

GIDA IŞINLAMASI, UYGULAMALARI VE TÜKETİCİNİN IŞINLANMIŞ GIDAYA BAKIŞ AÇISI

Figen KOREL^{¶†}

Sibel ORMAN[§]

Geliş Tarihi: 27/01/2005

ÖZET

Gıda güvenliğinin sağlanması için daha iyi gıda muhafaza yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda ışınlanması, mikroorganizmaların, parazitlerin ve böceklerin gelişimi ile depolama ve dağıtım sırasında oluşabilecek ciddi kayıpları kontrol altında tutabileceği öngörülen yöntemlerden biridir. Işınlama uygulamaları gıda ürünlerinin raf ömrünü artırmaktadır. Bu makalede ışınlamanın gıda ürünlerinin muhafazasında kullanımı ve tüketicilerin ışınlanmış gıdaya bakış açıları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gıda ışınlama, tüketici bakış açısı

FOOD IRRADIATION, APPLICATIONS and CONSUMER ATTITUDES TOWARDS IRRADIATED FOOD

ABSTRACT

Better food preservation methods are needed to assure food safety for consumption. Food irradiation is one of the methods to be considered to control the presence of microorganisms, parasites and insects, and to control severe losses during storage and distribution. Application of food irradiation increases shelf life of irradiated food products. In this paper, the use of irradiation in food products preservation and consumers attitudes towards irradiated food were investigated.

Keywords: Food irradiation, consumer attitudes

GİRİŞ

Gıdalarla insanlara geçen hastalıkların önlenmesi ve gıdalarda mikrobiyolojik bozulmaların geciktirilmesi veya tamamen engellenmesi için çeşitli muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Gıdaların muhafazasında mikroorganizmaların kontrol altına alınması için bulaşmanın önlenmesi, mikroorganizmaların uzaklaştırılması, mikrobiyal gelişmenin engellenmesi ve/veya mikroorganizmaların öldürülmesi ilkelerinden yararlanılmaktadır. Mikrobiyal gelişmenin engellenmesi ve mikroorganizmaların yok edilmesi için ısı işlemler, ışınlama, yüksek basınç uygulamaları ve sterilant gazlardan yararlanılmaktadır (Ünlütürk, 1999). Dondurma, tütsüleme ve ısı işlemler gibi koruma yöntemleri gıdalarda kayıplara neden olmaktadır. Gıda üretiminde kayıpları azaltacak, raf ömrünü artıracak ve güvenilirliği sağlayacak yeni yöntemlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak ışınlama uygulamalarının beklentilere cevap vermesi nedeniyle popüleritesi artmıştır.

Işınlama ile gıda maddelerinin muhafaza edilmesi konusunda ilk kez 1930 yılında

Fransa'da patent çıkartılmış ve 1958'de Gıda, İlaç ve Kozmetik Yasasına göre ABD'de ışınlama kaynakları gıda katkı maddesi olarak sınıflandırılmıştır (Olson, 1998).

1980 yılında FAO-IAEA-WHO Ortak Uzmanlar Komitesi tarafından yapılan açıklamaya göre 10 kGy'a kadar ışınlama yapmanın gıda maddesinde toksikolojik, biyolojik ve kimyasal bir tehlike yaratmayacağı saptanmıştır (Lacroix ve Quattara, 2000). Ortak Uzmanlar Komitesinin kararıyla 1980 yılında ışınlanmış gıdanın Şekil 1'deki sembolle belirtilmesi kabul edilmiş ve bu sembol ilk kez Hollanda'da daha sonra da Güney Afrika, ABD ve Kanada'da kullanılmıştır.

Daha sonra tüketicinin ışınlanmış gıdayı daha iyi belirleyebilmesi için ABD'de Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından gıda ambalajlarında radura sembolü ile birlikte "Treated with Radiation" veya "Treated by Radiation" gibi ibarelerin kullanılmasına karar verilmiştir (Smith ve Pillai, 2004). Gıda maddelerinin uluslararası ticarete yaygınlaşması sonucu diğer ülkelerde olduğu gibi ülke-

[¶]İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Gıda Müh. Bölümü, 35430, İzmir

[§]Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Müh. Bölümü, 45140, Manisa

[†] Sorumlu yazar. figenkorel@iyte.edu.tr



Şekil 1. Işınlanmış gıdayı ifade eden 'radura' sembolü

mize de ışınlanmış gıda girişi başlamıştır. Işınlanmış gıdaların ticareti yaygınlaşınca bu gıdaların denetlenmesinde kullanılacak yöntemler geliştirilmeye başlamış ve yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu nedenle ülkemizde gıda maddelerini ışınlama esas ve usulleri ile gıda ışınlama tesislerinin kuruluşları ve ışınlanmış gıdaların tüketimine ilişkin lisans, izin, tescil, istihdam, kontrol, denetim, ithalat ve ihracata dair esas ve usulleri kapsayan 6.11.1999 tarihli ve 23868 sayılı Resmi Gazetede Gıda Işınlama Yönetmeliği yayınlanmıştır. Bunu takiben 15.10.2002 (24907) ve 19.12.2003 (25321) tarihlerinde gıda ışınlama yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelikler yayımlanmıştır.

Günümüzde ithal edilen gıdalarda ışınlanmış olması şartı aranmaya başlanmıştır. Bu sebeple de ülkemizde ışınlama ile ilgili çalışmalar hızlanmaktadır. Önümüzdeki beş yıl içinde gıdaların ihracatında ışınlanmış olma zorunluluğu gündeme gelecektir (Yavaş ve Zararsız, 2003).

