	• Dışbükey hafif çökmüş yansımalar gösteren saydam tabaka, • Siyah solgun gözbebeği	• Yassı, saydamsız kornea, • Saydamsız gözbebeği, • Göz etrafında kan yayılması	• Merkezde içbükey sütümsü kornea, • Gri renkli göz bebeği
Solungaçlar	• Mukoza yok • Parlak renk	• Hafif berrak mukoza lekeleri, • Renk kaybına uğramış	• Saydamsız mukoza, • Sarımtırak	• Sütümsü mukoza (sümüksü madde)
Et (Karından Kesit)	• Mavimsi, yarı şeffaf pürüzsüz, parlak • Orijinal renginde değişiklik yok	• Kadifemsi cilalı, keçemsi, • Renk hafif değişmiş	• Hafif saydamsız	• Saydamsız
Omurga	• Omurga boyunca renklenme yok, • Ayrılmadan kırılıyor	• Hafif pembe • Yapışık	• Pembe • Az yapışık	• Kırmızı, • Yapışık değil
Organlar	• Böbrekler, diğer organ kalıntıları ve aortun içindeki kan parlak kırmızı	• Böbrekler ve diğer organ kalıntıları donuk kırmızı • Kanda renk kaybı	• Böbrekler, diğer organ kalıntıları ve kan soluk kırmızı	• Böbrekler, diğer organ kalıntıları v kan kahverengims
Et	• Sıkı ve esnek, pürüzsüz yüzeyli	• Esneklikte azalma	• Hafif yumuşak (gevşek), esneklik az, • Cilalı (kadifemsi) ve solgun yüzey	• Yumuşak ve gevş • Kolayca deriden ayrılan pullar, • Pürüzlü yüzey
Karın Zarı (Periton)	• Tamamen ete yapışık	• Yapışık	• Az yapışık	• Yapışık değil
Koku (Solungaçlar, deri, karın boşluğu)	• Deniz yosunu kokulu veya taze koku	• Nötral koku veya az deniz yosunu kokulu	• Hafif ekşi veya demir kokusu	• Ekşi veya sülfür kokusu

Pişmiş ürün için Karl ve diğ. (2001) tarafından geliştirilen şema kullanılmıştır. Balıklar ağzı kapaklı cam kavanozlarda kaynamış sıcak su buharı ile pişirilerek, tekstür, koku ve tat bakımından değerlendirilmiştir. Pişmiş ürün için kullanılan şema ve puanlama sistemi Tablo 3.2 de verilmiştir.

Tablo 3.2: Pişmiş ürün için duyusal değerlendirme tablosu

	10-9=mükemmel	8,9-8=çok iyi	7,9-6=iyi	5,9-4=yeterli	<4=tüketilemez
Tekstür					
Koku					
Tat					

Kimyasal kompozisyon analizleri

Protein analizi AOAC 955.04 (1998a), yağ analizi Weilmeier and Regenstein (2004), nem analizi Mattissek ve diğ. (1992), kül analizi**:** AOAC 938.08 (1998b), karbonhidrat analizi ve enerji hesapları Merrill ve Watt (1973)' e göre yapılmıştır.

Enerji hesabında kullanılan formül:

Kcal/100g = (Protein miktarı $_X$ 5.65) + (Yağ miktarı $_X$ 9.50) + (Karbonhidrat miktarı $_X$ 3.90)

pH ölçümleri:

pH ölçümü WTW pH metre (inoLab pH Level 1 model, Weilheim, Germany) ile Vyncke (1981) Metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Ölçüm işlemi sırasında her gruptan homojenize edilmiş 5'er gram örnek tartılıp, 1:9 (w/v) oranında sulandırıldıktan sonra probun çözeltilerin içine daldırılması suretiyle 3 paralelli olarak yapılmıştır.

Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizleri:

Toplam uçucu bazik azot tayini su buhar destilasyonu yöntemine göre Antonocoupoulos ve Vyncke (1989)' in önerdiği metoda göre yapılmıştır. Homojenize edilen örneğe magnezyumoksit ilavesinden sonra yapılan su buharı destilasyonu ile ayrılan uçucu bazlar 0,1 N HCl (hidroklorikasit) içeren balonda toplanmış ve 0,1 N NaOH ile titre edilerek aşağıda verilen formüle göre TVB-N miktarı hesaplanmıştır.

$$TVB\text{-}N(mg/100gr) = (V_1 \times f_1 \times N_1 - V_2 \times f_2 \times N_2) \times 14 \times 100/E$$

V_1= Balona konan HCl miktarı

f_1 = HCl faktörü

N_1 = HCl normalitesi

V_2 = Harcanan NaOH miktarı

f_2 = NaOH faktörü

N_2 = NaOH normalitesi

E = Örnek ağırlığı

Trimetilamin Azot (TMA-N) analizleri:

Trimetilamin azot analizi AOAC 971.14 (1998c)' e göre yapılmıştır. Homojenize edilmiş örnek % 10' luk TCA ile Ultra-Thorax' ta (IKA T 25 Basic, Staufen, Germany) çekilerek, kaba filtre kağıdından filtre edildikten sonra süzüntü ve standartlardan 4ml reaktif tüplerine alınır. Bu tüplerin üzerine yöntemde belirtilen miktarda KOH, formaldehit ve toluol ilave edilerek çalkalandıktan sonra üst faz alınarak üzerine % 0,2'lik pikrik asit ilavesiyle spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda köre karşı okunur.

Tiyobarbitürik asit-reaktives substances (TBA veya TBARS olarak ifade edilir) analizleri:

Weilmeier ve Regenstein (2004) tarafından verilen metoda göre yapılmıştır. Balık örneğimiz 50 mL santrifüj tüpleri içerisine hassas terazide daha önceden homojenize edilmiş olarak 1,9-2,0 g (0,01 g hassasiyet) tartılır. Tartılan örnek üzerine 100 µl (etanol de 1g L^{-1} olacak şekilde hazırlanmalı) BHT ve 25 ml TCA (50 g L^{-1} olacak şekilde hazırlanmalı) eklenerek Ultrat-Turrax ila orta devirde parçalanır. Bu karışım Whatman Nr. 1 filtre kâğıdından süzülerek, süzüntüden 5 ml (veya 2 ml) alınarak 20 mL lik tüpe konulur üzerine 5 mL (veya 2 mL) yeni hazırlanmış TBA reaktifi eklenerek ağzı sıkıca kapatılarak, 40 dakika ısıtıcı tablo üzerindeki kaynar suda reaksiyonun (pembe renk oluşumu) olması beklenir (bu prosedür kör ve standartlara da uygulanır).

Tüpler iyice soğuduktan sonra spektrofotometrede 532 nm dalga boyuna karşı okuma yapılarak, spektrofotometrede okunan örnek sonuçları standartların [Standart: Malondialdehydbis bis(dimethyl acetal)] regresyon eğrisi denklemi üzerinden hesaplanarak TBARS (µg malonaldehyd [MDA]/mL) konsantrasyonu bulunarak aşağıdaki formüle konur.

TBA (µg MDA/g)= MDA (µg MDA/mL) X 25 mL/Örnek Ağırlığı (g)

Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler aseptik şartlarda örnek alınarak yapılmıştır. Balıklara mikrobiyolojik analizler yapılmadan önce mikrobiyoloji laboratuarında analizin yapılacağı tezgah % 70' lik alkolle silinmiş ve örnek alınacak bıçak steril edilmiştir. Örnek (25g) steril alüminyum folyo üzerinde tartıldıktan sonra 225 mL lik steril peptonlu suda (Merck, Kat No: 107228) homojenize edilerek analize hazır hale getirilmiştir (Baumgard, 1996). Balıklara toplam mezofilik aerobik, psikrofilik bakteri ve Enterobacteriaceae sayımı yapılmıştır. Sonuçlar log cfu/g olarak değerlendirilmiştir (Pichardt, 1998).

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri

Toplam mezofilik aerobik bakteri Plate Count Agar (PCA, Merck, Kat No: 105463) besiyeri ve yayma plak yöntemi kullanılarak 37°C' de 24-48 saat inkübe edilerek, sonuçlar değerlendirilmiştir.

Toplam Psikrofilik Bakteri

Toplam psikrofilik bakteri Plate Count Agar (PCA) besiyeri ve yayma plak yöntemi kullanılarak 7°C' de 10 gün inkübe edilerek, sayım sonuçları değerlendirilmiştir.

Toplam Enterobacteriaceae

Bu bakteri sayımında VRB agar besiyeri ve yayma plak yöntemi kullanılarak 37°C' de 24- 48 saat inkübe edildikten sonra sonuçlar değerlendirilmiştir.

İstatitiksel Hesaplamalar

İstatistiksel hesaplamalar için "Standart Hata" ve "Varyans Analizi" uygulamaları yapılmış, çipura ve levrek balığının çalışma grupları (Kontrol, 2.5 kGy ve 5 kGy) arasında oluşan farklılık (önem $p \leq 0,05$) grupların ikişerli karşılaştırılma yöntemlerinden "TUKEY" testinin uygulanması ile Microsoft Excel 2003 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2002).

4. BULGULAR

Besin bileşenleri analizi ilk gün yapılmış olup, protein, yağ, karbonhidrat, nem ve kül analizleri ve enerji değeri hesaplanmıştır.

4.1. IŞINLANMAMIŞ VE IŞINLANMIŞ (2.5-5 kGy) ÇİPURA BALIĞININ ANALİZ BULGULARI

Işınlama işleminin besin kompozisyonu üzerine olan etkileri ışınlama işlemi sonrası laboratuara getirilen örneklerde araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucu uygulanan doza bağlı olarak nem miktarının düşüş gösterdiği, nem miktarındaki düşüşten dolayı da diğer parametrelerin (protein, yağ, karbonhidtrat ve kül) oranlarının değiştiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu değişim kalori değerinde de artışa sebep olmuştur. Parametrelerdeki değişimler Tablo 4.1 de detaylı bir şekilde görülmektedir.

Tablo 4.1: Çipura balığının besin bileşenleri

	ÇİPURA		
Besin bileşenleri	**Kontrol**	**2.5 kGy**	**5 kGy**
Nem miktarı (g/100g)	63,74 ±0,42	59,93 ±1,08	58,04 ±0,51
Protein miktarı (g/100g)	19,55 ±0,93	19,68 ±0,35	19,74 ±0,64
Yağ miktarı (g/100g)	15,11 ±0,11	16,20 ±1,51	16,90 ±1,03
Karbonhidrat miktarı (g/100g)	0,25 ±0,03	2,72 ±0,74	3,72 ±0,56
Kül miktarı (g/100g)	1,35 ±0,07	1,47 ±0,02	1,60 ±0,07
Enerji Değeri (Kcal/100g)	**216,99**	**275,70**	**286,59**

Depolama işlemi (+4 ±1°C) boyunca ışınlanmamış ve ışınlanmış (2.5-5 kGy) çipura balıklarında gerçekleştirilen duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz bulguları Tablo 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5 de detaylı olarak verilmektedir

4.1.1. Çipura Balığının Duyusal Analiz Bulguları

Işınlama işleminin çipura balıklarının duyusal parametreleri üzerine etkisi, çalışmada değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucuna göre depolamanın 11. gününe kadar kontrol grubunun tüketilebilir kalitede olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Duyusal analiz sonuçlarına göre 2.5-5 kGy' lık ışınlama dozunun 15. güne kadar depolama süresini uzattığı bulunmuş olup ışınlanmış örnekler 17 ci günden itibaren bozuk olarak espit edilmiştir (Tablo 4.3 ve 4.4).

Pişmiş ürün tablosuna göre çipura balıkları (Tablo 4.5) incelendiğinde textür bakımından kontrol grubunun depolamanın 13. günü, ışınlanmış grupların ise 17. günü tüketilemez kaliteye indiği belirlenmiştir. Koku parametresine göre kontrol örneklerinin depolamanın 13. günü ışınlanmış örneklerin depolamanın 17. günü bozuk olarak değerlendirilmiştir. Tat değerlendirmesinde kontrol grubu örneklerin 13. gün ışınlanmış örneklerin kalitesi 17. gün tüketilemez olarak belirlenmiştir.

Pişmiş balıkta tekstür, koku ve tat değerlerinin ortalaması alınarak yapılan değerlendirmede kontrol grubunun 13. gün, ışınlanmış örneklerin ise 17. gün tüketilemez değerinin altına düştüğü görülmüştür.

Ayrıca ışınlanmış olan örneklerin etlerinde renk değişimi gözlenmiştir. Çiğ balıkta yapılan duyusal analiz değerlendirmesinde ışınlama işlemi uygulanmış çipura balıklarının et rengindeki değişimler dikkat çekmiş, ışınlama uygulanmış grupların et rengi kontrol grubuna göre tüm depolama günlerinde daha koyu pembe olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.2: Işınlanmamış çipura balığının duyusal analiz bulguları

	KONTROL GRUBU											
Analiz günleri	**0**	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**	**11**	**13**	**15**	**17**	**19**	**21**
Deri	3,0 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,1	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	1,5 ±0,4	1,0 ±0,2	0,4 ±0,1	0,3 ±0,1	0,1 ±0,1	0
Mukoza	2,9 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,5 ±0,1	1,9 ±0,3	1,5 ±0,1	1,5 ±0,5	0,9 ±0,2	0,2 ±0,1	0	0	0
Göz	2,8 ±0,2	2,7 ±0,2	2,5 ±0,3	2,5 ±0,1	2,1 ±0,2	2,2 ±0,1	1,3 ±0,4	1,0 ±0,1	0,2 ±0,1	0	0	0
Solungaç	2,9 ±0,2	2,8 ±0,2	2,7 ±0,1	2,5 ±0,2	2,1 ±0,4	2,0 ±0,1	1,7 ±0,6	0,7 ±0,3	0,3 ±0,1	0,2 ±0,1	0	0
Et (Karından Kesit)	2,9 ±0,1	2,9 ±0,2	2,8 ±0,1	2,4 ±0,1	2,2 ±0,3	1,8 ±0,1	1,5 ±0,5	0,8 ±0,4	0,2 ±0,2	0,6 ±0,3	0,1 ±0,1	0
Omurga	2,9 ±0,2	2,8 ±0,1	2,8 ±0,2	2,5 ±0,2	2,2 ±0,2	1,8 ±0,1	1,6 ±0,5	0,8 ±0,3	0,3 ±0,1	0	0	0
Organlar	3,0 ±0,1	2,8 ±0,2	2,7 ±0,1	2,3 ±0,2	1,8 ±0,6	1,2 ±0,1	1,5 ±0,3	0,5 ±0,4	0,2 ±0,1	0	0	0
Et	2,8 ±0,1	2,7 ±0,1	2,6± ±0,3	2,5 ±0,1	2,0 ±0,4	1,3 ±0,3	1,4 ±0,5	0,8 ±0,3	0,4 ±0,2	0,2 ±0,1	0,1 ±0,1	0
Karın Zarı (Periton)	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,7 ±0,2	2,2 ±0,2	1,8 ±0,4	1,3 ±0,3	1,5 ±0,4	0,5 ±0,4	0,1 ±0,1	0	0	0
Koku (Solungaçlar, deri,karın boşluğu)	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,8 ±0,1	2,4 ±0,2	2,1 ±0,2	1,1 ±0,1	1,3 ±0,5	0,4 ±0,4	0	0	0	0
Kalite Skoru	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,7 ±0,2	2,4 ±0,2	2,0 ±0,3	1,6 ±0,1	1,5 ±0,5	0,7 ±0,3	0,4 ±0,1	0,2 ±0,1	0,1 ±0,1	0
Kalite Derecesi	**E**	**E**	**E**	**A**	**A**	**B**	**B**	**C**	**C**	**C**	**C**	**C**

Tablo 4.3: 2.5 kGy ışınlama yapılmış çipura balığının duyusal analiz bulguları

2.5 kGy IŞINLAMA UYGULANMIŞ GRUP												
Analiz günleri	**0**	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**	**11**	**13**	**15**	**17**	**19**	**21**
Deri	3,0 ±0,0	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,7 ±0,0	2,3 ±0,3	1,9 ±0,2	1,9 ±0,3	1,4 ±0,4	1,2 ±0,2	0,8 ±0,1	0,1 ±0,1	0
Mukoza	2,9 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,5 ±0,1	2,1 ±0,2	1,8 ±0,1	2,0 ±0,1	1,5 ±0,4	1,3 ±0,3	0,6 ±0,1	0,1 ±0,0	0
Göz	2,8 ±0,2	2,7 ±0,2	2,5 ±0,3	2,3 ±0,2	2,2 ±0,2	2,0 ±0,2	1,8 ±0,2	1,0 ±0,4	1,2 ±0,2	0,2 ±0,1	0,1 ±0,1	0
Solungaç	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,6 ±0,1	2,5 ±0,3	2,3 ±0,2	2,0 ±0,2	2,0 ±0,1	1,6 ±0,4	1,2 ±0,1	0,8 ±0,4	0,1 ±0,1	0
Et (Karından Kesit)	2,9 ±0,2	2,8 ±0,2	2,7 ±0,0	2,5 ±0,2	2,4 ±0,2	2,1 ±0,3	2,0 ±0,1	1,4 ±0,4	1,4 ±0,3	1,1 ±0,6	0,1 ±0,0	0
Omurga	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,4	2,3 ±0,3	2,3 ±0,3	2,0 ±0,2	2,0 ±0,0	1,2 ±0,5	1,3 ±0,1	1,0 ±0,3	0,1 ±0,1	0
Organlar	3,0 ±0,0	2,8 ±0,1	2,7 ±0,2	2,4 ±0,2	2,3 ±0,2	2,0 ±0,1	1,8 ±0,2	1,5 ±0,3	1,4 ±0,1	0,7 ±0,3	0,1 ±0,1	0
Et	2,8 ±0,1	2,8 ±0,2	2,6 ±0,3	2,4 ±0,2	2,5 ±0,1	1,9 ±0,3	2,1 ±0,3	1,4 ±0,5	1,3 ±0,3	1,2 ±0,1	0,2 ±0,2	0
Karın Zarı (Periton)	2,9 ±0,2	2,8 ±0,1	2,7 ±0,2	2,6 ±0,2	2,3 ±0,3	2,0 ±0,2	1,8 ±0,2	1,4 ±0,3	1,1 ±0,2	0,6 ±0,2	0,2 ±0,1	0
Koku (Solungaçlar,deri, karın boşluğu)	2,9 ±0,2	2,8 ±0,2	2,6 ±0,3	2,4 ±0,2	2,1 ±0,5	1,5 ±0,3	1,9 ±0,3	1,5 ±0,5	1,2 ±0,3	0,6 ±0,2	0,1 ±0,1	0
Kalite Skoru	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,7 ±0,2	2,5 ±0,2	2,3 ±0,3	1,9 ±0,2	1,9 ±0,2	1,4 ±0,4	1,1 ±0,2	0,8 ±0,2	0,1 ±0,0	0
Kalite Derecesi	**E**	**E**	**E**	**A**	**A**	**B**	**B**	**B**	**B**	**C**	**C**	**C**

Tablo 4.4: 5 kGy Işınlama yapılmış çipura balığının duyusal analiz bulguları

5 kGy IŞINLAMA UYGULANMIŞ GRUP												
Analiz günleri	**0**	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**	**11**	**13**	**15**	**17**	**19**	**21**
Deri	3,0 ±0,0	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,6 ±0,1	2,1 ±0,2	2,0 ±0,1	2,0 ±0,2	1,2 ±0,4	1,2 ±0,4	0,8 ±0,1	0,1 ±0,1	0
Mukoza	2,9 ±0,2	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,6 ±0,2	2,3 ±0,2	2,2 ±0,2	1,9 ±0,2	1,6 ±0,5	1,3 ±0,2	0,6 ±0,1	0,1 ±0,0	0
Göz	2,8 ±0,1	2,7 ±0,2	2,5 ±0,3	2,3 ±0,2	2,1 ±0,1	2,0 ±0,1	2,0 ±0,4	1,5 ±0,3	1,2 ±0,2	0,1 ±0,1	0,2 ±0,1	0
Solungaç	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,1	2,5 ±0,3	2,3 ±0,2	2,0 ±0,2	2,2 ±0,2	1,5 ±0,5	1,2 ±0,4	0,8 ±0,2	0,1 ±0,1	0
Et (Karından kesit)	2,9 ±0,2	2,8 ±0,1	2,7 ±0,4	2,5 ±0,2	2,2 ±0,4	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	1,3 ±0,3	1,4 ±0,2	1,1 ±0,3	0,1 ±0,1	0
Omurga	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,7 ±0,2	2,4 ±0,3	2,1 ±0,4	1,7 ±0,2	2,0 ±0,1	1,4 ±0,4	1,3 ±0,2	1,0 ±0,4	0,1 ±0,1	0
Organlar	3,0 ±0,1	2,9 ±0,1	2,5 ±0,2	2,3 ±0,3	2,3 ±0,2	2,0 ±0,3	1,9 ±0,2	1,4 ±0,3	1,4 ±0,4	0,7 ±0,2	0,1 ±0,1	0
Et	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,7 ±0,4	2,4 ±0,3	2,4 ±0,1	2,0 ±0,3	2,1 ±0,2	1,4 ±0,4	1,3 ±0,2	1,2 ±0,2	0,1 ±0,0	0
Karın Zarı (Periton)	2,9 ±0,2	2,8 ±0,3	2,7 ±0,2	2,5 ±0,2	2,2 ±0,3	1,8 ±0,1	2,0 ±0,4	1,3 ±0,4	1,1 ±0,4	0,7 ±0,2	0,2 ±0,1	0
Koku (Solungaçlar,deri, karın boşluğu)	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,3	2,1 ±0,2	2,2 ±0,2	1,9 ±0,3	2,0 ±0,3	1,6 ±0,4	1,2 ±0,3	0,6 ±0,3	0,1 ±0,0	0
Kalite Skoru	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,7 ±0,3	2,4 ±0,2	2,2 ±0,2	2,0 ±0,2	2,0 ±0,2	1,4 ±0,4	1,2 ±0,3	0,8 ±0,3	0,1 ±0,1	0
Kalite Derecesi	**E**	**E**	**E**	**A**	**A**	**A**	**A**	**B**	**B**	**C**	**C**	**C**

Tablo 4.5: Işınlanmış ve ışınlanmamış pişmiş çipura balığının duyusal analiz bulguları

