

## Gıda Teknolojisinde Işınlamanın Yeri ve Önemi

Hisamettin DURMAZ<sup>1\*</sup>, Hakan SANCAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Van, Türkiye.

<sup>2</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Bitlis, Türkiye.

Geliş Tarihi: 26.11.2013

Kabul Tarihi: 09.04.2014

**Özet:** Gıdaların kalite ve güvenliğini sağlamak amacıyla gama ve X ışınlarına maruz bırakılmasını kapsayan ışınlama teknolojisi, son yıllarda gıda kaynaklı hastalıklarda görülen büyük artış ile önem kazanmıştır. Gıdaların ışınlanması, mikroorganizmaların, parazitlerin ve böceklerin gelişimi ile depolama ve dağıtım sırasında oluşabilecek ciddi kayıpları kontrol altında tutabileceği öngörülen yöntemlerden biridir. Yapılan araştırmalar sonucunda bu yöntemin birçok gıda ürününün güvenliğini sağlamadaki etkinliği ortaya konmuş ve birçok ülkede ışınlamanın gıda sanayinde kullanılmasına izin verilmiştir. Gıda güvenliğini sağlama amacının yanında ışınlama işlemi, gıdaların raf ömrünü uzatmak için de çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır. Bu derlemede ışınlamanın gıda ürünlerinin muhafazasında kullanımı ve gıdaların besin değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gıda ışınlama, gıda muhafaza, gıda güvenliği

### Role and Importance of Irradiation for Food Technology

**Abstract:** Food irradiation involves exposure of foods to gamma and X rays to enhance quality and safety of foods. Occurrence of higher incidence of foodborne diseases during recent years irradiation has been an important tool to prevent these diseases. Food irradiation is one of the methods to be considered to control the growth of microorganisms, parasites and insects, and to prevent severe losses during storage and transportation. Upon detailed research, irradiation has been shown to be an effective tool to ensure safety of a various foods and it has been approved in several countries. Besides used for assurance of food safety, irradiation is also used to increase storage life and improve quality of variety of foods. In this review, the use of irradiation in preservation of food products and the effect of irradiation on quality of foods were reviewed.

**Keywords:** Food irradiation, food protection, food safety

### Giriş

Gıdaların sağlıklı olarak üretimini sağlamak, ekonomik kayıplara neden olan gıdaların bozulmalarını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için alternatif gıda muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir. Işınlama, gıdaların bozulmasına neden olan ve insanlarda hastalıklara yol açan mikroorganizmaların azaltılması veya yok edilmesini sağlarken duyuşal kaliteyi de korumaktadır (Korel ve Orman, 2005).

Günümüzde gıdaların ışınlanarak dayanıklı hale getirilmesi bu yöntemlerden biridir. Birçok ülkede başta patates, soğan, sarımsak, baharat ve piliç eti olmak üzere bazı gıdalar belli dozlarda ışınlanarak muhafaza edilmektedir. Gıdaların patojen bakteri, helmint ve protozoonlarla kontaminasyonu ve bunların kısa sürede bozulmaları tüm dünyada önemli sağlık problemleri ve ekonomik kayıplar oluşturmaktadır. Işınlama işleminin paketlenmiş gıdalara uygulanabilmesi ile işlem sonrası kontaminasyonun önlenmesi ve donmuş gıdalara da çözündürme işlemine gerek kalmaksızın uygulanarak mikroorganizmaların yıkımlanabilmesi yöntemin önemli üstünlüğü olarak görülmektedir (Erol, 2007; Farkas, 1998;

Molins ve ark., 2001; Morehouse, 2002; Woolston, 2000).

### Gıdalara uygulanan ışınlama tipleri ve dozları

Gıdaların ışınlanması amacıyla beta, gama, X ve ultraviyole ışınları kullanılmaktadır. Gıda muhafazasında en yaygın olarak kullanılan gama ışını üretiminde, Co<sub>60</sub> ve Cs<sub>137</sub> ışın kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu ışın kaynakları gıdaların duyuşal özelliklerinde ve kalitesinde değişiklik oluşturmamakta ve nüfuz etme yetenekleri fazla olduklarından dolayı paketlenmiş gıdaların ışınlanmasında da kullanılmaktadır (Manuel ve Lagunas, 1995).

Işınlama işleminde gıdanın aldığı enerji, absorblanmış ışınlama dozu olarak adlandırılır ve birim olarak Gray (Gy) veya rad kullanılır. 1 Gy 100 rad ve 1 rad 100 erg/g'dır. Gray, iyonize ışınlamanın etkisinde kalan homojen bir maddenin 1 kg'ına verilen 1 jul'lük enerji miktarıdır (Manuel ve Lagunas, 1995). Gıdalara uygulanacak ışınlama dozu Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından belirlenmektedir.

FDA ışınlama seviyelerini 3 kategoriye ayırmıştır (Acar, 1999; Anonim, 2000).

### Düşük doz (Radurizasyon)

Bu uygulamanın amacı 0/5 °C'deki soğuk muhafazadaki özellikle bozulmaya neden olan mikroorganizmaların yıkımlanarak veya sayısının azaltılarak muhafaza süresinin uzatılmasıdır. Bozulma yapan bakterilerin inhibisyonunda 500 Gy altındaki düşük dozlar dahi kullanılır. Bu amaçla genel olarak 1 kGy altındaki ışın dozları taze et, kanatlı eti, deniz ürünleri, sebze ve meyvelerde kullanılır.

