

Sert Kabuklu Meyvelerde Işın Uygulamaları

Saim Zeki Bostan, Saadet Koç Güler

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Meyve Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalı, Ordu

Geliş Tarihi (Received): 25.06.2012, Kabul Tarihi (Accepted): 19.10.2012✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): szbostan@hotmail.com (S.Z Bostan)*

☎ 0 452 226 52 05 📠 0 452 226 52 36

ÖZET

Gıdalardaki ilk ışınlama uygulamaları 1921 yılında X ışınları kullanılarak yapılmıştır. Uygulamaların yapılmasındaki amaç gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi, azaltılması, yok edilmesi, gıdaların raf ömürlerinin uzatılması veya olgunlaşma süresinin kontrol edilmesidir. Gıda ışınlaması ile ilgili yasal düzenlemeler 1983'den sonra başlamıştır. Ülkemizde "Gıda Işınlama Yönetmeliği" 1999 tarihinde yayımlanmıştır. Kimyasal uygulamalara alternatif olarak kullanılabilen ışınlama ile ilgili birçok üründe çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada sert kabuklu ürünlerde yapılan ışınlama uygulamaları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Işınlama, Sert kabuklu meyveler, Raf ömrü

IRRADIATION APPLICATIONS on NUTS

ABSTRACT

The first applications in food irradiation using X-rays were performed in 1921. The purposes of the applications are the prevention, reduction or elimination of both microorganisms causing food spoilage and biochemical changes, prolong shelf life of foods or control of ripening period in foods. The first legal regulations related to food irradiation began after 1983. In Turkey, "Food Irradiation Regulation" was enforced in 1999. As an alternative to chemical applications, irradiation has been used for many products. In this study, irradiation applications on nuts have been reviewed.

Key Words: Irradiation, Nuts, Self life

GİRİŞ

Gıda ışınlama, gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi, azaltılması, yok edilmesi, gıdaların raf ömürlerinin uzatılması, olgunlaşma süresinin kontrolü veya takibindeki işlemlerde istenen değişiklikleri sağlamak amaçlarından biri veya birkaçı için belirlenmiş ışınlama dozunda, uygun teknolojik ve hijyenik koşullarda yapılan işlemdir [2].

Işınlama, birçok gıda ve tarımsal ürünün ticaretinde teknolojik problemlere çözüm olan etkin bir yöntem

olmuştur. Yöntem, tek başına ya da diğer teknolojilerle kombine edilerek kullanılabilir [15].

Gıdalardaki ilk ışın uygulamaları 1921 yılında X ışınları kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra 1958 yılında gama ışınlama cihazlarının ticari olarak yapımı başlamıştır. 1983'ten sonra da birçok ülkede gıda ışınlamasını onaylayan yasal düzenlemeler getirilmiştir.

Ülkemizde 06.11.1999 tarihinde yayımlanan "Gıda Işınlama Yönetmeliği" ne göre;

- Gıda ışınlaması ile aynı amaçla kullanılacak olan herhangi bir kimyasal işlem, gıda ışınlaması ile birlikte kullanılamaz,

- Bozulmuş gıdalar insan tüketimine sunulmak üzere ışınlanamaz.

Yönetmeliğe göre tüketiciye ve toplu tüketim yerlerine sunulacak ışınlanmış ürünlerde, "Işınlanmıştır" veya "Işınlama İşlemi Yapılmıştır" ifadesinin yanında yeşil renkli uluslar arası gıda ışınlama sembolünün (Radura) görülebilir şekilde etiket üzerinde bulunması zorunludur.

Radura sembolü, Hollanda'da (Wageningen) bulunan pilot bir gıda ışınlama tesisinde ortaya çıkmıştır. Sembolde simgelenen gıda, tarımsal bir üründür. Kapalı bir paketteki (daire) bitkinin (nokta ve iki yaprak) kalitenin korunması için iyonize ışınların penetrasyonu ile üst kısımdan ışınlandığını simgelemektedir (dairenin üst kısmındaki kırılmalar).

Daha sonra bazı gıda ve işleme mühendisleri tarafından günümüzde geniş kullanım alanı bulan aşağıdaki tanımlama yapılmıştır:

- Merkezdeki nokta, ışın kaynağını göstermektedir.
- İki yaprak, çevreyi ve çalışanları koruyan biyolojik bir koruyucudur.
- Dışarıdaki halka taşıma sistemini, aşağıdaki yarım kısım, biyolojik kalkanlar tarafından ışından korunmayı, üstteki parçalı kısım ise taşıma sisteminde hedef ürüne vuruş yapan ışınları sembolize etmektedir.