Analiz günleri	Pişmiş Ürün Testi											
	Kontrol				2.5 kGy				5 kGy			
	Tekstür	Koku	Tat	Kalite Skoru *	Tekstür	Koku	Tat	Kalite Skoru *	Tekstür	Koku	Tat	Kalite Skoru *
0	10 ±0,1	9,8 ±0,2	9,9 ±0,1	**9,9 ±0,1**	10 ±0,1	9,9 ±0,1	9,8 ±0,2	**9,9 ±0,1**	10 ±0,1	9,8 ±0,1	9,9 ±0,2	**9,9 ±0,1**
1	9,8 ±0,2	9,8 ±0,2	9,8 ±0,2	**9,8 ±0,2**	9,9 ±0,1	9,8 ±0,1	9,9 ±0,2	**9,9 ±0,1**	9,8 ±0,1	9,9 ±0,1	9,9 ±0,2	**9,8 ±0,2**
3	7,9 ±0,3	8,7 ±0,6	8,9 ±0,2	**8,5 ±0,3**	8,7 ±0,4	8,3 ±0,7	8,7 ±0,4	**8,6 ±0,4**	8,7 ±0,3	7,9 ±0,7	8,6 ±0,7	**8,4 ±0,6**
5	8,7 ±0,4	8,5 ±0,4	8,7 ±0,2	**8,6 ±0,3**	8,5 ±0,2	8,4 ±0,3	8,5 ±0,2	**8,5 ±0,2**	8,2 ±0,1	7,7 ±0,5	7,4 ±0,3	**7,7 ±0,3**
7	7,5 ±0,6	5,3 ±0,8	7,8 ±0,3	**6,9 ±0,6**	8,3 ±0,6	8,1 ±0,6	8,3 ±0,6	**8,2 ±0,6**	7,7 ±0,8	7,5 ±0,4	7,9 ±0,6	**7,7 ±0,6**
9	6,8 ±0,1	5,0 ±0,4	7,5 ±0,3	**6,4 ±0,3**	7,2 ±0,2	7,0 ±0,2	7,5 ±0,2	**7,2 ±0,2**	7,2 ±0,2	7,1 ±0,3	7,5 ±0,2	**7,3 ±0,2**
11	5,4 ±0,2	4,3 ±0,9	5,3 ±0,3	**5,0 ±0,5**	7,2 ±1,2	6,3 ±0,5	7,2 ±1,2	**6,9 ±1,0**	7,2 ±1,2	6,2 ±1,3	7,2 ±1,3	**6,9 ±1,3**
13	2,3 ±1,5	2,4 ±1,3	2,0 ±1,1	**2,2 ±1,3**	6,1 ±0,7	5,7 ±1,5	6,4 ±0,8	**6,1 ±1,0**	6,6 ±0,7	5,0 ±1,4	6,2 ±0,6	**5,9 ±1,0**
15	0,2 ±0,1	0,1 ±0,1	0,2 ±0,1	**0,2 ±0,1**	5,9 ±0,1	5,1 ±0,1	5,4 ±0,1	**5,5 ±0,1**	5,9 ±0,2	5,0 ±0,2	5,6 ±0,2	**5,5 ±0,2**
17	0	0	0	**0**	3,0 ±1,4	3,0 ±1,4	3,5 ±0,7	**3,2 ±1,2**	3,0 ±1,4	3,5 ±0,6	3,0 ±1,4	**3,2 ±1,1**

*** Tekstür, koku ve tat değerlerinin ortalama sonuçları.**

4.1.2. Çipura Balığının Kimyasal Analiz Bulguları

Çipura Balığının pH Bulguları

Kontrol grubu ve ışınlanmış grupların başlangıçtaki pH değeri 6,69 olduğu ve depolama süresince pH değerlerinin değişim gösterdiği tespit edilmiş, kontrol grubunun pH değerinin 13. günde 6,97' ye yükseldiği gözlenmiştir. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun pH değerinin 17. günde 6,81'e ve 5 kGy' lik grubun pH' nın ise 19. günde 6,88'e yükseldiği gözlenmiştir (Tablo 4.6).

Çipura Balığının TVB-N Bulguları

Kontrol grubunun ve ışınlanmış grupların (2.5-5 kGy) başlangıçtaki TVB-N değeri 15,65 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun değerleri 11. güne kadar başlangıç değerine göre düşüş göstermiş, 11. günden itibaren 19. güne kadar istikrarlı bir artış göstermiştir. Depolamanın 13. gününde TVB-N değeri 29,53 mg/100g değerine ulaşarak, *Sparidae* familyası için kabul edilen 25,00 mg/100g limit değer aşılmıştır. Kontrol grubu örneklerinde depolamanın19. gününde TVB-N değeri 38,64 mg/100g değerine ulaşmıştır. Işınlanmış örneklerde TVB-N değeri kontrol grubu örneklerindeki gibi önce düşüş sonra yükseliş göstermiştir. Depolamanın 21. günü ışınlanmış örneklerde sırasıyla 34,25 ve 42,60 mg/100g TVB-N değeri belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Çipura Balığının TMA-N Bulguları

Kontrol grubunun ve ışınlanmış grupların (2.5-5 kGy) başlangıçtaki TMA-N değeri 3,22 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun TMA-N değeri depolamanın ilk günü düşüş göstermiş 7. günden itibaren yükselmiştir. Depolamanın 9. günde 5,17 mg/100g lık düzeyi ile "tüketilebilirlik sınır değeri" aşılmıştır. Kontrol grubu 19. günde 9,66 mg/100g değerine ulaşmıştır. Işınlanmış örneklerde TMA-N değeri depolamanın 17. gününe kadar düşük düzeylerde kalmış bundan sonra artmıştır (Tablo 4.6).

Çipura Balığının TBA Bulguları

Kontrol grubunun ve ışınlanmış grupların (2.5-5 kGy) başlangıçtaki TBA değerinin 0,003 mg MDA/kg olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince kontrol grubunun TBA

değerlerinin 9. günde 0,707 mg MDA/kg maksimum değerine ulaştığı sonra bu değerin azalış gösterdiği, 2.5 kGy' lik grubun TBA değerlerinin düzenli bir artış göstererek maksimum değeri olan 1,120 mg MDA/kg' a 19. gün ulaştığı, bundan sonra düşüşe geçtiği, 5 kGy' lik grubun ise 3. günde 0,100 mg MDA/kg olan TBA değerinin 19. günde 0,928 mg MDA/kg' lık maksimum değerine ulaştığı yine bu günden sonra tekrar düşüş eğiliminin başladığı görülmüştür (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının kimyasal analiz bulguları

Analiz günleri	KİMYASAL ANALİZLER (ÇİPURA)											
	Kontrol				2.5 kGy				5 kGy			
	pH	TVB-N mg/100g	TMA-N mg/100g	TBA mgMDA/kg	pH	TVB-N mg/100g	TMA-N mg/100g	TBA mg MDA/kg	pH	TVB-N mg/100g	TMA-N mg/100g	TBA mg MDA/kg
0	6,69 ±0,02	15,65 ±3,04	3,22 ±0,04	0,003 ±0,00	6,69 ±0,02	15,65 ±3,04	3,22 ±0,04	0,003 ±0,00	6,69 ±0,02	15,65 ±3,04	3,22± 0,04	0,003 ±0,00
1	6,60 ±0,08	12,43 ±2,04	3,00 ±0,15	0,150 ±0,04	6,52 ±0,04	13,46 ±3,40	2,73 ±0,16	0,024 ±0,00	6,67 ±0,01	8,24 ±1,94	2,77 ±0,15	0,014 ±0,00
3	6,68 ±0,02	9,33 ±3,14	3,83 ±0,06	0,164 ±0,01	6,72 ±0,01	11,0 ±1,27	4,15 ±0,30	0,229 ±0,00	6,75 ±0,01	8,12 ±1,78	4,48 ±0,22	0,100 ±0,05
5	6,63 ±0,06	9,45 ±0,95	2,89 ±0,01	0,211 ±0,02	6,60 ±0,00	6,29 ±0,81	2,83 ±0,14	0,277 ±0,07	6,58 ±0,01	3,36 ±0,28	2,56 ±0,13	0,191 ±0,02
7	6,66 ±0,03	10,64 ±0,94	4,15 ±0,13	0,400 ±0,01	6,65 ±0,04	8,24 ±0,05	2,99 ±0,09	0,415 ±0,10	6,62 ±0,02	7,83 ±0,74	3,11 ±0,06	0,570 ±0,01
9	6,63 ±0,01	12,0 ±1,93	5,17 ±0,16	0,707 ±0,11	6,60 ±0,01	8,56 ±0,74	3,21 ±0,23	0,455 ±0,03	6,63 ±0,02	8,29 ±0,73	3,05 ±0,04	0,577 ±0,01
11	6,76 ±0,02	21,39 ±0,71	6,18 ±0,17	0,542 ±0,02	6,71 ±0,01	13,33 ±2,36	2,98 ±0,14	0,579 ±0,03	6,71 ±0,01	11,49 ±0,78	3,06 ±0,09	0,545 ±0,05
13	6,97 ±0,08	29,53 ±1,26	7,01 ±0,03	0.436 ±0,04	6,72 ±0,02	11,95 ±2,13	3,18 ±0,05	0,582 ±0,02	6,70 ±0,01	11,60 ±2,72	3,44 ±0,30	0,644 ±0,02
15	6,98 ±0,03	30,72 ±4,19	7,11 ±0,22	0,328 ±0,03	6,78 ±0,02	11,60 ±0,21	3,53 ±0,04	0,689 ±0,03	6,67 ±0,01	10,36 ±2,25	3,25 ±0,23	0,742 ±0,01
17	7,04 ±0,03	36,19 ±1,80	8,31 ±0,43	0,287 ±0,00	6,81± 0,03	16,88 ±0,09	5,41 ±0,22	0,759 ±0,04	6,79 ±0,01	13,38 ±2,60	4,87 ±0,29	0,810 ±0,04
19	7,14 ±0,01	38,64 ±1,57	9,66 ±0,13	0,267 ±0,04	6,91 ±0,04	13,48 ±0,60	5,70 ±0,18	1,120 ±0,05	6,88 ±0,01	12,06 ±0,67	4,97 ±0,06	0,928 ±0,02
21	-	-	-	-	6,99 ±0,04	34,25 ±2,44	6,30 ±0,07	0,466 ±0,01	7,04 ±0,01	42,60 ±1,46	6,24 ±0,20	0,545 ±0,03

4.1.3. Çipura Balığının Mikrobiyolojik Analiz Bulguları

Çipura Balığının Mezofilik Aerobik Bakteri Bulguları

Örneklerin başlangıçtaki mezofilik aerobik bakteri yükü 4 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun mezofilik bakteri yükü depolamanın 13. gününde 6,1 log cfu/g değerine ulaşmış, 2.5 ve 5 kGy' lik gruplarda ise depolamanın son günü 5,6 ve 5,2 log cfu/g mezofilik aerobik bakteri yükü tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Çipura Balığının Psikrofilik Bakteri Bulguları

Örneklerin başlangıçtaki psikrofilik bakteri yükü 4,7 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun psikrofilik bakteri yükü depolamanın 13. gününde 6,2 log cfu/g değerine ulaşmıştır. Diğer gruplardan 2.5 kGy' lik ışınlama uygulanmış örneklerin psikrofilik bakteri yükü 15. günde sırasıyla 6,2 log cfu/g ve 5 kGy' lik grubun psikrofilik bakteri yükü ise 17. günde 6,4 log cfu/g değerine ulaşmış, 6 log cfu/g olan güvenlik sınır değeri aşılmıştır (Tablo 4.7).

Çipura Balığının Enterobacteriaceae Grubu Bakteri Bulguları

Çalışmada kullanılan örneklerin kontrol grubu, 2.5 kGy ve 5 kGy ışınlanmış grupların başlangıçtaki *Enterobacteriaceae* yükü <4 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun *Enterobacteriaceae* yükü depolamanın 17. gününde 5,6 log cfu/g maksimum değerine ulaşmıştır. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun *Enterobacteriaceae* yükü depolamanın 19. gününde 4,6 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. 5 kGy' lik grubun Enterobacteriaceae yükü ise depolamanın 15. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmıştır. 15. günde artış göstermeye başlamış, 19. günde 5,5 log cfu/g değerine ulaşmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının mikrobiyolojik analiz bulguları

Analiz günleri	Mezofilik aerobik bakteri (log CFU/g)			Psikrofil bakteri (log CFU/g)			Enterobacteriaceae (log CFU/g)		
	K	2.5 kGy	5 kGy	K	2.5 kGy	5 kGy	K	2.5 kGy	5 kGy
0	4,0	4,0	4,0	4,7	4,7	4,7	<4,0	<4,0	<4,0
1	4,0	<4,0	<4,0	5,1	4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
3	4,0	4,0	4,0	5,1	4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
5	4,8	4,0	4,0	5,2	<4,0	<4,0	4,7	4,0	<4,0
7	4,8	4,0	4,3	5,4	4,0	4,0	5,2	4,0	<4,0
9	5,1	<4,0	<4,0	5,6	<4,0	<4,0	4,6	4,0	<4,0
11	5,4	4,0	4,0	5,6	4,0	<4,0	4,7	4,2	<4,0
13	6,1	<4,0	<4,0	6,2	<4,0	<4,0	5,0	4,0	<4,0
15	6,5	4,3	<4,0	6,4	6,2	<4,0	5,3	5,2	4,0
17	6,8	4,8	4,0	6,5	6,4	6,4	5,6	4,5	5,5
19	6.9	5,6	4,5	7,6	7,4	7,2	5,6	4,6	5,5
21	-	5,6	5,2	-	7,2	7,6	-	4,6	5,0

4.2. IŞINLANMAMIŞ VE IŞINLANMIŞ (2.5-5 kGy) LEVREK BALIĞININ ANALİZ BULGULARI

Kontrol grubu örneklerde nem miktarı 70,26 g/100g olarak ölçülmüştür. Uygulanan iyonize radyosyon dozunun levrek balıklarının nem miktarında çipura balıklarında olduğu gibi düşüşe sebep olduğu görülmüş, 2,5 kGy ışınlama dozunda 66,20 g/100g ve 5 kGy lık dozda ise 65,22 g/100g nem miktarı tespit edilmiştir. Total kompozisyondaki diğer parametrelerde bu değişime bağlı olarakta artış görülmüştür (Tablo 4.8). Enerji değeri sırasıyla 179,56 Kcal/100g, 203,81 ve 212,52 Kcal/100g olarak belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: Levrek balığının besin bileşenleri

	LEVREK		
Besin bileşenleri	**K**	**2.5 kGy**	**5 kGy**
Nem miktarı (g/100g)	70,26 ±0,99	66,20 ±0,42	65,22 ±0,43
Protein miktarı (g/100g)	20,34 ±0,41	20,41 ±0,23	20,65 ±0,85
Yağ miktarı (g/100g)	6,13 ±0,44	7,66 ±0,55	8,48 ±0,75
Karbonhidrat miktarı (g/100g)	1,64 ±0,47	4,03 ±0,32	3,92 ±0,51
Kül miktarı (g/100g)	1,63 ±0,04	1,70 ±0,08	1,73 ±0,01
Enerji Değeri (Kcal/100g)	**179,56**	**203,81**	**212,52**

4.2.1. Levrek Balığının Duyusal Analiz Bulguları

Işınlanmış levrek balıklarının EU şemasına göre duyusal değerlendirmesi incelendiğinde depolamanın 13. gününde tüketilebilir kalitede olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.9). Işınlanmış levrek balıklarının ise depolamanın 15 günü bu kaliteye düştüğü tespit edilmiştir (Tablo 4.10 ve 4.11). Pişmiş ürün tablosuna göre levrek balıklarının değerlendirilmesi (Tablo 4.12) yapıldığında textür bakımından kontrol grubunun depolamanın 15. günü, ışınlanmış grupların ise depolamanın 17. günü tüketilemez kaliteye indiği belirlenmiştir.

Koku skorları incelendiğinde göre kontrol örneklerinin depolamanın 13. günü ışınlanmış örneklerin depolamanın 15. ve 17. günü bozuk olarak değerlendirilmiştir.

Tat skorlarına göre kontrol grubu örneklerin depolamanın 15. gün ışınlanmış örneklerin ise 17. günü tüketilemez olduğu belirlenmiştir.

Kontrol grubunun 15. gün, ışınlanmış örneklerin ise 17. gün tüketilemez olarak değerlendirilebileceği görülmüştür.

Tablo 4.9: Işınlanmamış taze levrek balığının duyusal analiz bulguları

KONTROL GRUBU										
Analiz günleri	**0**	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**	**11**	**13**	**15**	**17**
Deri	3,0 ±0,1	2,9 ±0,2	2,8 ±0,2	2,5 ±0,2	2,2 ±0,3	2,0 ±0,3	1,5 ±0,4	1,0 ±0,3	0	0
Mukoza	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,7 ±0,1	2,6 ±0,2	2,3 ±0,1	2,0 ±0,1	1,2 ±0,3	1,0 ±0,3	0	0
Göz	2,9 ±0,1	2,7 ±0,2	2,6 ±0,2	2,3 ±0,2	2,1 ±0,3	2,0 ±0,3	1,4 ±0,5	0,8 ±0,3	0	0
Solungaç	2,8 ±0,2	2,6 ±0,1	2,2 ±0,3	1,8 ±0,3	1,8 ±0,5	1,7 ±0,2	1,0 ±0,3	0,6 ±0,2	0	0
Et (Karından kesit)	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,7 ±0,3	2,5 ±0,1	2,2 ±0,3	1,8 ±0,2	1,2 ±0,3	0,9 ±0,3	0,4 ±0,1	0
Omurga	3,0 ±0,1	2,8 ±,0,1	2,7 ±0,2	2,4 ±0,1	2,4 ±0,2	2,0 ±0,3	1,8 ±0,3	0,9 ±0,3	0	0
Organlar	2,9 ±0,2	2,7 ±0,2	2,6 ±0,2	2,3 ±0,1	2,0 ±0,4	1,8 ±0,2	1,7 ±0,3	0,6 ±0,2	0	0
Et	2,9 ±0,1	2,6 ±0,3	2,5 ±0,3	2,4 ±0,2	2,1 ±0,3	1,9 ±0,2	1,5 ±0,3	1,0 ±0,2	0,4 ±0,1	0
Karın Zarı (Periton)	2,9 ±0,2	2,7 ±0,1	2,6 ±0,2	2,2 ±0,2	2,1 ±0,5	1,5 ±0,3	1,7 ±0,3	0,5 ±0,1	0	0
Koku(Solungaçlar,deri, karınboşluğu)	2,9 ±0,2	2,7 ±0,2	2,6 ±0,2	2,2 ±0,2	2,1 ±0,3	1,5 ±0,2	1,2 ±0,3	0,3 ±0,1	0	0
Kalite Skoru	2,9 ±0,1	2,7 ±0,2	2,6 ±0,2	2,3 ±0,2	2,4 ±0,3	1,8 ±0,2	1,4 ±0,3	0,8 ±0,3	0,4 ±0,1	0
Kalite Derecesi	**E**	**E**	**A**	**A**	**A**	**B**	**B**	**C**	**C**	**C**

Tablo 4.10: 2.5 kGy ışınlama yapılmış levrek balığının duyusal analiz bulguları

2.5 kGy IŞINLAMA UYGULANMIŞ GRUP										
Analiz günleri	**0**	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**	**11**	**13**	**15**	**17**
Deri	3,0 ±0,0	2,9 ±0,1	2,8 ±0,2	2,5 ±0,2	2,3 ±0,2	2,1 ±0,2	1,8 ±0,4	1,3 ±0,2	0	0
Mukoza	3,0 ±0,0	2,9 ±0,0	2,7 ±0,1	2,5 ±0,1	2,3 ±0,2	2,2 ±0,2	1,6 ±0,2	1,3 ±0,1	0	0
Göz	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,2	2,4 ±0,3	2,2 ±0,3	2,2 ±0,4	1,7 ±0,3	1,1 ±0,1	0	0
Solungaç	2,7 ±0,2	2,6 ±0,2	2,3 ±0,2	1,8 ±0,3	1,9 ±0,5	1,9 ±0,2	1,4 ±0,4	0,6 ±0,2	0	0
Et (Karından kesit)	2,9 ±0,0	2,8 ±,0,1	2,7 ±0,3	2,6 ±0,1	2,5 ±0,1	2,0 ±0,1	1,6 ±0,2	1,2 ±0,3	0	0
Omurga	3,0 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,5 ±0,1	2,4 ±0,2	2,0 ±0,2	1,9 ±0,2	1,1 ±0,3	0,4 ±0,1	0
Organlar	2,9 ±0,1	2,7 ±0,2	2,6 ±0,3	2,4 ±0,3	2,3 ±0,2	1,9 ±0,2	1,9 ±0,2	1,0 ±0,2	0,7 ±0,2	0
Et	3,0 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,4	2,5 ±0,2	2,4 ±0,2	2,0 ±0,2	1,8 ±0,2	1,1 ±0,3	0,4 ±0,1	0
Karın Zarı (Periton)	3,0 ±0,1	2,9 ±0,2	2,8 ±0,2	2,4 ±0,1	2,2 ±0,3	1,8 ±0,3	1,9 ±0,2	0,8 ±0,1	0,3 ±0,1	0
Koku (Solungaçlar,deri,karın boşluğu)	3,0 ±0,0	2,9 ±0,0	2,8 ±0,1	2,5 ±0,2	2,3 ±0,2	2,1 ±0,3	1,8 ±0,3	0,7 ±0,1	0	0
Kalite Skoru	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,7 ±0,2	2,4 ±0,2	2,3± 0,2	2,0 ±0,2	1,7 ±0,3	1,0 ±0,3	0,5 ±0,2	0
Kalite Derecesi	**E**	**E**	**E**	**A**	**A**	**A**	**B**	**B**	**C**	**C**