İŞINLAMA

Radyoaktif maddeler, atomlarının sürekli olarak parçalanması sırasında çevreye alfa, beta, gama, X-ışınları gibi ışınlar yayarlar. Bu ışınlar çarptıkları materyalde elektrik yüklü iyonların oluşmasına neden olurlar. Bu ışınlar iyonizan ışın veya iyonize eden ışın adı verilmektedir. İyonizan ışınların gıdaların ışınlanmasında kullanılabilmesi için iki farklı ışın kaynağından yararlanılmaktadır. Bunlar yapay radyoaktif maddeler ve elektron hızlandırıcı jeneratörlerdir (Acar, 1999).

Gıdaların muhafazasında gama ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları kullanılmaktadır (Olson, 1998). Bunlardan endüstride en yaygın olarak kullanılanı gama ışınlarıdır (WHO, 1994). Gama ışınları, Kobalt 60 (Co^{60}) ve Sezyum 137 (Cs^{137}) kaynakların-

dan üretilen ışınlardır. Cs^{137} ışınlama kaynağı olarak 1970'lerden beri kullanılmaktadır. Bunun nedeni ABD'de nükleer silah üretim proseslerinden elde edilen yan ürün stoklarında işlenmemiş ve enkapsüle edilmiş Cs^{137} 'nin bol miktarda bulunmasıdır. Co^{60} doğal olarak bulunan Co^{59} un nötron bombardımanıyla, nükleer reaktörde üretilir. Co^{60} kanser terapilerinde, sterilizasyon ve polimerizasyon proseslerini içeren farklı endüstrilerde kullanılmaktadır. Co^{60} kaynakları sınırlı olmakla birlikte en sık kullanılan kaynaktır (Lagunas-Solar, 1995; Monk ve ark., 1995).

Gıda ışınlamada X-ışınlarından ve hızlandırılmış elektronlardan da yararlanılmaktadır. X-ışınları 5 MeV (milyon elektron volt) ve daha düşük enerjide çalışan kaynaklardan üretilmektedir. Hızlandırılmış elektronlar ise 10 MeV ve daha düşük enerjide çalışan jeneratörlerde üretilmektedir (Anonim, 1999).

Elektron ışınları ile ışınlama iki yolla yapılmaktadır. Hızlandırıcıdan çıkan elektronlar gıdaya direk olarak uygulanmakta veya bu elektron ışınları bir engele çarptırılarak X-ışınlarına dönüştürülmektedir. Hızlandırılmış elektronların dezavantajı penetrasyon gücünün düşük olmasıdır. Birim yoğunluktaki maddelerin çift taraflı ışınlanması için optimum incelikleri 10 MeV hızlandırılmış elektronlar için 8cm ve 5 MeV X-ışınları için 25cm'dir. Uygulamalarda elektron veya X-ışını arasındaki seçim ürünün inceliğine, yoğunluğuna ve gereksinim duyulan doza bağlıdır (Calenberg ve ark., 1998).

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

Işınlamanın yüksek dozda (10 kGy ve üzeri) uygulamalarına radapertizasyon denilmekte ve ticari sterilizasyon olarak kullanılmaktadır. Radapertizasyon ile mevcut mikroorganizmaların büyük çoğunluğu yok edilmektedir. Spor oluşturmeyen patojen mikroorganizma yükünün azaltılmasında ≤ 10 kGy gibi daha düşük dozda ışınlama uygulamaları kullanılır ve buna da radisidasyon denilmektedir. Radurizasyon ise gıdaların kalitesini korumak, raf ömrünü uzatmak için uygulanan ve spesifik mikroorganizma popülasyonunu azaltan dozlarda (≤ 1 kGy) ışınlama uygulaması olarak tanımlanmaktadır (Monk ve ark., 1995).

İŞNİLAMA UYGULAMALARININ AMAÇLARI VE UYGULAMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

İşnılama, 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 (Lagunas-Solar, 1995; Olson, 1998).

İşnılama hastanelerde tıbbi malzeme, alet ve preparatların sterilizasyonunda, diyet hazırlama amacıyla ve kanser hücrelerinin inaktivasyonunda kullanılmaktadır (Lagunas-Solar, 1995; Olson, 1998; Topal, 1988).

Gıdaya uygulanan işnılama doğrudan veya dolaylı olarak mevcut mikroorganizmaların sayılarını azaltmayı veya tamamen yok etmeyi hedeflemektedir. Doğrudan etkide işnılama, direk hücre bileşenleriyle reaksiyona girmekte, hücrenin yaşamını sürdürmesi için gerekli olan bazı bileşenlere çok hızlı hareket yüklenmesi ve çarpma sonucu hasar vermekte DNA gibi moleküllere enerjisini aktararak iyonize olmalarına neden olmakta ve hücre çoğalmasını önlemektedir. Dolaylı etki de ise yaklaşık %70-90'lık kısmı sudan oluşan hücrenin işnılanması sonucu işnılama su moleküllerini H⁺ ve OH⁻ radikallerine ayırarak ve oluşan radikaller hücrede yükseltgenme ve indirgenme etkisi yapmaktadır (Ahn ve ark., 1998; Buchalla ve ark., 1993; Çopur ve Tamer, 1998; Topal, 1988).

İşnılama uygulamalarında mikrobiyal hücrelerin yaşaması, hücrelerin dayanıklılığına ve kendilerini onarabilmelerine, işnılamanın dozuna, pH ya, sıcaklığa, gıdaların içerisinde bulunduğu atmosfer koşullara ve gıdaların kimyasal kompozisyonuna bağlıdır (Farkas, 1989; Monk ve ark., 1995). Canlı hücre sayısını azaltmak ve depolama boyunca gelişimi kontrol etmek için işnılama uygulamaları ile diğer koruma yöntemleri birlikte kullanılmaktadır (Lambert ve ark., 1991).