### Orta doz (Radisidasyon)

Süte uygulanan pastörizasyona eşdeğer ışınlama işlemidir. Radisidasyon, başta *Salmonella* olmak üzere spor oluşturmeyen patojen bakterilerin eliminasyon işlemidir. Bu amaçla genellikle 2.5-5 kGy arasında ışın dozu kullanılır. Örneğin taze kanatlı etlerinin 5 °C'de 5 kGy dozunda ışınlanmasıyla muhafaza süresi iki katına çıkarılabilir, ancak bu doz organoleptik açıdan uygun değildir. Bu nedenle gıdalar dondurularak ve vakumla paketlenildikten sonra ışınlanmalıdır.

### Yüksek doz (Radapertizasyon)

Daha çok konserve endüstrisinde kullanılan radapertizasyon, gıdalara yaklaşık 30-40 kGy dozunda uygulanır ve bu işlemle *Clostridium botulinum*'un sporları dahi yıkımlanır. Ancak radapertizasyonun gıdalarda kullanımı önerilmemiştir (Acar, 1999; Erol, 2007).

### Işınlamanın temel gıda bileşenleri üzerine etkisi

Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda, ışınlanmış gıdaların karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerde beslenmeyi olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür. Gönüllü insanlarda yapılan araştırmalarda da 28 kGy doz ile ışınlanmış çeşitli gıdalar tüketildiğinde, ışınlamanın metabolize enerji, nitrojen dengesi veya sindirilebilme katsayısı üzerine etkili olmadığı bildirilmiştir (WHO, 1999).

### Karbonhidratlar

Işınlamanın karbonhidratlar üzerine asıl etkisi hidroliz ve oksidatif degradasyondur. Kompleks karbonhidratlar, daha kolay sindirilebilen formlarına dönüşmektedir (Machaiyah ve Pednekar, 2002).

### Yağlar

Işınlama sonucu oluşan reaksiyon ürününün konsantrasyonu ve yağ asidi kompozisyonundaki değişim; ışınlama dozuna, sıcaklığa ve depolama koşullarına bağlı olduğu kadar, gıdanın başlangıçtaki yağ içeriği ve kompozisyonuna da bağlıdır. Gıdalarda doymamış yağ asidi miktarı arttıkça, ışınlama işlemine karşı gösterdiği hassasiyet de artmaktadır (Giroux ve Lacroix, 1998).

Gama ışınları kas hücrelerinde mevcut bulunan su ile reaksiyona girerek hidroksi radikallerini oluşturur ve bu radikaller yağ oksidasyonunu başlatır. Oksidasyon sonucu doza bağlı olarak, başlangıçtaki yağ asidi kompozisyonu değişir ve bazı yeni bileşikler oluşur. Balık ürünleri, diğer et ürünlerine göre daha fazla doymamış yağ asidi içerdiklerinden ışınlamaya karşı daha hassastırlar (Kim ve ark., 2002a; Kim ve ark., 2002b).

### Proteinler

Ticari dozlarda ışınlama (2-7 kGy), et proteinlerinin veya aminoasitlerinin besin değerini etkilememektedir. Kırmızı etlerin 200 kGy doza kadar ışınlandığında aminoasit içeriklerinin değişmediği, ancak 500 kGy dozlu bir ışınlamada nitrojenin bir kısmında ve tüm aminoasit içeriğinde %10-20'lik bir kayıp olduğu gözlenmiştir (Giroux ve Lacroix, 1998).

Tahıllar ve baklagillerin yüksek dozda ışınlanmasının besin değerini arttırdığı görülmektedir. Farag (1998) tarafından yapılan bir araştırmada 5-60 kGy dozlarda ışınlanmış soya fasulyesi, tavukların beslenmesinde test edilmiştir. Işınlama işlemi toplam yararlanılabilir protein (TPE) oranını, ışınlanmamış olan fasulyelere göre %23'ten %95.7'ye kadar arttırmıştır.

Işınlanmamış buğday kepeğinin net yararlanılabilir protein oranı (NPU) %36 iken, bu oran 50 kGy dozda ışınlanmış üründe %40.3'e yükselmiştir (WHO, 1999). Mercimeğin 180 kGy ile ışınlandığı bir başka araştırmada da, mercimeğin besin değeri ve metabolize edebilme oranlarında artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar; ışınlama işleminin gıdalarda bulunan proteaz ve amilaz inhibitörleri gibi proteinler ile karbonhidratların sindirilmesini engelleyen besin karşıtı faktörleri kısmen etkisiz hale getirdiğini göstermektedir (Siddhuraju ve ark., 2002).

## Vitaminler

Isıl işlemlerde olduğu gibi, ışınlama işleminde de vitamin kayıpları görülmektedir. Ancak, vitaminler ışınlama işlemine farklı hassasiyet gösterirler ve 10 kGy'den daha fazla ışınlama dozları bile çoğu vitaminleri (riboflavin, niasin ve vitamin D) fazla etkilememektedir. Fakat A, E, K ve B1 (tiamin) vitaminleri ışınlamaya nispeten duyarlıdır (Giroux ve Lacroix, 1998; Kilcast, 1994; WHO, 1999).

## Işınlamanın faydaları

Gıdaları ışınlamanın üreticilere, satıcılara ve son halka olan tüketicilere özellikle halk sağlığı açısından çeşitli faydaları bulunmaktadır Tablo 1. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

### Işınlama ile sterilizasyon

Bu yöntem, Amerika Birleşik Devletleri'nde tek kullanımlık medikal aletlerin sterilizasyonunda kullanılmaktadır. Aynı teknik gıdalara da uygulanabilmektedir. Yapılan araştırmalar nispeten yüksek doz ışınlama ile birlikte, hafif ısı muamelesi ve uygun ambalajlamanın gıdalardaki tüm mikroorganizmaları ortadan kaldırdığını göstermektedir. Bununla birlikte bu işlemlere maruz bırakılan gıdaların, oda sıcaklığında uzun süre bozulmadan muhafaza edilebildiği bildirilmektedir. Kırmızı et, kanatlı etleri, bazı balık çeşitleri, kabuklu deniz ürünleri, bazı sebzeler ve unlar ışınlama ile sterilizasyona uygundur. Bu işlem, Amerika Birleşik Devletleri'nde NASA astronotları ve bazı immun sistem bozukluğu olan hastalar için hazırlanan gıdaların sterilizasyonunda kullanılmıştır (Anonim, 2000; Monk ve ark., 1995; Morrison ve ark., 1992; Web ve Penner, 2000).