Radura, Hollanda'da 1960'lı yılların başından itibaren iyonize ışın ile müdahale edilmiş gıdalar için bir kalite sembolü olarak kullanılmıştır. Radura sembolü Güney Afrika Atom Enerjisi kurumu tarafından da geniş ölçüde kullanılmıştır. Hollanda'daki pilot işletmenin başkanı Jan Leemhorst, simgenin uluslar arası kullanımı ile ilgili bir fikir ortaya atmış ve bu fikir ışınlanmış gıdaların etiketlenmesinde Codex Alimentarius standartlarında bir seçenek olarak yer almıştır. Codex standartlarında sembol yeşil renktedir ve tüm detayları dolguludur (Şekil 1) [11].



Şekil 1. Radura sembolü [1]

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO), dünya gıda üretiminin yaklaşık %25'inin hasat sonrasında böcek, bakteri ve kemirgenler tarafından kullanılamaz hale getirildiğini bildirmiştir [3]. Işın uygulaması gıdalarda bulaşmaya neden olan bakteri ve küf gibi mikroorganizmaların moleküler yapılarını değiştirerek etkili olmakta, aynı zamanda meyve ve sebzelerin olgunlaşma sürelerini yavaşlatmaktadır.

2005 yılı verilerine göre dünyada gıda ışınlama 405.000 ton üründe gerçekleştirilmiştir. Bu miktarın 186.000 tonu baharat ve kuru sebzelerin, 82.000 tonu tahıl ve meyvelerin, 32.000 tonu et ve balıkların disinfestasyonu; 88.000 tonu patates ve sarımsağın çimlenmesini engellemek ve 17.000 tonu diğer gıda maddeleri için kullanılmaktadır. Ticari gıda ışınlama uygulamaları Asya'da artarken Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde azalmaktadır [19].

2010 yılı "Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin İyonize Radyasyonun Uygulandığı Gıda ve Gıda İçerikleri" raporuna göre AB ülkelerinde ışınlama yapılan toplam ürün miktarı 9.263,307 tondur (Tablo 1.). Avrupa'da ışınlanan ürünlerin yaklaşık %50'lik kısmını kurbağa bacağı ve kurbağaların diğer kısımları, %23'lük kısmını tavuk etleri, %16'lık kısmını ise baharat ve şifalı otlar oluşturmaktadır [4]. AB ülkelerinde pratikte ışın uygulamasının gerçekleştirildiği sert kabuklu meyve verisine ulaşılamamıştır.

Tablo 1. 2010 yılı "Avrupa parlamentosu ve konseyinin iyonize radyasyonun uygulandığı gıda ve gıda içerikleri" raporuna göre bazı AB Ülkelerinde Işınlama Yapılan Ürün Miktarları ve Işınlama Tesisleri Sayısı

Ülke	Işınlanan Ürün Miktarı (ton)	Mevcut Işınlama Tesisi Sayısı	Aktif Işınlama Tesisi Sayısı
Belçika	5.840,067	1	1
Bulgaristan	-	2	2
Çek Cumhuriyeti	26.7	1	1
Almanya	127.1	4	3
İspanya	369.2	2	1
Estonya	10	1	1
Fransa	1.023,84	5	4
Macaristan	150.7	1	1
İtalya	-	-	-
Hollanda	1.539,1	2	2
Polonya	159.6	2	2
Romanya	17	1	1
İngiltere	-	1	1
Toplam	9.263,307	23	20

2010 yılı verilerine göre dünyada sert kabuklu meyve üretimi yaklaşık 50 milyon tondur. Türkiye 1 milyon

tonluk sert kabuklu meyve üretimi ile dünya üretiminin %2'sini karşılamaktadır. Ülkemiz, dünyada fındık üretimi

ile birinci sırada (600.000 ton), kestane üretimi ile üçüncü sırada (59.171 ton), ceviz (178.142 ton) ve Antep fıstığı (128.000 ton) üretimi ile dördüncü sırada yer almaktadır [5].

Sert kabuklu meyveler genel olarak depolama ömrü uzun olan meyvelerdir. Ancak yağ içeriklerinin yüksek olması ve uygun olmayan koşullarda yapılan depolama uygulamaları üründe istenilmeyen değişikliklere yol açmaktadır. Depolama süresince asıl amaç ürünün kalitesini korumaktır ancak bu süreçte depo zararlılarının, bakterilerin veya fungusların oluşturduğu bulaşmalar da mutlaka dikkate alınmalı ve üründe meydana gelebilecek kalite kayıpları en aza indirilmelidir.

