

GIDA IŞINLAMANIN BESİNLERE ETKİSİ

Hacı Ömer YILMAZ¹
Taha Gökmen ÜLGER²

ÖZET

Gıda ışınlama, besinleri korumak, kalitesini ve raf ömrünü arttırmak ve olası zararlı özelliklerini ortadan kaldırmak için uygulanan bir yöntemdir. Gıda ışınlama teknolojisi; yumurtaya, et ürünlerine, baharatlara, su ürünlerine ve kabuklu yemişler gibi besinlere uygulanmaktadır. Besinlerin korunması, besin kaynaklı hastalık ve enfeksiyonların önlenmesi, filizlenme ve olgunlaşmanın kontrolü ve geciktirilmesi, böcek ve haşere kontrolü ve sterilizasyon gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Yararlı etkilerine rağmen gıda ışınlamada uygun doz ve süre kullanılmadığında bazı istenmeyen etkiler de gözlemlenmektedir. Gıda ışınlamanın yararlı ve zararlı etkilerini açıklığa kavuşturmak ve kesinleştirmek için bu alanda daha fazla çalışma yapılmalı ve tüketiciler bilgilendirilmelidir. Bu çalışmada, gıda ışınlama teknolojisi uygulanan besinler ve uygulama sonucu oluşabilecek bazı sorunların açıklanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Besin güvenliği, besin işlenmesi, gıda ışınlama, sağlık

Effects of Food Irradiation on Food

Abstract

Food irradiation is a method which is applied to protect nutrients, increase quality and shelf life, and remove potentially harmful properties of food. Food irradiation technology is applied to foods such as eggs, meat products, spices, aquaculture and nuts. It is used for various purposes such as food preservation, prevention of foodborne diseases and infections, control and retardation of sprouting and maturation, insect and pest control and sterilization. Despite beneficial effects, when the appropriate dose and duration are not applied, some undesirable effects can also be observed in food irradiation. In order to clarify and confirm the beneficial and harmful effects of food irradiation, more research should be conducted in this area and consumers must be informed about it. In this study, it is aimed to explain

¹ Araştırma Görevlisi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, hoyilmaz@ankara.edu.tr

² Araştırma Görevlisi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, tgulger@ankara.edu.tr

the foods that are applied in food irradiation technology and some problems that may result in application.

Keywords: Food handling, food safety, food irradiation, health

Giriş

Gıda ışınlama besinlerin pozitif ve negatif yükler oluşturabilecek derecede iyonize edici ışın kaynaklarına maruz bırakılarak, mikroorganizmaları ve böcekleri azaltarak veya ortadan kaldırarak besinlerin raf ömrünü uzatan ve besin güvenliğini artıran bir teknolojidir.^{1,2} Soğuk pastörizasyon olarak da isimlendirilen bu teknolojiyle besin kaynaklı hastalıkların önlenmesi, besinlerin dayanıklılıklarının artırılması, böcek kontrolü, filizlenmenin ve olgunlaşmanın geciktirilmesi, sterilizasyon ve raf ömrünün uzatılması gibi birçok amaca hizmet etmektedir.²⁻⁹

İyonize edici ışınların canlı organizmalar üzerine etkisi konusundaki araştırmalar 20.yy'ın başlarında gelişmeye başlamış, ilk patent 1905 yılında alınmıştır ve ilk kez 1930 yılında besinlerde kullanılmaya başlanmıştır.¹¹ Alınan ilk patentle; radyoaktif gama ışınlarının özellikle tahıllar olmak üzere besinlerin katkı maddeleri ilave edilmeden uzun süre bozulmadan saklanabilecekleri ileri sürülmüştür.^{17,67}