Ingram ve Farkas (1977), işnılama ile mikroorganizmaların direnci arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. Vejetatif bakteri hücreleri işnılmaya karşı en duyarlı olan hücrelerdir (Monk ve ark., 1995). Virüsler ve bakteri sporları ise

ışnılmaya en dirençli olanlardır (Moseley, 1984).

Sıcaklık işnılama uygulamaları sırasında hücrelerin hayatta kalmasını etkileyen başlıca faktörlerdendir. Mikroorganizmalar işnılmaya karşı donma noktasının altındaki sıcaklıklarda oda sıcaklığından daha dirençlidir. İşnılama öncesi ısı uygulamaları, enzimleri inaktive etmekte ve başlangıçtaki bakteri popülasyonunu da azaltmaktadır. Kombine uygulamalar (düşük dozda işnılama ile düşük sıcaklık uygulamaları) olgunlaşmayı yavaşlatmakta ve meyvelerde kayıpları azaltmaktadır (Monk ve ark., 1995).

İşnılamanın mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü özelliğini etkileyen diğer bir faktör de hedef hücrenin içerisinde bulunduğu atmosfer koşullarıdır. Bazı bakterilerin vejetatif hücreleri O₂ varlığında işnılmaya karşı daha hassastır. Çeşitli atmosfer koşullarında işnılama ile *Lactobacilli*'nin direncinin değiştiği ve hava, vakum veya N₂ ile karşılaştırıldığında en düşük D₁₀ değerinin %100 CO₂ altında elde edildiği belirtilmiştir (Hastings ve ark., 1986).

İŞNİLAMA UYGULANAN GIDALAR

İşnılama 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 (Lagunas-Solar, 1995). Yağlı gıdalarda işnılama sonucu acılaşma, yüksek proteinli gıdalarda ise kötü tat ve koku meydana gelmesi işnılama uygulamalarını sınırlamaktadır. İşnılama 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 (Olson, 1998).

Ülkemizde, başta baharat olmak üzere, kurutulmuş sebzeler, bazı kuru yemişler (badem, hurma, çam fıstığı, kuş üzümü), balık, tavuk eti, karides, işkembe ve kurbağa budu işnılama yöntemi ile muhafaza edilmektedir (Alkan, 2003a).

Meyve ve Sebzelerin İşnılanması

Taze meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için işnılama uygulamaları üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. 1kGy ya da 100krad'lık dozlarda işnılanmış meyve ve sebzelerde filizlenme ve böceklenme önlenilmekte ve olgunlaşma yavaşlatılmaktadır. 1 ve 3kGy'lık dozlarda ise küf oluşumu önlenilmektedir. Tahıl ürünlerinde kullanıldığında, böceklerin önlenmesini, (≤1 kGy doz-

larda), bakterilerin azaltılması veya yok edilmesini (≥ 2 kGy dozlarda) ve pişirme süresinin azaltılmasını sağlamaktadır. Birçok meyve ve sebze üzerine uygulanan 0,25 kGy'lık ışınlama dozunun herhangi bir kalite değişimine neden olmadığı belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda meyve ve sebzeler için optimum dozun 2,25 kGy olduğu rapor edilmiştir. Ancak, çilek gibi bazı meyveler 3 kGy'a kadar olan yüksek dozları tolere edebilmektedirler. Böylece meyvelerde görülen bulaşma sonucu oluşan bozulmalar önlenmektedir. Çilek kalitesinin bozulmadan 5°C'da 14 gün süreyle depolanabileceği rapor edilmiştir (Farkas, 1990; Lacroix ve ark., 1991).

Elma çeşitlerinin ("Golden Delicious", "Royal Delicious", "Red Delicious" ve "Rich-A-Red") 0,1-0,2-0,4 ve 0,6 kGy ışınlanması ve 2-4°C'da 6 ay süreyle depolanması sonucu fizikokimyasal ve organoleptik kalitesindeki değişimler araştırılmış ve "Rich-A-Red" cinsi elmanın 0,1 kGy'da ışınlanması duyuşal özelliklerin korunması, dokuda minimal değişim, toplam çözünabilir katı madde miktarı, asitlik ve C vitamini içeriği bakımından en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak ışınlamanın elma ticaretinde alternatif koruma metodu olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir (Bhushan ve Thomas, 1998).

Hagenmaier ve Robert (1997)'in yaptığı bir çalışmada 0,19 kGy dozunda ışınlanan, ticari olarak hazırlanmış taze, dilimlenmiş kıvrıcık marulların ışınlama işleminden 8 gün sonra toplam canlı sayısının 290 kob g^{-1} , maya ve küf sayısının 60 kob g^{-1} olduğu rapor edilmiştir. Oysa ışınlanma işlemi uygulanmamış örneklerde bu rakam sırasıyla 220.000 ve 1.400 kob g^{-1} olarak belirtilmiştir. Taze, doğranmış marulların üretiminde klorlama ve 0,15-0,5 kGy dozunda ışınlama ile birlikte kullanımlarının mümkün olduğu saptanmıştır. Bir başka çalışmada modifiye atmosferde paketlenmiş marullar 0,15 ve 0,35 kGy dozunda ışınlanmış ve 0,35 kGy dozunda ışınlanmış örneklerde aerobik canlı sayısında yaklaşık 1,5 log, maya ve küf sayısında 1 log dan fazla düşme görülmüştür. Logaritmik olarak azalma 22 günlük depolama sırasında da sabit kalmıştır. Marulların diriliğinde %10 kayıp gözlenirken diğer duyuşal özelliklerinde (renk, kötü tat oluşumu, görünüş, doku) ışınlamanın etkisi görülmemiştir (Prakash ve ark., 2000).