Hasat sonrası dönemde kalitenin korunması amacıyla tüm tarımsal ürünlerde olduğu gibi sert kabuklu meyvelerde de bir takım uygulamalar (kimyasal fumigantlar, ısıtma işlemler, kontrollü koşullarda depolama vb.) yapılmaktadır. Bu uygulamalara ek olarak son zamanlarda ışın uygulaması yoğun bir şekilde gündeme gelmektedir. Ancak ışın uygulamasının böceklenme ve mikrobiyal yük oluşumunu azaltıcı etkisi ile birlikte ürünün organoleptik özelliklerinde meydana getirdiği değişimler de dikkate alınmalıdır. Uygulama kaliteyi en iyi şekilde koruyacak dozlarda yapılmalıdır.

Işın uygulaması, pestisit ve fungusitlere alternatif olabilecek bir yöntem olması bakımından ilgi çekicidir. Uygulamada ışının ürünle direkt temas etmemesi, ambalajlanmış ürüne de uygulanabiliyor olması, ürün üzerinde kimyasal kalıntı bırakmaması ve ürünü radyoaktif hale getirmemesi gibi özelliklerinden dolayı farklı ürünlere uygulanabilirliğini ve birçok araştırma yapılabilmesini sağlamıştır.

Çalışmada ışın uygulamasının sert kabuklu meyvelerdeki durumu mevcut çalışmalar derlenerek incelenmiştir. Bu amaçla ışınlamanın raf ömrü ve duyuşsal özellikler, mikrobiyal yük ve böceklenme üzerine etkileri ele alınmıştır.

SERT KABUKLU MEYVELERDE IŞINLAMA

Yüksek oranda yağ içeren sert kabuklu meyvelerde ışınlama uygulamaları yağ oksidasyonuna ve bunun sonucunda da tat değişimlerine neden olabilir. Ancak bu değişimler ışın dozuna ve meyve çeşidine göre farklılıklar göstermektedir.

Işınlamanın Raf Ömrü ve Duyuşsal Özellikler Üzerine Etkileri

Genellikle gıdalardaki makro besin elementleri (karbonhidrat, yağ ve protein bileşikleri) iyonize ışından oldukça düşük oranlarda etkilenirler. Bazı vitaminler ve çoklu doymamış yağ asitlerini içeren bazı mikro besin elementleri daha hassastır ve bu hassasiyet gıdanın yapısı ile yakından ilişkilidir. Genellikle böceklenmeye karşı kullanılan 1kGy ışın dozu gıdanın besin yapısında önemli bir değişikliğe neden olmamakta, sadece C vitamini değerlerinde birtakım düşüşlere neden olabilmektedir. 10 kGy ışın düzeyinde

yapılan uygulamaya ise askorbik asit (C vitamini), tiamin (B1 vitamini) ve piridoksin (B6 vitamini) daha hassastır [36].

İran fıstıklarında 10 kGy doza kadar yapılan uygulamaların yağ, karbonhidrat yada proteinler üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır [18]. Ancak Antep fıstıklarında paketler vakumlu olmasına rağmen 1.5 kGy doz uygulaması acılaşmaya neden olmuştur [37]. Işınlama uygulamaları Antep fıstıklarında doymamış yağ oranı ile doğru orantılı olarak acılaşmaya neden olmaktadır.

Kestanelerde 1 kGy doza kadar yapılan uygulamalarda lipid peroksidasyonuna rağmen [24] duyuşsal özelliklerde herhangi bir bozulma görülmemiştir. Kestanede çimlenmeyi engellemek için ışınlama uygulamaları yapılmış ve raf ömrünün uzatılması için doz 0.1–0.6 kGy ışın dozu önerilmiştir. 0.5–1 kGy doz aralığı kestanede şeker oranını (sakkaroz) artırırken [33], ≤ 3 kGy gamma dozları kestanenin kimyasal ve besleyici özelliğini etkilememiştir [12]. Kestanelere gama ışını (0.0-0.5-3.0 kGy) ve 4°C'de depolama uygulaması (0, 15 ve 30 gün, 4°C) yapılarak şeker, yağ asitleri ve tokoferol kompozisyonuna olan etkisi araştırıldığında özellikle yağ, kül, karbonhidrat ve enerji değeri üzerine depolama ışın uygulamasından daha etkili olmuştur. Sakkaroz, ışın ve depolama uygulamalarında benzer özellik göstermiştir. Doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri hem depolamadan hem de ışın uygulamasından etkilenmemiştir. Alfa tokoferol miktarı ise depolama ve ışın uygulamaları arasında önemli farklılıklar göstermiştir [8].