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (FDA), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA), Avrupa Birliği Gıda Standartları Komisyonu ve Bilimsel Komitesi gibi gıda ışınlamasının güvenilir olduğu hakkında görüş birliğine sahip olan kurum ve kuruluşların belirli dozlarda ışınlanmış besinleri tüketmenin sağlık yönünden zararlı ve toksikolojik tehlike oluşturmayacağı kararına varmıştır.^{6,10-12} Işınlanmış besinlerin etiketlerinde Radura sembolü (Şekil 1.) bulunması ile "ışınlanmıştır" veya "ışınlama işlemi yapılmıştır" ibarelerinin kullanılması zorunludur.¹¹



Şekil 1. Radura sembolü

Günümüzde birçok ülkede bu teknoloji kullanılarak yaklaşık 200 çeşit besin ışınlanmaktadır.^{7,9,13,14} Işınlama işlemi yapılan besinlerden bazıları, kırmızı et ve kanatlı hayvan etleri, yumurta, su ürünleri, baharatlar, kabuklu yemişler ve yağlı tohumlar olup; bu besinlere uygulanan ışınlamanın etkisi aşağıda açıklanmıştır. Bu çalışmanın amacı ise gıda ışınlama teknolojisi uygulanan besinler ve uygulama sonucu oluşabilecek olası sorunları detaylandırmaktır.

Gıda Işınlama Teknolojisi Uygulanan Besinler

Kırmızı Et ve Kanatlı Hayvan Etləri: Asitlik ve nem gibi yapısal durumları nedeniyle mikroorganizma bulaşması ve çoğalması için müsait durumlara sahip, kolay bozulabilen ve çeşitli patojenleri (*Salmonella*, *Esheria Coli* gibi) barındırabildiği için riskli besinler arasında yer alan etler, besin güvenliği açısından dikkat edilmediği zaman tüketilmesi halinde sağlıkla ilgili çeşitli sorunlara neden olabilmektedir.¹⁵⁻¹⁷ Işınlama sonucu et ve et ürünlerinin yüzey dekontaminasyonu, mikroorganizmaların inhibisyonu ve raf ömrünün uzatılması sağlanmaktadır.¹⁸ Ayrıca elektron demeti ışınlama (EDI), özellikle taze tavuk ürünlerinde dekontaminasyonun sağlanması ve duyuşal özelliklerin bozulmaması için kullanılmaktadır.¹⁹

Schilling vd. (2009)'nin²⁰, dondurulmuş dana kıymasında ışınlamanın *E.Coli*'yi limit değerin altına düşürdüğünü göstermiştir. Başka bir çalışmada Levanduski ve Jaczynski (2008)²¹ kıymada *E. Coli*'nin ışınlama uygulaması ile etkin bir şekilde inaktive edildiğini bildirmişler ancak tekrarlanan uygulamalarda mikroorganizmanın ışınlamaya direnç gösterdiğini vurgulamışlardır. Tavuk göğüs etine uygulanan ışınlamanın patojen mikroorganizmalar (*Campylobacter* ve *Salmonella*) üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda ışınlamanın inhibe edici etkisi olduğu vurgulanmaktadır.^{22,23} Etli çığ köfteye uygulanan ışınlamanın da bakteri sayısında azalmaya ve bakteri inaktivasyonuna neden olduğu belirlenmiştir.^{24,25} Yapılan çalışmalar sonucunda hem kanatlı etlerinin hem de kırmızı et ürünlerinin *Salmonella* ve *E. Coli* bakterilerinin dekontaminasyonunda gıda ışınlama uygulamasının başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır.^{19,21-23}

Gıda ışınlaması et ürünlerinin kalite, renk, lipid oksidasyonu ve mikrobiyal özelliklerini önemli derecede etkileyebilmektedir.²⁶ Işınlama işleminde aşırı doz kullanımı sonucu besinlerdeki lipid peroksidasyonunun artmasına bağlı olarak özellikle et ürünlerinde istenmeyen tat, koku, renk ve yapısal değişimler gözlenebilmekte ve besinlerin raf ömründe kısalma olabilmektedir.^{27,28}

