



SU ÜRÜNLERİNDE IŞINLAMA TEKNOLOJİSİ

Pınar OĞUZHAN*

ÖZET

Protein oranının çok yüksek olması, doğada bulunan hemen hemen tüm amino asitleri içermesi, vitamin yönünden zengin, biyolojik değerinin yüksek olması su ürünlerini değerli kılmaktadır. Bu kadar değerli olan su ürünleri mevcut besin maddeleri içinde en hızlı bozulan ve en seri kokuşan besin maddelerinden birisidir. Balık yakalandıktan itibaren uygun koşullarda muhafaza edilmediğinde birkaç saat içinde bozulabilmektedir. Bu nedenle balıklar da dahil su ürünleri yakalandıktan veya avlandıktan su ürünleri içerdiği besin bileşenleri yönünden en değerli gıda maddesidir sonra uygun tekniklerle korunmalı, taşınmalı ve işlenmelidir. Soğutma, dondurma, kurutma, tuzlama ve tütsüleme balık muhafazasında kullanılan önemli tekniklerdir. Gelişen teknolojiyle beraber bu koruma yöntemlerinin yanında alternatif koruma metotları üzerinde de araştırmalar yapılmaktadır. Radyasyon (ışınlama) uygulaması da geleneksel olmayan alternatif koruma yöntemlerinden birisidir. Su ürünleri üretim ve işleme aşamalarında ışınlama uygulamaları yapılmaktadır. Bu derlemede, gıda maddelerinin muhafaza yöntemleri arasında yer alan ışınlama teknolojisi ve gıda ışınlamada kullanılan ışınlar üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su ürünleri, ışınlama, teknoloji

THE IRRADIATION TECHNOLOGY IN AQUATIC PRODUCTS

ABSTRACT

Aquatic products are most valuable because of their nutrient compounds. Aquatic products are valuable because of its highly biological structure and protein proportion, rich vitamin contents and contain of almost all the amino acids in nature. So aquatic products are nutrient matter the fastest perishable and the serial spoilage in present nutrient compounds. Fish can be spoiled within a few hours if not kept under appropriate conditions. For these reasons, aquatic products including fish after caught appropriate techniques must be protected, transported and processed. Freezing, smoking, drying and salting processes have important techniques in fish preservation. Addition to this protection methods with the developing technology research being done on alternative methods of protection. Radiation (irradiation) application is one of the non-traditional methods of alternative protection. Aquatic products can be performed of irradiation on production and processing stages. In this review, radiations and irradiation technologies that are very important for food preservation is mentioned.

Keywords: Aquatic products, irradiation, technology.

1. GİRİŞ

Bütün ülkeler halkın ihtiyaç duyduğu sağlıklı ve besleyici gıda maddelerini doğrudan ve dolaylı olarak sağlamakla yükümlüdür. Bu gıda maddelerinin çok çeşitli ve yüksek kalitede olması insan sağlığı açısından son derece önemlidir. İklim şartlarındaki değişimler, teknolojik yetersizlikler, çoğu gıdaların mevsimlik olması ve bunlarda oluşan doğal bozulmalar ülkelerin her an yüksek kalitede gıda maddelerini bulmalarını zorlaştırır. Bu nedenle tüm ülkeler, gıdaların bozulmadan uzun süre saklanabilmelerini sağlayacak gıda koruma yöntemleri üzerinde önemle durmaktadır. Bu amaca yönelik olarak tarihsel süreç içerisinde kurutma, tuzlama, mayalama, konserve gibi yöntemler oldukça yaygın bir şekilde kullanılmış ve halende kullanılmaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber bu koruma yöntemlerinin yanında alternatif koruma metotları üzerinde de araştırmalar yapılmaktadır. Gıdalar üzerinde radyasyon (ışınlama) uygulaması da geleneksel olmayan alternatif koruma yöntemlerinden birisidir (Yıldırım 2010).