0.25-1 kGy dozlarda ışınlama ve devamındaki depolama uygulamaları kajularda antioksidant aktivitesini azaltmıştır [27]. Kajularda (*Anacardium occidentale* L.) 7 kGy dozda yapılan gama ışını uygulamalarında peroksit değeri beş kat, hekzanal içeriği ise iki kat artmıştır. Işınlama dozu ile birlikte oleik asit miktarı azalırken stearik asit miktarı artmıştır. Çoklu doymamış yağ asitleri ışın uygulamasından etkilenmemiştir. Aldehitler, ketonlar ve alkoller gibi uçucu bileşikler ışınlanmadan sonra artarak lipit oksidasyonunda artış göstermektedir. a* renk değeri >3kGy dozlarda artarken, L* ve b* değerleri ışın uygulamasından etkilenmemiştir. Duyuşsal analizler <3 kGy dozların uygulandığı kajuların organoleptik olarak kabul edilebilir olduğunu ortaya konulmuştur [20].

Bademde (*Prunus dulcis*) 7 kGy dozda uygulanan gama ışınından sonra peroksit değerinde 20 kat artış meydana gelmiş ancak çoklu doymamış yağ asitlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. 3 kGy dozda ise doymuş yağ asitleri artarken tekli doymamış yağ asitlerinde azalma meydana gelmiştir. Aldehit, keton ve alkoller gibi uçucu bileşikler ışın dozu ile birlikte artış göstermiştir. Renk parametrelerinden L değeri >3 kGy dozlarda azalma gösterirken, a ve b değerleri bu doz uygulamasından etkilenmemiştir. Duyuşsal bakımdan badem için uygun ışın dozu 3 kGy'dir [22]. Guara iç bademlerinde (*Prunus amygdalus*) uygulanan elektron ışını uygulamasında 7 kGy doza kadar hasat sonu sanitasyonun sağlandığı ve duyuşsal özelliklerin kabul edilebilir düzeyde olduğu saptanmıştır. Ancak doz miktarı 10 kGy'e çıktığında önemli bir ransidite görülmüş ve ürünün yeme kalitesi

bozulmuştur [28]. *Salmonella* salgınından sonra kavrulmamış bütün bademlerde infrared pastörizasyon ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bademler infrared ile 100, 110 ve 120 °C'ye ısıtılmış, ortam sıcaklığına 70, 80 ya da 90 °C'de tutularak getirilmiştir. Bademler 90 °C'de 10-15 dakika tutulduğunda *Pediococcus* popülasyonunda 5-log'dan daha fazla bir düşüş görülmüştür. Bu düşüş badem endüstrisinde gerekli olan 4-log'luk düşüş miktarını karşılamıştır. İnfrared uygulaması bütün bademlerde CIE L*a*b* renk değerlerinde önemli bir değişime neden olmamıştır. Öğütülmüş bademlerde ise a* ve b* değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur. Duyusal analizde ise uygulamanın yapıldığı ve yapılmadığı bademlerde görüntü, tekstür, lezzet ve diğer kalite parametrelerinde önemli bir farklılık saptanmamıştır [10]. [13], kabuklu ve iç bademlerde radyo frekans enerjisi kullanarak disinfestasyon uygulaması yapılmıştır. 0.75 kW radyo frekansı gücünün kullanıldığı örneklerde peroksit değeri, yağ asidi ve iç rengi kontrol grubu örneklerden daha iyi ya da benzer özellikler göstermiş dolayısıyla bademin kalitesi uygulamadan olumsuz etkilenmemiştir. Radyo frekansı uygulaması her iki badem uygulamasında da nem içeriğinde önemli bir etkiye neden olmamış, sadece kabuğun nem içeriğini azaltmıştır.

Ceviz ve çam fıstıklarının peroksidasyon değerlerinin bademlerden daha yüksek olduğu söylenmesine rağmen [27], 1 kGy dozda uygulamanın yapıldığı iç cevizde [16] ve çam fıstıklarının duyusal özelliklerinde herhangi bir bozulma görülmemiştir. Baladi çeşidi cevizlerde yapılan ışın uygulamalarında (0-0.5-1-1.5-2 kGy), uygulamadan hemen sonra ışınlanmış ve ışınlanmamış ürünlerde lezzet ve aroma yönünden bir farklılık görülmemiştir. Ancak 12 aylık depolama süreci sonrasında yüksek ışın dozları (1.5-2 kGy) duyusal özelliklerde negatif etki göstermiştir. Toplam asitide ve peroksit değeri düşerken iyodin değerinde artış saptanmıştır [6].