Johnson vd. (2004)²⁹ yaptıkları çalışmada ışınlama sonrası kanatlı hayvan etlerinin depolama süresi uzadığı ancak tüketim kalitesinin düştüğünü belirtmiştir. Feng vd. (2017)'nin³⁰ ışınlamanın hindi göğüs etinin kalite özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, hindi göğüs etinin lipit oksidasyonunda ve protein oksidasyonunda istatistiksel olarak anlamlı artışlar bulmuşlardır. Bu durum ışınlamanın su moleküllerini etkileyerek etin oksidasyon ve indirgenme potansiyelini değiştirebildiğini göstermektedir. Ayrıca tüm ışınlanmış et ürünlerinde farkı koku tespit edilmiş ve bu durumun kükürt içeren amino asitler ve aldehitlerden kaynaklandığı belirlenmiştir. O'Bryan vd. (2008)¹⁸, Lewis vd. (2008)²² ise ışınlamanın et ürünlerinin kalite özellikleri açısından herhangi bir değişikliğe neden olmadığını belirtmişlerdir.

Su Ürünleri: Su ürünleri en hızlı bozulan besinlerdendir dolayısıyla bu ürünlerde ışınlama önem kazanmaktadır. Işınlama çeşitli kabuklu su ürünlerine ve balık türlerine uygulanmaktadır.^{11,38} Işınlama teknolojisi su ürünlerinde bulunan patojenleri ortadan kaldırmakta ve doza bağlı olarak su ürünlerinin duyuşal, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları geciktirerek raf ömrünü artırmaktadır.^{11,32}

Yapılan çeşitli çalışmalarda soğukta depolanan balıklarda ve çeşitli su ürünlerinde ışınlamanın raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir.^{33,34} Özden vd. (2007)'nin³⁵ yaptığı bir çalışmada ışınlanmamış ve ışınlanmış levrek balıkları 4 °C'de depolanmıştır. Depolama süresi boyunca örnekler kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Işınlama uygulanmış levreklerin mikrobiyal yükünün daha düşük olduğu ve raf ömürlerinin daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda ışınlama işleminin su ürünlerinde renkle ilgili anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı, yağsız balıkların ışınlama işlemine daha uygun oldukları ve ışınlama düzeyleri arttıkça renk değişikliğinin daha belirgin olduğu belirtilmiştir.^{34,36,37}

Işınlamanın besinlerin mikrobiyolojik yükünü hafiflettiği bilinmektedir.^{2,31} Oraei vd. (2011)'nin³⁸ ışınlanmamış ve ışınlanmış gökkuşacağı alabalığı üzerinde yaptıkları bir çalışmada, örnekleri -20 °C'de 5 ay boyunca depolamış ve depolama süresince balıkların mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Işınlanmamış balıklarda bakteri sayısı 4,38 logkob/g, ışınlanan balıklarda 3,45 logkob/g olduğu ışınlanma düzeyi arttıkça balıklarda bakteriye rastlanmadığı bulunmuştur.

Yumurta: Yumurta, hayvansal protein ihtiyacının karşılanması açısından beslenmemizde önemli yer tutmaktadır. Ekonomik olması, bütün elzem aminoasitleri içermesi ve ulaşılabilirliğinin kolay olması da yumurtanın tüketimini arttıran nedenlerdendir. Besin olarak tüketilen yumurta aynı zamanda besin sanayinde de aroma, renk, emülsifiye edici, kabartma vb. bir çok amaçla kullanılmaktadır.^{39,40} Besin güvenliğinin sağlanmadığı durumlarda yumurta ve yumurta içeren besinlerin tüketimi besin kaynaklı hastalıkların en önemli nedenlerinden birisidir.⁴¹