### Bazı gıdalardaki filizlenmenin önlenmesi

Işınlama bazı gıdaların filizlenmesini önlemek için de kullanılmaktadır. Oldukça düşük dozlarda ışınlama uygulaması patates, soğan ve sarımsak gibi sebzelerin filizlenmesini inhibe etmektedir (Barros ve ark., 2002; Wang ve You, 2000; Yu ve Wang, 2005; Yu ve Wang, 2006).

### Olgunlaşmanın ertelenmesi ve raf ömrünün uzatılması

Düşük dozlarda yapılan ışınlama domates, papaya, mango ve muz gibi bazı gıdaların olgunlaşmalarını geciktirerek raf ömürlerini uzatmaktadır. Orta dozlarda yapılan ışınlama çilek ve ahududu gibi bazı meyvelerde gözlemlenen küf

gelişimini kontrol ederek, bunların dayanma sürelerini arttırmaktadır. Işınlama ile bazı gıdalarda istenen bir takım değişiklikler de oluşturulabilmektedir. Işınlanmış unlardan ekmek yapımında daha büyük ekmek hacmi oluşturulması ve ışınlanan üzümlerden ışınlanmayanlara nazaran daha fazla üzüm suyu elde edilmesi örnek olarak verilebilir (Lacroix ve Outtara, 2000; Mahrouf ve ark., 1998).

### Gıdalarda bazı parazit zararlarının eliminasyonu

Düşük doz ışınlama ile toksoplazmoz ve trişineloz gibi bazı parazit etkenleri etkisiz hale getirilebilmektedir. Işınlanmış domuz etinin çiğ veya az pişirilerek tüketildiğinde trişineloz ve toksoplazmoza neden olmadığı bildirilmiştir. Işınlama, bitki kaynaklı gıdalarda biyokimyasal reaksiyonları değiştirir ve böylece çürüme veya olgunlaşma proseslerini önemli düzeyde erteler (Lacroix ve Ouattara, 2000). Orta doz uygulaması gıdalardaki patojen bakterileri inaktive eder ve raf ömürlerini uzatır. Yüksek dozda ışınlama gıdalardaki tüm patojen bakterileri ve sporlarını inaktive etmektedir. Bu şekilde muamele edilen gıdalar, yeniden kontaminasyona maruz kalmaz ve uygun şekilde ambalajlanırsa oda sıcaklığında muhafaza edilebilir (Farkas, 1998).

### Gıdalardaki mikroorganizmalar üzerine etkisi

Hastalığa ve bozulmaya neden olan birçok gıda kaynaklı bakteriler genellikle ışınlamaya duyarlıdır. Bu bakteriler 1-7 kGy arasındaki dozlarda inaktive edilebilir. Bakteri sporları daha dirençli olduğundan yüksek dozda (10 kGy) ışınlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Düşük veya orta doz ışınlama ile muamele edilen gıdalarda patojen ve bozulma yapan bakterileri öldürmek ve bakteri sporları tarafından üretilen toksinlerden korunmak için, ısı işlem, soğukta muhafaza veya dondurarak muhafaza gibi ikincil işlemlere ihtiyaç vardır. Bazı gıdaları bozan maya ve küfler, bakterilerden biraz daha dirençli olduklarından tahrip olmaları için en az 3 kGy ışınlama gereklidir. Virüsler ışınlamaya son derece dirençli olduklarından etkisiz hale getirilmeleri için 20-50 kGy arasında ışınlama dozlarına ihtiyaç vardır. Bundan dolayı virüslerin inaktivasyonunda ışınlamanın uygun bir yöntem olmadığı bildirilmektedir (Acar, 1999; Farkas, 1998; Lacroix ve Ouattara, 2000; Molins ve ark., 2001).

Işınlanmış gıdalarda mutasyona uğramış yeni bakteri türlerinin oluşabileceği görüşü vardır. Fakat ışınlamanın en büyük tahribatı kromozomlar üzerine olmaktadır. Bu uygulamaya maruz bırakılan gıdalardaki bakteri kromozomları geri dönüşümsüz olarak zarar görmektedir. Işınlama sonucu bakteri

canlı kalsa bile, kromozomlardaki tahribattan dolayı bu bakteriler üreme yeteneklerini kaybetmektedirler (Lacroix ve Ouattara, 2000; Urbain, 1986).

### **Işınlama uygulanan gıdalar**

Işınlama hiçbir atık içermeyen fiziksel bir proses olması nedeniyle taze ve kolay bozulabilen gıdaların korunmasında uygulanan etkin bir yöntem olmakla birlikte, her gıdaya uygulanması mümkün değildir (Farkas, 1998; Lagunas-Solar, 1995).