Fındık (*Corylus avellana* L.-Giresun), ceviz (*Juglans regia* L.-Şebini), badem (*Prunus dulcis*-Akbadem) ve Antep fıstıklarında (*Pistacia vera* L. Anaçitlak) 1-3-5 ve 7 kGy ışın uygulamaları yağ içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Serbest yağ asidi ve peroksit değeri uygulanan doz ile orantılı olarak artmıştır. Işın dozu ile birlikte toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asidi miktarı azalırken toplam doymuş yağ asidi konsantrasyonu düşmüştür [14]. Fındıkta (*Corylus avellana* L.) 7 kGy doz uygulamasından sonra hekzanal içerikte 28 kat, peroksit değerinde 20 kat artış görülmüştür. Bununla birlikte doymuş yağ asitlerinde artış doymamış yağ asitlerindeki azalma ile paralellik göstermiştir. Ketonlar, alkanlar, alkoller, aldehytler, uranlar, aromatik hidrokarbonlar, bisiklik monoterenler ve asitler gibi uçucu bileşikler ışınlama sonrasında çoğunlukla ikincil oksidasyon ürünlerini kapsayan ürünler üretmektedir. Renk parametrelerinden b değeri ≥ 5 kGy dozlardaki ışınlamadan sonra artış gösterirken, L ve a değerleri değişmemiştir. Duyusal özelliklerden tekstür ve renk ışınlamadan etkilenmemiştir. Tat ise 1.5 kGy dozdaki ışınlamaya kadar kabul edilebilir düzeyde kalmıştır [21]. Fındıkta (Tombul) 0.5-3 kGy dozlardaki ışınlamada oksidatif bozulma ve organoleptik

özelliklerde bir farklılığa rastlanmamıştır. Ancak tokoferol içeriği, ışın dozuna bağlı olarak azalma göstermektedir. Toplam serbest yağ asidi ışınlanmış (özellikle 0.5-1 ve 1.5 kGy) ve ışınlanmamış örneklerde depolama süresi boyunca artmıştır. Peroksit değeri ışınlamadan hemen sonra ve 3 aylık depolama sonunda artış göstermiş. Bununla beraber 6 ayın sonunda ışınlanmış ve ışınlanmamış örnekler arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Depolama süresi peroksit değerini etkilememiştir [25].

İşinlamanın Mikrobiyal Yük Üzerine Etkileri

İnsan tüketimine sunulan gıdalarda mikrobiyal patojenlerin varlığı önemli bir sorundur. Yüksek endüstri ve gelişmişliğe sahip Amerika Birleşik Devletleri (ABD) gibi ülkelerde bile patojenlerle bulaşık gıdalar sağlık ve ekonomi yönünden önemli sorunlara neden olabilmektedir [32].

Işın uygulaması (5-10-15-20 kGy) ile propilen oksit uygulamasının karşılaştırıldığı bir çalışmada küf gelişiminin engellenmesi bakımından ışın uygulaması daha etkin bulunmuştur [35].

0.5-1.5 ve 2 kGy dozlarda gama ışını uygulanan Baladi cevizlerinde uygulamanın hemen sonrasında fungus yükünün azaldığı görülmüştür. Uygulamanın yapıldığı ürünlerde gerçekleştirilen 12 aylık depolama sonunda sadece yüksek dozların (1.5 ve 2 kGy) uygulandığı ürün grubunda fungus yükünün azalmış olduğu saptanmıştır [6].

Kabuklu fındığa bulaştırılan aflatoksijenik funguslara uygulanan mikrodalga ışın uygulamasında fungus yükünde önemli azalmalar gözlenmiştir. Yapılan bu çalışma ve önceki çalışmalar ışığı altında UV-C ışını uygulamalarının vakumlu paket uygulaması ile birlikte kullanılabileceği hibrit modeller önerilmiştir [9].

Çiğ bademe (Nonpareil) farklı *Salmonella* türleri bulaştırılarak 3 kGy'e kadar beş farklı dozda ışınlama yapılmıştır. Ancak mikroorganizma sayısındaki azalma, bu dozlardan daha yüksek olan seviyelerde meydana gelmiştir. Bademde duyusal değişimlerin 2.98 kGy'de başladığı da düşünülürse çiğ bademden *Salmonella*'nın elimine edilmesinde ışın uygulamasının kullanılmasının uygun bir yöntem olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. [26].

Düşük enerjili X-ray ışınlarının *Salmonella enteritidis* PT30 ve *Salmonella tennessee* ile bulaştırılmış dört farklı su aktivitesindeki (0.23-0.45-0.64 ve 0.84) badem (Nonpareil) ve cevizlerdeki (*Juglans regia*) etkinliği araştırılmıştır. Cevize kıyasla bademde X-ray ışınları mikrobiyal yükü azaltmada (5 log'luk azalma) tüm su aktivitesi değerlerinde daha etkin olmuş, duyusal özellikler bakımından da ışın uygulamasının yapılmadığı bademler ile arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Işınlama sonrası depolama aşamasında da bakteri ve sert kabuklu meyve tipi ne olursa olsun yaşayan bakteri sayısının 120 gün boyunca değişmediği görülmüştür [17].