Yumurta ve yumurta ürünlerinin sterilizasyonun sağlanması için pastörizasyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, *Salmonella* ve *Senftenberg* gibi ısıya direnci yüksek patojen mikroorganizma ile kontamine olmuş ürünlere pastörizasyon için uygulanan sıcaklıklar ve uygulanma zamanları gerekli güvenliği sağlamada yeterli olmayabilir. Bunun için soğuk pastörizasyon olarak da adlandırılan ışınlama, yumurta ve yumurta ürünleri de dahil olmak üzere birçok besinde kullanılabilen alternatif bir yöntemdir.⁷

Yumurta ve yumurta içeren besinlerin sterilizasyonunda ışınlama, *Salmonella*, *E. Coli*, *Listeria* gibi patojen mikroorganizmaların inhibisyonunda yumurtanın duyuşal ve yapısal özelliklerini bozmadan kullanılabilen etkili bir yöntemdir.^{7,42} Yapılan çalışmalar aşırı ve yoğun yapılmayan ışınlamanın yumurtanın renginde, pH'sında ve depolanma süresinde anlamlı değişikliklere neden olmadığını belirtmektedir.⁴³⁻⁴⁵ Ayrıca ışınlama işlemi uygulanan yumurtalar ısı işlem uygulananlara kıyasla daha iyi fom oluşturma kapasitesi ve daha stabil bir viskoziteye sahiptir.⁴⁵ Proteinlerde ışınlama ile oluşan değişikliklerin yumurtanın fom oluşturma özelliğini olumsuz etkilediğini gösteren çalışmalarda vardır.^{43,45}

Işınlama düzeyi arttıkça yumurtanın sarısında viskozite artışı, akında ise azalma görülmekte ve yumurtanın viskozitesi azalmaktadır.^{43,45,47,48} Besin sanayinde emülgatör olarak kullanılan yumurta, yüksek dozda veya uzun süre ışınlamaya maruz kalmadığı sürece emülsifiyer özelliğinde çok az değişim gerçekleşmektedir.⁴⁷

Baharatlar: Yaygın olarak tüketilen baharatlar hijyenik olmayan şartlarda yetiştirilmeleri, hasat edilmeleri ve kurutulmaları sonucunda bakteriler, mayalar ve küfler ile kontamine olmakta ve mikrobiyel yükleri artmaktadır.^{49,50} Su içeriği ve su aktivitesi düşük olan baharatların mikrobiyolojik aktivitesi düşük olmasına rağmen su içeriği ve aktivitesi yüksek olan besinlerle bir araya geldiklerinde mikrobiyolojik bulaşma söz konusu olabilmektedir.⁵¹

Işınlama yöntemi son yıllarda baharatların sanitasyonunda en sık kullanılan yöntem olup; FDA, WHO gibi uluslar arası organizasyonlar ve kuruluşlarda baharatlarda ışınlamayı onaylamakta, Belçika, Hollanda, Almanya ve Fransa gibi ülkelerde de ve ülkemizde baharat ışınlama teknolojisi uygulanmaktadır.^{2,12,52-54}

Baharatların üretim, hasat, kurutma gibi üretim aşamalarında içerisinde buldukları koşullara bağlı olarak aflatoksin miktarı artmaktadır.^{55,56} Yapılan çalışmalarda da baharatlarda aflatoksinin, aerobik mezofilik bakterilerin, *E. Coli*'nin ve küflerin bulunduğu saptanmıştır.⁵⁷⁻⁵⁹

Kore'de kırmızıbiber tozunda X ışınlamasının mikrobiyolojik özellik, renk, koku ve keskinlik üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılan çalışmada, kırmızıbiber tozundaki toplam aerobik mikroorganizmaların ışınlama ile doza bağımlı bir şekilde azaldığı belirtilmiştir.⁶⁰ Başka bir çalışmada da kırmızıbibere ışınlama uygulanması sonucu maya ve küflerde 2 logkob/g düzeyinde azalma olduğu tespit edilmiştir.⁵² Yoğun ve aşırı ışınlamanın, baharatların içindeki toplam aerobik mikroorganizma popülasyonunu azalttığını gösteren çalışmalar vardır.^{14,46}