Popüler bir gıda maddesi olan mantarlarda satış esnasında %40'dan fazla kayıp meydana gelmektedir. Yüzeyde kahverengileşme, şapkanın açılması, şapka çapının artması, ağırlık kaybı ve tekstürel değişiklikler mantar satışındaki sorunları teşkil etmektedir. Mantarın yüzeyindeki kahverengileşmeye poli-

fenoloksidaz enzimi ve/veya bakteriler (*Pseudomonas tolaasii*, *Mycogone perniciosa magnus*) neden olmaktadır. Düşük dozda ışınlama uygulamaları ve kontrollü depolamanın birlikte kullanımları taze mantarların olgunlaşma veya mikrobiyal aktivite sonucu bozulmalarını kontrol etmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. 2 kGy'lık ışınlama uygulamaları *Pseudomonas tolaasii* ve *Mycogone perniciosa* gibi patojen bakterilerin oluşumunu önlemekte, ışınlanan ürün 10°C'da depolandığında raf ömrünü 2 günden 8 güne kadar uzatabilmektedir (Beaulieu ve ark., 1999). Şapkalı mantarların (*Agaricus bisporus*) raf ömürlerini 10 günün üzerine çıkarmak amacıyla mantarlara 2kGy gama ışını uygulanması ve 10°C'da depolanmıştır. Bu mantarlarda kalite muhafaza edilmiş ve çok az kahverengileşme gözlenmiştir. Işınlanmış mantarlarda kahverengileşmeye neden olan polifenoloksidazın aktivitesinin azaldığı gözlenmiştir (Gautam ve ark., 1998).

Turunçgiller üzerine bir çalışma Kanada Işınlama Merkezi tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada raf ömrünü uzatmak amacıyla ılık suyla yıkama ve vakslama uygulamalarının depolama boyunca meyvelerde önemli kayıplara yol açtığını göstermiştir. Tam aksine, 0,3 kGy ışınlanmış ve 3°C 'da depolanmış mandalinalarda 8 hafta sonunda %11'den daha az bir kayıp olduğu belirtilmiştir (Abdellaoui ve ark., 1995).

Başka bir çalışmada paketlenmiş Basmati pirinçlerinde böceklenmeyi önlemek için düşük dozlarda (0,25-1 kGy) γ -ışınları uygulanmıştır. Oda sıcaklığında bir ay depolama sonucunda ışınlanmamış pirinçlerde yüksek derecede böceklenme görülürken ışınlanmışlarda 0,25 kGy dozda bile görülmemiş ve bu pirinçler uygun ortamda 6 ay depolanabilmiştir (Sudha Rao ve ark., 2000).

Et ve Et Ürünlerinin Işınlanması

Işınlama uygulamalarının lipidler, proteinler ve vitaminler üzerinde oluşturduğu etkiye rağmen diğer kalite koruma yöntemlerine kıyasla daha faydalı olduğu belirtilmektedir. Etler yapılarındaki fosfolipidlerde bulunan çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonundan dolayı oksidatif bozulmaya karşı çok duyarlıdır (Giroux ve Lacroix, 1998). Işınlama ette bol miktarda bulunan suyu iyonize etmektedir. Böylece $\bullet\text{OH}^-$ gibi hidratlanmış elektron ve H^+ gibi gıda bileşenleriyle reaksiyona girebilen serbest radikaller oluşmaktadır. Oluşan serbest radikaller lipid ve proteinlerin bozulmasına neden olmaktadır (Merritt ve ark., 1978). Bu, ışınlanmış etlerde istenmeyen tat gelişimine sebep olmaktadır (Giroux ve

Lacroix, 1998). Çoklu doymamış yağ asitleri hızla okside olduğundan, ışınlama esnasında önlem alınması gerekmektedir (Merritt ve ark., 1978). Yapılan çalışmalarda salamura uygulamaları ve ışınlamanın birlikte kullanımının linoleik asit (C18:2), linolenik asit (C18:3) ve araşidonik asit (C20:4) üzerine daha iyi koruma etkisine sahip olduğu bulunmuştur (Kamarei ve ark., 1979).

Sülfür içeren amino asitler ve aromatik amino asitler ışınlama ile oluşan bozulmaya karşı hassastır. Sülfür içeren amino asitlerden oluşan ürünler metil veya etil merkaptan, dimetil disülfid, karbonil sülfid veya hidrojen sülfittir. Oksijensiz ortamda sülfür içeren bileşikler ışınlamaya maruz kaldığında, bol miktarda hidrojen sülfid ve diğer sülfidler oluşmaktadır. Oksijen varlığında amonyak ve sülfürik asit üretimi artmaktadır. Işınlamaya en duyarlı amino asitler sistin, metiyonin ve triptofan gibi sülfür içeren amino asitlerdir (Giroux ve Lacroix, 1998).

Et ve et ürünlerinde 10 kGy'dan daha düşük dozlar patojen ve bozulma yapan bakterilerin (*L.monocytogenes*, *S.typhimurium*, *E.coli* O157:H7 ve *Y.enterocolitica*) gelişimini kontrol etmek için kullanılmaktadır (Thayer ve Boyd, 2001; Mermelstein, 2000; Monk ve ark., 1995). Düşük dozda ışınlama uygulamaları kanatlılardaki *Salmonella* spp.'nin %99,9'unu ve sığır etlerindeki *E. coli* O157:H7'nin %100 e yakını yok edebilmektedir (Olson, 1998).