Salmonella salgınından sonra kavrulmamış bütün bademlerde infrared pastörizasyon ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bademler infrared ile 100, 110 ve 120°C'ye ısıtılmış, ortam sıcaklığına 70, 80 ya da 90°C'de tutularak getirilmiştir. Bademler 90°C'de 10-15 dakika tutulduğunda *Pediococcus* popülasyonunda 5-log'dan daha fazla bir düşüş görülmüştür. Bu düşüş badem endüstrisinde gerekli olan 4-log'luk düşüş miktarını karşılamıştır [10].

İşinlamanın Böceklenme Üzerine Etkisi

Sert kabuklu meyvelerde hasat sonrası ürünlere zarar veren böcekler bulunmaktadır. Üretim ve ihracatında ilk sırada yer aldığımız fındıkta Mayıs ayından Ekim ayına kadarki dönemde depolarda *Ephestia cautella* ve *Plodia interpunctella* yoğun olarak görülmektedir [25]. *E. cautella*'nın karantina zararlısı ve *P. interpunctella*'nin da ürünlere zarar vererek ihracatta problemlerin çıkmasına neden olabilmesi nedeniyle oldukça önemlidir. Bu iki zararlının yanı sıra bademlerde *Tribolium castaneum* da yoğun olarak görülmektedir [13]. Cevizlerde ise *Cydia pomonella* ve *Amyelois transitella* en sık rastlanılan zararlılardır [23]. Ürünün hasat sonrası kalitesinde etkili olan bu zararlıların yok edilmesinde farklı ışın uygulamaları yapılmıştır.

Radyo dalgalarının kabuklu cevizde böcek kontrolünü sağlamak için radyo frekansları (RF) kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. 25 kW, 27 MHz RF sisteminde ceviz yüzeyindeki ortalama sıcaklık 60°C'ye ulaşmıştır. Uygulama ile beşinci evresindeki *Amyelois transitella*'da %100 ölüm gerçekleşmiştir. Bu uygulamanın cevizin yeme kalitesine herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır. Sadece kabuk kısmında oldukça az miktarda nem kaybına neden olmuştur [34]. Radyo frekansları (RF) ile cevizde yapılan bir diğer çalışmada uygulamanın cevizin kalitesinde de olumsuz bir etkiye yol açmadığını ve depolama sürecinde meydana gelen ransidite hassasiyetini de azalttığını ortaya koymuştur. Radyo frekansları kabuklu cevizlerde öldürücü sıcaklık değeri için dakikada 5-6°C'lik uygun ısınma oranı sağlamaktadır. Cevizi 55°C'lik sıcaklığa getirmek oldukça dayanıklı olan *Amyelois transitella*'yı beşinci döneminde %100 oranla öldürebilmektedir. Radyo frekans uygulamaları cevizin nem içeriğini düşürmüştür. Gelecekte radyo frekans ve sıcak havanın kombine edildiği uygulamalar yığın halinde yapılan kurutmaların yerini alabilir [23].

Plodia interpunctella ve *Ephestia cautella* yumurtalarına yapılan gama ışını uygulamasında sırasıyla 450 Gy ve 300 Gy dozların yumurta gelişimini engellediği görülmüştür. 1 kGy dozun uygulandığı yumurtalarda ise çatlama ve larva gelişimi görülmemiştir [25]. Yapılan bir başka çalışmada ise *Plodia interpunctella* larvalarının ölümü için gereken dozun ≥ 450 Gy olduğu belirtilmiştir [7]. 300 Gy ışın dozunun uygulandığı larvaların %21'i ışın uygulamasından 44 gün sonra yaşamına devam etmiş ve başarılı bir şekilde pupa dönemine geçmiştir. Diğer taraftan 450 Gy ışın dozu uygulamasında 44 gün, 600 ve 750 Gy uygulamasında 38 gün, 900 Gy uygulamasında ise 22 gün sonra %100 ölüm gerçekleşmiştir.