Tablo 4.11: 5 kGy ışınlama yapılmış levrek balığının duyusal analiz bulguları

5 kGy IŞINLAMA UYGULANMIŞ GRUP										
Analiz günleri	**0**	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**	**11**	**13**	**15**	**17**
Deri	3,0 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,1	2,4 ±0,3	2,2 ±0,3	1,9 ±0,4	1,2 ±0,4	0	0
Mukoza	2,9 ±0,2	2,8 ±0,2	2,7 ±0,1	2,6 ±0,1	2,4 ±0,1	2,2 ±0,2	1,7 ±0,3	1,2 ±0,4	0,4 ±0,1	0
Göz	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,2	2,5 ±0,3	2,2 ±0,3	2,2 ±0,2	1,7 ±0,2	1,1 ±0,2	0,4 ±0,1	0
Solungaç	2,7 ±0,2	2,5 ±0,2	2,3 ±0,2	1,9 ±0,3	1,7 ±0,7	1,9 ±0,3	1,6 ±0,3	0,8 ±0,3	0	0
Et (Karından kesit)	2,9 ±0,2	2,8 ±0,1	2,7 ±0,2	2,6 ±0,1	2,5 ±0,1	2,0 ±0,2	1,8 ±0,2	1,1 ±0,2	0,6 ±0,2	0
Omurga	3,0 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,1	2,5 ±0,2	2,0 ±0,3	1,8 ±0,3	1,2 ±0,4	0,5 ±0,2	0
Organlar	2,8 ±0,2	2,6 ±0,2	2,5 ±0,3	2,3 ±0,2	2,2 ±,0,2	1,9 ±0,2	1,9 ±0,2	1,1 ±0,4	0,9 ±0,3	0
Et	2,9 ±0,3	2,8 ±0,1	2,7 ±0,1	2,5 ±0,1	2,3 ±0,2	2,0 ±0,3	2,0 ±0,4	1,2 ±0,4	0,6 ±0,2	0
Karın Zarı (Periton)	2,9 ±0,1	2,8 ±0,3	2,7 ±0,2	2,3 ±0,2	2,2 ±0,3	1,7 ±0,2	1,9 ±0,2	0,9 ±0,3	0,4 ±0,1	0
Koku (Solungaçlar, deri,karın boşluğu)	3,0 ±0,1	2,9 ±0,1	2,8 ±0,1	2,4 ±0,1	2,4 ±0,2	2,1 ±0,3	1,8 ±0,4	0,8 ±0,3	0	0
Kalite Skoru	2,9 ±0,2	2,8 ±0,2	2,7 ±0,2	2,4 ±0,2	2,3 ±0,3	2,0 ±0,3	1,8 ±0,3	1,1 ±0,3	0,4 ±0,2	0
Kalite Derecesi	**E**	**E**	**E**	**A**	**A**	**A**	**B**	**B**	**C**	**C**

Tablo 4.12: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının duyusal analiz bulguları

Analiz günleri	Pişmiş Ürün Testi											
	Kontrol				2.5 kGy				5 kGy			
	Tekstür	Koku	Tat	Kalite Skoru *	Tekstür	Koku	Tat	Kalite Skoru *	Tekstür	Koku	Tat	Kalite Skoru *
0	9,9 ±0,1	9,8 ±0,1	9,9 ±0,2	**9,9 ±0,1**	9,9 ±0,2	9,9 ±0,1	9,9 ±0,1	**9,9 ±0,1**	9,9 ±0,1	9,8 ±0,1	10 ±0,0	**9,9 ±0,1**
1	9,6 ±0,3	9,7 ±0,2	10 ±0,1	**9,8 ±0,2**	9,7 ±0,2	9,8 ±0,2	9,9 ±0,1	**9,8 ±0,2**	9,7 ±0,2	9,9 ±0,2	9,9 ±0,2	**9,8 ±0,2**
3	9,1 ±0,3	9,1 ±0,3	9,0 ±0,3	**9,1 ±0,3**	9,2 ±0,2	9,2 ±0,2	9,0 ±0,3	**9,1 ±0,2**	9,0 ±0,2	9,7 ±0,2	9,0 ±0,2	**9,2 ±0,2**
5	8,9 ±0,2	8,3 ±0,3	8,5 ±0,4	**8,6 ±0,3**	8,9 ±0,2	8,4 ±0,5	8,8 ±0,3	**8,7 ±0,3**	8,9 ±0,4	8,0 ±0,5	8,3 ±0,4	**8,4 ±0,4**
7	8,3 ±0,4	8,0 ±0,4	8,4 ±0,4	**8,2 ±0,4**	8,4 ±0,5	8,2 ±0,6	8,4 ±0,5	**8,3 ±0,5**	8,4 ±0,3	8,3 ±0,5	8,2 ±0,3	**8,3 ±0,4**
9	7,2 ±0,6	7,5 ±0,3	7,3 ±0,4	**7,3 ±0,4**	8,0 ±0,5	7,5 ±0,3	7,4 ±0,3	**7,6 ±0,4**	8,1 ±0,5	7,3 ±0,4	7,2 ±0,3	**7,5 ±0,4**
11	6,9 ±0,7	4,7 ±1,2	6,9 ±0,7	**6,2 ±0,9**	7,3 ±0,7	7,7 ±0,6	7,3 ±0,9	**7,4 ±0,7**	7,7 ±0,5	7,7 ±0,6	7,6 ±0,7	**7,7 ±0,6**
13	4,5 ±1,0	3,6 ±0,5	4,7 ±0,5	**4,3 ±0,7**	4,5 ±0,3	5,0 ±0,8	6,9 ±1,5	**5,5 ±0,9**	5,0 ±0,4	5,2 ±0,7	6,9 ±1,5	**5,7 ±0,9**
15	3,8 ±0,2	3,0 ±0,3	3,2 ±0,7	**3,3 ±0,4**	4,4 ±0,3	3,8 ±0,6	4,4 ±0,3	**4,2 ±0,3**	4,6 ±0,5	4,0 ±0,4	4,4 ±0,4	**4,3 ±0,3**
17	3,0 ±0,3	2,4 ±0,3	2,6 ±0,5	**2,6 ±0,4**	3,6 ±0,2	3,3 ±0,5	3,7 ±0,4	**3,5 ±0,4**	3,8 ±0,4	3,5 ±0,3	3,9 ±0,3	**3,7 ±0,3**

*** Tekstür, koku ve tat değerlerinin ortalama sonucu.**

4.2.2. Levrek Balığının Kimyasal Analiz Bulguları

Levrek Balığının pH Bulguları

Depolamanın başlangıcında örneklerin pH değeri 6,71 olduğu tespit edilmiş, kontrol grubunun pH değerinin 9. günde 6,82 değerine yükseldiği tespit edilmiştir. Işınlama yapılmış örneklerden 2,5 kGy' lik grubun pH değeri ise 11. günde 6,92' ye yükseldiği ve 5 kGy' lik grubun pH' değerinin 11. günde 6,88' e ulaştığı bulunmuştur (Tablo 4.13).

Levrek Balığının TVB-N bulguları

Depolamanın başlangıcında kontrol grubunun ve ışınlanmış grupların (2.5-5 kGy) TVB-N değeri 21,69 mg/100g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 9. gününde 34,40 mg/100g değerine ulaştığı ve 15. günde 40,72 mg/100g değerine ulaşaraklimit değeri aşmıştır. 2.5 kGy' lik grubun TVB-N değeri 15. güne kadar artış göstermiş, 15. günde 30 mg/100g değeri ile maksimum değerine ulaşmıştır, 19. günde bu değer 25,26 mg/100g olarak bulunmuştur. 5 kGy' lik grubun TVB-N değeri ise depolamanın 15. gününde 32,36 mg/100g lık değeri ile tüketilebilirlik limitini aşmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.13).

Levrek Balığının TMA-N Bulguları

Depolamanın başlangıcında kontrol grubunun ve ışınlanmış grupların (2.5-5 kGy) TMA-N değeri 2,56 mg/100g, tespit edilmiştir. Depolama süresince kontrol grubunun TMA-N değeri artış göstermiş, 15. günde 5,13 mg/100g değerine ulaşarak limit değerleri aşmıştır. 2.5 kGy' lik grubun TMA-N değeri depolamanın, 17. gününde 3,52 mg/100g olarak tespit edilmiş, limit değerlerin depolama boyunca aşılmadığı belirlenmiştir. 5 kGy' lik grubun TMA-N değeri ise 17. günde 4,46 mg/100g' lık maksimum değerine ulaşmış, limit değerler bu grup örneklerde de aşılmadığı gözlemlenmiştir (Tablo 4.13).

Levrek Balığının TBA Bulguları

Depolamanın başlangıcında kontrol grubunun ve ışınlanmış grupların (2.5-5 kGy) TBA değeri 0,058 mg MDA/kg, belirlenmiştir. Depolamanın 5. gününde kontrol grubunun TBA değeri 0,157 mg MDA/kg değerine yükselmiş bundan sonraki depolama

günlerinde TBA değerinde düşüş tespit edilmiştir. Işınlanmış örneklerin TBA değerleride kontrol grubuna benzer şekilde seyir göstermiştir. Işınlanmış örnekler (2.5 ve 5 kGy) depolamanın 9 ve 7. günlerinde TBA değeri en yüksek değerine ulaşmış, daha sonraki günlerde düşüş göstermiştir (0,121 ve 0,123 mg MDA/ kg) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının kimyasal analiz bulguları

Analiz günleri	KİMYASAL ANALİZLER (LEVREK)											
	Kontrol				2.5 kGy				5 kGy			
	pH	TVB-N mg/100g	TMA-N mg/100g	TBA mgMDA/kg	pH	TVB-N mg/100g	TMA-N mg/100g	TBA mgMDA/kg	pH	TVB-N mg/100g	TMA-N mg/100g	TBA mg MDA/kg
0	6,71 ±0,02	21,69 ±0,92	2,56 ±0,00	0,058 ±0,00	6,71 ±0,02	21,69 ±0,92	2,56 ±0,00	0,058 ±0,00	6,71 ±0,02	21,69 ±0,92	2,56 ±0,00	0,058 ±0,00
1	6,77 ±0,01	22,01 ±1,26	2,25 ±0,20	0,054 ±0,00	6,83 ±0,03	16,33 ±0,86	3,07 ±0,13	0,029 ±0,00	6,80 ±0,04	16,99 ±3,11	3,21 ±0,07	0,049 ±0,02
3	6,70 ±0,06	27,57 ±1,48	2,42 ±0,19	0,143 ±0,06	6,76 ±0,01	21,07 ±0,24	2,67 ±0,10	0,037 ±0,01	6,77 ±0,01	25,85 ±1,09	2,62 ±0,07	0,066 ±0,01
5	6,88 ±0,01	27,54 ±0,82	2,87 ±0,04	0,157 ±0,03	6,78 ±0,01	21,79 ±0,74	2,68 ±0,08	0,047 ±0,01	6,76 ±0,01	23,84 ±1,41	2,69 ±0,06	0,083 ±0,02
7	6,75 ±0,02	33,65 ±0,79	3,49 ±0,34	0,115 ±0,02	6,71 ±0,01	26,53 ±2,62	2,84 ±0,02	0,089 ±0,01	6,74 ±0,02	25,37 ±0,95	3,15 ±0,01	0,123 ±0,01
9	6,82 ±0,02	34,40 ±2,89	3,80 ±0,06	0,101 ±0,06	6,77 ±0,01	23,15 ±1,28	2,99 ±0,04	0,121 ±0,00	6,76 ±0,01	27,33 ±1,75	2,90 ±0,03	0,090 ±0,01
11	6,86 ±0,02	28,93 ±1,27	4,31 ±0,18	0,083 ±0,01	6,92 ±0,03	26,58 ±1,79	2,81 ±0,12	0,046 ±0,01	6,88 ±0,01	26,92 ±2,58	2,58 ±0,04	0,069 ±0,01
13	6,95 ±0,01	30,15 ±2,69	4,44 ±0,18	0,073 ±0,01	6,83 ±0,01	27,78 ±2,20	3,62 ±0,21	0,028 ±0,02	6,84 ±0,01	27,64 ±1,49	3,56 ±0,15	0,066 ±0,01
15	6,98 ±0,02	40,72 ±1,20	5,13 ±0,05	0,032 ±0,01	6,85 ±0,01	30,00 ±1,65	3,00 ±0,06	0,017 ±0,02	6,88 ±0,01	32,36 ±0,29	3,13 ±0,13	0,034 ±0,00
17	7,30 ±0,01	36,44 ±0,69	5,40 ±0,18	0,005 ±0,00	6,96 ±0,01	25,26 ±0,96	3,52 ±0,13	0,003 ±0,00	6,91 ±0,01	23,61 ±0,75	4,46 ±0,09	0,022 ±0,01

4.2.3. Levrek Balığının Mikrobiyolojik Analiz Bulguları

Levrek Balığının Mezofilik Aerobik Bakteri Bulguları

Örneklerin depolama öncesi mezofilik aerobik bakteri yükünün <4 log cfu/g değerinde olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki mikroorganizma artışı depolamanın 5. gününden itibaren başlamış, 15. günde 5,3 log cfu/g' lık maksimum değerine ulaşmıştır. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun mezofilik aerobik bakteri yükü depolamanın 9. gününde artış göstermeye başlamış, 17. günde 5,0 log cfu/g maksimum değerine ulaşmıştır. 5 kGy' lik grubun mezofilik aerobik bakteri yükü ise depolamanın 17. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmıştır. Depolama süresince hiçbir grupta 6,0 log cfu/g olan sınır değeri aşılmamıştır (Tablo 4.14).

Levrek Balığının Psikrofilik Bakteri Bulguları

Çalışma örneklerinin başlangıçtaki psikrofilik bakteri yükünün 4,0 log cfu/g değerinde olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubunun psikrofilik bakteri yükü depolamanın 9. gününde 6,3 log cfu/g değerine ulaşmış ve depolama boyunca psikrofilik bakteri yükünde artış gözlenmiştir. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun bakteri yükü depolamanın 13. gününde 6,3 log cfu/g değerine ulaşmış, depolamanın son gününe kadar artış devam etmiş, depolamanın son günü 7 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. 5 kGy' lik grubun psikrofilik bakteri yükü ise depolamanın son gününde 6,8 log cfu/g değerine ulaşmıştır (Tablo 4.14).

Levrek balığının Enterobacteriaceae Grubu Bakteri Bulguları

Başlangıçtaki *Enterobacteriaceae* yükünün <4 log cfu/g değerinde olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubunun bakteri yükü depolamanın 5. gününden itibaren artış göstermeye başlamış, 13. günde 5,2 log cfu/g değerine ulaşmıştır. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun *Enterobacteriaceae* yükü depolamanın 15. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmış, 17. gün 4,2 log cfu/g değerine ulaşmıştır. 5 kGy' lik grubun bakteri yükü ise depolamanın 13. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmış, 17. gün 4,4 log cfu/g değerine ulaşmıştır (Tablo 4.14).

Tablo 4.14: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının mikrobiyolojik analiz bulguları

Analiz günleri	Mezofilik aerobik bakteri (log CFU/g)			Psikrofil bakteri (log CFU/g)			Enterobacteriaceae (log CFU/g)		
	K	2.5 kGy	5 kGy	K	2.5 kGy	5 kGy	K	2.5 kGy	5 kGy
0	<4,0	<4,0	<4,0	4,0	4,0	4,0	<4,0	<4,0	<4,0
1	<4,0	<4,0	<4,0	4,2	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
3	<4,0	<4,0	<4,0	4,0	4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
5	4,0	<4,0	<4,0	5,5	4,3	<4,0	4,3	<4,0	<4,0
7	4,0	<4,0	<4,0	5,6	4,7	4,0	4,0	<4,0	<4,0
9	4,8	4,0	<4,0	6,3	4,8	4,3	4,2	<4,0	<4,0
11	4,8	4,3	<4,0	6,5	5,6	4,8	4,9	<4,0	<4,0
13	5,1	4,3	<4,0	7,1	6,3	4,8	5,2	<4,0	<4,0
15	5,3	4,5	<4,0	7,4	6,8	5,6	5,1	<4,0	4,2
17	5,3	5,0	4,0	7,4	7,0	6,8	5,0	4,2	4,4

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. KİMYASAL KOMPOZİSYON

Çipura balığının kontrol grubu örneklerinin nem miktarı 63,74 g/100g, protein miktarı 19,55 g/100g, yağ miktarı 15,11 g/100g, karbonhidrat miktarı 0,25 g/100g, kül miktarı 1,35 g/100g ve enerji değeri ise 254,22 Kcal/100g olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Işınlamaya bağlı olarak kimyasal kompozisyonda değişimler meydana geldiği tespit edilmiştir. Alınan enerji dozu, nem miktarının 2.5 kGy' lik örneklerde 59,93 g/100g ve 5 kGy' lik örneklerde 58,04 g/100g değerine inmesine sebep olmuştur (Tablo 4.1). Bu değişimler ise diğer parametrelerin de değişimine neden olmuştur. Işınlanmış gruplarda protein değerleri sırasıyla 19,68 g/100g ve 19,74 g/100g olarak ölçülmüştür. Nem miktarındaki azalışla orantılı olarak ışınlanmış örneklerde yağ miktarında da artış gözlenmiştir. Yağ miktarı 2.5 kGy' lik örneklerde 16,20 g/100g ve 5 kGy' lik örneklerde 16,90 g/100g olarak tespit edilmiştir. Işınlanmış örneklerin karbonhidrat ve kül miktarları da kontrol grubuna göre yükseliş bulunmuş, örneklerde tespit edilen karbonhidrat miktarı sırasıyla 2,72 ve 3,72 g/100g, kül miktarı ise 1,47 ve 1,60 g/100g, enerji değeri ise 275,70 Kcal/100g ve 286,59 Kcal/100g olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Protein, yağ, karbonhidrat, nem, kül ve enerji değerindeki değişimler istatistiki olarak gruplar arası (Kontrol-2.5 kGy, Kontrol-5 kGy ve 2.5 kGy -5 kGy) birbirlerine göre protein için önemsiz ($p>0,05$), yağ için önemli ($p\leq0,05$), karbonhidrat için önemli ($p\leq0,05$), nem için önemli ($p\leq0,05$), kül için önemli ($p\leq0,05$) bulunmuştur. Enerji değerindeki değişimin de kontrol grubuna nazaran önemli ($p\leq0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

Levrek balığının kontrol grubu örneklerinin nem miktarı 70,26 g/100g, protein miktarı 20,34 g/100g, yağ miktarı 6,13 g/100g, karbonhidrat miktarı 1,64 g/100g, kül miktarı 1,63 g/100g ve enerji değeri 179,56 Kcal/100g olarak tespit edilmiştir. Işınlamaya bağlı olarak kimyasal kompozisyonda değişimler meydana gelmiş, alınan enerjiyle nem miktarı 2.5 kGy' lik örneklerde 66,20 g/100g ve 5 kGy' lik örneklerde 65,22 g/100g olarak belirlenmiştir. Benzer değişimler protein miktarında da artış görülmüştür. Işınlanmış gruplarda protein değerleri sırasıyla 20,41 g/100g ve 20,65 g/100g olarak ölçülmüştür. Nem miktarındaki azalışla orantılı olarak ışınlanmış örneklerde yağ

miktarında da artışa sebep olmuştur. Yağ miktarı 2.5 kGy' lik levrek örneklerinde 7,66 g/100g ve 5 kGy' lik örneklerde 8,48 g/100g olarak tespit edilmiştir. Işınlanmış örneklerin karbonhidrat ve kül miktarları ise önemli bir değişim göstermemiştir. Örneklerde tespit edilen karbonhidrat miktarı sırasıyla 4,03 g/100g ve 3,92 g/100g, kül miktarı ise 1,70 g/100g ve 1,73 g/100g olarak bulunmuştur. Bu örneklerde tespit edilen enerji değeri ise 203,81 Kcal ve 212,52 Kcal/100g olarak belirlenmiştir (Tablo 4.8). Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek örneklerinin protein, yağ, nem, karbonhidrat, kül ve enerji miktarındaki değişimler istatistiki olarak protein için önemsiz ($p>0,05$), yağ miktarı için önemli ($p\leq0,05$), nem miktarı için kontrol örnekleri ışınlanmış örneklere göre önemli ($p\leq0,05$), ışınlanmış örnekler birbirlerine göre önemsiz ($p>0,05$), karbonhidrat miktarı ışınlanmış örnekler ile kontrol grubu birbirlerine göre önemli ($p\leq0,05$) kendi aralarında önemsiz ($p>0,05$), kül miktarı için kontrol örnekleri 2.5 kGy-5 kGy' lik örneklere göre önemli ($p\leq0,05$), ışınlanmış örnekler birbirlerine göre önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Ayrıca enerji değerindeki artış ışınlanmış gruplar ile kontrol grubu arasında önem ($p\leq0,05$) tespit edilmiştir.

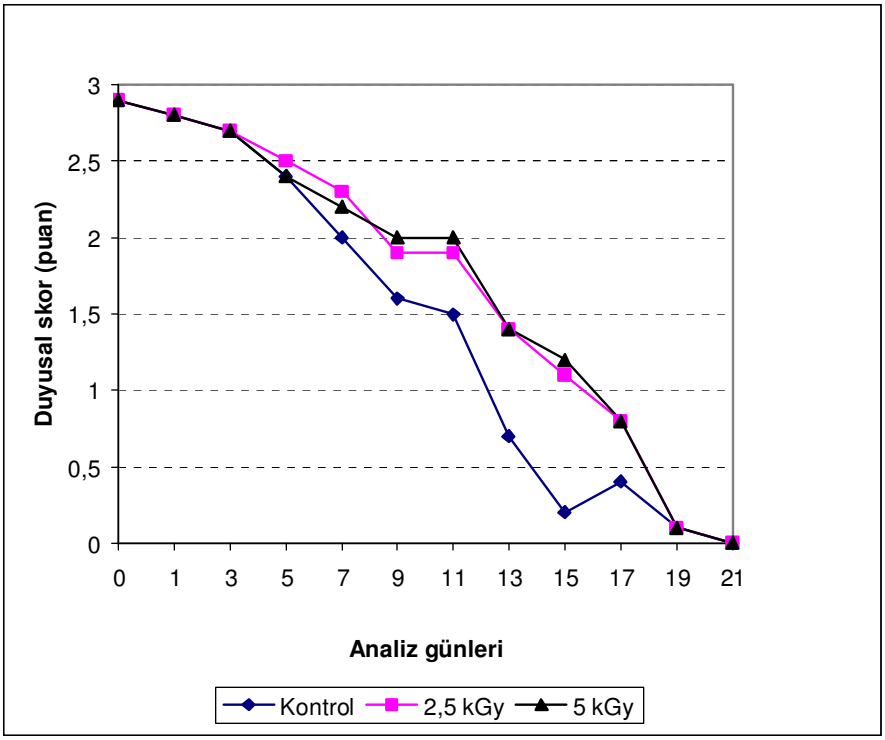
İyonize radyasyon uygulamalarının gıdaların kimyasal kompozisyonu üzerinde etkilerini belirten değişik çalışmalar bulunmaktadır. Von Amin ve diğ. (1978) 2 kGy ışınlama işleminin balığın nem değerinde düşüşe neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun temel nedeni ise ışınlamanın etkisiyle su molekülünün iyonize olmasından kaynaklanmaktadır. Enerji aktarımına bağlı olarak su oranı yüksek gıdalarda bir miktar suyun H^+ ve OH^- moleküllerine ayrılarak gıdadan uzaklaştığı veya başka reaksiyonlara girdiği belirlenmiştir (Topal, 1988).

Benzer sonuçlar iki ayrı balık türünde de tespit edilmiştir.