Kanatlı eti ve kıymalarda saptanan en düşük ışınlama dozu 2,5 kGy'dır (Hanis ve ark., 1989). Tavuk etindeki *Salmonella* spp.'i tamamen yok edebilmek için 2,5 kGy'dan daha yüksek dozlara gereksinim duyulmaktadır. Bir çalışmada kanatlı etleri biberiye ve kekik ekstraktları ile salamura edilerek etin duyuşal özellikleri ve baharatlara karşı *Salmonella* spp.'nin hassasiyeti araştırılmıştır. Havada, vakum altında ve salamura uygulaması ile kombine edilmiş ışınlanmış tavuk etlerinin raf ömrünün 3 kGy dozda sırasıyla 10, 11 ve 15 gün olduğu rapor edilmiştir. Tüm örnekler 5 kGy dozunda ışınlama uygulandığında ise örneklerin raf ömürlerinin 15 günden daha fazla olduğu görülmüştür (Mahrouf ve ark., 1998).

Bir çalışmada sığır etinden hazırlanmış ve 1,5 kGy dozda ışınlanmış köftelerin lezzet ve beğenilme özellikleri incelenmiş ve toplam beğeni, sertlik, lezzet ve dokusal beğeni arasında ışınlanmış ve ışınlanmamış örneklerde fark olmadığı, sadece ışınlanmış köftelerin daha sulu ve daha kırmızı renge sahip olduğu saptanmıştır (Vickers ve Wang, 2002).

Diğer bir çalışmada dana köfteleri oksijen geçirgenliği olan (poliolefin) ve

olmayan (polietilen) materyaller ile paketlenenlerden sonra 2 kGy dozunda ışınlamaya tabi tutulmuştur. Örneklerin bir kısmı oda koşullarında, bir kısmı vakum altında ışınlanıp oda koşullarında depolanmış, bir kısmı ise vakum altında ışınlanıp vakum altında depolanmıştır. Örnekler 1 veya 7 gün süreyle -25°C'da bekletilmiştir. Bu sürelerin sonunda vakum altında ışınlanıp oda koşullarında depolanan örneklerin daha gevrek, vakum altında depolanmış örneklerin daha nemli olduğu gözlenmiştir. Oda koşullarında ışınlanıp depolanmış örneğin ise damakta en az tat bırakan örnek olduğu belirtilmiştir. Işınlamayı takiben toplam canlı sayısında 3 log düşüş gözlenmiştir. Dana köftelerinin raf ömrünün 4°C'da 55 güne uzadığı belirtilmiştir (Murano ve ark., 1998).

Baharat ve Aromatik Bitkilerin Işınlanması

Baharatların ve aromatik bitkilerin, lezzet verici özellikleri içerdikleri uçucu yağlardan kaynaklanmaktadır. Güneşte kurutma, depolama ve taşıma esnasında mikrobiyal kontaminasyona maruz kalmaktadırlar. Bu yüzden satışa sunulmadan önce buharla, etilen oksitle veya ışınlama ile sterilize edilmeleri gerekmektedir (Farkas, 1988). Buharla sterilizasyonda uçucu yağ asitlerinde kayıplar meydana gelebilmekte, etilen oksitle sterilizasyonda ise etilen oksitin toksik etkisinden dolayı kullanımında kısıtlamalar söz konusudur. Bu durumda gama ışınlaması baharatlarda aroma kalitesini değiştirmeyen ve mikrobiyal kontaminasyonu önleyen etkin bir metod olarak görülmektedir (Farkas, 1988).

Bir çalışmada X-ışını ve hızlandırılmış elektronlarla ışınlama yöntemlerinin beyaz biber, tatlı kırmızı biber ve hindistan cevizinin mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri incelenmiş ve X-ışınları için 50 Gy dak⁻¹ ve hızlandırılmış elektronlar için 1 veya 5 kGy dak⁻¹ dozlarında ışınlamadan sonra koliform, toplam mezofilik sayısı ve termofilik spor sayısı incelenmiştir. Sonuçta, seçilen kuru baharatlarda iki ışınlama tekniği arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır (Calenberg ve ark., 1998).

Diğer bir çalışmada mikrobiyal bulaşmayı önlemek için 10 kGy dozda ışınlanan karanfil, kakule ve hindistan cevizi örneklerinin uçucu esansiyel yağları destilasyon-ekstraksiyon tekniği ile izole edilmiş ve sonra gaz sıvı kromatografisinde (GLC) ışınlanmamış örneklerle beraber analiz edilmiştir. Işınlanmış karanfil ve kakulenin esansiyel yağ içeriğinde kalitatif ve kantitatif değişiklik görülmemiştir. Bununla birlikte, ışınlanmış hindistan cevizinde myristicin içeriğinin 6 kat arttığı ve elimicin içeriğinin ise aynı oranda

azaldığı rapor edilmiştir (Variyar ve ark., 1998).

Karabiber ile yapılan bir çalışmada ışınlama ile uçucu yağ içeriğindeki değişimler araştırılmıştır. Işınlanmamış ve 10, 20 ve 30 kGy dozlarda gama ışınlarıyla ışınlanmış karabiber örneklerinin uçucu yağları analiz edilmiştir. Ayrıca, ışınlamadan sonra 24°C'da 1, 30 ve 90 gün depolama sırasındaki değişiklikler saptanmıştır. Işınlama dozu veya depolama süresi ile uçucu yağ içeriğinde hiçbir sistematik değişiklik meydana gelmemiştir (Piggott ve Othman, 1993).