### **Meyve ve sebzelerin ışınlanması**

Havuçlar üzerine yapılan bir çalışmada (Song ve ark; 2006), 2 kGy ışınlama dozunda mantar ve bakteriyel gelişimin tamamen kontrol edildiği, koliform grubu mikroorganizmalar ile *Escherichia coli*'ye rastlanmadığı ve bu düzeyde ışınlanan havuçların duysal olarak da kabul edilebilir olduğu belirtilmektedir. Bhushan ve Thomas (1998), havuç ve lahana suyunda *E. coli* ve *Salmonella Typhimurium*'un varlığını inceledikleri bir çalışmada, ışınlamanın mikrobiyal kaliteyi olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Farklı doz seviyelerinde (0.1, 0.2, 0.4 ve 0.6 kGy) ışınlanarak 2-4°C'de 6 ay süreyle depolanan elma çeşitleri üzerinde yapılan bir çalışmada, 0.1 kGy seviyesindeki ışınlama dozunun numunelerin fiziko-kimyasal ve organoleptik kalitelerine olumsuz bir durum oluşturmadığının gözlemlendiği ve bunun da elma ticaretinde alternatif bir koruma metodu olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Bhushan ve Thomas, 1998).

Taze ve dilimlenmiş kıvrıcık marulların 0.19 kGy dozunda ışınlandığı bir çalışmada, ışınlama işleminden 8 gün sonra numunelerde toplam canlı sayısının  $2.9 \times 10^2$  kob/g ve maya-küf sayısının  $6.0 \times 10^1$  kob/g olduğu tespit edilmiştir (Hagenmaier ve Robert, 1997).

Mantarların satışı sırasında %40'dan fazla kayıp meydana gelmektedir. Bu kayıplar yüzeyde kahverengileşme, şapkanın açılması, şapka çapının artması, ağırlık kaybı ve tekstürel değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Düşük dozda ışınlama uygulamak ve kontrollü depolamayla taze mantarların raf ömrü uzamaktadır. 2 kGy dozunda ışınlama uygulaması ile *Pseudomonas tolaasii* ve *Mycogone perniciosus* gibi bazı patojen bakterilerin gelişimi engellenmekte ve ışınlanan ürün 10°C'de depolandığında raf ömrü 2 günden 8 güne kadar uzatılabilmektedir (Beaulieu ve ark., 1999; Lacroix ve Ouattara, 2000).

Turuncgillerde, meyvelerin ılık suyla yıkanması ve vakslama uygulaması raf ömrünü kısaltmaktadır.

0.3 kGy seviyesinde ışınlanan ve 3°C'de depolanan mandalinalarda 8 hafta sonunda daha az kayıp olduğu bildirilmiştir (Abdellaoui ve ark., 1995).

Işınlanmamış pirinçlerde oda sıcaklığında ve bir ay depolama sonucunda yüksek derecede böceklenme görülürken, paketlenmiş pirinçlerde 0.25-1 kGy gibi düşük dozlarda ışınlama yapıldığında, 0.25 kGy doz ışınlama seviyesinde bile böceklenmeye rastlanmadığı bildirilmiştir (Rao ve ark., 2000).

### **Et ve et ürünlerinin ışınlanması**

Yapılan çalışmalarda, kanatlı eti ve kırmızı ete uygulanması gereken en düşük ışınlama dozunun 2.5 kGy olduğu (Farkas, 1998; Hanis ve ark., 1989) ve tavuk etinde *Salmonella spp.*'nin tamamen yok edilebilmesi için 2.5 kGy'den daha yüksek dozlara gereksinim duyulduğu bildirilmektedir (Farkas, 1998; Lacroix ve Ouattara, 2000).

Gezgin ve Gunes (2007) çiğ köftedeki *E. coli* O157:H7 üzerine ışınlamanın etkisini inceledikleri çalışmada, 2 kGy ve üzerindeki ışın dozlarının bu patojenin elimine olması için yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Sığır etinden hazırlanan ve 1.5 kGy dozda ışınlanan köftelerin lezzet ve beğenilme özelliklerinin incelendiği bir çalışmada (Vickers ve Wang, 2002), ışınlanmış ve ışınlanmamış köfteler arasında fark olmadığı ve sadece ışınlanmış köftelerin daha sulu ve daha kırmızı renge sahip olduğu bildirilmiştir.

0.75-5 kGy dozlarında ışınlama uygulanarak, -18°C'de muhafaza edilen ve 3 aylık aralıklarla incelenen tavuk etlerinin duysal özelliklerinde olumsuz durumların oluşmadığı, mikrobiyal yükün azaldığı ve raf ömrünün uzadığı bildirilmiştir (Javanmard ve ark., 2006).

### **Baharat ve aromatik bitkilerin ışınlanması**

Baharatlar ve aromatik bitkilerin lezzet verici özellikleri, içerdikleri uçucu yağlardan kaynaklanmaktadır. Bu ürünler güneşte kurutma, depolama ve taşıma sırasında mikrobiyal bulaşmaya maruz kalabilmektedir. Bu durumun önlenmesi için önce buhar, etilen oksit veya ışınlama ile muamele edilebilirler. Ancak buhar uygulamalarında yağ asitlerinde meydana gelen kayıplar ve etilen oksit uygulamalarında toksik etki gözlemlenebilmektedir. Bu durumlarda gama ışınlaması baharatlarda aroma kalitesini değiştirmeyen ve mikrobiyal bozulmayı önleyen etkin bir metot olarak ele alınmaktadır (Anonim, 2000).

10 kGy dozda ışınlanan karanfil, kakule ve hindistan cevizi örneklerinin uçucu esansiyel yağ

bileşenleri, destilasyon-ekstraksiyon tekniği ile izole edilerek ışınlanmamış örneklerle beraber gaz-sıvı kromatografisinde (GLC) ölçüldüğü bir araştırmada, ışınlanmış karanfil ve kakulenin esansiyel yağ bileşenlerinde kalite ve miktar bakımından değişiklik görülmediği, ayrıca hindistan cevizinde miristin içeriğinin 6 kat arttığı ve elimisin içeriğinin ise aynı oranda azaldığı rapor edilmiştir (Variyar ve ark., 1998).