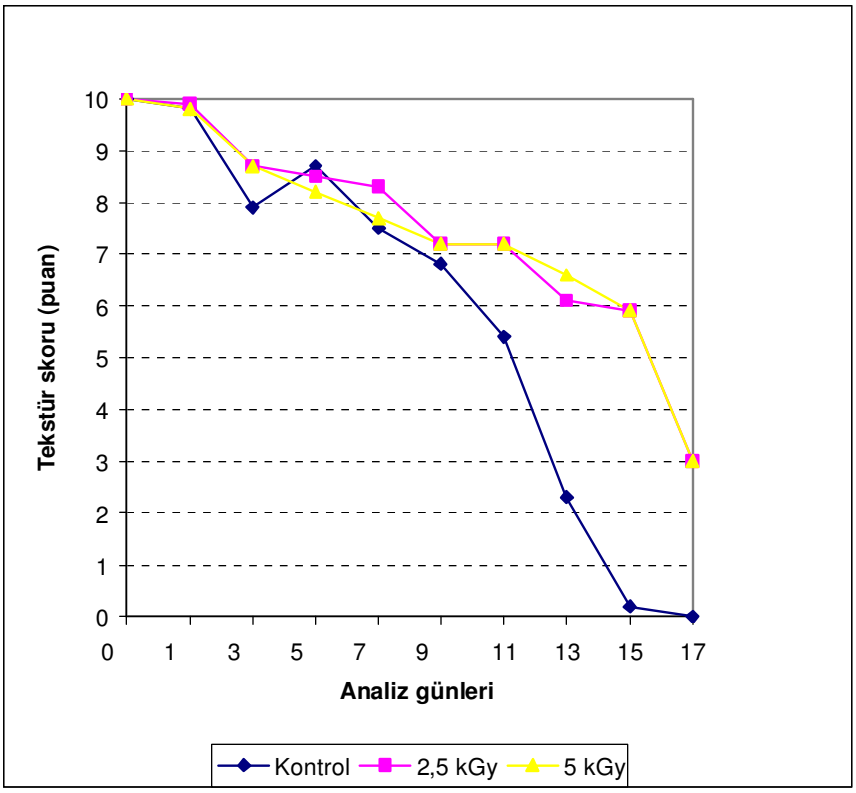
Grigorakis ve diğ. (2003) kültüre edilmiş çipura balıklarının kimyasal kompozisyonunu 70 g/100g nem, 1,24 g/100g kül, 18,1 g/100g protein ve 10,5 g/100g yağ olarak bildirmiştir. Kyrana ve diğ. (1997) çipura balıklarında 70,30 g/100g nem miktarı, 1,32 g/100g kül, 21,87 g/100g protein ve 7,69 g/100g yağ mevcudiyetini tespit etmişlerdir. Alasalvar ve diğ. (2001) ise çipura balıklarının kimyasal kompozisyonunda 72,2 g/100g nem miktarı, 1,5 g/100g kül, 20,7 g/100g protein ve 5,2 g/100g yağ belirlemiştir. Jeevanandam ve diğ, 2001 çipura balığında 77,4 g/100g nem, 18,4 g/100g protein ve 2,1 g/100g yağ muhteviyatını bildirmişlerdir. Benzer bir kimyasal kompozisyon 76,72

g/100g nem, 1,23 g/100g kül, 19,43 g/100g protein ve 4,81 g/100g yağ olarak levrek balığı için tespit edilmiştir (Kyrana ve Lougovois, 2002). Özoğul ve diğ. (2005) Akdeniz bölgesinden avlanan levrek balığının kimyasal kompozisyonunu 77,92 g/100g nem, 1,11 g/100g kül, 18,71 g/100g protein ve 1.67 g/100g yağ olarak rapor etmişlerdir. Beklevik ve diğ. (2005) tarafından doğal ortam kökenli levrek balığının kimyasal kompozisyonunu 77,38 g/100g nem, 19,75 g/100g protein, 1,17 g/100g kül ve 1,2 g/100g yağ olarak tespit etmişlerdir. Deniz balıklarının kimyasal kompozisyonu beslenme, balık türü, avlama mevsimi, avlanma yeri, yumurtlama dönemi ve diğer çevresel faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Pacheco- Aguilar ve diğ. 2000).

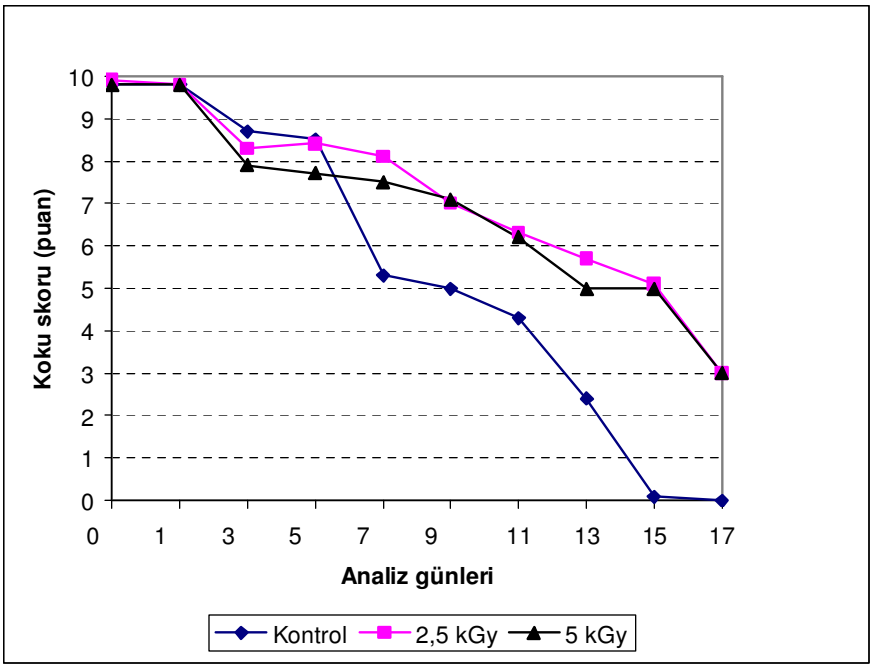
5.2. DUYUSAL ANALİZLER



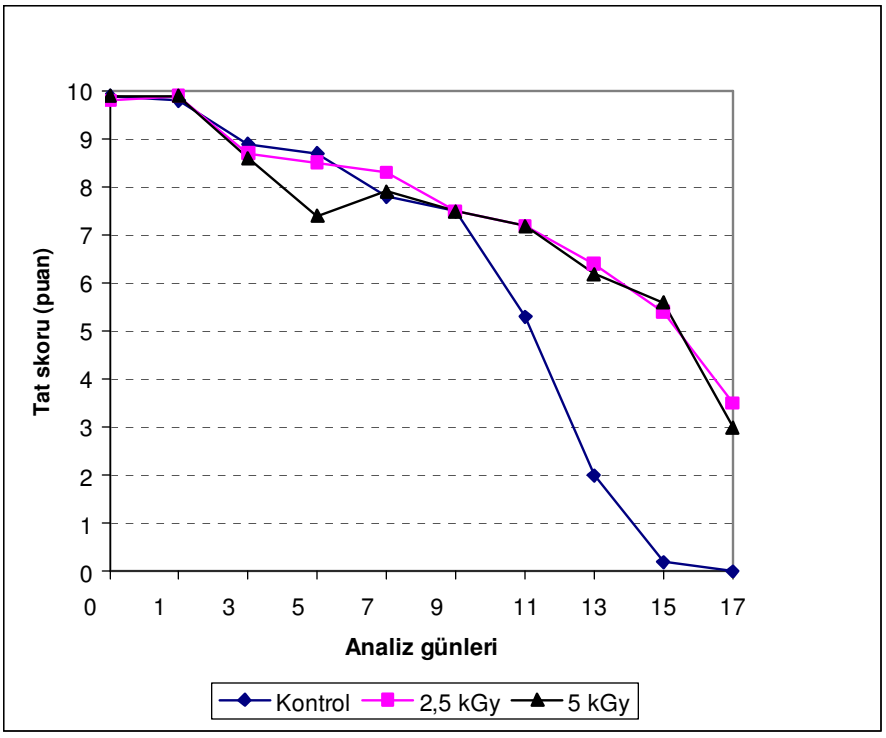
Şekil 5.1: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının duyusal değerlerindeki değişimler



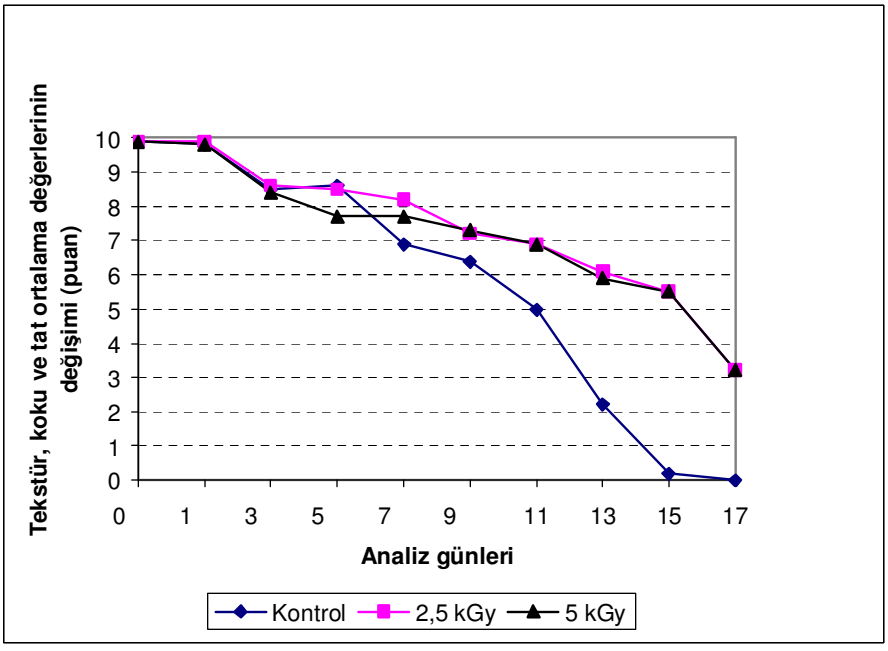
Şekil 5.2: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının tekstür değerlerindeki değişimler



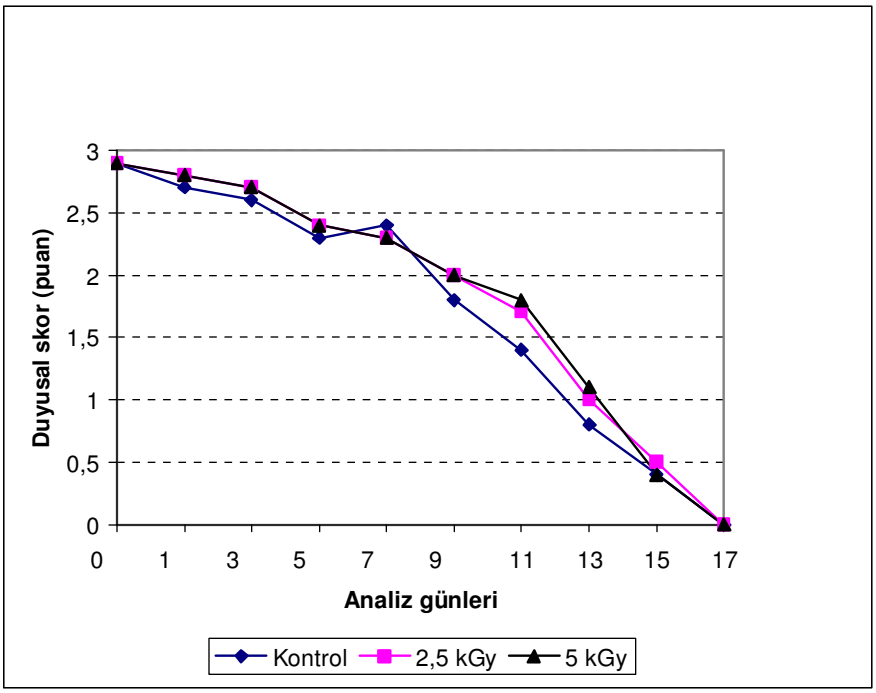
Şekil 5.3: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının koku değerlerindeki değişimler



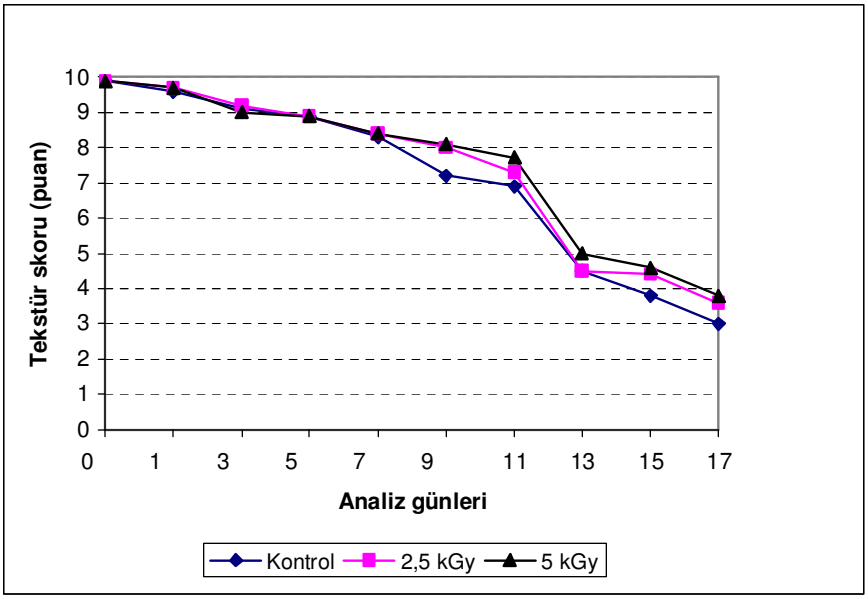
Şekil 5.4: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının tat değerlerindeki değişimler



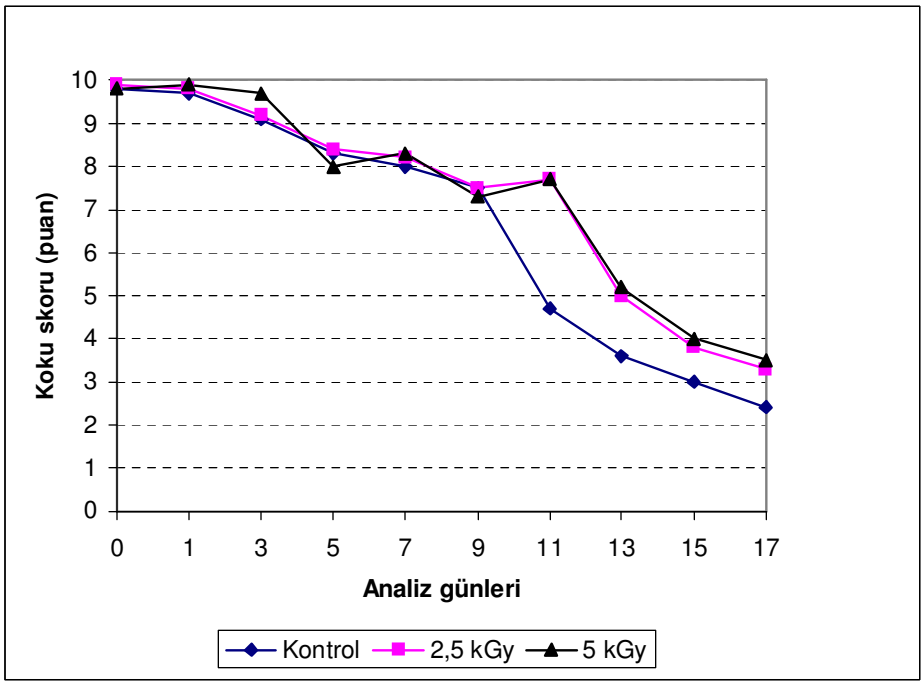
Şekil 5.5: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının tektür, koku ve tat değerindeki ortalama değişimler



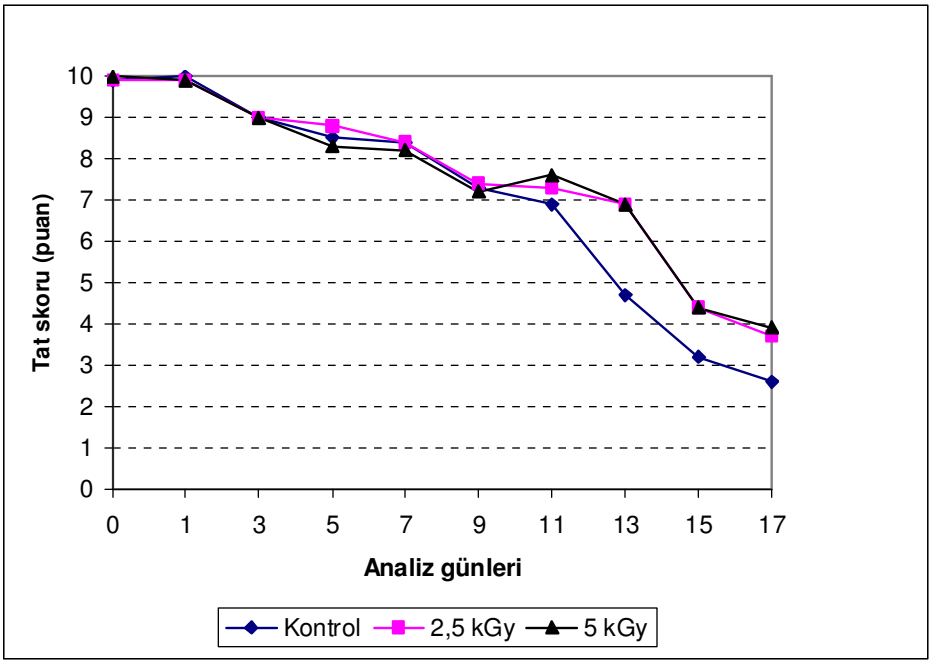
Şekil 5.6: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek örneklerinin duyusal değerlerindeki değişimler



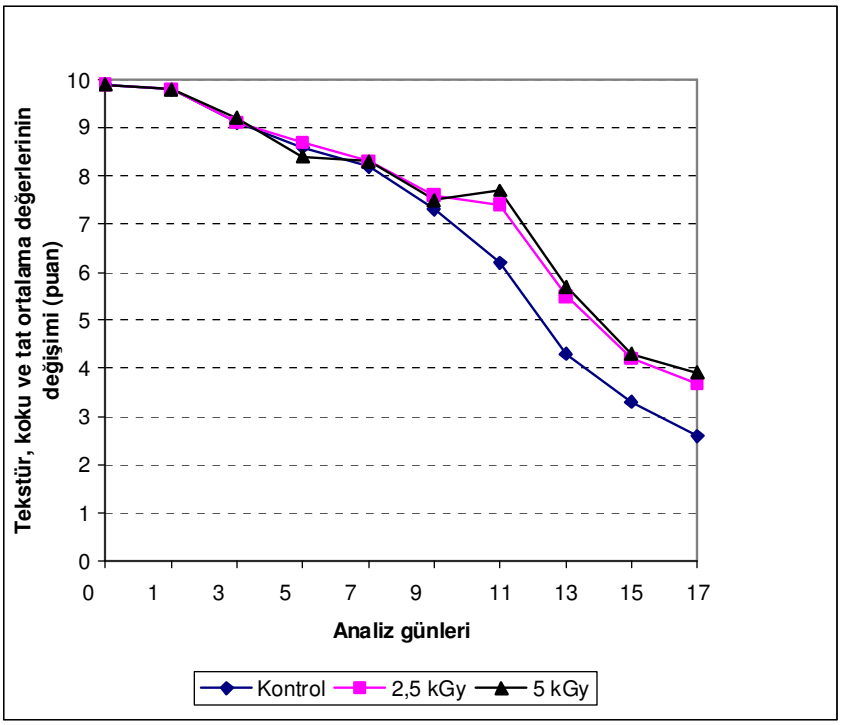
Şekil 5.7: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının tekstür değerlerindeki değişimler



Şekil 5.8: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının koku değerlerindeki değişimler



Şekil 5.9: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının tat değerlerindeki değişimler



Şekil 5.10: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının tekstür, koku ve tat değerindeki değişimler

Işınlanmamış çipura örneklerinde yapılan duyusal değerlendirmeler sonucu çiğ ve pişmiş örneklerin depolamanın 13. gününde tüketilemez düzeye eriştiği tespit edilmiştir. Işınlanmış örneklerde ise (2.5-5 kGy) depolamanın 17. gününde tüketilemez olarak değerlendirilmiştir. Yapılan duyusal analizler sonucunda ışınlama uygulamasının çipura balıklarının raf ömrünü uzattığı fakat 2.5 ve 5 kGy' lik ışınlama uygulamalarının duyusal kalite üzerine birbirlerinden ayırt edilecek şekilde bir fark göstermediği gözlenmiştir (Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5). Bu değerler istatistiki olarak değerlendirildiğinde çiğ ve pişmiş çipuralarda kontrol grubuna göre depolamanın 13. gününde ışınlanmamış örneklerin ışınlanmış örneklere göre önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış örneklerin birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) olduğu bulunmuştur. Çiğ ve pişmiş 2.5 ve 5 kGy' lik gruplara nazaran depolamanın 17. gününde hem çiğ duyusal verilerde hemde pişmiş değerlendirmelerde ışınlanmamış örneklerin ışınlanmış örneklere göre önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış örneklerin birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) olduğu bulunmuştur.