Gıda ışınlama teknolojisi, gıdaların kalitelerinin korunması, hijyenlerinin sağlanması ve muhafaza sürelerinin uzatılması için geliştirilen bir teknolojidir. Bu teknoloji, ısı enerjisinden yararlanılarak gerçekleştirilen pastörizasyon, konserve ve dondurma yöntemleri gibi fiziksel bir uygulamadır. Gıda ışınlama işlemi; gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi, azaltılması, yok edilmesi, gıdaların raf ömürlerinin uzatılması, olgunlaşma süresinin kontrolü veya müteakip işlemlerdeki istenen değişiklikleri sağlamak amaçlarından biri veya bir kaçını için belirlenmiş ışınlama dozunda, uygun teknolojik ve hijyenik koşullarda yapılır (Anonim 2012).

İşinlama teknolojisi; tahıllarda, kuru meyve ve sebzelerde, kabuklu yemişlerde, baharatta ve taze meyvelerde böceklenmeyi engellemek; meyvelerin hasat sonrası olgunlaşmasını düzenlemek, et ve balıklarda parazitleri elimine etmek, taze meyve ve sebzelerde bozulmaya neden olan mikroorganizmaları inaktive etmek; et, tavuk, balık, su ürünleri ve baharatta patojen mikroorganizmaları elimine ederek raf ömrünü uzatmak; yumru gıdaların (patates, soğan gibi) filizlenmesini önlemek amacıyla kullanılmaktadır (Çetinkaya ve Halkman 2006).

İşinlama gıdalarda radyoaktiviteye neden olmayan fiziksel bir proses, bir enerji girdisidir. Bu enerjinin miktarı ışınlama absorblama dozu olarak tanımlanır ve birimi rad ($1 \text{ rad} = 100 \text{ erg g}^{-1}$) veya gray'dır ($1 \text{ gray} = 100 \text{ rad}$). Geçtiği bir gram maddede 100 erg'lik enerji bırakır ve buna 1 rad denir (Korel ve Orman 2005; Lagunas-Solar 1995).

Gıdalarda muhafaza amaçlı ışınlama uygulaması 20. yy. başlarında gelişmeye başlamış ve ilk kez 1930 yılında gıdalarda kullanılmaya kullanılmıştır (Mol ve Ceylan 2011; Özden 2004). Ancak istenilen gelişme Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Atom Enerji Kurumu tarafından ışınlanmış gıdaların insan tüketimine uygun olduğunun belirtilmesi ile başlamıştır (Alkan 2008; Mol ve Ceylan 2011).

Tüketicinin ışınlanmış ürünlerle ilgili olarak bilgilendirmesini sağlamak amacıyla 1980 yılında ışınlama yapılmış ürün paketi üzerine radura sembolü konmaya başlamıştır. Işınlanmış gıdaların, etiketlerinde radura olarak bilinen sembolü içermeleri yasal bir zorunluluktur. Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (USFDA) ışınlanmış gıdaların ambalajlarında radura sembolü ile birlikte "İşinlanmıştır" veya "İşinlama İşlemi yapılmıştır" ibarelerinin kullanılmasını şart koşmuştur (A.D.A 2000; Aydemir Atasever ve Atasever 2007; Korel ve Orman 2005; Mol ve Ceylan 2011; Smith ve Pillai 2004; Webb ve Penner 2000).



Şekil 1. Işınlanmış gıdayı ifade eden 'radura' sembolü

2. GIDA IŞINLANMASINDA KULLANILAN IŞINLAR

Radyoaktif maddeler, atomlarının sürekli olarak parçalanması sırasında çevreye bazı ışınlar (alfa, beta, gama, X-ışınları gibi) yayarlar. Bu ışınlar çarptıkları materyalde elektrik yüklü iyonların oluşmasına neden olurlar. Bu ışınlara iyonize ışın adı verilir. İyonize ışın; iyonize olmayan görünür ışık, televizyon ve radyo dalgaları ile mikrodalgadan daha fazla enerjiye sahiptir. (Acar 1999; Yıldırım 2010). Gıda ışınlama; gıdaların iyonize enerji olarak da adlandırılan iyonize ışınlarla muamele edilmesidir. Gıdaların muhafazasında gama ışınları, X ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları kullanılmaktadır (A.D.A 2000; Aydemir Atasever ve Atasever 2007; Lacroix ve Ouattar 2000; Olson 1998; WHO 1994).