10, 20 ve 30 kGy dozlarında gama ışınlarına maruz bırakılan karabiber numunelerinin ışınlamadan sonra 24°C'de 1, 30 ve 90 gün depolama sırasındaki uçucu yağ içeriklerinin incelendiği bir araştırmada (Piggott ve Othman, 1993), ışınlama dozu ve depolama süresinin uçucu yağ içeriği üzerine etkisi olmadığı bildirilmiştir.

Variyar ve ark. (1997) filizlenmeyi önlemek amacıyla 60 Gy dozdaki gama ışınlamasının, taze zencefilin uçucu yağlar üzerine belirgin bir değişiklik oluşturmadığını bildirmişlerdir.

#### Işınlamanın sağlık üzerine etkileri

Işınlama, gıdaların bozulmasına neden olan ve insanlarda hastalıklara yol açan organizmaların azaltılması veya yok edilmesini sağlarken duyu kaliteyi de koruduğu, ayrıca gıdaların raf ömrünü uzatan bir takım kimyasal reaksiyonları sınırlayan alternatif bir muhafaza yöntemi olduğu bildirilmektedir (Atasever ve Atasever, 2007).

Işınlanmış gıdaların tüketici sağlığı açısından bilimsel çevreler ve yasal kontrol kuruluşları aynı fikirde iseler de, Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) Mayıs 1992'de ışınlanmış gıdalarla ilgili bir düzenleme için danışma kurulu oluşturmuştur. Bu kurul 200'den fazla çalışmanın yer aldığı tüm verileri değerlendirmiş ve

gıda ışınlamanın iyi ve doğru üretim teknikleri (Good Manufacturing Practices; GMP) ile yapılması koşulunda ışınlanmış gıdaların güvenilir ve beslenme değerlerinin yeterli olduğuna karar vermiştir. JECFI (Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Food) 1980 yılında 10 kGy'e kadar ışınlanmış gıdalarda toksikolojik bir risk olmadığını belirtmiş ve bu dozun altındaki gıdalarda toksikolojik analizlerin gerekli olmadığını belirtmiştir. Yine 10 kGy altındaki ışınlamaların gıdanın mikrobiyolojik ve beslenme değeri açısından "problemsiz" olduğu belirtilmiştir (Moy, 1992).

WHO 23 Eylül 1992 tarihli raporunda iyi ve doğru üretim teknikleri ile ışınlanmış gıdaların güvenilir ve beslenme bakımından yeterliği şeklindeki raporunu; ışınlamanın gıda bileşimi üzerinde insan sağlığını etkileyecek her hangi bir toksikolojik değişime neden olmadığı, ışınlamanın tüketicinin mikrobiyolojik açıdan riskini artırmadığı ve ışınlamanın gıdaların besleyici değeri üzerinde bireylerin veya toplumların beslenme yetersizliğine yol açacak şekilde bir kayba yol açmadığına dayanarak vermiştir (Snyder ve Poland, 1995). Cenevre'de 15-20 Eylül 1997 tarihlerinde WHO, FAO ve IAEA tarafından ortaklaşa yapılan toplantıda sadece kesin bilimsel verilere dayandırılarak hazırlanan bildirmede Codex Alimentarius Komisyonu tarafından belirtilen 10 kGy üst limitinin üzerine çıkılmaması önerilmiştir (Anonim, 2003).

Ülkemizde Gıda Işınlama Yönetmeliği 6 Kasım 1999 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (Anonim, 1999). Bu yönetmelik ile gıda gruplarına göre izin verilen ortalama doz üst sınırları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Işınlamanın Kullanıldığı Bazı Gıda Maddeleri ve Dozları (Snyder ve Poland, 1995)

Gıda Maddeleri	Işınlama Dozu (kGy)	Uygulama Etkileri
Et, piliç, balık, kabuklu deniz hayvanları, fırın ürünleri, hazır gıdalar	20-71	Bozulmadan oda sıcaklığında depolanabilir, mikrobiyolojik olarak sterilidir ve diyet gerekli olan hastalar için oldukça güvenlidir.
Baharatlar, çeşni ve soslar	En çok 30	Mikroorganizma sayısı indirgenir ve kimyasalların yerine kullanılabilir. Soğutulmuş ve taze ürünlerde mikroorganizma sayısını azaltarak bozulmayı geciktirir, zehirlenmeye neden olan bazı bakterileri öldürür ve hastalığa neden olan parazitleri zararsız hale getirir.
Et, piliç ve balık	0.1-10	Küf gelişimini geciktirerek raf ömrünü uzatır.
Çilek vb. meyveler	1-5	Böcekleri öldürür, tekrar üremesini engeller ve hasattan sonraki fumigantlar yerine kullanılabilir.
Tahıl, meyve, sebze ve böcek istilasına maruz kalabilen gıdalar	0.1-2	Olgunlaşmayı geciktirir.
Muz, avakado, mango, guava ve diğer turuncuğil olmayan meyveler	En çok 1.0	Filizlenmeyi geciktirir.
Patates, soğan, sarımsak, zencefil	0.05-0.15	İstenen değişimler (Rehidrasyon zamanının azaltılması)
Tahıl ve kuru sebzeler	Çeşitli dozlar	