Levrek balığı örneklerine yapılan duyusal değerlendirmeler sonucunda ışınlanmamış çiğ örneklerin raf ömrünün 13 gün, ışınlanmış çiğ örneklerin (2.5-5 kGy) raf ömrünün

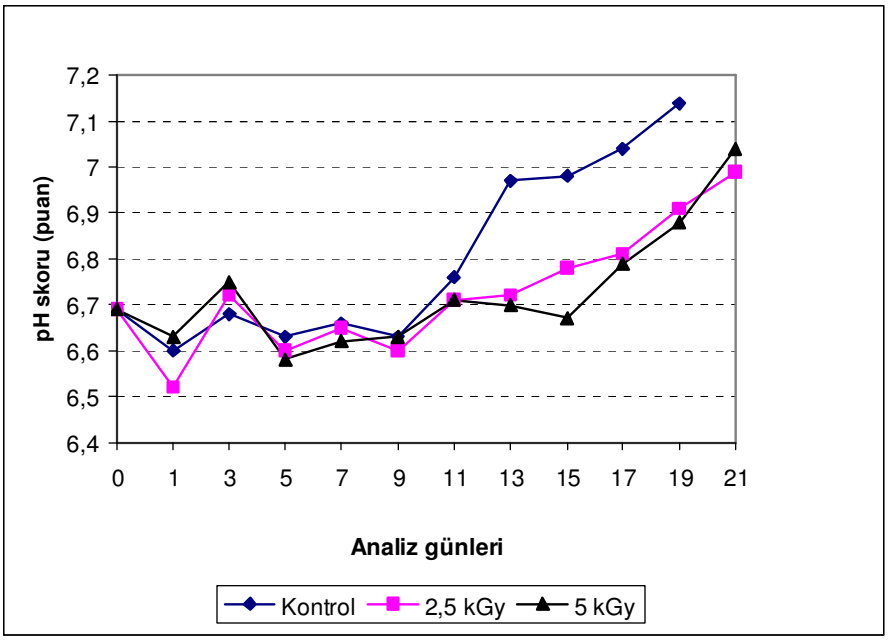
ise 15 gün olduğu tespit edilmiştir. Pişmiş örnekler üzerinde yapılan değerlendirmede ışınlanmamış örneklerin raf ömrünün 15 gün, ışınlanmış örneklerin raf ömrünün ise 17 gün olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10). Bu sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde çiğ levreklerin duyusal değerleri kontrol grubu örneklerinde ışınlanmış örneklerden önemli derecede farklı olduğu ($p \leq 0,05$); 2.5 ve 5 kGy ışınlanmış örneklerde önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Pişmiş levreklerin duyusal sonuçlarına yapılan istatistiki değerlendirmede ise, kontrol grubuna göre depolamanın 15. gününde gruplar arası farkın birbirlerine göre önemli ($p \leq 0,05$), depolamanın 17. gününde bütün grupların birbirlerine göre farkı önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur.

Gıda teknolojisinde ışınlamanın dayanım ömrünü uzatmak, mikrobiyal yükünü azaltmak gibi pek çok uygulama alanlarının mevcut olduğu bildirilmektedir (Von Amin ve diğ. 1978; Topal, 1988; Bulduk 2004; Jo ve diğ. 2004; Song ve diğ. 2004; Silva ve diğ. 2006). Lakshmanan ve diğ. (1999) ışınlanmamış buz içerisinde depolanmış hamsi balıklarının duyusal olarak raf ömrünü 13 gün, 2 kGy ışınlanmış hamsi balıklarının raf ömrünü 17 gün olarak bildirmişlerdir. Chouliara ve diğ. (2004) vakum paketlenmiş, tuzlanmış + 4˚C'de depolanan, 1 ve 3 kGy dozunda ışınlanmış çipura balıklarının raf ömrünü araştırmışlardır. Işınlanmamış çipura örneklerinin duyusal analiz sonuçlarına göre raf ömrünü 14-15 gün, ışınlanmış örneklerden 1 kGy ışınlamış örneklerin raf ömrünü 27 gün, 3 kGy ışınlamış örneklerin raf ömrünü 28 gün olarak bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ışınlama işleminin buzda depolanan çipura balığının raf ömrüne etkisi incelenmiş ve ışınlanmamış çipura balığının raf ömrü 8 gün, 1 kGy ışınlanmış örneklerin 12gün ve 2 kGy ışınlanmış çipura balıklarının raf ömrü 22 gün olarak bildirilmiştir (Jeevanandam ve diğ. 2001). Vakum paketlenmiş soğukta depolanan (+4˚C) çipura balıklarının duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri üzerine ışınlamanın etkisi Chouliara ve diğ. (2005) tarafından incelenmiştir. Işınlanmamış örneklerin duyusal analiz sonuçlarına göre raf ömrü 9-10 gün olarak bildirilirken, 1 kGy ışınlanmış örneklerin 17. gününe kadar, 3 kGy ışınlanmış örneklerin depolamanın 28. gününe kadar tüketilebilir kalitede olduğu bulunmuştur. Diğer bir çalışmada ise ışınlanmamış istavrit balıklarının raf ömrü 4 gün olarak bildirilirken, 1 kGy ışınlama işlemine tabi tutulan istavrit balıklarının raf ömrü 12 gün olarak tespit edilmiştir (Mendes ve diğ. 2005). Ghadi ve Venugopal (1991) 1-5 kGy ışınlama işleminin

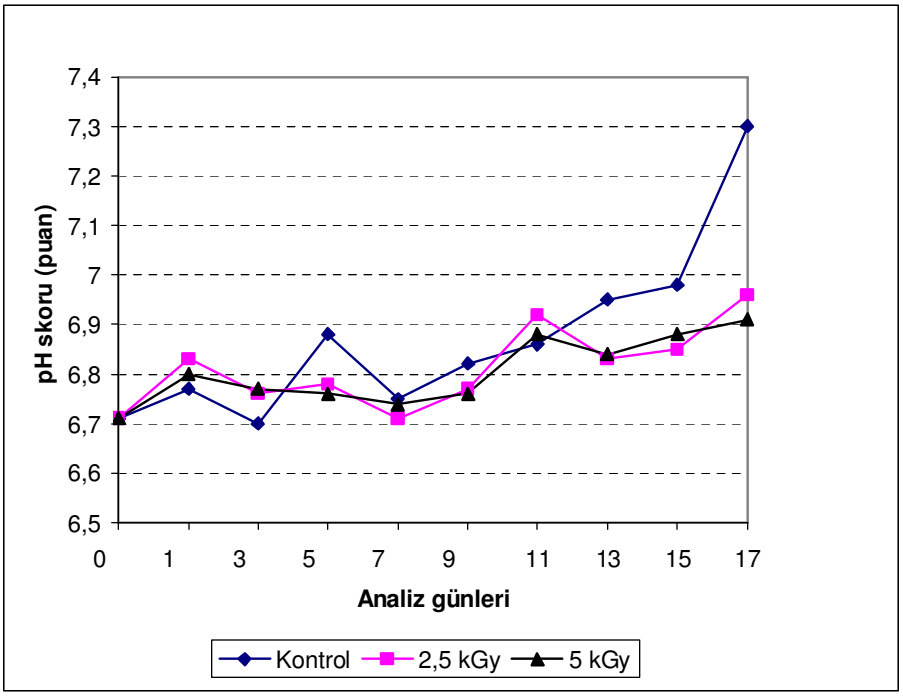
soğutulmuş balıkların raf ömrünü artırmada etkili bir metot olduğunu bildirmektedir. Işınlama işleminin (1.5 kGy) soğutulmuş uskumru balıklarının raf ömrünü 12 günden 25 güne çıkardığı bu çalışmada belirtilmektedir. Van Cleemput ve diğ. (1980) +6˚C'de depolanan 5 kGy ışınlama işleminin karideslerin raf ömrünü 4 günden 8 güne çıkardığını bildirmektedir. Buzda depolanan ışınlanmamış yengeç örneklerinin raf ömrü 3, buzda depolanan ve 2 kGy ışınlanmış yengeç örneklerinin raf ömrü ise 14 gün olarak bildirilmektedir (Chen ve diğ. 1996). Ouattara ve diğ. (2001) tarafından ön pişirilmiş karideslerde ışınlama işleminin raf ömrünü %100 artırdığı tespit edilmiştir. Işınlanmamış ön pişirilmiş karidesler için 5 gün olarak tespit edilen raf ömrü ön pişirme işlemi ve 3 kGy ışınlama işlemi uygulanmış karideslerde 11 gün olarak bulunmuştur.

Yapmış olduğumuz kültüre edilmiş balık (Çipura ve Levrek) çalışmasında da ışınlama işleminin duyusal raf ömrü üzerinde olumlu bir etki yaptığını ve sonuçlarımızın kaynaklarla uyum içerinde olduğu tespit edilmiştir. Raf ömründeki bu artışın duyusal olarak tespit edilebilmesi, uygulanan işlemin düşük dozlarının duyusal veriler üzerinde olumsuz etki yapmadığını da göstemektedir.

5.3. KİMYASAL ANALİZLER



Şekil 5.11: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının pH değerlerindeki değişimler



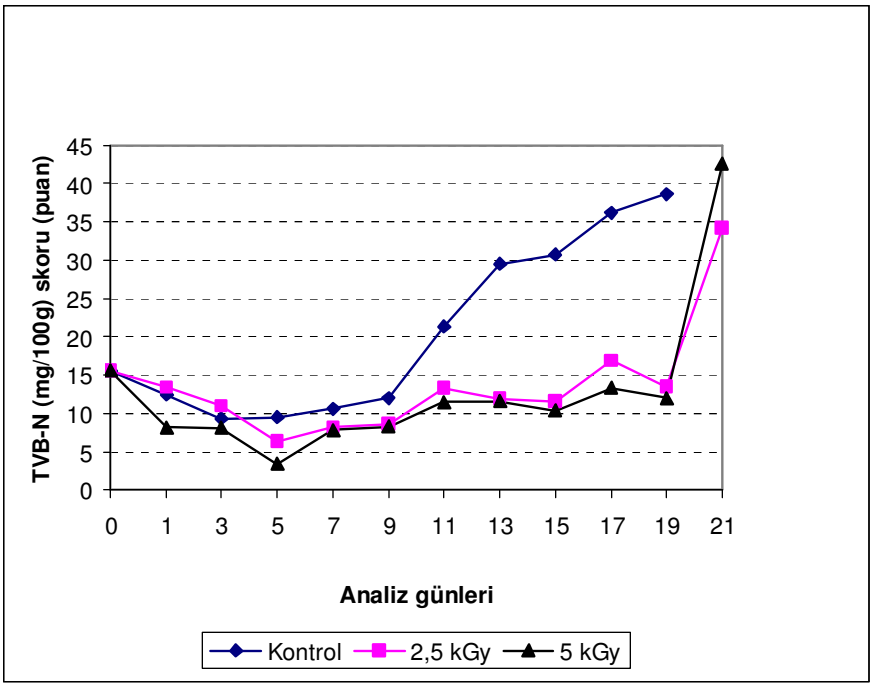
Şekil 5.12: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının pH değerlerindeki değişimler

Farklı dozlarda ışınlanan ve buz içinde soğukta depolanan çipura balıklarında pH değeri depolama başlangıcında 6,69 ölçülürken bu değer depolama süresince artış göstermiş ışınlanmamış kontrol grubu örneklerde depolamanın 13. gününde 6.97 olarak ölçülmüştür (Şekil 5.11). Bu değer ışınlamış örneklerin pH değerleriyle karşılaştırıldığında istatistiki olarak kontrol grubu ışınlanmış gruplara (2.5 ve 5 kGy) göre önemli iken ($p \leq 0,05$), ışınlanmış grupların birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) bir değişim gösterdiği bulunmuştur. Kontrol gubu ve ışınlanmış örneklerde pH değeri depolamanın 15. günü sırasıyla 6,98, 6,78 ve 6,67 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 19. günü bu değer kontrol ve ışınlanmış örneklerde sırasıyla 7,14, 6,91 ve 6,88 olarak ölçülmüştür. Bu değerler istatistiki olarak incelendiğinde kontrol grubu ışınlanmış gruplara (2.5 ve 5 kGy) göre önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış gruplar birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

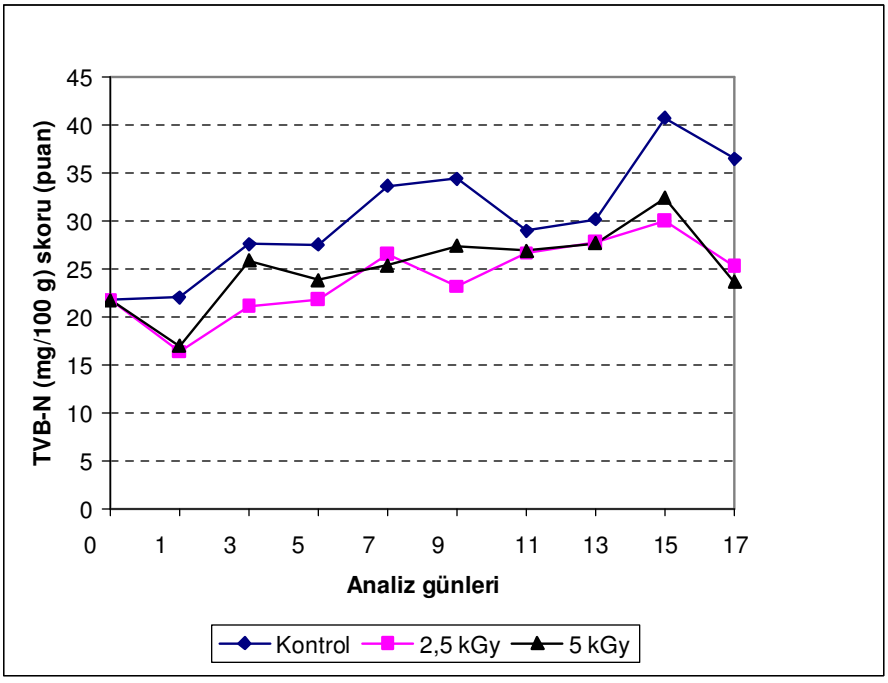
Depolamanın başlangıcında levrek balığının kontrol grubunun ve ışınlanmış grupların (2.5-5 kGy) pH değerinin 6,71 olarak ölçülmüştür. Kontrol grubunun pH değerinin 9. günde 6,82'ye yükseldiği ışınlanmış grupların pH değerinin ise 9. günde sırasıyla 6,77 ve 6,76 değerine yükseldiği tespit edilmiştir (Şekil 5.12). İstatistiki olarak depolamanın 9. gününde kontrol grubuna göre değerlendirme yapıldığında ışınlanmamış örnekler ışınlanmış örneklere göre önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış örnekler birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur. Kontrol grubunun, 2.5 kGy' lik grubun ve 5 kGy' lik grubun pH değerinin 11. günde sırasıyla 6,86, 6,92 ve 6,88 değerine yükseldiği belirlenmiştir. Bu değerler istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol grubu örnekleri 2.5 kGy ışınlanmış örneklere göre önemli ($p \leq 0,05$), 5 kGy ışınlanmış örneklere göre ve ışınlamış örnekler birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Taze balık eti için pH değeri 6-6,5 olup bu değerin depolama süresince artış gösterebildiği ve tüketilebilirlik sınır değerinin 6,8-7 olduğu belirtilmektedir (Ludorf ve Meyer, 1973; Tülsner, 1994). Çalışmamızda oluşan pH değişimi buz içinde depolanan çipura ve levrek balıkları için Kyrana ve Lougovois (2002); Masniyom ve diğ. (2002), Tejada ve Huidobro (2002), Papadopoulus ve diğ. (2003), Taliadourou ve diğ. (2003)' nın bulguları ile örtüşmektedir. Kyrana ve diğ. (1997) buz içinde depolanmış çipura balığının pH değerinin 0. günde 6,20 ve 24. günde 6,60 olduğunu tespit etmiştir. Çipura balığının kasındaki pH değeri ölüm sonrası hızlı bir artış göstermektedir. Kas pH değerindeki artış 0. günden sonra 6,15 değerine yükselmiştir. Yaz mevsimi

örneklerinde 15. günden sonra pH değeri 6,34 değerine, kış mevsimi örneklerinde ise 6,53 değerine yükselmiştir (Grigorakis ve diğ. 2003). Balık etinin pH değeri balık türünden türüne, balığın avlanma şekline, avlanmadan sonra balığa uygulanan işlemlere göre farklılık göstermektedir. pH değeri tazelik yada kalitenin belirlenmesinde kesin kriter değildir, ancak diğer kalite parametrelerinin destekleyicisi olarak kullanılmaktadır (Schormüller, 1968; Ludorf ve Meyer, 1973; Oehlenschläger, 1989).



Şekil 5.13: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının TVB-N değerlerindeki değişimler



Şekil 5.14: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının TVB-N değerlerindeki değişimler

Işınlanmamış kontrol grubunun ve ışınlanmış (2.5 ve 5 kGy) çipura balıklarının başlangıç TVB-N değeri 15,65 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 13. günü kontrol grubu örnekler duyusal olarak "tüketilemez" kaliteye ulaştığında TVB-N değeri 29,53 mg/100g olarak bulunmuştur (Şekil 5.13). Oysa aynı günde ışınlanmış örnekler sırasıyla 11.95 ve 11.60 mg/100g TVB-N içermektedir. Bu değerler istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol örneklerindeki değişimin ışınlanmış örneklere göre önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış örneklerdeki değişimin birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Işınlanmış çipura örneklerinde depolamanın 21. günü TVB-N değeri 34,25 mg/100g ve 42,60 mg/100g olarak tespit edilmiştir. İstatistiki olarak değerlendirme yapıldığında kontrol örnekleri sonuçlarının 2.5 kGy ışınlanmış örneklere göre farkın önemli olduğu ($p \leq 0,05$), kontrol örneklerinin 5 kGy ışınlamış örneklere göre ve ışınlanmış örnekler birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

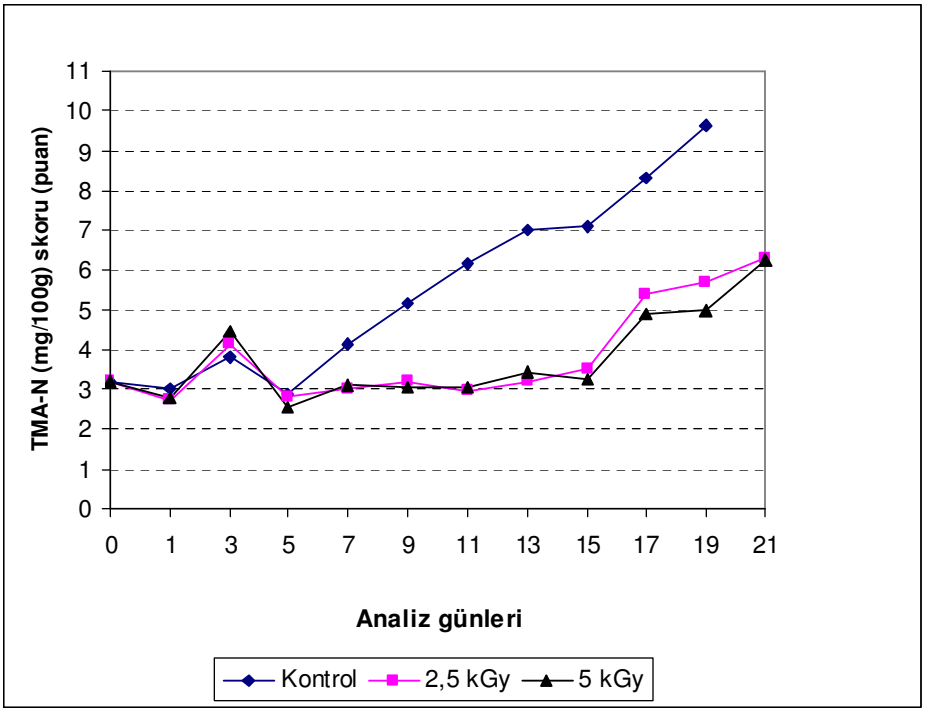
Levrek balığının kontrol grubu ve ışınlanmış (2.5 ve 5 kGy) gruplarının başlangıç TVB-N değeri 21,69 mg/100g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 15. gününde kontrol grubu örnekleri duyusal olarak "tüketilemez" düzeye eriştiğinde ölçülen değer 40,72 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Işınlanmış levrek örneklerinde (2.5-5 kGy) TVB-N değeri depolamanın 15. gününde sırasıyla 30,00 mg/100g ve 32,36 mg/100g olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.14). Bu değerler istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol örneklerindeki durum ışınlamış örneklere göre önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış örnekler ise birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

TVB-N balık bozulmasında yaygınca kullanılan depolama boyunca bozulma düzeyini belirlemede önemli bir faktördür (Kietzman ve diğ. 1969; Oehlenschlager, 1981). Taze balıkta TVB-N değeri çok düşük olmakla birlikte depolama sırasında artış gösterir. TVB-N değeri balığın cinsi, avlanma mevsimi, avlama bölgesi, balığın beslenme durumu, olgunluk derecesi, cinsiyeti ve yaşı gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Oehlenschlager, 1989; Karnop ve diğ. 1978). Chouliara ve diğ, (2004) vakum paketlenmiş, tuzlanmış + 4°C de depolanan çipura balıklarının başlangıç TVB-N değerleri ışınlanmamış örneklerde 25,31 mg/100g, ışınlamış örneklerde (1-3 kGy) sırasıyla 24,08 ve 22,28 mg/100g olarak tespit etmiştir. Bu değerler depolamanın 14. günü duyusal olarak tüketilemez düzeye eriştiğinde ışınlanmamış örneklerde 27,22 mg/100g, depolamanın 28. gününde 1 kGy ışınlanmış çipura balıklarının TVB-N değerini 32,34 mg/100g, 3 kGy ışınlanmış örneklerin 31,87 mg/100g olarak

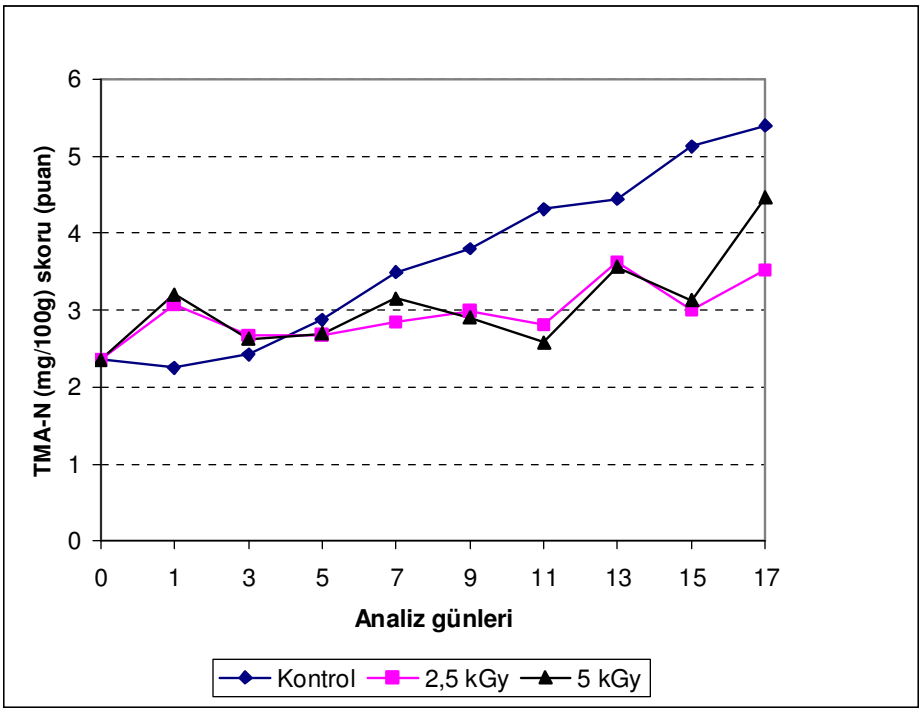
bildirmiştir. Vakum ambalaj yapılmış ve ışınlanmış (1 ve 3 kGy) çipura balığı örneklerinde depolamanın 10. gününde kontrol grubu çipuralarda 27,9 mg/100g, 1 kGy ışınlanmış örneklerde depolamanın 21. Günü 34,5 mg/100g ve 3 kGy ışınlamış çipura örneklerinde depolamanın 28. günü 35,9 mg/100g TVB-N değeri bulunmuştur (Chouliara ve diğ. 2005). Jeevanadam ve diğ. (2001) ışınlanmamış çipura balığının başlangıç TVB-N değerini 8 mg/100g olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ışınlanmış ve 1-2 kGy ışınlanmış çipura örneklerinde TVB-N değeri depolama boyunca artış göstermiş, depolamanın 29. günü kontrol grubu örneklerde TVB-N değeri 80 mg/100g olarak tespit edilirken ışınlanmış örneklerde bu değer 44 mg/100g ve 38 mg/100g olarak bulunmuştur. Mendes ve diğ. (2005) ışınlanmış (1 ve 3 kGy) ve ışınlanmamış istavrit balıklarının başlangıç TVB-N değerini 15.6 mg/100g olarak bildirmiştir. Kontrol grubu örneklerde limit değer depolamanın 12. günü aşılırken, ışınlanmış örneklerde depolamanın 20. günü 13.6 mg/100g ve 12.7 mg/100g TVB-N değeri tespit edilmiştir.