Variyar ve ark. (1997) tarafından, filizlenmeyi önlemek için 60 Gy dozda gama ışınlarıyla ışınlanan taze zencefil kök gövdelerinin ve ışınlanmamış kontrol kök gövdelerinin uçucu yağları analiz edilmiştir ve zingiberin, β -sesquiphellandrene ve arkurkumin başlıca bileşikler olarak saptanmıştır. 60 Gy dozda gama ışınlaması baharatın aroma içeriğinde belirgin bir kalitatif ve kantitatif değişikliğe neden olmamıştır.

TÜKETİCİNİN IŞINLANMIŞ GIDAYA BAKIŞ AÇISI

Işınlanmış ve ışınlanmamış sığır etlerinin kabul edilebilirliği, kokusu ve lezzeti, 1950-1970 yılları arasında yapılan çalışmalarda incelenmiş ve ışınlanmış sığır etlerinde kötü lezzet ve düşük kabul edilebilirlik saptanmıştır (Merritt ve ark., 1975; Cain ve ark., 1958). Günümüzde ise ışınlama teknolojisindeki gelişmeler ile tüketiciler değişiklikleri fark edememekte veya fark etseler bile ışınlamanın, gıdanın güvenilirliği ve raf ömrüne olan olumlu etkileri sebebiyle önemsememektedirler (Vickers ve Wang, 2002).

Tüketiciler 1990'lı yılların başına kadar ışınlama teknolojisiyle ilgili yetersiz bilgiye sahiptiler (Pszczola, 1990; Loaharanu, 1994) ve ışınlamayı radyoaktivite ile karıştırmaktaydılar (Topal, 1988). ABD'de 1987'de yapılan bir ankete göre tüketicilerin %43'ünün ışınlamanın zararlı olduğuna inandığı saptanmıştır (Brady, 1987). 1995'te yapılan bir ankete ise ankete katılan kişilerin %72'sinin ışınlamadan haberdar olduğu, %87,5'inin ışınlama hakkında çok fazla bilgiye sahip olmadığı ortaya çıkmıştır. Gıdaların ışınlaması konusunda verilen bilgilerin, gıda katkı maddeleri, pestisit, hormon, hayvansal ilaç kalıntıları ve bakteriler konularında verilen bilgilere kıyasla yetersiz olduğu ifade edilmiştir (Olson, 1998). Resurreccion ve ark. (1995) tüketicilerin %45'inin ışınlanmış gıda satın aldıklarını, %19'unun satın almadığını ve %36'sının kararsız kaldığını saptamışlardır.

ABD'de sığır eti satıcıları, tüketicilerin "ışınlama" kelimesine karşı olmalarından dolayı ışınlama teknolojisine geçememişlerdir. Tüketicilerin ışınlamaya karşı tepkilerinin sebepleri bu gıdaların radyoaktif sağlık riski içerme ihtimali ve üreticilerin ışınlamayı, kötü gıdayı iyi göstermek için bir araç olarak kullanabilme ihtimalinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ABD'de sığır eti işletmecileri hükümete gıda ambalajında bulunması gereken "ışınlanmış" kelimesinin kaldırılarak yerine "soğuk pastörizasyon" veya "elektronlarla pastörizasyon" ibarelerini kullanabilmeleri için teklif götürmüşlerdir. Tüketiciler ise bunun aldatıcı nitelik taşıdığını ve "ışınlanmış" ibaresini görerek tükettikleri gıdanın hangi işlemlerden geçtiğini bilmek istediklerini vurgulamışlardır. FDA'nın Kasım 2002'de yayınladığı yeni etiketleme yönetmeliğinde sığır eti paketlerinde "pastörize edilmiştir" teriminin kullanımına izin verilmiştir. Bu gelişme sığır eti üreticilerinin ışınlama teknolojisine geçmelerine olanak sağlamıştır (Goodsir, 2002).

ABD'de 2003 yılında yapılan ankette tüketicilerin %76'sı ışınlanmış domuz etini, %68 i ise ışınlanmış kanatlı etini satın almayı tercih ettiklerini ve böylelikle Trichinella ve Salmonella sonucu hastalanma riskini azaltabileceklerini belirtmişlerdir. Işınlanmış gıdaları 1993 yılında tüketicilerin %29 u satın almayı isterken bu oranın 2003 yılında %69 a çıktığı bu anket sonucunda gözlemlenmiştir (Johnson ve ark., 2004). Tüketici artık klasik gıda muhafaza yöntemlerinin yetersiz geldiğini, kimyasal yöntemlerin ise zararlı olduğunu, özellikle de son yıllarda, gelişmiş ülkeler dahil pek çok ülkede önemli sağlık sorunları yaşanması sonucunda öğrenmiştir (Alkan, 2003b). ABD'de Hastalık Koruma ve Önleme Merkezi ışınlama uygulamaları ile 900.000 hastalığın ve 352 ölüm vakasının önlenebileceğini tahmin ettiklerini belirtmişlerdir (Brasher, 2004). Işınlanmış gıdanın ışınlanmamıştan daha güvenilir olduğunu düşünen tüketici diğer yöntemlerle muamele edilmiş gıdalardan daha pahalı olmasına rağmen ışınlanmış gıdaları tercih etmektedir (Crawford, 1998).