SONUÇ

Gıdalarda farklı ışın kaynakları kullanılarak yapılan uygulamalar bazı ürünlerde (baharatlar, şifalı otlar, sarımsak, patates, et, balık vb.) raf ömrünün uzatılması, mikrobiyal yükün azaltılması ve zararlı kontrolü gibi konularda yüksek başarı sağlayan uygulamalardır. Kimyasal yöntemlere alternatif olarak gösterilmesi nedeniyle son dönemlerde ürün gruplarına göre kullanımı yoğun olarak araştırılmaktadır. Uygulanabilirliğinin kolay olması ve tek seferde fazla miktarda ürüne uygulanabiliyor olması da araştırmaların hızını arttırmıştır. Işın uygulaması birçok gıda ve tarımsal ürünün ticaretindeki problemleri tek başına yada diğer uygulamalar ile kombine kullanarak çözebilecek etkin bir teknoloji olarak görülmektedir. Yöntemin, aynı amaçlar için kullanılan mevcut yöntemler (soğuk hava depoları, paketleme uygulamaları, fumigasyon vb.) ile kıyaslamalı olarak araştırılması avantaj ve dezavantajlarını daha net ortaya koyacaktır.

Sert kabuklu meyveler yağ oranı oldukça yüksek olan meyve grubudur. Yağ içeriği bakımından yüksek oranda doymamış yağ asitlerini içermektedir. E vitamini ve protein bakımından da zengin içeriklere sahip olan bu meyve grubu hem çerez olarak kullanılması hem de çikolata ve bisküvi gibi birçok gıdanın içeriğinde yer alması nedeniyle oldukça önemlidir.

Özellikle fındık ve kestane gibi yoğun olarak üretimini gerçekleştirdiğimiz ürünler başta olmak üzere diğer sert kabuklu ürünlerde de hasat sonrası uzun süreli dayanımı sağlayacak alternatif uygulamalar ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Böylelikle yeni yöntemlerin hangi ürün grupları için uygun olduğuna dair bilimsel veriler elde edilerek, yeni yöntemlerin uygun bulunmadığı diğer ürün grupları için alternatif diğer uygulamaların arayışına geçilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Anonymous, 1985. General Standard for the Labelling of Prepackaged Foods.
- [2] Anonim, 1999. Gıda İşinlama Yönetmeliği, Ankara.
- [3] Anonymous, 1999. Facts about irradiation, A Series of Fact Sheets From The International Consultative Group on Food Irradiation.
- [4] Anonymous, 2010. Report From The Commission To The European Parliament and the Council on Food and Food Ingredients Treated with Ionising Radiation for The Year 2010.
- [5] Anonymous, 2010. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. Erişim Tarihi: Mart 2012.
- [6] Al-Bachir, M., 2004. Effect of gamma Irradiation on fungal load, chemical and sensory characteristics of walnuts (*Juglans regia* L.). *Journal of Stored Products Research* 40: 355-362.
- [7] Azelmat, K., Sayah, F., Mouhib, M., Ghailani, N., ElGarrauj., 2005. Effects of gamma irradiation on fourth-instar *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research* 41: 423-431.
- [8] Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Günaydi, T., Alkan, H., Bento, A., Botelho, M.L., Ferreira, I.C.F.R., 2012. Chemometric characterization of gamma