Al-Kahtani ve diğ. (1996) tilapya ve uskumru balıklarında 1.5 ve 10 kGy'lık ışınlama işleminin duyusal ve kimyasal kriterlere etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada her iki balık türünde de ışınlamış örneklerin TVB-N değeri ışınlanmamış örneklerden düşük bulunmuştur. Benzer şekilde Von Amin ve diğ. (1978) ışınlanmış tatlı su balığında**,** Jo ve diğ, 2004 ışınlamış balıklarda Van Cleemput ve diğ. (1980) karideslerde ışınlanmamış kontrol grubu örneklere göre daha düşük TVB-N değeri tespit etmişlerdir. Kyrana ve Lougovois (2002) buzda depolanan levrek balığının başlangıç TVB-N değeri 17.22 mg/100g olarak, depolamanın 15. günkü TVB-N değerini 22.93 mg/100g olarak bildirmiştir. Benzer şekilde Masniyom ve diğ. (2002) +4°C de 9 gün depolanan levrek silajındaki TVB-N değerini 23 mg/100g olarak bulmuşlardır. Papadopoulos ve diğ. (2003) buzda depolanan levrek balıklarının başlangıç TVB-N değerini 25.71 mg/100g olarak belirlenmiştir. Bu değer depolamanın 13. günü 23.69 mg/100g olarak bulunmuştur. Taliadourou ve diğ. (2003) buzda depolanan taze levrek balıklarının raf ömrünü 13 gün olarak bildirmiştir. Depolamanın bu gününde TVB-N değerini 26.77 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Buzda depolanan soğuk su balıklarında TVB-N için kabul edilebilir sınır değer 30-35mg/100g olarak bildirilmektedir (Huss, 1988). Kyrana ve Lougovois (2002) çipura türü balıklar için TVB-N limit değerini 25 mg/100g olarak bildirmiştir. Bu sonuçlara göre ışınlanmamış çipura balıklarında TVB-N limit değeri depolamanın 13. günü, ışınlanmış örneklerde ise 21. günü

aşılmıştır. Işınlanmamış levrek balıklarında limit değer 15. gün aşılırken, ışınlanmış levrek örneklerinde limit değerler aşılmamıştır.



Şekil 5.15: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının TMA-N değerlerindeki değişimler



Şekil 5.16: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının TMA-N değerlerindeki değişimler

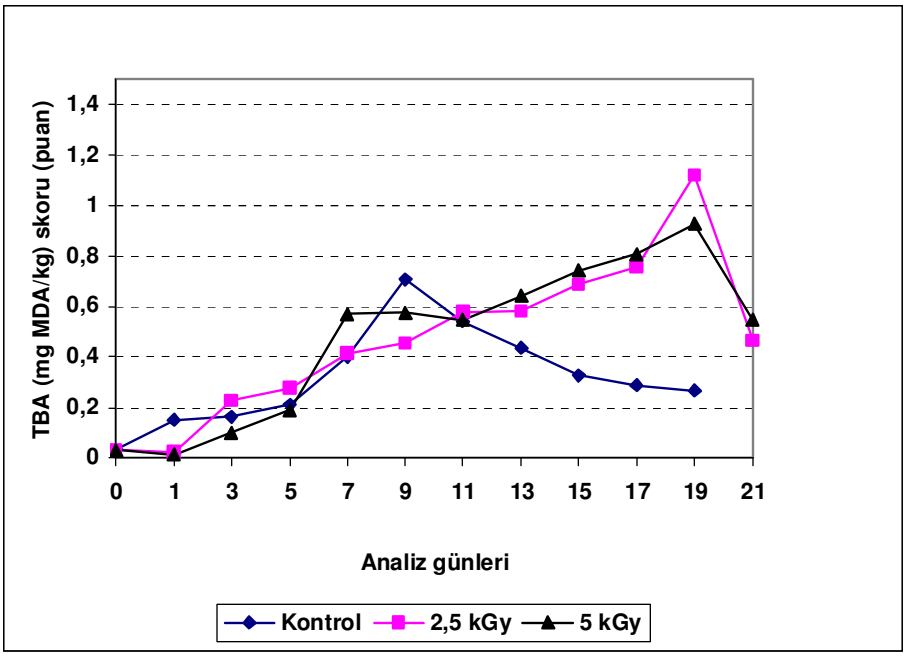
Balık bozulmasında önemli bir kalite parametresi olan TMA-N değeri çipura balığınının depolama öncesinde 3,22 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Depolamaya bağlı olarak tüm grupların TMA-N değerlerinde artış gözlenmiştir. Kontrol grubu örneklerde depolamanın 9. günü TMA-N değeri 5,17 mg/100g olarak belirlenirken bu değer depolama sonunda 9,66 mg/100g olarak ölçülmüştür (Şekil 5.15). Veriler istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol grubu örneklerindeki değişim ışınlanmış örneklere göre önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. Işınlanmış çipura örneklerinden 2.5 kGy ışınlanmış grupta depolamanın 17. günü TMA-N değeri 5,41 mg/100g, 5 kGy ışınlanmış grupta ise depolamanın 21. günü 6.24 mg/100g TMA-N değeri tespit edilmiş, ışınlanmış gruplar arası fark bozulma sınır değeri olan 5 mg/100g ı geçtikleri dönem değerlendirildiğinde aralarındaki fark birbirlerine göre önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur.

Depolamanın başlangıcında levrek balığının TMA-N değeri 2,36 mg/100g olarak ölçülürken bu değer kontrol grubu örneklerde depolamanın 15. günü 5,13 mg/100g ışınlanmış gruplarda depolamanın 17. günü 3,52 mg/100g ve 4,46 mg/100g olarak belirlenmiştir (Şekil 5.16). Bu değerler istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol grubuna ve 2.5 kGy' lik gruba göre, kontrol grubu örnekleri ışınlanmış grup örneklerine göre önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış örnekler birbirlerine göre önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

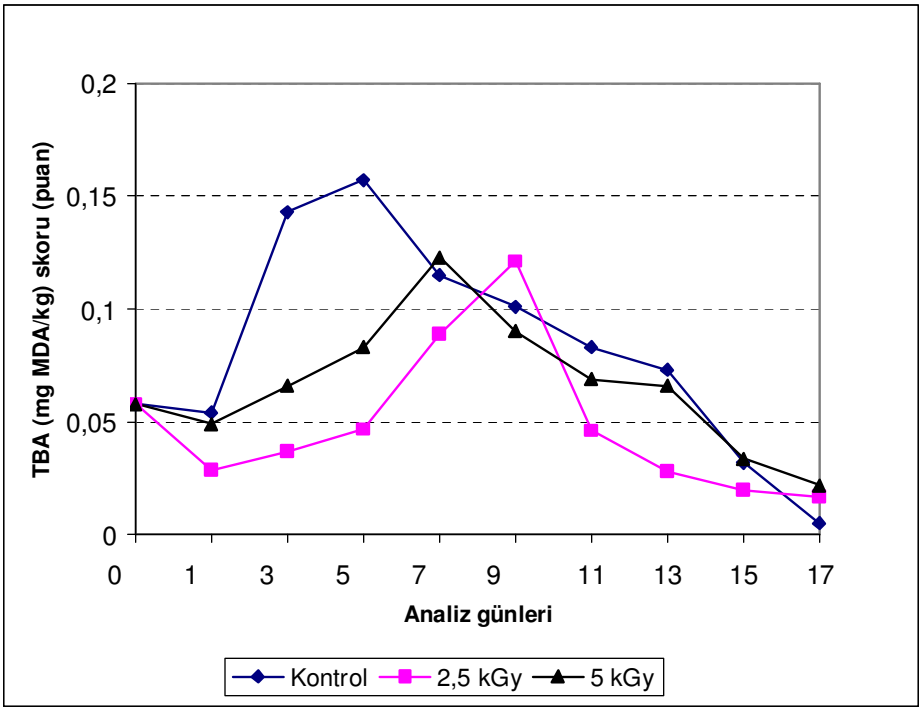
Trimetilamin (TMA-N), ilerlemiş balık bozulmasında duyusal olarak hissedilen hoş olmayan balıksı kokudan sorumlu, balıkların kaslarında bulunan ve osmoregulatör görevi yapan Trimetilaminoksitten (TMAO) köken alan bir maddedir. TMAO bakteriyel ve enzimatik faaliyetler sonucu TMA-N'e dönüşmektedir (Ashie ve diğ. 1996; Debevere ve diğ. 1996). Bozulmaya paralel olarak TMA-N miktarı artış gösterebilir, özellikle bazı balık türlerinde bozulmayı belirlemede indikatör görevi yapmaktadır (Malle ve Poumeyrol, 1989; Zhang ve diğ, 2003). Balık ve balık ürünlerindeki kimyasal bozulma parametrelerinden TMA-N için limit değerleri Ludorff ve Meyer, (1973) 'e göre şu şekilde verilmiştir. Buna göre 4mg/100g TMA-N "iyi", 10 mg/100g TMA-N "pazarlanabilir" ve ≥12 mg/100g TMA-N içeren balık "bozulmuş" olarak değerlendirilmektedir. Balıklardaki TMA-N sınır değerini Karnop ve diğ. 1978; Dalgaard ve diğ. (1993) 10-15 mg/100g, Stockemer ve Nieper, (1984) 12 mg/100g olarak bildirmektedir. Kietzmann ve diğ. (1969) tarafından yağlı balıklar için bu değer 8-10 mg/100g olarak değerlendirilmiştir. Sikorski ve diğ. (1990) tarafından

yağlı balıklar için TMA-N tüketilebilirlik değeri 5 mg/100g olarak bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda kullandığımız çipura ve levrek balıklarının yağ miktarı sırasıyla 15,11 g/100g ve 6,13 g/100g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler balıklarımızın yağlı balık sınıfında olduğunu göstermektedir ve bozulmuşluk sınır değer 5 mg/100g kabul edilmiştir.

Chouliara ve diğ. (2005) 0-2°C' de depolanan vakum paketlenmiş ışınlanmamış ve ışınlanmış (1 kGy ve 3 kGy) çipuranın başlangıç TMA-N değerini 0,8 mg/100g, 0,4 mg/100g ve 0,3 mg/100g olarak bildirmişlerdir. Aynı çalışmada depolamanın 10. günü kontrol grubu çipura örneklerinde 1,2 mg/100g, depolamanın 21. günü 1 kGy ışınlamış örneklerde 2,8 mg/100g ve depolamanın 28. günü 3 kGy ışınlanmış çipura örneklerinde 0,7 mg/100g TMA-N değeri belirlenmiştir. Tuzlanmış, vakum paketlenmiş çipura balıkları 1 ve 3 kGy ışınlanmış ve +4 °Cde depolanmıştır. Başlangıç TMA-N değeri kontrol grubu ve ışınlanmış örneklerde 0,36 mg/100g, 0,28 mg/100g ve 0,21 mg/100g olarak tespit edilmiştir. 42 günlük depolama sonunda kontrol grubu örneklerde 8,87 mg/100g TMA-N değeri ölçülürken, 1 ve 3 kGy ışınlanmış örneklerde 6,17 mg/100g ve 4,52 mg/100g TMA-N değeri tespit edilmiş ve düşük dozlarda ışınlama işleminin TMA-N oluşumunu engellediği bildirilmiştir (Chouliara ve diğ. 2004). Van Cleemput ve diğ. (1980) +6 °C' de depolanan ışınlanmamış ve 5 kGy ışınlanmış tropikal karideslerin TMA değerinin depolamanın 8. gününde sırasıyla 25,6 mg/100g ve 14,2 mg/100g olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 5.17: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının TBA değerlerindeki değişimler



Şekil 5.18: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının TBA değerlerindeki değişimler

Işınlanmamış kontrol grubu, 2.5 kGy ve 5 kGy ışınlanmış çipura balıklarının başlangıçtaki TBA değerlerinin 0,003 mg MDA/kg olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince kontrol grubunun TBA değerlerinin 9. günde 0,707 mg MDA/kg maksimum değerine ulaştığı sonra bu değerin azalış gösterdiği ve depolamanın son günü 0,267 mg MDA/kg değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Işınlanmış çipura (2.5 kGy ve 5 kGy) örneklerinde de depolama boyunca artış gözlenmiştir. Depolamanın 19. gününde 1,120 ve 0,928 mg MDA/kg değerlerine ulaşılmıştır (Şekil 5.17). Kontrol grubuna ve ışınlanmış gruplara göre istatistiki olarak değerlendirme yapıldığında kontrol grubu örnekleri ile ışınlanmış grup örnekleri arasında önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$), ışınlanmış gruplar arasındaki farkın depolamanın son günü baz alındığında önemli olduğu tespit edilmiştir.

Levrek balıklarında ise kontrol grubu ve ışınlanmış (2.5-5 kGy) grup örneklerinin başlangıçtaki TBA değeri 0,058 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Depolamanın 5. gününde kontrol grubunun TBA değeri 0,157 mg MDA/kg değerine yükselmiş, sonra bu değer düşüş göstererek depolamanın son gününde 0,05 mg MDA/kg olarak bulunmuştur. Işınlanmış levrek gruplarında da TBA değerinde düzenli bir yükseliş görülmüş bu değerler sırasıyla 9. ve 7. günde maksimum düzeyleri olan 0,121 mg MDA/kg ve 0,123 mg MDA/kg TBA değerleri belirlenmiştir (Şekil 5.18). Kontrol grubuyla ışınlanmış gruplar arası istatistik bir önem tespit edilmiş ($p \leq 0,05$), ışınlanmış gruplar arası bir fark tespit edilememiştir ($p > 0,05$).

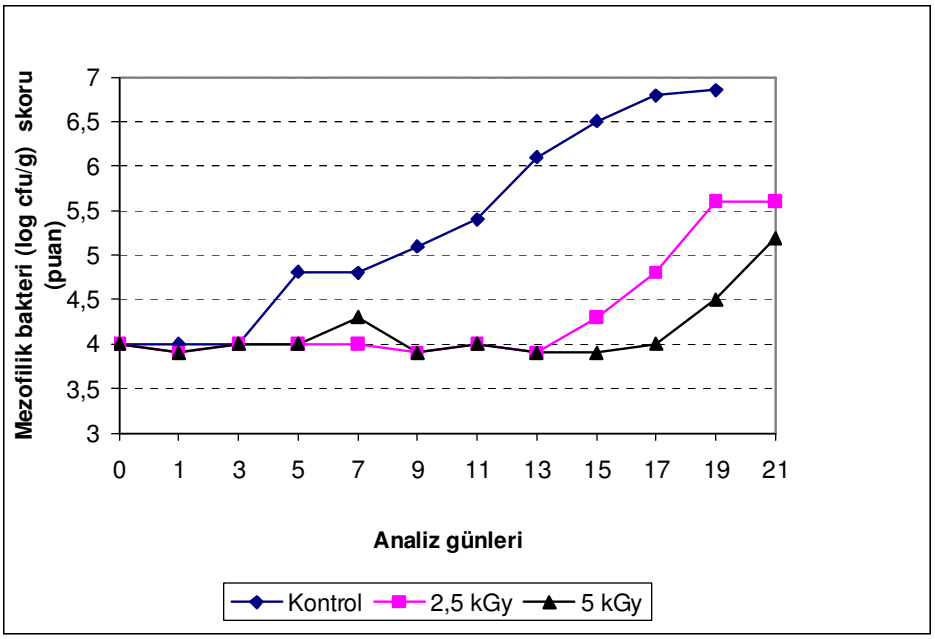
Von Amin ve diğ, (1978) 2 kGy ışınlanmış tatlı su balığında depolama boyunca kontrol grubuna göre daha düşük seviyede TBA değeri tespit etmişlerdir. Jeevanadam ve diğ, (2001) ve Lakshmanan ve diğ, (1999) ışınlanmış çipura ve ışınlanmış hamsi örneklerinde depolama boyunca önce artan sonra düşen TBA değerleri tespit etmişlerdir. Chouliara ve diğ, (2005) 0-2 °C' de depolanan vakum paketlenmiş ışınlanmamış ve ışınlanmış (1 kGy ve 3 kGy) çipuranın başlangıç TBA değerini 0,5 mg MDA/kg, 0,6 mg MDA/kg ve 0,6 mg MDA/kg olarak bildirmişlerdir. Aynı çalışmada depolamanın 10. günü kontrol grubu çipura örneklerinde bu değer 3 mg MDA/kg, depolamanın 21. günü 1 kGy ışınlamış örneklerde 5,2 mg MDA/kg ve depolamanın 28. günü 3 kGy ışınlanmış çipura örneklerinde 3,6 mg MDA /kg TBA değeri belirlenmiştir. Chouliara ve diğ. (2004) tarafından tuzlanmış vakum paketlenmiş çipura örneklerindeki TBA değeri 0,3 mg MDA/kg olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada 1 ve 3 kGy

ışınlanmış örneklerin TBA değeri 0,28 mg MDA/kg ve 0,21 mg MDA/kg olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada TBA değeri depolamaya paralel olarak artış göstermiş ve tüm depolama boyunca ışınlanmış örneklerin TBA değeri ışınlanmamış örneklerin TBA değerinden düşük bulunmuştur. Von Amin ve diğ. (1978) tatlı su balığı ışınlama uygulanmamış tatlı su balığında TBA değerlerinin 28. güne kadar artış gösterdiğini ve 0,090 mg MDA/kg değerine ulaştığını, 200 Krad (2 kGy) dozunda ışınlamış balığın ise 14. gün 0,040 mg MDA/kg maksimum değerine ulaştığını ve sonra düşüşe geçtiğini bildirmişlerdir. Al-Kahtani ve diğ. (1996) tilapia ve ispanyol uskumrularını değişik dozlarda ışınlama (1.5-3.0-4.5-6-10 kGy) uyguladıktan sonra +2 ±2°C' de depolamışlardır. İspanyol uskumrusunda TBA' nın maksimum artışının 20. günde, tilapyada ise maksimum artışın 16. günde olduğunu ve depolama sonunda TBA değerlerinin bundan sonra azalma gösterdiğini bildirmişlerdir.

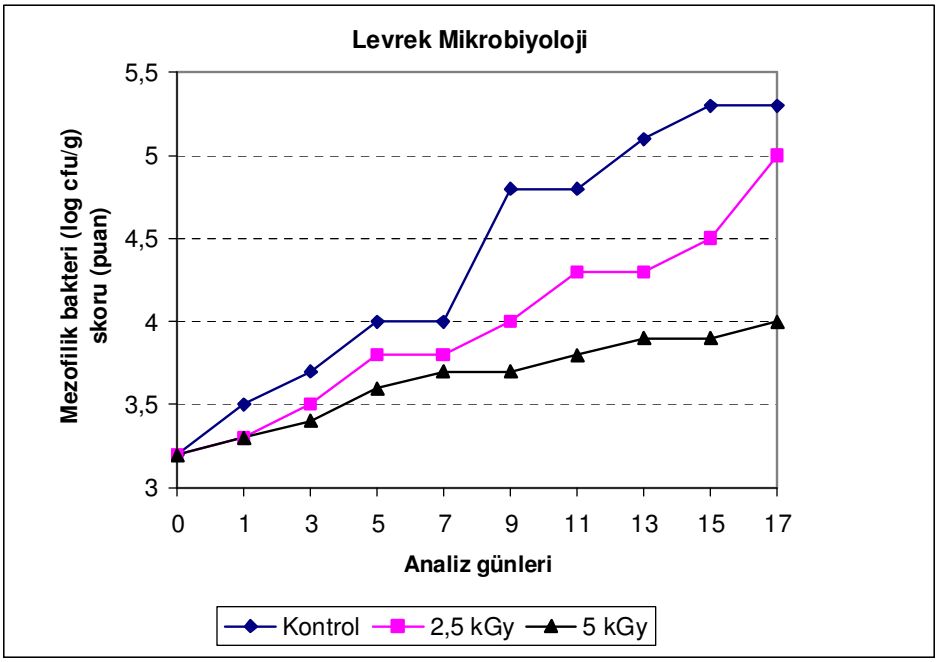
Al-Kahtani ve diğ. (1996) ışınlamanın depolama süresince lipid oksidasyonuna ve oksidasyonun ilerlemesine neden olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, anaerobik şartlar altında ışınlanmış ette depolama boyunca lipid oksidasyonunun meydana gelmediği ve oksidasyonda artış olmadığı rapor edilmiştir (Lee ve diğ. 2005).

Çalışma koşullarının hassasiyeti ve su sızdırmaz ambalajlar içinde buz uygulanması bizim çalışmamızda da oksidasyonun düşük olmasına sebep olmuştur. Değerler belli bir depolama süresince yükselip kalan depolama süresince düşüş göstermeside TBA degradasyonun başladığını göstermekte sonuçlarımızın literatür verileri uyumunu ortaya koymaktadır. Her iki balık türünde de bu yükseliş ve düşüş evresi farklı günlerde ortaya çıkmış olup, bunun yağ miktarı ile ilişkili olduğunu düşüncesine sebep olmuştur. Yağ mikarı arttıkça TBA yükselişi ve süresi uzamaktadır.