SONUÇ

Işınlama, gıdaların bozulmasına neden olan ve insanlarda hastalıklara yol açan mikroorganizmaların azaltılması veya yok edilmesini sağlarken duyu kaliteyi de korumaktadır. Gıdaların ışınlama yöntemiyle muhafazası sağlık açısından endişe duyulan riskleri en aza indirmekle birlikte günümüzde üzerinde halen çalışılmaktadır. Son yıllarda ışınlama uygulamaları ile ilgili olarak tüke-

ticilerin bilinçlendirilmesi çalışmaları hızlandırılmıştır. Gıda kaynaklı hastalık ve zehirlenmeler ile ilgili çok fazla sorun yaşayan tüketiciler artık geleneksel yöntemlerin her zaman yeterli olmadığını, kimyasalların kullanımının da zararlı olduğunu anlamış ve yavaş yavaş ışınlanan gıdalara yönelmeye başlamıştır. Işınlama teknolojisindeki gelişmelerle artık tüketici ışınlanan gıdaları diğerlerinden ayırt edememektedir. Toplumun bazı kesimleri güvenilir olmasından dolayı satın aldığı gıdada ışınlanmış olma şartı aramaya başlamıştır. Gıdaların ışınlanarak muhafazasının yaygınlaşmasının, ülkelerin gelişmişlikleri ile artacağı ve bu yöntemin diğer muhafaza yöntemleriyle uygulanmasının gıda güvenliği ve kalitesi açısından ortaya çıkan sinerjiyi artıracığı ve duyulan endişeleri azaltacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdellaoui, S., Lacroix, M., Jobin, M., Boubekri, C. ve 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. “Alınmıştır: Gıda Mikrobiyolojisi. (ed) Ünlütürk, A., Turantaş, F., Mangi Tan Basımevi, İzmir, 241-246”.
- Ahn, D. U., Olson, D. G., Lee, J. I., Jo, C., Wu, C. ve Chen, X. 1998. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatile in pork patties. *J. Food Sci.*, **63**, 15-19.
- Alkan, H. 2003a. Türkiye’de Endüstriyel Gama Işınlaması Uygulamaları. <http://simad55.tripod.com/kitap2003/19.htm>
- Alkan, H. 2003b. Işınlanmış gıda ürünlerine talep artacaktır. <http://www.gamma-pak.com.tr>
- Anonim, 1999. Gıda Işınlama Yönetmeliği 6.11.1999, 23868 sayılı Resmi Gazete.
- Beaulieu, M., Béliveau, M., D’Aprano, G. ve Lacroix, M. 1999. Dose rate effect of gamma irradiation on phenolic compounds, polyphenol oxidase (PPO) and browning of mushrooms (*Agaricus Bisporus*). *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 2537-2543.
- Bhushan, B. ve Thomas, P. 1998. Quality of apples following gamma irradiation and cold storage. *Int.J. Food Sci.*, **49**, 485-492.
- Brady, C. 1987. Irradiation on trial. *Food Eng. Int.*, October, 50-53.
- Brasher, P. 2004. Irradiated ground beef’s popularity isn’t sizzling. <http://www.dmregister.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20040615/BUSINESS05/406150343/1029/BUSINESS>.
- Buchalla, R., Schuttler, C. ve Bogl, K. W. 1993. Effects of ionizing radiation on plastic food packaging materials: a review. *J. Food Prot.*, **56**, 991-997.
- Cain, R. F., Anglemier, A. F., Sather, L. A., Bautista, F. R. ve Thompson, R. H. 1958. Acception of fresh and precooked radiated meats. *Food Research*, **23**, 603-610.
- Calenberg, S. B., Vanhaelewyn, G., Cleemput, O. V., Callens, F., Mondelaers, W. ve Huyghebaert, A. 1998. Comparison of the effect of X-ray and electron beam irradiation on some selected spices. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **31**, 252-258.
- Crawford, L. M. 1998. Food irradiation’s advantages will not escape public attention. *Food Technol.*, **52** (1), 55.
- Çopur, U. ve Tamer, C. E. 1998. Gıdaların radyasyonla muhafazaları. *Gıda*, Ocak, 40-45.
- Farkas, J. 1988. Irradiation of dry food ingredients. CRC Press, FL, 1-9, 25-36.
- Farkas, J. 1989. Microbiological safety of irradiated foods. *Int. J. Food Microbiol.*, **9**, 1-15.
- Farkas, J. 1990. Combination of irradiation with mild heat treatment. *Food Control*, **1**, 223-229.
- Gautam, S., Sharma, A. ve Thomas, P. 1998. Gamma irradiation effect on shelf-life, texture, polyphenol oxidase and microflora of mushroom (*Agaricus bisporus*). *Int. J. Food Sci. Nutr.*, **49**, 5-10.
- Giroux, M. ve Lacroix, M. 1998. Nutritional adequacy of irradiated meat: a review. *Food Research Int.*, **31**, 257-264
- Goodsir, G. 2002. Irradiation of beef gaining favour in the US. *Meat Int.*, **12**(10), 22-25.
- Hagenmaier, R.D. ve Robert, A.B. 1997. Low-dose irradiation of cut iceberg lettuce in modified atmosphere packaging. *J. Agric.Food Chem.*, **45**, 2864-2868.
- Hanis, T., Jelen, P., Klir, P., Mnukova, J., Perez, B. ve Pesek, M. 1989. Poultry meat irradiation. Effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms. *J. Food Prot.*, **52**, 26-29
- Hastings, J. W., Holzappel, W. H. ve Niemand, J.G. 1986. Radiation resistance of lactobacilli isolated from radurized meat relative to growth and environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, **52**, 898-