2.1. Gama ışınları: Gama ışınları endüstride en yaygın olarak kullanılan radyasyon çeşididir (A.D.A 2000; Aydemir Atasever ve Atasever 2007; Diehl 1995; Yıldırım 2010; Swallow 1991; WHO 1994). Kapalı Kobalt-60 (Co-60) ve Sezyum-137 (Cs-137) kaynaklarından yayılan ışınlardır. Işınlar direkt olarak ışınlanacak gıdanın üzerine verilir. Gıda hiçbir zaman kobalt ve sezyum ile direkt temas ettirilmez, böylece gıdalar radyoaktif özellik kazanmazlar (Korel ve Orman 2005; Mol ve Ceylan 2011; Yıldırım 2010).

2.2. X-ışınları: Elektron hızlandırıcılarında üretilmiş yüksek enerjili elektronların tungsten bir plakaya çarptırılması ve bu çarpışma sonucu elektronlar durdurulurken elektronların kaybettiği enerji X ışınları olarak yayınlanır. Bu olaya Bremsstrahlung (Frenleme ışını) olayı, çıkan X ışınlarının oluşturduğu sürekli spektruma da Bremsstrahlung adı verilir (Demirezen ve Çetinkaya 2003). X-ışınları 5 MeV (milyon elektron volt) ve daha düşük enerjide çalışan kaynaklardan üretilmektedir (Anonim 1999a; Korel ve Orman 2005).

2.3. Elektron Hızlandırıcılar: Elektron hızlandırıcılarında elektronlar, ışık hızına yakın bir hıza ulaştırma kapasitesindeki cihazlarda üretilir. Radyoaktif kaynak içermezler. Hızlandırılmış elektronlar 10 MeV ve daha düşük enerjide çalışan jeneratörlerde üretilmektedir. Hızlandırılmış elektronların dezavantajı penetrasyon gücünün düşük olmasıdır (Aydemir Atasever ve Aydemir 2007; Yıldırım 2010; Webb ve Penner 2000).

İstenilen etkiye ve doza göre ışınlamada kullanılan dozlar farklılık arz etmesine rağmen bunlar, üç grupta toplanmaktadır (Mol ve Ceylan 2011; Morehouse 1998).

2.3.1. Radapertizasyon: 50 kGy'lik yüksek doz ışınlama ile deniz ürünlerindeki mikroflora popülasyonunun hepsini inhibe etmek için kullanılan tekniktir. Bu sayede ürün steril hale getirilebilmektedir. Ancak, yüksek dozlardaki ışınlamaya bağlı olarak ürünün tadında ve tekstüründe hoşça gitmeyen özellikler

oluşabilmektedir. World Health Organisation (WHO) uzmanlar komitesi, gıdaların maksimum 10 kGy doz ile ışınlanabileceğini ve bu dozun raf ömrü için yeterli olduğunu belirtmiştir. Özellikle su ürünleri ve kümes hayvanlarının etlerinin sterilizasyonun da kullanılır (Bari ve ark. 2000; Çadircı ve Göncüoğlu 2008; Mol ve Ceylan 2011).

2.3.2. Radurizasyon: 1-5 kGy arasında doz uygulanarak mikroorganizmaların %90-95'lik bir oranının inaktive edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu uygulama sonrasında ürün optimum koşullarda dahi saklansa bile bir müddet sonra bozulmaktadır (Çadircı ve Göncüoğlu 2008). Daha çok gıdalardaki böcekleri ve parazitleri öldürür ve bitkilerde çimlenmeyi engeller (Yücel ve ark. 2008).

2.3.3. Radisidasyon: 5-8 kGy'lik dozlar uygulanarak spor oluşturmayan patojenlerin inhibisyonu sağlanabilmektedir. Ancak, 5 kGy dozun üründe renk, tat, koku ve tekstüründe bozulmalara yol açabileceği de belirtilmektedir. Bu sebeplerden radurizasyonun toksikolojik bir sorun yaratmadan ve ürünün organoleptik özelliklerini bozmadan, besinsel değer kaybına yol açmadan uygulanabilecek en geçerli metot olduğu bildirilmektedir. Tatlı su ve deniz balıklarına uygulanacak 0,75-2,5 kGy ışın ile raf ömürlerinin optimum düzeyde uzatılabileceği açıklanmaktadır. Genel olarak ton, somon, ringa gibi yağsız balıkların yağlı balıklara oranla ışınlamaya daha uygun olduğu, yağsız balıklarda ışınlamaya bağlı renk değişikliği ve ransiditenin daha az şekillendiği tespit edilmiştir (Çadircı ve Göncüoğlu 2008; Gelosa 2001).

3. IŞINLAMANIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Gıdaların ışınlama ile korunması bir 'soğuk proses'tir. Bu durum gıdaların kalitesinin korunmasında ışınlamanın diğer metotlara karşı en büyük avantajıdır. İyonize radyasyon ile muhafazanın enerji ihtiyacı, konserve, soğutma ve dondurmaya göre daha düşüktür. Paketlenmiş ve dondurulmuş gıdalara rahatlıkla uygulanabilir. Uygulama sonrası bekleme süresi gerektirmez. Kimyasal kalıntı bırakmadan güvenli ve raf ömrü uzun gıda üretimini sağlayan otomatik olarak kontrol edilebilen bir metottur (Anonim 1988; Anonim 1999b; Demirci ve Güner 2008; Çetinkaya ve İç 2006; Ohlsson ve Bengtsson 2002). Işınlama ile taze ve donmuş su ürünlerinin kalitesinde meydana gelen kayıpların azaltılması ve hijyenik kalitenin iyileştirilmesi de sağlanabilmektedir (Mol ve Ceylan 2011; Venugopal ve ark. 1999).

Ayrıca ışınlama, gıdaların raf ömrünü uzatma, mikrobiyal yükü azaltma, üremeyi önleme, mikroorganizma faaliyetlerini durdurma, filizlenmeyi (örneğin; patates, soğan, sarımsakta) ve aşırı olgunlaşmayı önleme, parazit bulaşma kaynaklarını ve hastalıkları engelleme, böcek ve zararlıları yok etme, steril ürün elde etme, kahve kavurma, gıda koruyucusu olarak kullanılan bazı kimyasal maddelerin kullanımını azaltma veya ortadan kaldırma (örneğin etlerde nitrit-nitrat kullanımını azaltma), meyve ve sebze de çürümeyi önleme, kuru gıdaları küflere karşı koruma, fungusit kalıntı problemi giderme amacıyla uygulanmakta ve gıdalar ambalajlıyken sterilizasyon sağlanmaktadır (Korel ve Orman 2005; Lagunas-Solar 1995; Olson 1998).

Dezavantajları ise, iyonize radyasyon yatırım maliyeti yüksek bir metottur. Kontamine olmuş gıdadaki bakterileri yok etse bile toksinleri yok edemez. Radyasyon uygulaması ile mikroorganizmalarda direnç gelişimi ortaya çıkabilir. Mikrobiyolojik güvenlik ve duyu kaliteyi dengelemek için, iyonize radyasyonun ısıtma, hidrostatik basınç gibi diğer muhafaza yöntemlerle birlikte kullanılması gerekir. Toplumumuz, ışınlamaya tabi tutulmuş gıdalar ile ilgili önyargı ve yanlış görüşlere sahiptir (Anonim 1999b; Demirci ve Güner 2008; Morehouse 1998; Ohlsson ve Bengtsson 2002).

Balıkların ışınlanmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. Özden ve ark. (2007) tarafından

yapılan bir araştırmada, ışınlanmamış ve ışınlanmış (2,5 ve 5 kGy) levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları 4°C’de depolanmıştır. Depolama süresince örnekler kimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Işınlanma uygulanmış levreklerin mikrobiyal yükünün, TVB-N ve TMA-N değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler dikkate alındığında ise raf ömrünün ışınlanmamış ve ışınlanmış (2,5 ve 5 kGy) örneklerde sırasıyla 13, 15 ve 17 gün olduğu bildirilmiştir.

Işınlanmamış, tuzlanmış ve vakum paketlenmiş çipuranın 4°C’nin altındaki sıcaklıkta depolandığında 14-15 günlük raf ömrüne sahip olduğu, 1 ve 3 kGy ışınlama uygulanmış, tuzlanmış ve vakum paketlenmiş çipuranın ise raf ömrünün 27-28 gün olduğu saptanmıştır (Chouliara ve ark. 2004).