5.4. MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER



Şekil 5.19: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının mezofilik aerobik bakteri değerlerindeki değişimler



Şekil 5.20: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının mezofilik aerobik bakteri değerlerindeki değişimler

Çipura balığının kontrol grubunun, 2.5 kGy ve 5 kGy ışınlanmış grupların başlangıçtaki mezofilik aerobik bakteri yükü 4 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun mezofilik aerobik bakteri yükünün depolamanın 13. gününde 6,1 log cfu/g değerine ulaştığı, 2.5 ve 5 kGy' lik gruplarda ise depolama süresince 6 log cfu/g olan güvenlik sınır değerine ulaşmadığı belirlenmiştir (Şekil 5.19). Bu sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol grubuyla ışınlanmış örnekler arasındaki değişimin önemli olduğu ($p \leq 0,05$), 2.5 ve 5 kGy' lik gruplar arasındaki farkında önem arz ettiği ($p \leq 0,05$) bulunmuştur.

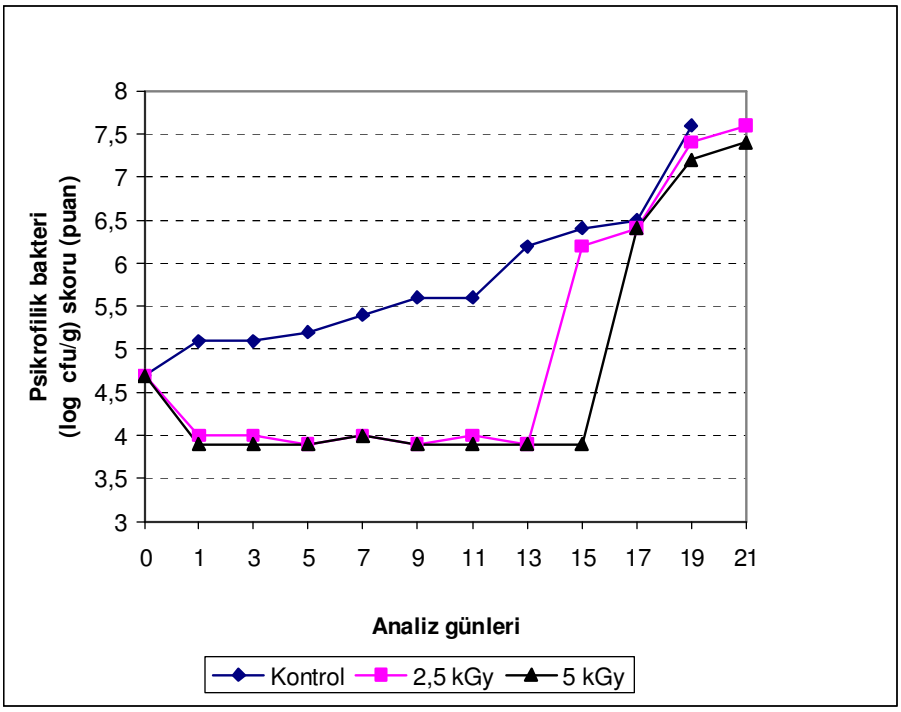
Levrek balığının kontrol grubunun ve ışınlamış grupların başlangıçtaki mezofilik aerobik bakteri yükünün <4 log cfu/g değerinde olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki yük artışı depolamanın 5. gününden itibaren başlamış, 11. ve 13.günde 4.8 log cfu/g ve 5,1 log cfu/g maksimum değerine ulaşmıştır. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun mezofilik bakteri yükü 17. günde 5,0 log cfu/g maksimum değerine ulaşmıştır. 5 kGy' lik grubun mezofilik aerobik bakteri yükü ise depolamanın 17. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmış, 17. gün 4,0 log cfu/g değerine ulaştığı ve limit değerin aşılmadığı gözlenmiştir (Şekil 5.20). Bu sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol örnekleriyle 2.5 kGy' lik örnekler arasındaki farkın önemsiz ($p > 0,05$), 5 kGy' lik örnekler ile 2.5 kGy' lik örnekler arasındaki ve kontrol grubu arasındaki farkın birbirleri için önemli ($p \leq 0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

İyonize radyasyonun gıdalardaki mikroorganizmaları öldürdüğü veya gelişmelerini durdurduğu literatürlerde yer almaktadır (Venugopal ve diğ. 1999).

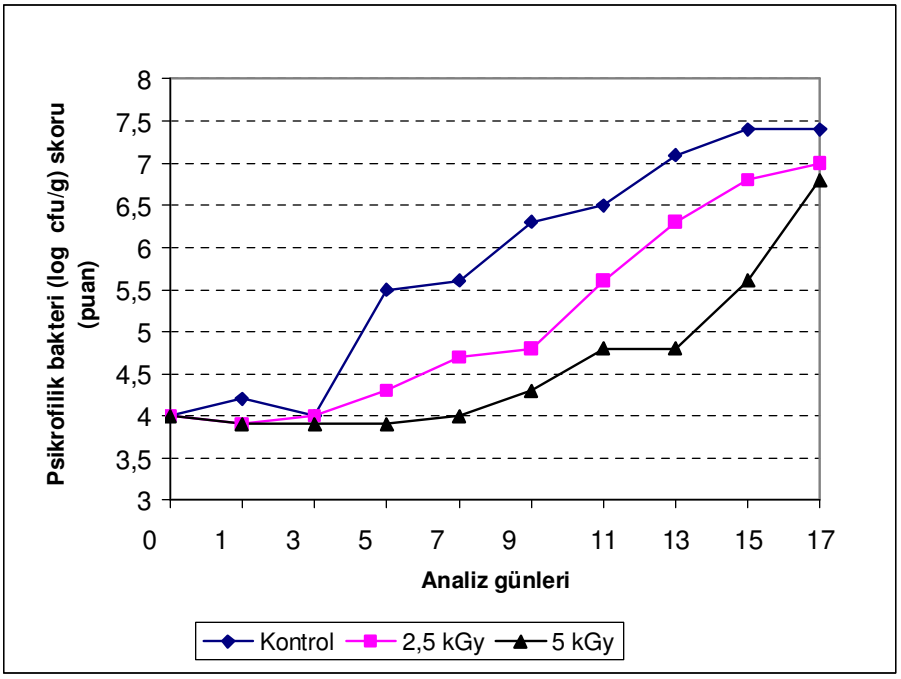
Chouliara ve diğ. (2005) 0-2°C' de depolanan vakum paketlenmiş ışınlanmamış ve ışınlanmış (1kGy ve 3 kGy) çipuranın başlangıç toplam mezofilik aerobik bakteri değerini 5,4 log cfu/g, 2 log cfu/g ve 4 log cfu/g olarak bildirmişlerdir. Aynı çalışmada depolamanın 9. günü kontrol grubu çipura örneklerinde depolamanın 18. günü 1 kGy ışınlamış örneklerde ve depolamanın 26. günü 3 kGy ışınlanmış çipura örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri değeri 7 log cfu/g'ı geçtiği bildirilmiştir. Tatlı su ve deniz balıkları için bildirilen mezofilik aerobik bakteri limit değeri 7 log cfu/g dır (ICMSF, 1986). Chouliara ve diğ. (2004) vakum paketlenmiş, tuzlanmış, ışınlamamış çipuranın (kontrol grubunun) mezofilik bakteri yükünün depolamanın 3. günü (+4°C) 4,2 log cfu/g olduğunu, tuzlanmış, vakum paketlenmiş, 1 kGy ve 3kGy ışınlanmış olan

çipura örneklerinin mezofilik bakteri yükünün sırasıyla 2,4 log cfu/g ve 1,0 log cfu/g olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kontrol grubu, 1 kGy ve 3 kGy ışınlamış grupların sırasıyla 14. gün, 23. gün ve 40. günde 7 log cfu/g değerine ulaştığını bildirmişlerdir. Jeevanadam ve diğ. (2001) ışınlanmamış çipura balığının başlangıç mezofilik aerobik bakteri değerini 4,64 log cfu/g olarak bildirirken 1 ve 2 kGy dozda ışınlanmış çipura balığını da bu değer 3,36 ve 2.75 log cfu/g olarak bildirilmiştir. Depolama boyunca üç grupta da artış gösteren mezofilik aerobik bakteri yükü depolamanın 20. günü kontrol grubu örneklerde 8,60 log cfu/g olarak bildirmişlerdir. Işınlamış örneklerde bu değere ancak depolamanın 30 günü ulaşılmıştır. Jo ve diğ. (2004) tarafından ışınlama uygulamasının su ürünlerinde mikrobiyal yükün inhibe edici etkisi bildirmektedir. Venugopol ve diğ. (1999) ve Molins ve diğ. (2001) özellikle 1 ile 3 kGy arasındaki ışınlama uygulamalarının taze balığın mikrobiyal raf ömrünü uzattığını belirtmişlerdir. Mendes ve diğ, (2005) ışınlanmış istavrit balıklarında buzda depolama sırasında kontrol grubuna göre ışınlanmış örneklerde 1-2 log daha düşük mezofilik aerobik bakteri yükü tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Van Cleemput ve diğ. (1980) ve Ouattara ve diğ. (2001) ışınlamış karideslerde Chen ve diğ. (1996) ışınlanmış yengeç etinde depolama boyunca (+4°C) ışınlanmamış karideslere göre önemli ölçüde düşük aerobik mezofilik bakteri yükü tespit etmişlerdir. Kwon ve diğ. (2004) kurutulmuş balık ürünlerinde de ışınlama işleminin ürünün mikrobiyal yükü üzerine önemli ölçüde azaltıcı etkisi olduğunu bildirmiştir. Balığın mikrobiyal yükü avlandığı alan ve çevre faktörleriyle ilişkilidir (Ward ve Baj, 1988). Avdan sonra uygulanan işlemler, depolama koşulları, transport sırasındaki faktörler bakteri tipini ve bakteri yükünü etkileyen faktörlerdir (Botta ve diğ. 1987).

Yapılan çalışmanın sonuçları literatür veriyle ilişkili olup, ışınlamanın direkt mikroorganizmalar üzerine etki ettiği sonucunu desteklemektedir.



Şekil 5.21: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının psikrofilik bakteri değerlerindeki değişimler



Şekil 5.22: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının psikrofilik bakteri değerlerindeki değişimler

Çipura balığının kontrol grubunun, 2.5 kGy ve 5 kGy ışınlanmış grupların başlangıçtaki psikrofilik bakteri yükü 4,7 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun psikrofilik bakteri yükü depolamanın 13. gününde 6,2 log cfu/g değerine ulaşmıştır. 2,5 kGy' lik grubun psikrofilik bakteri yükü 15. günde 6,2 log cfu/g ve 5 kGy' lik grubun psikrofilik bakteri yükü ise 17. günde 6,4 log cfu/g değerine ulaştığı 6,0 logcfu/g değerinin aşıldığı belirlenmiştir (Şekil 5.21). Bu değerler istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol grubu ile ışınlanmış örnekler arasındaki farkın $p \leq 0,05$ aralığında önem arz ettiği bulunmuş, ışınlamış gruplar arasındaki farkında önemli ($p \leq 0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

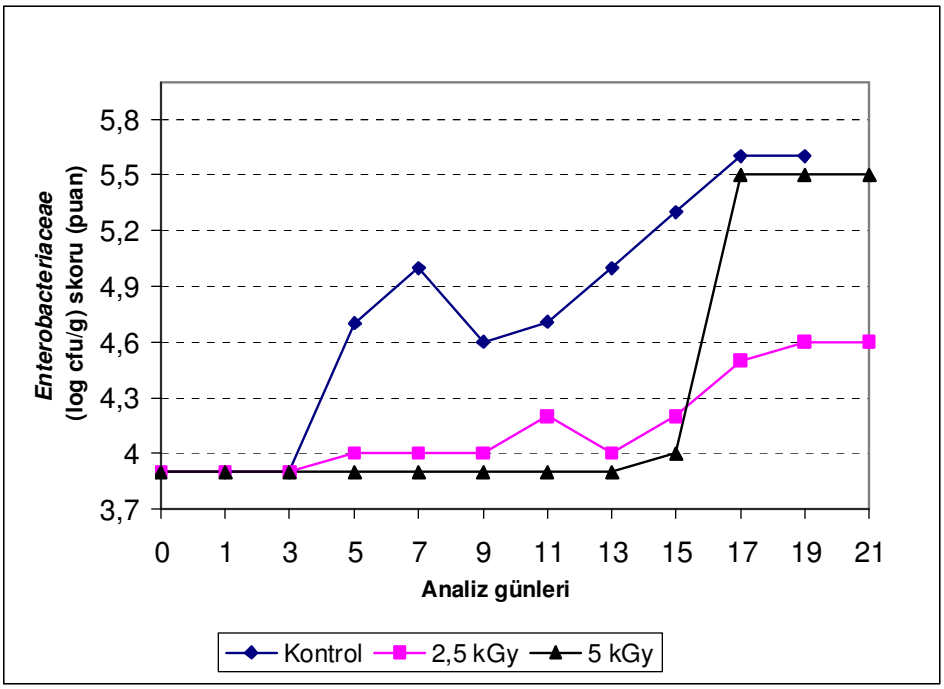
Levrek balığında ise, kontrol grubu ve ışınlamış grupların başlangıçtaki psikrofilik bakteri yükünün 4,0 log cfu/g değerinde olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubunun psikrofilik bakteri yükü depolamanın 9. gününde 6,3 log cfu/g değerine ulaşmış ve depolama boyunca psikrofilik bakteri yükünde artış gözlenmiştir. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun bakteri yükü depolamanın 13. gününde 6,3 log cfu/g değerine ulaşmış, depolamanın son gününe kadar artış devam etmiştir. 5 kGy' lik grubun psikrofilik bakteri yükü ise depolamanın son gününde 6,8 log cfu/g değerine ulaştığı güvenlik sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir (Şekil 5.22). Bu sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde bütün grupların birbirlerine ([Kontrol-2.5 kGy] [Kontrol-5 kGy] [2.5-5 kGy]) göre önemli ($p \leq 0,05$) fark oluşturdukları belirlenmiştir.

Lapa-Guimarães ve diğ. (2002) su ürünlerinde psikrofilik bakteri yükü için 6 log cfu/g değerini limit olarak bildirmektedir.

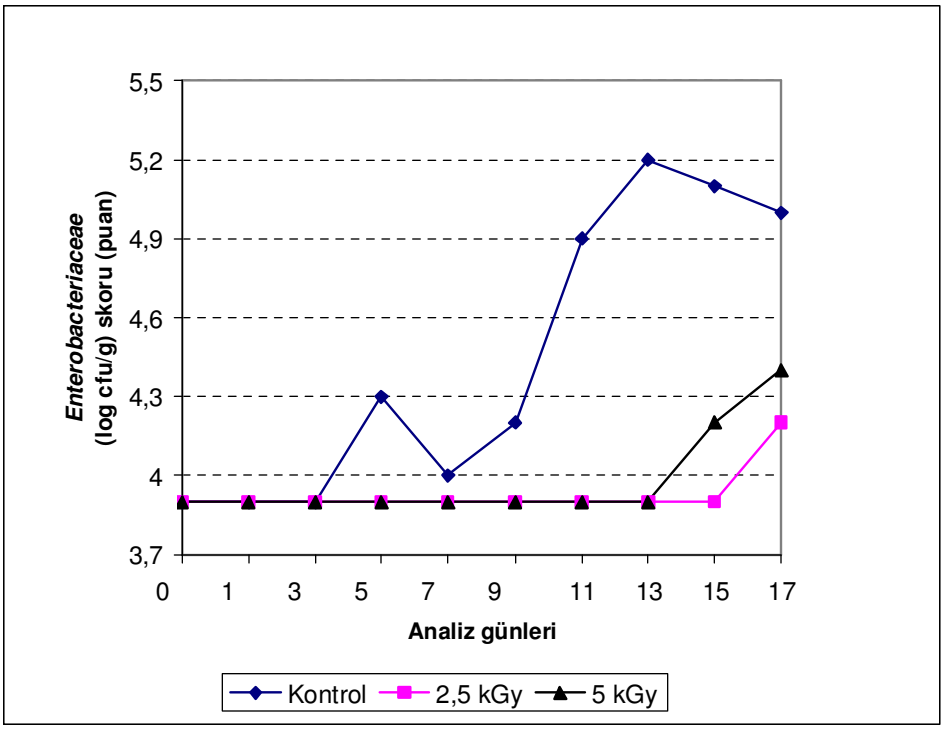
Soğukta depolanan kolyoz balığında bozulma tespit edildiğinde psikrofil bakteri yükü 6,4 log cfu/g olarak tespit edilmiştir (Erkan, 2003). Likid buzda depolanan levrek balıklarında depolamanın 15 günü tüketilemez kaliteye düştüğü tespit edilirken psikrofil ve mezofil bakteri yükü bu günde 7 log cfu/g ın üzerinde bulunmuştur (Çaklı ve diğ. 2006). Buzda depolanan çipura ve levrek balıklarının kalitesinin incelendiği bir çalışmada çipura ve levrek örneklerinin duyusal olarak 12. günden sonra tüketilemez kalitede olduğu tespit edilmiştir. Bu sırada tespit edilen psikrofilik bakteri yükü ise çipura balığında 7,35 log cfu/g ve levrek balığında 7,31 log cfu/g dır (Çaklı ve diğ. 2006a). Bir başka çalışmada buzda depolanan çipura ve levrek balıklarında duyusal ve mikrobiyolojik bozulmanın depolamanın 9. gününde başladığı bildirilmektedir. Tespit

edilen mezofilik aerobik bakteri ve psikrofil bakteri değeri çipura balığı için 7.39 log cfu/g - 7.43 log cfu/g dır. Aynı çalışmada depolamanın 9. günü levrek balığında bu değerler 7,26 log cfu/g ve 7.59 log cfu/g olarak tespit edilmiştir (Çaklı ve diğ. 2006b).

Çipura ve levrek balıkları üzerine ışınlamanın etkisini araştırdığımız bu çalışmada da elde ettiğimiz psikrofilik bakteri analizi sonuçlarımız literatür verileri ile uyum göstermiş, ışınlamanın psikrofil mikroorganizma yükünü düşürdüğü ve depolama süresinde istatistiksel ($p \leq 0,05$) olarak önemli bir artış sağladığı bulunmuştur.



Şekil 5.23: Işınlanmış ve ışınlanmamış çipura balığının *Enterobacteriaceae* değerlerindeki değişimler



Şekil 5.24: Işınlanmış ve ışınlanmamış levrek balığının *Enterobacteriaceae* değerlerindeki değişimler

Çipura balıklarının kontrol grubu, 2.5 kGy ve 5 kGy ışınlanmış grupların başlangıçtaki *Enterobacteriaceae* yükü <4 log cfu/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun *Enterobacteriaceae* yükü depolamanın 5. gününden itibaren artış göstermiş, depolamanın 17. gününde 5,6 log cfu/g maksimum değerine ulaşmıştır. Işınlanmış gruplardan 2.5 kGy' lik grubun *Enterobacteriaceae* yükü depolamanın 9. gününden itibaren artış göstermiş, depolamanın 19. gününde 4,6 log cfu/g değerine ulaşmıştır. 5 kGy' lik grubun *Enterobacteriaceae* yükü ise depolamanın 15. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmıştır. 15. günde artış göstermeye başlamış, 19. günde 5,5 log cfu/g değerine ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 5.23). Bu sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde kontrol grubuna göre, kontrol örnekleri ışınlanmış örnekler için önemli ($p \leq 0,05$), ışınlanmış örnekler birbirleri için önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Levrek balıklarının ise başlangıçtaki *Enterobacteriaceae* yükünün kontrol grubu ve ışınlanmış gruplarda (2.5-5 kGy) <4 log cfu/g değerinde olduğu, 6,0 log cfu/g değerinin aşılmadığı belirlenmiştir. Kontrol grubunun bakteri yükü depolamanın 5. gününden itibaren artış göstermeye başlamış, 13. günde 5,2 log cfu/g değerine ulaşmıştır. 2.5 kGy' lik grubun *Enterobacteriaceae* yükü depolamanın 15. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmış, 17. gün 4,2 log cfu/g değerine ulaşmıştır. 5 kGy' lik grubun bakteri yükü ise depolamanın 13. gününe kadar <4 log cfu/g değerinde kalmış, 17. gün 4,4 log cfu/g maksimum değerine ulaştığı, limit değerin aşılmadığı gözlenmiştir (Şekil 5.24). Bu sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde bütün gruplara göre bütün örnekler birbirleri için önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur.

Chouliara ve diğ. (2005) tarafından ışınlanmış çipura örneklerinde *Enterobacteriaceae* yükünün depolamanın 18. gününde 7 log cfu/g'a ulaşıldığını, 1kGy ve 3 kGy ışınlanmış örneklerde 42 günlük depolama sonunda 6log cfu/g ve 4 log cfu/g *Enterobacteriaceae* yükü tespit edildiği belirtilmiştir. Chouliara ve diğ. (2004) tuzlanmış, vakum paketlenmiş çipura balıkları örneklerinde (kontrol grubu) *Enterobacteriaceae* yükü 35 gün depolamadan sonra 7 log cfu/g değerine ulaştığını, 1 kGy ve 3 kGy ışınlamış örneklerin ise sırasıyla 5,2 log cfu/g ve 3,5 log cfu/g değerine ulaştığını tespit etmişlerdir. Balıklarda *Enterobacteriaceae* mevcudiyeti yakalandıktan sonra soğutmanın gecikmesi yada su kirliliği nedeniyle meydana gelmektedir (Chouliara ve diğ. 2004).

SONUÇ

Yapılan çalışma sonuçlarının literatür verileriyle karşılaştırılması sonucu balıkların Co_{60} radyosyon kaynağı vasıtasıyla iyonize ışınlamaya tabii tutulmasının raf ömrü üzerinde olumlu etkilere sebep olduğu, ancak besin bileşiminde de iyonizasyon dozuna bağlı olarakta önemli değişimler meydana getirdiği tespit edilmişitr.

Işınlanmamış ve ışınlanmış (2.5-5 kGy) çipura ve levrek balıkların raf ömürlerini belirleyen tablolar aşağıda verilmektedir (Tablo 5.1, 5.2).

Tablo 5.1: Işınlanmamış ve ışınlanmış (2.5-5 kGy) çipura balığının raf ömrüleri.

Raf ömürü	**KONTROL**	**2.5 kGy' lik GRUP**	**5 kGy' lik GRUP**
Duyusal (çiğ)	13 gün	17 gün	17.gün
Duyusal (pişmiş)	13 gün	17 gün	17 gün
pH	13 gün	17 gün	17 gün
TVB-N	13 gün	21 gün	21 gün
TMA-N	9 gün	17 gün	21 gün
TBA	-	-	-
Mezofilik aerobik bakteri	13 gün	-	-
Psikrofilik bakteri	13 gün	15 gün	17 gün
Enterobacteriaceae	-	-	-
Genel raf ömrü	**13 gün**	**15 gün**	**17 gün**

Tablo 5.2: Işınlanmamış ve ışınlanmış (2.5-5 kGy) levrek balığının raf ömrüleri.