**Tablo 2.** Gıda Işınlama Yönetmeliğine Göre İzin Verilen Işınlama Dozları

Gıda Grubu	Amaç	Doz (kGy)	
		Min.	Maks.
Grup 1- Soğanlar, kökler ve yumrular	Depolama sırasında filizlenme, çimlenme ve tomurcuklanmayı önlemek		0.2
Grup 2- Taze meyve ve sebzeler (Grup 1'in dışındakiler)	a)Olgunlaşmayı geciktirmek		1.0
	b)Böceklenmeyi önlemek		1.0
	c)Raf ömrünü uzatmak	(x)	2.5
	d)Karantina kontrolü		1.0
Grup 3- Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyveler	a)Böceklenmeyi önlemek		1.0
	b)Mikroorganizmaları azaltmak		5.0
	c)Raf ömrünü uzatmak		5.0
Grup 4- Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak		5.0
	b)Raf ömrünü uzatmak	(x)	3.0
	c)Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(xx)	2.0
Grup 5- Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak		7.0
	b)Raf ömrünü uzatmak	(x)	3.0
	c)Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(xx)	3.0
Grup 6- Kuru sebzeler, baharatlar, kuru otlar, çeşniler ve bitkisel çaylar	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak		10.0(xxx)
	b)Böceklenmeyi önlemek	(x)	1.0
Grup 7- Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	a)Böceklenmeyi önlemek		1.0
	b)Küflerin kontrolü		3.0

(x) Minimum doz düzeyi belli bir zararlı organizma için belirlenebilir.

(xx) Minimum doz düzeyi gıdanın hijyenik kalitesini temin edecek düzeyde belirlenebilir.

(xxx) 10 kGy'in üzerindeki maksimum doz düzeyleri, gıdanın tümündeki minimum ve maksimum doz ortalaması 10 kGy'i aşmayacak şekilde uygulanır.

**Tablo 3.** Işınlamayı Onaylayan Bazı Ülkeler ve Işınlanan Gıda Maddeleri (Snyder ve Poland, 1995)

Ülke	Gıda Maddeleri
ABD	Buğday ve buğday unu, patates, baharat, domuz eti, taze meyve ve sebzeler
Almanya	Hastane yemekleri
Arjantin	Patates, çilek, soğan, sarımsak, baharat
Belçika	Patates, çilek, soğan, sarımsak, soğancık, baharat
Bulgaristan	Patates, soğan, sarımsak, konsantre kuru gıdalar, kuru ve taze meyveler
Çekoslovakya	Patates, soğan, mantar
Filipinler	Patates, soğan, sarımsak
Finlandiya	Baharat, hastane yemekleri
Fransa	Patates, soğan, sarımsak, baharat, kuru meyveler ve sebzeler
Güney Afrika	Patates, soğan, sarımsak, papaya, mango, çilek, muz, avokado, fasulye
Hollanda	Kuşkonmaz, çilek, mantar, hastane yemekleri, patates, karides, soğan, piliç, balık fileto, dondurulmuş kurbağa bacağı, pirinç, ekmeç, baharat
İngiltere	Hastane yemekleri
İspanya	Patates, soğan
İsrail	Patates, soğan, piliç, baharat, taze meyveler ve sebzeler
Kanada	Patates, soğan, buğday unu, piliç, morina balığı filetosu, baharat, kuru sebze
Rusya	Patates, tahıl, taze ve kuru meyveler ve sebzeler, piliç, soğan, hazır et ürünleri
Şili	Patates, papaya, buğday, piliç, soğan, pirinç, balık ürünleri, baharat
Tayland	Patates, soğan, sarımsak, hurma, buğday, pirinç, balık, piliç
Yugoslavya	Tahıl, patates, soğan, sarımsak, piliç, kurutulmuş meyve ve sebzeler

#### Gıda ışınlamanın çeşitli ülkelerdeki durumu ve yasal düzenlemeler

Bugün 30'dan fazla ülkede çeşitli gıdalar ışınlanarak korunmaktadır (Anonim, 1997). 1981

yılında WHO tarafından düzenlenen JECFI toplantısında gıda güvenliği açısından ışınlanmış gıdaların güvenliği ile ilgili tüm bilgiler ele alınmıştır. Toplantıda 10 kGy'lik ışınlama dozunun insan sağlığı açısından bir sorun oluşturmayacağına

karar verilmiş ve daha fazla test edilmesine gerek kalmadığı bildirilerek bu doz onaylanmıştır. Tablo 3'de bazı ülkelerde ışınlanmalarına izin verilen gıdalar gösterilmiştir (Diehl, 1990; Snyder ve Poland, 1995). Tablo 3'den de açıkça görüldüğü gibi, baharat pek çok ülkede ışınlanan en yaygın gıdadır. ABD ve Arjantin'de 18 Nisan 1986'da kabul edildiği şekli ile baharat ışınlanmasında uygulanan en yüksek doz 30 kGy'dir. Oysa bu değer Fransa'da 11 kGy olarak kabul edilmektedir. Aralık 1997'de FDA patojenlerin kontrolü için taze ve dondurulmuş sığır, koyun ve domuz etlerinin ışınlanmasını onaylamıştır (Anonim, 1997).

### Işınlamanın tüketici perspektifi

İnsanlar bu yöntemin gıdalarda radyoaktiviteye sebep olduğunu düşünmektedirler. Ancak günümüzde yapılan araştırmalar ışınlanmış ürünlerin daha çok talep gördüğünü göstermektedir. Özellikle ABD'de, United States Department of Agriculture (USDA) ve FDA'nın yoğun çalışmalarıyla ışınlama prosesinin gıda endüstrisi ile toplum sağlığı ve refahı için önemi ortaya konmuştur. ABD'de bu konuda son zamanlarda önemli adımlar atılmış, bir devlet kurumu olan Gıda Işınlama Bilgi Merkezi (National Radiation Information Center) kurulmuş ve USDA tarafından kırmızı et ve kümes hayvanı etlerinin ışınlanmasının sağlıklı olduğunu kabul eden yasa yayınlanmıştır (Young, 2003).