Kabuklu Yemişler ve Yağlı Tohumlar: Kabuklu yemişler ve yağlı tohumlarda gıda ışınlaması, böceklenmeyi önlemek, mikroorganizmaları azaltmak, raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanmaktadır. Gama ışınlamasının uygulanması, azaltılmış depolama kayıpları, uzun raf ömrü ve / veya besinlerin mikrobiyolojik ve parazitolojik güvenliğinin artırılması gibi çeşitli etkileri elde edebileceğinden (emilen radyasyon dozuna bağlı olarak) umut verici bir teknolojidir.⁶¹ Yüksek dozlarda ışınlama insanın alıştığına uymayan, lezzet, görünüm ve doku değişiklikleri meydana getirebilir.⁶²

Güler vd. (2017)'nin⁶³ yaptığı bir çalışmada ışınlaması yapılan doğal fındık çekirdekleri 18 ay süreyle incelenmiştir. Tüm sonuçlar incelendiğinden ışınlamanın direk olarak aşırı derecede olumsuz etkisine rastlanmamıştır. Mevcut bulgular, ışınlanmış fındık çekirdeklerinin, serbest yağ asidi, peroksit ve vitamin E bakımından oldukça iyi kalitede olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, ışınlama düzeyi, fındık çekirdeklerinin duyuşal özellikleri üzerinde zararlı etkilere neden olmamıştır.

Yapılan başka bir çalışmada ise; fındık, ceviz, badem ve fıstık ışınlanmış; ışınlamadan hemen sonra fındığın yağ içeriği, serbest yağ asidi, peroksit değeri ve yağ asidi kompozisyonlarına bakılmıştır.

Deneylerden elde edilen veriler, ışınlamanın fıstığın yağ içeriğinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığını göstermiştir. Buna karşılık, fındık serbest yağ asidi ve peroksit değeri ışınlama düzeyine orantılı olarak artmıştır. Belirlenen yağ asitleri arasında toplam doymuş yağ asidi konsantrasyonu artarken, tekli doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asitleri ışınlama dozu ile azalmıştır.⁶⁴ Sonuç olarak yoğun ya da aşırı düzeyde olmayan ışınlamanın yağlı tohumların yapısını ve toplam yağ miktarlarını, peroksit miktarlarını, protein miktarlarını, su aktivitelerini, E vitamini miktarlarını ve renkleri gibi birçok duyuşsal ve fiziksel özelliklerini olumsuz etkilemediği söylenebilir.^{63,64}

Taze Sebze ve Meyveler: Meyve ve sebzelerin üretim sürecinde çeşitli nedenlerden ötürü ciddi miktarlarda kayıplar olmaktadır. Erken hasat, kimyasal uygulamalar, soğuk atmosferde depolama ve ambalajlama gibi yöntemlerle bu kayıpların azaltılması amaçlansa da meyve ve sebzelerin devam eden su ve mikrobiyel aktivitelerinin bu kayıplardaki payı büyüktür. Bu nedenle besin muhafaza yöntemlerine ek olarak ışınlama yöntemleri kullanılarak da meyve ve sebzelerde kayıpların azaltılması önem kazanmaktadır.⁶⁵ Işınlanma sonucunda taze meyve ve sebzelerde filizlenme engellenmekte, olgunlaşma kontrol altına alınmakta, böcek ve haşerelerin yok edilmesi ve küf, maya, bakteri gibi organizmaların inhibisyonu gerçekleştirilmektedir.⁶⁶ Taze meyve ve sebzelerin mikrobiyal güvenliği genellikle kimyasal uygulamalar ile sağlanmaktadır. Bu uygulamaların besin üzerinde bıraktığı kimyasal kalıntı büyük bir dezavantajdır. Gıda ışınlama teknolojisi kullanılarak, taze meyve ve sebzelerin mikrobiyel güvenliği kimyasal kalıntı kalmadan sağlanabilmektedir.⁶⁷