Inuğur (2006) tarafından ışınlanmamış ve ışınlanmış (2,5-5 kGy) çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları üzerinde yapılan bir araştırmada, balıklar sızdırmaz buz torbalarıyla strafor kutular içerisinde +4±1°C’de depolanmış ve depolama süresince örneklerin duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri analiz edilmiştir. Duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre 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 raf ömrü 17 gün, ışınlanmamış levreğin raf ömrü 9 gün, 2,5 kGy dozunda ışınlanmış levreğin raf ömrü 13 gün ve 5 kGy dozunda ışınlanmış levreğin raf ömrünün ise 17 gün olduğu bildirilmiştir.

Oraei ve ark. (2011), tarafından ışınlanmamış ve ışınlanmış (1, 3 ve 5 kGy) gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerinde yapılan bir çalışmada, örnekler -20°C’de 5 ay boyunca depolanmış ve depolama süresince örneklerin mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Işınlanmamış örneklerde bakteri sayısı 4,38 log kob/g iken, 1 kGy’lik dozda ışınlanan örneklerde 3,45 log kob/g olduğu, 3 ve 5 kGy’de ışınlanan örneklerde ise bakteri gelişimine rastlanmadığı belirlenmiştir.

Çipura (*Sparus aurata*) balıkları ile yürütülen bir çalışmada, örnekler 2,5 ve 5 kGy ışınlama işlemine tabi tutulduktan sonra 2-4°C’de depolanmış ve proximate, yağ asidi ve amino asit kompozisyonu incelenmiştir. Doymuş ve tekli doymuş yağ asit içeriklerinin ışınlanmamış örneklerde azaldığı, ışınlama (2,5 ve 5 kGy) uygulanmış örneklerde ise arttığı saptanmıştır. Ayrıca çoklu doymamış yağ asitleri içeriklerinin ise ışınlanmış örneklerde, ışınlanmamışlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Erkan ve Özden 2007).

4. SONUÇ

Sonuç olarak; ışınlanma, gıda üretiminde güvenli ve etkili bir prosestir. Gıda ışınlanması konusunda yapılan çok sayıda bilimsel araştırma ışınlama prosesinin özellikle gıda güvenliği açısından oldukça önemli bir araç olduğunu göstermiştir. Ancak tüketiciler gıda ışınlanması hakkında yanlış görüşlere sahiptirler. Bu tekniğin gereken önemi kazanması için tüketicilerin bu konuda çok iyi bilgilendirilmesi ve teşhis yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca gıda ışınlama yönteminin diğer muhafaza yöntemleriyle birlikte kullanılması halinde gıda güvenliği ve kalitesi açısından daha iyi sonuçların alınabileceği düşünülmektedir. Özellikle su ürünlerinin hızlı bozulabilir yapısı ve patojen riski göz önünde bulundurulduğunda ışınlanmanın diğer muhafaza teknikleriyle birlikte kullanıldığında önemli bir araştırma alanını ortaya çıkaracaktır.

5. KAYNAKLAR

- Acar, J., 1999. Mikroorganizmaların öldürülmesi. 479-515 in A. Ünlütürk ve F. Turantaş, eds. Gıda Mikrobiyolojisi. Mangi Tan Basımevi, İzmir,
- A.D.A., 2000. Position of the American Dietetic Association: Food Irradiation. ADA Reports. February, 100, 246-252.
- Alkan, H., 2008. Geleneksel koruma yöntemlerine alternatif olarak gıda ışınlanması. Ambalaj ve Plastik Dergisi, 130-133.
- Anonim 1988. Gıda ışınlama raporu. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. ANTHAM, Ankara.
- Anonim 1999a. Gıda Işınlama Yönetmeliği 6.11.1999, 23868 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim 1999b. Facts about food irradiation. (06.02.2006).
- Anonim 2012. (Erişim tarihi 22.05.2012).
- Aydemir Atasever, M. ve Atasever, M., 2007. Işınlamanın gıda teknolojisindeki kullanımı. Atatürk Üniv. Vet. Bil. Dergisi, 2(3): 107-116.
- Bari, M.L, Sabina, Y., Kusunoki, H. and Uemura, T., 2000. Preservation of fish cullet (*Pangasius pangasius*) at ambient temperature by irradiation. Journal of Food Protection, 63(1): 56-62.
- Chouliara, I., Sawaidis, LN., Riganakos, K. and 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 .
- Çadircı, Ö. ve Göncüoğlu, M., 2008. Balıkların Raf Ömrünün Uzatılmasında Uygulanan Teknikler. Vet. Hekim Der. Dergisi, 79 (4): 23-28.
- Çetinkaya, M., Halkman, H.B.D., 2006. Türkiye’de gıda ışınlama teknolojisindeki gelişmeler ve yasal düzenlemeler. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu.
- Çetinkaya, N. ve İç, E., 2006. Gıda ışınlamanın pratik uygulanabilirliği. <http://kutuphane.taek.gov.tr/internet-tarama/dosyalar/cd/4115/pdf/109.pdf>.
- Demirci, A.Ş. ve Güner K.G., 2008. Işınlama ve gıda güvenliği. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum.
- Demirezen, Ü. ve Çetinkaya, N., 2003. Gıda ışınlama işlemi ve önemi. VIII. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi.
- Diehl, J F., 1995. Safety of Irradiated Foods. New York, NY: Marcel Dekker.
- Erkan, N. and Özden, Ö., 2007. The changes of fatty acid and amino acid compositions in sea bream (*Sparus aurata*) during irradiation process. Radiation Physics and Chemistry, 76(10): 1636-1641.
- Gelosa, L., 2001. Safety and quality of some irradiated foods. Industrie Alimentari, 40(400): 149-151.
- Inuğur, M., 2006. İyonize radyasyon uygulamasının taze balıkların kalitesi ve dayanım süresi üzerine etkisi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi. İstanbul.