Yapılan bir anket araştırmasında (Resurreccion ve ark., 1995), ankete katılan kişilerin %72'sinin ışınlamadan haberdar olduğu, ancak %87.5'inin ışınlama hakkında çok fazla bilgiye sahip olmadığı ortaya çıkmıştır. Yine bu araştırmada tüketicilerin %45'inin ışınlanmış gıda satın aldıkları, %19'unun satın almadığı ve %36'sının kararsız kaldığı ifade edilmiştir. Işınlanmış ürünlerin satın alınma oranı 2003 yılında %69'a çıkmış ve bu oranın gelişmiş ülkelerde daha fazla olduğu bildirilmiştir (Gunes ve Tekin, 2006).

### Sonuç

Gıdaların ışınlanması konusunda yapılmış bilimsel araştırmalar göstermektedir ki; ışınlama prosesi özellikle gıda güvenliği açısından oldukça önemli bir araçtır. Bu prosesin güvenilirliği; USDA, FSIS, FDA, IAEA, FAO ve WHO gibi birçok kuruluşun çalışmalarıyla onaylanmış, ışınlamanın gıdaların kalite ve güvenliğinin muhafazasındaki etkisi ortaya konmuştur. Yapılan bir takım anketlerin de gösterdiği gibi, ışınlamanın tüketiciye doğru şekilde anlatılması durumunda, kabul edilebilirliği konusunda önemli bir problem yaşanmayacaktır. Bu sayede tüketicilerin taleplerinin artmasıyla, hem

uygulanan ülke sayısında hem de ürün çeşitliliğinde artış olacak, ayrıca ürünler raflardaki yerini alarak bütün tüketiciler için ulaşılabilir hale gelecektir. Halk sağlığı açısından; gıda kaynaklı rahatsızlıklarda önemli bir azalma sağlanacak, böylece iş gücü ve gıda kayıplarının azalması yanında tedavi ve tıbbi masrafların da azalmasıyla önemli ölçüde ekonomik kazançlar elde edilecektir.

Satışa sunulan gıda ürünlerinde; ürünün üzerinde ışınlandığını gösteren "radura" ibaresinin yanı sıra bu ürünün neden ışınlandığını ve ışınlanmamış benzerlerinin ne gibi riskler taşıdığı belirtilirse, hem tüketicilerin bu konudaki bilgisi hem de ışınlanmış ürünlerin tercih edilme oranı artacaktır. Teknolojik olarak bir ihtiyaç mevcutsa, sağlık için bir tehlike oluşturmuyor ve önerilen koşullarda gerçekleştiriliyorsa ve tüketici menfaatleri için uygunsu ürünler ışınlanabilir, ancak bu işlem iyi tarım uygulamalarının veya hijyen uygulamalarının yerini almamalıdır.

### Kaynaklar

- Abdellaoui S, Lacroix M, Jobin M, Boubekri C, Gagnon M, 1995: Effect of gamma irradiation combined with hot water treatment on the physico-chemical, nutritional and organoleptic qualities of clementines. *Int J Food Sci Technol*, 15, 217-235.
- Acar J, 1999: Mikroorganizmaların öldürülmesi. In "Gıda Mikrobiyolojisi", Ed; Ünlütürk A, Turantaş F, Mangi Tan Basımevi, İzmir.
- Anonim, 1997: Food irradiation; What is it? <http://www.extension.iastate.edu/foodsafety/irradiation/>, Erişim tarihi: 21.02.2014.
- Anonim, 1999: Gıda Işınlama Yönetmeliği. Resmi Gazete, Sayı: 5996, Ankara.
- Anonim, 2000: Position of the American Dietetic Association: Food Irradiation. *ADA Reports*, 100, 246-252.
- Anonim, 2003: Revised Codex General Standard for Irradiated Foods. Codex Committee on Food Additives and Contaminants 35<sup>th</sup> Session, Tanzania, 17-21 March 2003.
- Atasever MA, Atasever M, 2007: Işınlamanın gıda teknolojisinde kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Vet Bil Derg*, 2, 107-116.
- Barros AC, Freund MTL, Villavicencio CH, Delincee H, Arthur V, 2002: Identification of irradiated wheat by germination test, DNA comet assay and electron spin resonance. *Radiat Phys Chem*, 63, 423-426.
- Beaulieu M, Béliveau M, D'Aprano G, Lacroix M, 1999: Dose rate effect of gamma irradiation on phenolic compounds, polyphenol oxidase (PPO) and browning of mushrooms (*Agaricus Bisporus*). *J Agr Food Chem*, 47, 2537-2543.
- Bhushan B, Thomas P, 1998: Quality of apples following gamma irradiation and cold storage. *Int J Food Sci*, 49, 485-492.
- Diehl JF, 1990: Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker, Inc. N.Y., 243-245.