- irradiated chestnut from Turkey. *Radiation Physics and Chemistry* 81(9): 1520-1524.
- [9] Basaran, P., Akhan, Ü., 2010. Microwave irradiation of hazelnuts for the control of aflatoxin producing *Aspergillus parasiticus*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 113-117.
- [10] Bingöl, G., Yang, J., Brandl, M.T., Pan, Z, Wang, H., McHugh, T.H., 2011. Infrared pasteurization of raw almonds. *Journal of Food Engineering* 104: 387-393.
- [11] Ehlerman, D.A.E., 2009. The RADURA-terminology and food irradiation, *Food Control* 20: 526-528.
- [12] Fernandes, A., Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Bento, A., Botelho, M.L., Ferreira, I.C.F.R., 2011. Assessing the effects of gamma irradiation and storage time in energetic value and in major individual nutrients of chestnuts. *Food and Chemical Toxicology* 49: 2429-2432.
- [13] Gao, M., Tang, J., Wang, Y., Powers, J., Wang, S., 2010. Almond quality as influenced by radio frequency heat treatments for disinfestation. *Postharvest Biology and Technology* 58: 225-231.
- [14] Gecgel, U., Gumus, T., Tasan, M., Daglioglu, O., Arici, M., 2011. Determination of fatty acid composition of gamma irradiated hazelnuts, walnuts, almonds, and pistachios. *Radiation Physics and Chemistry* 80: 578-581.
- [15] ICGF, 1998. Irradiation and Trade in Food and Agricultural Products, International Consultative Group on Food Irradiation.
- [16] Jan, M., D. L. Langerak, T. G. Wolters, J. Farkas, H. J. Kamp, B. G. Muuse. 1988. The effect of packaging and storage conditions on the keeping quality of walnuts treated with disinfestation doses of gamma rays. *Acta Alimentaria*. 17: 13-31.
- [17] Jeong, S., Marks, B.P., Ryser, E.T., Harte, J.B., 2012. The effect of X-ray irradiation on *Salmonella* inactivation and sensory quality of almonds and walnuts as a function of water activity. *International Journal of Food Microbiology* 153: 365-371.
- [18] Kashani, G.G. and Valadon, L.R.G., 1984. Effect of gamma irradiation on the lipids, carbohydrates and proteins of Iranian pistachio kernels. *Journal of Food Technology* 19: 631-638.
- [19] Kume, T., Furuta, M., Todoriki, S., Uenoyama, N., Kobayashi, Y., 2009. Status of food irradiation in the world. *Radiation Physics and Chemistry* 78: 222-228.
- [20] Mexis, S.F., Kontominas, M.G., 2009. Effect of gamma irradiation on the physicochemical and sensory properties of cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.). *LWT-Food Science and Technology* 42: 1501-1507.
- [21] Mexis, S.F., Kontominas, M.G. 2009. Effect of gamma irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (*Corylus avellana* L.), *Radiation Physics and Chemistry* 78: 407-403.
- [22] Mexis, S.F., Badeka, A.V., Chouliara, E., Riganakos, K.A., Kontominas, M.G., 2009. Effect of gamma irradiation on the physicochemical and sensory properties of raw unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*), *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 87-92.
- [23] Mitcham, E.J., Veltman, R.H., Feng, X., De Castro, E., Johnson, J.A., Simpson, T.L., Biasi, W.V., Wang, S., Tang, J., 2004. Application of radio frequency treatments to control insects in in-shell walnuts, *Postharvest Biology and Technology* 33: 93-100.
- [24] Narvaz, P., Lescano, G. And Kairiyama, E., 1992. Irradiation of almonds and cashew nuts. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 25(3): 232-235.
- [25] Ozyardimci, B., Cetinkaya, N., Denli, E., Ic, E., Alabay, M., 2006. Inhibition of egg and larval development of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) and almond moth *Ephesia cautella* (Walker) by gamma radiation in decorticated hazelnuts. *Journal of Stored Products Research* 42:183-196.
- [26] Prakash, A., Lim, F.T., Duong, C, Caporaso, F, Foley, D., 2010. The effects of ionizing irradiation on *Salmonella* inoculated on almonds and changes in sensory properties. *Radiation Physics and Chemistry* 79: 502-506.
- [27] Sajilata, M.G., Singhal, R.S., 2006. Effect of irradiation and storage on the antioxidative activity of cashew nuts. *Radiation Physics and Chemistry* 75: 297-300.
- [28] Sanchez-Bel, P., Egea, I., Romojaro, F., Martinez-Madrid, M.C., 2008, Sensorial and chemical quality of electron beam irradiated almonds (*Prunus amygdalus*). *LWT* 41: 442-449.
- [29] Sattar, A., Jan, M., Ahmad, A., Wahid, M., Khan, I., 1989. Irradiation disinfestation and biochemical quality of dry nuts. *Acta Alimentaria* 18(1): 45-52.
- [30] Sattar, A., Jan, M., Ahmad, A., Wahid, M., Khan, I., 1991. Packaging and storage effects on the quality of plant nuts. *Acta Alimentaria* 20(2): 123-30.
- [31] Scott Smith, J., Pillai, S., 2004. Irradiation and food safety. *Food Technology* 58(11): 48-55.
- [32] Thomas, P., 1998. Radiation preservation of foods of plant origin, Part VI. Mushrooms, tomatoes, minor fruits and vegetables, dried fruits and nuts. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 26(4): 313-58.
- [33] Wang, S., Monzon, M., Johnson, J.A., Mitcham, E.J., Tang, J., 2007. Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts II: Insect mortality and product quality. *Postharvest Biology and Technology* 45: 247-253.
- [34] Wilson-Kakashita, G., Gerdes, D.L., Hall, W.R., 1995. Effect of gamma irradiation on the quality of english walnut (*Juglans regia*), *LWT-Food Science and Technology*, p:17-20 (Özet).
- [35] Wilkinson, V.M., Gould, G., 1998. Food Irradiation a Reference Guid, Woodhead Publishing Series in Food Science and Technology. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AH, England, 113p.
- [36] Zehnder, H.J., Hartmann, A. 1982. Die verbesserung des hygienischen Zustandes von grünen Pistaziensplittern mit ionisierenden Strahlen. *Alimenta* 21(2): 31-4.