- 901.
- Ingram, M. ve Farkas, J. 1977. Microbiology of foods pasteurized by ionizing radiation. *Acta Aliment.*, **6**, 123-185.
- Johnson, A.M., Reynolds, A.E., Chen, J. ve Resurreccion, A.V.A. 2004. Consumer attitudes towards irradiated food: 2003 vs.1993. *Food Prot. Trends* **24(6)**. (<http://www.foodprotection.org/Publications/Abstracts/2004Abstracts/June2004.htm>)
- Kamarei, A. R., Karel, M. ve Wierbicki, E. 1979. Spectral studies on the role of ionizing radiation in color changes of rappertized beef. *J. Food Sci.*, **44**, 25-31.
- Lacroix, M., Jobin M., Latreille, B., Lapointe, M. ve Gagnon, M. 1991. Hot-water immersion and irradiation effect on mangoes keeping-quality after air shipment from Thailand to Canada. *Microbiol. Aliments Nutr.*, **9**, 155-160.
- Lacriox, M. ve Ouattara, B. 2000. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products- a review. *Food Research Int.*, **33**, 719-724.
- Lagunas-Solar, M.C. 1995. Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status. *J.Food Prot.*, **58**, 2, 186-192.
- Lambert, A. D., Smith, J. P. ve Dodds, K. L. 1991. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat.-review. *Food Microbiol.*, **8**, 267-297.
- Loaharanu, P. 1994. Status and prospects of irradiation. *Food Technol.*, **48(5)**, 121-131.
- Mahrour, A., Lacroix, M., Nketsa-Tabiri, J., Calderon, N. ve Lacroix, M. 1998. Antimicrobial properties of natural substances in irradiated fresh poultry. *Radiation Physics and Chem.*, **52**, 81-84.
- Mermelstein, N. H. 2000. E-beam-irradiated beef reaches the market, papaya and gamma- irradiated beef to follow. *Food Technol.*, **54(7)**, 88-92.
- Merritt Jr., C., Angelini, P. ve Graham, R.A. 1978. Effect of radiation parameters on the formation of radiolysis products in meat and meat substances. *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 29-35.
- Merritt Jr., C., Angelini, P., Wierbicki, E. ve Shults, G. W. 1975. Chemical changes with flavor in irradiated meat. *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 1037-1044.
- Monk, J. D., Beuchat, L. R. ve Doyle, M. P. 1995. Irradiation inactivation of food-borne microorganisms. *J. Food Prot.*, **58(2)**, 197-208.
- Moseley, B. E. B. 1984. Radiation damage and its repair in non-sporulating bacteria. "Alınmıştır: *The Revival of Injured Microbes.* (ed) Andrew, M. H. E., Russel, A. D. Academic Pres, London, 147-174".
- Murano, P.S., Murano, E.A. ve Olson, D.G. 1998. Irradiated ground beef: sensory and quality changes during storage under various packaging conditions. *J. Food Sci.*, **63(3)**, 548-551.
- Olson, D. G. 1998. Irradiation of food. *Food Technol.*, **52**, 1, 56-62.
- Piggott, J.R. ve Othman, Z. 1993. Effect of irradiation on volatile oils of black pepper. *Food Chem.*, **46(2)**, 115-119.
- Prakash, A., Guner, A. R., Caporaso, F. ve Foley, D. M. 2000. Effects of low-dose gamma irradiation on the shelf life and quality characteristics of cut Romaine lettuce packaged under modified atmosphere. *J.Food Sci.*, **65 (3)**, 549-553
- Pszcola, D. E. 1990. Food irradiation. Countering the tactics and claims of opponents. *Food Technol.*, **44(6)**, 92-97.
- Resurreccion, A.V.A., Galvez, F.C.F., Fletcher, S.M. ve Misra, S.K. 1995. Consumer attitudes toward irradiated food-results of a new study. *J. Food Protect.*, **58 (2)**, 193-196.
- Smith, J.S. ve Pillia, S. 2004. Irradiation and food safety. *Food Technol.*, **58(11)**, 48-55.
- Sudha Rao, V., Gholap, A.S., Adhikari, H. ve Madhusudanan Nair, P. 2000. Disinfestation of Basmati rice by the use of γ -radiation. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **35**, 533-540.
- Thayer, D. W. ve Boyd, G. 2001. Effect of irradiation temperature on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus*. *J. Food Prot.*, **64(10)**, 1624-1626.
- Topal, Ş. 1988. Işınlama tekniği ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda*, **13(6)**, 417-423.
- Ünlütürk, A. 1999. Genel ilkeler, kontaminasyonun önlenmesi ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması. "Alınmıştır: *Gıda Mikrobiyolojisi.* (ed) Ünlütürk, A; Turantaş, F. Mangi Tan Basimevi, İzmir, 165-170".
- Variyar, P. S., Gholap, A. S. ve Thomas, P. 1997. Effect of γ -irradiation on the volatile oil constituents of fresh ginger (*zingiber officinale*) rhizome. *Food Research Int.*, **30(1)**, 41-43.

- Variyar, P.S., Bandyopadhyay, C. ve Thomas, P. 1998. Effect of γ -irradiation on the volatile oil constituents of some Indian spices. *Food Research Int.*, **31(2)**, 105-109.
- Vickers, Z. M. ve Wang, J. 2002. Liking of ground beef patties is not affected by irradiation. *J. Food Sci.*, **67(1)**, 380-383.
- WHO. 1994. Safety and nutritional adequacy of irradiated food. World Health Organization, Geneva.
- Yavaş, Ö. ve Zararsız, A. 2003. Fizik Mühendisliği. <http://www.fizikmuhoda.org.tr/fm/fizikmuh.htm>