- Erol İ, 2007: Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi, Pozitif Matbaacılık, Ankara.
- Farag MDEH, 1998: The nutritive value for chicks of full-fat soybeans irradiated at up to 60 kGy. *Anim Feed Sci Tech*, 79, 319-328.
- Farkas, 1998: Irradiation as a method for decontaminating food. *Int J Food Microbiol*, 44, 189-204.
- Gezgin Z, Gunes G, 2007: Influence of gamma irradiation on growth and survival of *Escherichia coli* O157:H7 and quality of cig kofte, a traditional raw meat product. *Int J Food Sci Technol*, 42, 1067-1072.
- Giroux M, Lacroix M, 1998: Nutritional adequacy of irradiated meat - a review. *Food Research Int*, 31, 257-264.
- Gunes G, Tekin MD, 2006: Consumer awareness and acceptance of irradiated foods: Results of a survey conducted on Turkish consumers. *LWT-Food Sci Technol*, 39, 444-448.
- Hagenmaier RD, Robert AB, 1997: Lowdose irradiation of cut iceberg lettuce in modified atmosphere packaging. *J Agr Food Chem*, 45, 2864-2868.
- Hanis T, Jelen P, Klir P, Mrukova J, Perez B, Pesek M, 1989: Poultry meat irradiation. Effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms. *J Food Prot*, 52, 26-29.
- Javanmard M, Rokni N, Bokaie S, Shahhosseini G, 2006: Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control*, 17, 469-473.
- Kilcast D, 1994: Effect of irradiation on vitamins. *Food Chem*, 49, 157-164.
- Kim YH, Nam KC, Ahn DU, 2002a: Color, oxidation-reduction potential, and gas production of irradiated meats from different animal species. *J Food Sci*, 67, 1692-1695.
- Kim YH, Nam KC, Ahn DU, 2002b: Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Sci*, 61, 257-65.
- Korel F, Orman S, 2005: Gıda ışınlanması, uygulamaları ve tüketicinin ışınlanmış gıdaya bakış açısı. *HRÜ ZF Dergisi*, 9, 19-27.
- Lacroix M, Ouattara B, 2000: Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products - a review. *Food Res Int*, 33, 719-724.
- Lagunas-Solar MC, 1995: Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status. *J Food Prot*, 58, 186-192.
- Machaiah JP, Pednekar MD, 2002: Carbohydrate composition of low dose radiation-processed legumes and reduction in flatulence factors. *Food Chem*, 79, 239-301.
- Mahrour A, Lacroix M, Nketsa-Tabiri J, Calderon N, Gagnon M, 1998: Antimicrobial properties of natural substances in irradiated fresh poultry. *Radiation Physics and Chem*, 52, 81-84.
- Manuel C, Lagunas S, 1995: Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status, *J Food Prot*, 58, 186-192.
- Molins RA, Motarjemi Y, Kaferstein FK, 2001: Irradiation: A critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods. *Food Control*, 12, 347-356.
- Monk JD, Beuchat LR, Doyle MP, 1995: Irradiation inactivation of foodborne microorganisms. *J Food Prot*, 58, 197-208.
- Morehouse KM, 2002: Food irradiation - US regulatory considerations. *Radiat Phys Chem*, 63, 281-284.
- Morrison RM, Roberts T, Witucki L, 1992: Irradiation of US poultry-benefits, costs, and export potential. *Food Rev*, 15, 16- 21.
- Moy G, 1992: Foodborne diseases and the preventive role of food irradiation. *IAEA Bulletin*, 4, 39-43.
- Piggott JR, Othman Z, 1993: Effect of irradiation on volatile oils of black pepper. *Food Chem*, 46, 115-119.
- Rao VS, Gholap AS, Adhikari H, Nair PM, 2000: Disinfestation of Basmati rice by the use of gamma-radiation. *Int J Food Sci Technol*, 35, 533-540.
- Resurreccion AVA, Galvez FCF, Fletcher SM, Misra SK, 1995: Consumer attitudes toward irradiated food results of a new study. *J Food Prot*, 58, 193-196.
- Siddhuraju P, Makkar HPS, Becker K, 2002: The effect of ionising radiation on antinutritional factors and the nutritional value of plant materials with reference to human and animal food: a review. *Food Chem*, 78, 187-205.
- Snyder OP, Poland DM, 1995: Food irradiation today. <http://www.hitm.com/Documents/Irrad.html#killingdoses>, Erişim tarihi: 24.01.2014.
- Song HP, Kim DH, Jo C, Lee CH, Kim KS, Byun MW, 2006: Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice. *Food Microbiol*, 23, 372-378.
- Urban WM, 1986: Food irradiation, Food Science and Technology Monographs, Academic Press Inc, s. 246.
- Variyar PS, Bandyopadhyay C, Thomas P, 1998: Effect of  $\gamma$  - irradiation on the volatile oil constituents of some Indian spices. *Food Research Int*, 31, 105-109.
- Variyar PS, Gholap AS, Thomas P, 1997: Effect of  $\gamma$ -irradiation on the volatile oil constituents of fresh ginger (*zingiber officinale*) rhizome. *Food Research Int*, 30, 41-43.
- Vickers ZM, Wang J, 2002: Liking of ground beef patties is not affected by irradiation. *J Food Sci*, 67, 380-383.
- Wang Z, You R, 2000: Changes in wheat germination following  $\gamma$ -ray irradiation: an in vivo electronic paramagnetic resonance spin-probe. *Environ Exp Bot*, 43, 219-225.
- Web M, Penner KP, 2000: Food Irradiation, MF-246, Kansas State University, Kansas.
- WHO, 1999: High dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Technical Report Series 890, Geneva.
- Woolston J, 2000: Food irradiation in the UK and the European Directive. *Radiat Phys Chem*, 57, 245-247.
- Young AL, 2003: Food irradiation - After 35 years, have we made progress: A government perspective. *Environ Sci Pollut*, 10, 82-88.



- Yu Y, Wang J, 2005: Effect of  $\gamma$  irradiation pre-treatment on drying characteristics and qualities of rice. *Radiat Phys Chem, 74*, 378-383.
- Yu Y, Wang J, 2006: Effect of gamma-ray irradiation on drying characteristics of wheat. *Biosyst Eng, 95*, 219-225.

**\*Yazışma Adresi:** Hisamettin DURMAZ  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Van  
e-mail: hisamettindurmaz@yahoo.com