Raf ömrü	KONTROL	2.5 kGy' lik GRUP	5 kGy' lik GRUP
Duyusal (çiğ)	13 gün	15 gün	15 gün
Duyusal (pişmiş)	15 gün	17 gün	17 gün
pH	9 gün	11 gün	11 gün
TVB-N	15 gün	-	-
TMA-N	15 gün	-	-
TBA	-	-	-
Mezofilik aerobik bakteri	-	-	-
Psikrofilik bakteri	9 gün	13 gün	17 gün
Enterobacteriaceae	-	-	-
Genel raf ömrü	**9 gün**	**13 gün**	**17 gün**

Tablolarda görüldüğü gibi +4 ±1°C' de depolanan ışınlanmamış çipura balığının 13. güne kadar tazeliğini korurken, ışınlanmış (2.5-5 kGy) örneklerin 15. ve 17. güne kadar tazeliğini muhafa ettikleri, ışınlanmamış levrek balıklarının 9 gün, ışınlanmış gruplardan 2.5 kGy ışınlanmış örneklerin 13 gün ve 5 kGy ışınlanmış örneklerin 17 gün tazeliklerini koruyabildikleri belirlenmiştir.

Özelikle çalışma sonucunda bazı literatürlerce ortaya konmuş olan Psikrofilik mikroorganizma kritik değeri olan 6 log cfu/g lık yükün tespit ettiğimiz mikroorganizma ve duyusal sonuçlarımızla da yakın ilişki içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar Tablo 5.1 ve 5.2 de dikkatle incelendiğinde neredeyse tüm örneklerde kritik sınır değer olan 6 log cfu/g aşıldıktan bir deney sonrası balıkların duyusal olarakta reddedildiği görülmektedir.

Sonuç olarak 2.5-5 kGy ışınlama uygulamasının +4 ±1°C' de depolanan çipura balıklarının raf ömrünü yaklaşık olarak sırasıyla % 15 ve % 31 oranında, levrek balıklarının raf ömrünü ise ışınlama dozuna göre sırasıyla % 56 ve % 88 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

AL-KAHTANI, H.A., ABU-TARBOUSH, M.H., BAJABER, A.S., ATIA, M., ABOU-ARAB, A.A., EL-MOJADDIDI, M.A. (1996): Chemical changes after irradiation and post- irradiation storage in Tilapia and Spanish Mackerel. *Journal of food Science,* 61(4):729-733.

ALASALVAR, C., TAYLOR, K.D., ÖKSÜZ, A., GARTHWAİTE, T., ALEXIS, M.N., GRIGORAKIS, K. (2001): Freshness assessment of cultured sea bream (Sparus aurata) by chemical, physical and sensory methods. *Food Chemistry*, 72(1): 33-40.

ALKAN, H., (2000): Işınlanmış gıda ürünlerine talep artacaktır. *Gıda Dergisi.* http://www.gammapak.com.tr/teknik_dokumanlar.Yazi3.html.

ALKAN, H., (2002): Gıda ürünlerinin korunmasında ve gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinde gıda ışınlama yöntemi. *Gıda Dergisi.* http://www.gammapak.com.tr/teknik_dokumanlar.Yazi2.html.

ANON (1999): Resmi Gazete Tarih ve Sayısı; 6.11.1999, 23868.

ANTONOCOUPOULOS, N., VYNCKE, W. (1989): Determination of volatile basic nitrogen in fish. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 189:309-316.

AOAC (1998a): Official Method 955.04 Nitrogen (Total) in Seafood. Chapter 35, p.6. Fish and Other Marine Products, James M. Hungerford, Chapter Editor. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Edited by Patrica Cunniff. ISBN 0-935584-54-4 and ISSN 1080-0344.

AOAC (1998b): Official Method 938.08 Ash of Seafood. Chapter 35, p.6. Fish and Other Marine Products, James M. Hungerford, Chapter Editor. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Edited by Patrica Cunniff. ISBN 0-935584-54-4 and ISSN 1080-0344.

AOAC (1998c): Official Method 971.14, Trimethylamine Nitrogen in Seafood Colorimetric Method. In: Hungerford JM (Chapter ed). Fish and Other Marine Products. In: Cunniff P (ed), *Official Methods of Analysis of AOAC International*, ISBN 0-935-584-54-4, ISSN 1080-0344, Chapter 35, p 7.

ASHIE, I.N.A., SMITH, J.P., SIMPSON, B.K. (1996): Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(1-2):87-121.

AYHAN, H. (1992): Işınlanmış Gıdaların Teşhisi. *Gıda*. 12(2):151-160.

BAUMGARD, J. (1996): *Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln*. Edt: Jürgen Baumgart, unter Mitarbeit von Jürgen Firnhaber, Gottfried Spicher. Behr's Verlag, ISBN: 3-922528-91-0 Hamburg.

BEKLEVİK, G., POLAT, A., ÖZOĞUL, F. (2005): Nutritional value of sea bass (Dicentrarchus labrax) fillets during frozen (-18 degrees °C) storage. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 29(3): 891-895.

BOTTA, J. R., BONNELL, G., SQUIRES, B.E. (1987): Effect of method of catching and time of season on sensory quality of fresh raw Atlantic cod (Gadus morhua). *Journal of Food Science*, 52, 928–931.

BULDUK S. (2004): *Gıda Teknolojisi Kitabı*, Detay Yayıncılık Ankara, ISBN: 975-8326-43-0.

CHEN, Y.P., ANDREWS, L.S., GRODNER, R.M. (1996): Sensory and microbial quality of irradiated crab meat products. *Journal of food Science*, 61(6):1239-1242.

CHOULIARA, I., SAWAIDIS, LN., RIGANAKOS, K., KONTAMINAS, M.G. (2004): Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (Sparus aurata) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes. *Food Microbiology* 21 (3): 352-359 JUN 2004.

CHOULIARA, I., SAWAIDIS, LN., RIGANAKOS, K., KONTAMINAS, M.G. (2005): Shelf-life extension of vacuum-packaged sea bream (*Sparus aurata*) fillets by combined

gamma-irradiation and refrigeration: microbiological, chemical and sensory changes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85 (5): 779-784 APR 15 2005.

ÇAKLI, S., KILINÇ, B., CADUN, A., TOLASA, S. (2006):Effects of using slurry ice on the microbiological, chemical and sensory assessments of aquacultured sea bass (Dicentrarchus labrax) stored at 4 ˚C. *European Food Research and Technology*, 222: 130–138

ÇAKLI, S., KILINÇ, B., CADUN, A., DİNÇER, T., TOLASA, S. (2006a): Effect of ungutting on microbiological, chemical and sensory properties of aquacultured sea bream (Sparus aurata) and sea bass (Dicentrarchus labrax) stored in ice. *European Food Research and Technology*, 222(5-6):719-726.

ÇAKLI, S., KILINÇ, B., CADUN, A., TOLASA, S. (2006b): Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. *Food Control*, *Available online 26 January 2006,*

ÇETİNKAYA, N., İÇ, E. (2006): Gıda ışınlamanın pratik uygulanabilirliği, http://kutuphane.taek.gov.tr/internet_tarama/dosyalar/cd/4115/pdf/109.pdf.

DALGAARD, P., GRAM, L., HUSS, H.H. (1993): Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology,* 19(4): 283-294.

DEBEVERE, J., BOSKOU, G. (1996): Effect of modified atmosphere packaging on the TVB-TMA-producing microflora of cod fillets. *International Journal of Food Microbiology,* 31(1-3):221-229.

DEMİREZEN, Ü., ÇETİNKAYA, N. (2006):Gıda ışınlama ve önemi. http://kutuphane.taek.gov.tr/internet_tarama/dosyalar/cd/4115/pdf/171.pdf. (http://tarimsal.com/tarimhaberleri/gida_isinlama.htm).

DURWOOD, B., BRYNJOLFASON, A. (1980): Potential uses of irradiation in the processing of food. *Food Technology* 34:75.

EC COUNCIL REGULATION (EC) N 2406/96 OF 26 NOVEMBER (1996): Laying down common marketing standards for certain fishery products (OJ L 334, 23.12.1996, p. 1) (1996).

EHLERMANN, E.A.D., AMMON, J. (1997): Legal bestrahlt, *Bestrahlte Lebensmittel in Deutschland zugelassen*. ZFL 48(9): 18-20.

ERKAN, N. (2003): Tauchen von Fischfilets (*Scomber colias* und *Mugil cephalus*) in Natriumlactat und Propylgallat: *Einfluss auf die Haltbarkeit und Qualität. Archiv für Lebensmittelhygiene* 54(3):60-64.

GHADI, S.V., VENUGOPAL, V., (1991): Influence of g-irradiation and ice storage on fat oxidation in three Indian fish. Int.ernational *Journal of Food Science and Technology*. 26, 397–401.

GRIGORAKIS, K., TAYLOR, K.D.A., ALEXIS, M. (2003): Seasonal patterns of spoilage of ice-stored cultured gilthead sea bream (Sparus aurata). *Food Chemistry*, 81:263-268.

GÜLYAVUZ, H., ÜNLÜSAYIN, M. (1999): Su Ürünleri İşleme Teknolojisi *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı,* Isparta, ISBN: 975-96897-0-7.

HEISS, R., EICHNER, K. (2002): *Haltbarmachen Von Lebensmitteln: Chemishe, Physikalische Und Mikrobiologische Grundlagen Der Qualitätserhaltung*. 4., Überarb. Und Erw. Aufl.. Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Tokio: Springer Verlag S.281-296. ISBN: 3-540-43137-3.

HUSS, H.H. (1988): Fresh Fish Quality and Quality Changes, *FAO Fisheries Series*, No:29, FAO, Rome.

HUSSAIN, M., A., QURESHI, J., M., HAQ, I., CHAUDRY, A., M. (1978): Radurization of freshwater rahu fish. *Archiv für Lebensmittelygiene* 29: 41-80.

ICMSF (1986): *International commission on microbiological specifications for foods. Microorganisms in Foods. Sampling for microbiological analysis:* Principles and scientific applications (Vol. 2, 2nd ed.). Toronto, Canada: University of Toronto Press.

JEEVANANDAM, K., KAKATKAR, A., DOKE, S.N., BONGIRWAR, V., VENUGOPAL, V., (2001): Influence of salting and gamma irradiation on the shelf-life extension of threadfin bream in ice. *Food Research International* 34, 739–746.

JO, C., LEE, W.D., KIM, D.H., KIM, J.H., AHN, H.J., BYUN, M.W. (2004): Quality attributes of low salt *Changran Jeotkal* (aged and seasoned intestine of Alaska Pollock, *Theragra chalcogramma*) developed using gamma irradiation. *Food Control*, 15:435-440.

KARADAĞ, A., GÜNEŞ, G. (2005): Gamma ışınlarının gıdaların besin değeri üzerindeki etkileri. *Dünya Gıda Dergisi*, Eylül sayısı.

KARL, H., MEYER, C., MÜNKNER, W. (2001): Vergleichende Eislagerung von ausgenommenen und unausgenommenen Schleien. *Information für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung*, 48(3):139-143.

KARNOP, G., MUNZER, R., ANTONACOPOULUS, N. (1978): Ein Fluss der Bestrahlung an Borda uf Die Haltbarkeit von Rotbarsch. *Archiv für Lebensmitelhyiegene,* 29:49-53.

KIETZMANN, U., PRIEBE, K., RAKOU, D., REICHSTEIN, K. (1969). *Seefisch als Lebensmittel*. Paul Parey Verlag Hamburg- Berlin.

KLEEBERG, K.K. (2002): *Identifizierung von Aminosäure-Radiolyseprodukten und sensorische Veränderungen in γ-bestrahlten Nordseegarnelen (Crangon crangon) und anderen eiweißreichen Lebensmitteln*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades des Fachbereichs Chemie der Universität Hamburg Abteilung für Lebensmittelchemie Hamburg 2002 s. 7-8.

KOREL, F., ORMAN, S. (2005): Gıda ışınlaması uygulamaları ve tüketicinin gıdaya bakış açısı. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 9(2): 19-27.

KWON, J.H., KAUSER, T., NOH, J.E., WARRIER, S.B., VENUGOPAL, V., KARANI, M., ARTIK, A., BHUSHAN, B., BYUN, M.W., KIM, S.J., KIM, K.H., KIM, K.S. (2004): Inter-country transportation of irradiated dried Korean fish to prove its quality and identity. *Radiation Physic and Chemistry* 71:81-85.

KYRANA, V.R., LOUGOVOIS, V.P., VALSAMIS, D.S. (1997): Assessment of shelf-life of maricultured gilthead sea bream (Sparus aurata) stored in ice. International *Journal of Food Science and Technology*, 32: 339-347.

KYRANA, V.R., LOUGOVOIS, V.P. (2002): Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (Dicentrarchus labrax) stored in melting ice. *International Journal of Food Science and Technology* 37, 319–328.

LAKSHMANAN, R., VENUGOPAL, V., VENKETASHVARAN, K., BONGIWAR, D.R., (1999): Bulk preservation of small pelagic fish by gamma irradiation: studies on a model storage system using Anchovies. *Food Research International* 32, 707–713.

LAPA-GUIMARÃES, J., APARECIDA AZAVEDO DA SILVA, M., EDUARDO DE FELICIO, P., CONTRERAS GUZMAN, E. (2002): Sensory, colour and psychrotrophic bacterial analyses of squids (Loligo plei) during storage in ice. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 35:21-29.

LEE, J.W., PORK, K.S., KIM, J.G., OH, S.H., LEE, Y.S., KIM, J.H., BYUN M.W. (2005): Combined effects of gamma irradiation and rosemary extract on the shelf life of a ready-to-eat hamburger steak. *Reduction Physics and Chemistry,* 72: 49-56

LUDORFF, W., MEYER, V. (1973): *Fische und Fischerzeugnisse.* Verlag Paul Parey in Hamburg und Berlin. ISBN: 3 489 71914 X.

MALLE, P., POUMEYROL, M. (1989): A new chemical criterian for the quality control of fish:Trimethylamine/total volatile basic nitrogen (%). *Journal of Food Protection,* 52(6):419-423.

MASNIYOM, P., BENJAKUL, S., VISESSANGUAN, W. (2002): Shelf-life extension of refrigerated sea bass slices under modified atmosphere packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 873–880.

MATTISSEK, R., SCHNEPEL, MF., STEINER, G. (1992): *Lebensmittelanalytik, Grundzüge. Methoden. Anwendungen.* ISBN: 3-540-54684-7 Zweite, korrigierte Auflage. Springer Berlin Heidelberg New York.

MENDES, R., SILVA, H.A., NUNES, M.L., EMPIS, JMA. (2005): Effect of low-dose irradiation and refrigeration on the microflora, sensory characteristics and biogenic amines of Atlantic horse mackerel (Trachurus trachurus). *European Food Research and Technology,* 221:329-335.

MERRILL, A.L., AND WATT, B.K. (1973): *Energy value of Foods, ...basis and derivation*. Agriculture research service. United States Department of Agriculture. *Agriculture handbook* No:74, p 2.

MOLINS, R.A., MOTARJEMI, Y., KÄFERSTEIN, F.K. (2001): Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods. *Food Control,* 12:347-356.

OUATTARA, B., SABATO, S.F., LACROIX, M. (2001): Combined efect of antimicrobial coating and gamma irradiation on shelf life extension of pre-cooked shrimp (*Penaeus* spp.). I*nternational Journal of Food Microbiology*, 68:1-9.

OEHLENSCHLÄGER, J. (1981): Variation der gehalte an flüchtigen stickstofgehaltigen basen und TVB-N in Rotbarsch, *Information für die Fischwirtschaft*, 53: 33–34.

OEHLENSCHLÄGER, J. (1989): Die Gehalte an Flüchtigen Aminen und Trimethylaminoxid in Fangfrischen Rotbarschen aus Verschiedenen Fanggebieten des Nordatlantiks. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 40:55-58.

OLSON D., G. (1998): Irradiation of food. *Food Technology*, 52(1): 56-62 JAN 1998.

ÖZBİLGİN S., ACAR J. (1998): Gıdaların iyonize radyasyonla muhafazasında radyasyonun mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda Teknolojisi Derneği (GTD) Yayın Organı,* 13(1): 23-27.

ÖZDEN, Ö. (2004): *Su Ürünlerinde Işınlama Teknolojisi, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Kitabı,* Editör: Prof. Dr Candan Varlık. No: 4465 İstanbul, ISBN: 975-404-715-4.

ÖZOĞUL, F., GÖKBULUT, C., ÖZYURT, G., ÖZOĞUL Y., DURAL M. (2005): Quality assessment of gatted wild sea bass (Dicentrarchus labrax) stored in ice, cling film and aluminium foil. *European Food Research and Technology* 220 (3-4): 292-298.

PACHECO-AGUILAR, R., LUGO-SANCHES, M.E., ROBLES-BURGUENO, M.R. (2000): Post mortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0˚C. *Journal of Food Science*, 65, 40-47.

PAPADOPOULOS, V., CHOULIARA, I., BADEKA, A., SAVVAIDIS, I.N., KONTOMİNAS, M.G. (2003): Effect of gutting on microbiological, chemical, and sensory properties, of aqua-cultured sea bass *(Dicentrarchus labrax)* stored in ice. *Food Microbiology*, 20:414-420.

PICHHARDT, K. (1998): *Lebensmittelmikrobiologie. Grundlagen für die Praxis.* ISBN:3540633804, Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

QUARANTA, O., H., PICCINI L., J., PEREZ S.S. (1984): Volatile acids content of irradiatted Tuna Loins as a Criter. *Deutsche Lebensmittel- Rundsachau* 80(4):106-107.

QUARANTA, O., H., CURZIO, A., O. (1983): Use of the volatile basic nitrogen test in the determination of freshness and shelf-life of irradiated hake *(Merluccius merluccius hubbsi). Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 13:322-323.

SCHORMULLER, J. (1968): *Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2).* Berlin–Heidelberg–New York: Springer Verlag

SHEIKE, S. (2000): *Bestrahlungsnachweiss fetthaltiger lebensmittel durch ecd-kapillar-GC bromierte alkane und cyclobutane.* Diplomarbeit im studiengang lebensmitteltechnologie an der hochschule Bremerhaven-Almanya.

SILVA, H.A., MENDES, R., NUNES, M.L., EMPIS, J. (2006): Protein changes after irradiation and ice storage of horse mackerel. *European Food Research and Technology*, 2006, DOI 10.1007/s00217-006-0292-2.

SIKORSKI, Z. E., KOLAKOWSKA, A., BURT, J. R. (1990). Post harvest biochemical and microbial changes seafood. In "*Resources Nutritional Composition and Preservation*". Edt. Sikorski, p.55-75. CRC Press-Inc. Boca Raton Florida.

SONG, H.P., KIM, D.H., YOOK, H.S., KIM, K.S., KWON, J.H., BYUN, M.W. (2004): Application of gamma irradiation for aging control and improvement of shelf- life of kimchi, Korean salted and fermented vegetables. *Radiation Physic and Chemistry* 71:55-58.

STOCKEMER, J., NIEPER, L. (1984): Parameter zur Beurteilung des Verderbs von Nordsee krabben *(Crangon crangon). Archiv für Lebensmittelhyiene*, 35:5-7.

SÜMBÜLOĞLU, K., SÜMBÜLOĞLU, V. (2002): *Biyoistatistik.* Hatipoğlu Basım ve Yayım San. Tic. Ltd. Şti. ISBN: 975-7527-12-2. 10. Baskı, Ankara.

TALIADOUROU, D., PAPADOPOULOS, V., DOMVRIDOU, E., SAVVAIDIS, I.N., KONTOMINAS, M.G. (2003): Microbiological, chemical and sensory changes of whole and filleted Mediterranean aqua-cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 1373–1379.

TEJADA, M., HUIDOBRO, A. (2002): Quality of farmed gilthead seabream (Sparus aurata) during ice storage related to the slaughter method and gutting. *European Food Research and Technology*, 215:1-7.

TOMAR, O., ERTUGAY F.M. (2005): Gıda muhafazasında iyonlayıcı radyasyon kullanımı ve son gelişmeler. *Dünya Gıda Dergisi,* Temmuz sayısı.

TOPAL, Ş. (1988): Işınlama tekniği ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda Teknolojisi Derneği (GTD) Yayın Organı*, 13(6): 417-423.

TULSNER, M. (1994): *Fischverarbeitung. Bd.1 –Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse.* Behr's Verlag, Hamburg. ISBN:3860221965.

ÜNLÜTÜRK, A., TURANTAŞ, F. (1998): *Gıda Mikrobiyolojisi,* Mengi Tan Basımevi, ISBN: 975-483-383-4.

WARD, D. R., BAJ, N. J. (1988): Factors affecting microbiological quality of seafoods. *Food Technology*, 42, 85–89.

WEILMEIER, D. M., REGENSTEIN J. M. (2004): Cooking Enhances the Antioxidant Properties of Polyphosphates. *Journal of Food Sciences*, 69(1): 16-23.

VAN CLEEMPUT, O., DEBEVERE, J., DEBEVERE, P., BAERT, L. (1980): Gamma irradiation of tropical shrimps. *Lebensmittel Wissenschaft and Technology*, 13:322-323.

VENUGOPAL, V., DOKE, S.N., THOMAS, P. (1999): Radiaton processing to improve the quality of fishery products. *Critical Review Food Science and Nutrition,* 39:391-440.

VON AMIN, M.H., JAMIL QURESHI, M., HAQ, I., ASHRAF CHAUDHRY, M. (1978): Radurization of fresh water rahu fish (Lobeo rohita). *Archive für Lebensmittelhygiene*, 29(2):54-56.

VYNCKE, W. (1981): *12th Western European Fish Technologists' Association (WEFTA) Meeting,* Copenhagen, Denmark.

ZHANG, Y., LU, H., LEVIN, R. E. (2003): Enhanced storage-life of fresh haddock fillets with stabilized sodium chlorite in ice. *Food Microbiology*, 20: 87-90.

7. ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında İstanbul' da doğdum. 1989 yılında Medeni Berk İlkokulunu, 1995 yılında Ataköy Lisesini bitirerek ilk ve orta öğretimimi İstanbul' da tamamladım. 1996 yılında İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi' ne girdim. 2000 yılında iyi derecede mezun oldum. 2002'de İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Anabilim Dalı' nda yüksek lisansa başladım. Halen aynı yüksek lisans programında öğrenimimi sürdürmekteyim. Yabancı dilim İngilizcedir.