- Korel, F. ve Orman, S., 2005. Gıda ışınlanması, uygulamaları, ve tüketicinin ışınlanmış gıdaya bakış açısı. Harran Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 9(2): 19-27.
- Lacroix, M. and Ouattara, B., 2000. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products-a review. Food Research International, 33: 719-724.
- Lagunas-Solar, M.C., 1995. Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status. Journal of Food Protection, 58: 186-192.
- Mol, S. ve Ceylan, Z., 2011. Su ürünleri ve ışınlama teknolojisi. Dünya Gıda Dergisi, 10: 79-87.
- Morehouse, K., 1998. Food irradiation: The treatment of foods with ionizing radiation. Food Test Analysis, 4 (3): 32-35.
- Ohlsson, T. and Bengtsson, N., 2002. Minimal processing of foods with nonthermal methods. Pages 34-41 in T. Ohlsson and N. Bengtsson, eds. Minimal Processing Technologies In the Food Industry. Woodhead Publishing Limited.
- Olson, D.G., 1998. Scientific Status Summary, Irradiation of Food. A Publication of the IFT Expert Panel on Food Safety and Irradiation. Food Technology, 52: 56-62.
- Oraei, M., Motalebi, A.A., Hoseini, E. and Javani S., 2011. Effect of gamma irradiation and frozen storage on microbial quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. Iranian J. of Fisheries Sciences, 10: 75-84.
- Özden, O., 2004. Su ürünlerinde ışınlama teknolojisi. 345-358. In C. Varlık, ed. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4465. İstanbul.
- Özden, O., Inuğur, M. and Erkan, N., 2007. Effect of different dose gamma radiation and refrigeration on the chemical and sensory properties and microbiological status of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Radiation Physics and Chemistry, 76: 1169-1178.
- Smith, J.S. and Pillia, S., 2004. Irradiation and food safety. Food Technology, 58: 48-55.
- Swallow, A.J., 1991. Wholesomeness and safety of irradiated foods. Pages 11-31 in M. Friedman, ed. Nutritional and Toxicological Consequences of Food Processing. New York, NY: Plenum Press.
- Venugopal, V., Doke, S.N. and Thomas, P., 1999. Radiation processing to improve the quality of fishery products. Food Science and Nutrition, 39 (5): 391-440.
- Yücel, P.K., Polat, G. ve Halkman, A.K., 2008. Işınlamanın gıda kaynaklı patojenler üzerine etkisi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum.
- Yıldırım, İ., 2010. Radyasyonla gıdaların korunması. 288-297 in O. Erkmen, ed. Gıda Mikrobiyolojisi. Efil Yayınevi. Ankara,
- Webb, M. ve Penner, K., 2000. Food Irradiation, Kansas State University, February, 26.pdf. (Erişim 05.02.2008).
- WHO 1994. Safety and nutritional adequacy of irradiated food. World Health Organization, Geneva.