Işınlama teknolojisi taze meyve ve sebzelere uygulanması ile bozulma yapan mikroorganizmaların etkisiz hale gelmesini sağlamakta ve ürünün raf ömrünü uzatmaktadır. Birçok meyve ve sebze düşük doz uygulamalarına karşı toleranslıdır. Meyve ve sebzelerin ışınlanmasında karşılaşılan en önemli sorun ürünlerde oluşan yumuşamadır.^{68,69} Işınlama sonucu hücre duvarındaki polisakkaritlerin, selülozun ve pektinin kısmen parçalanması ve pektin metil esteraz ve poligalakturonaz enzimlerinin aktivitelerinin değişmesi sonucu yumuşama gözlenmektedir.⁷⁰

Bitki sağlığı tedbiri için uluslararası standartlar (ISPM) yayınlanmıştır.⁷¹ Burada belirtilen ilke ve dozlara uyulduğunda ışınlama teknolojisi taze meyve ve sebzelerin olgunlaşmasının geciktirilmesi, böceklenmenin önlenmesi, raf ömrünün uzatılması ve karantina amaçlı olarak kullanılabilir.⁶⁹

Gıda Işınlama Sonucunda Oluşabilecek Sorunlar

Gıda ışınlama yönteminin pek çok faydası olmasına karşın uygun doz ve uygun sürenin kullanılmaması sonucu bazı sorunlarda ortaya çıkabilmektedir. Bunlar arasında Botulizm, Salmonella zehirlenmesi, aflotoksin varlığı, pestisit kalıntısı ve kimyasal tehlikeler ve besin ögesi kayıplarıdır.

Botulizm: *Clostridium Botulinum*, yüksek ve yoğun düzeyde ışınlamaya karşı dirençlidir ve botulizme neden olabilen toksinleri üretmektedir. Bu patojenin inhibisyonunda, eğer ışınlama uygulanan besin kuru gıda ise yüksek doz ışınlama kullanılabilir. Ancak su ve yağ içeriği yüksek bir besine tüketim kalitesini düşüreceğinden yüksek doz ışınlama uygulanmaz. Düşük dozda ışınlama bakteri ve toksik öğelerin yok edilmesini sağlamaz ve oksijensiz ortamlarda çoğalabildiği için yayılarak artabilir.⁷²⁻⁷⁶

Salmonella Zehirlenmesi: Işınlama uygulamaları sonucunda bazı bakteriler ölmektedir ancak yiyecekte birikmiş toksinleri yok etmez. Bu nedenle ışınlama uygulanacak besinlerin temiz ve hijyenik olması gerekmektedir. Salmonella beyaz ette doğal olarak bulunan, tavukların temizlenmesi sırasında bağırsaklarının mekanik parçalanmaları sonucunda kontaminasyona neden olan bir patojendir. Bu nedenle salmonella zehirlenmesinin önlenmesinde ışınlamanın dozunun artırılmasının gerektiği savunulmaktadır.⁷³⁻⁷⁷

Aflotoksinler: Gıda Işınlaması Ortak Uzman Komisyonu (JECFI) yüksek düzeylerde olmayan ışınlamaların herhangi bir toksik probleme neden olmadığını belirtmiştir. Işınlama dozlarının mikroorganizmaları yok edebileceği ve toksik öğelerin oluşabileceği ışınlama düzeyleri net bir şekilde belirtilmemiştir. Düşük dozda ışınlama sonucunda tahıllar ve kabuklu meyvelerde bulunan mantar türleri aflotoksinlerde artışa neden olabilmektedir. Bu nedenle ışınlama dozunun iyi ayarlanması gerekmektedir.⁷⁴⁻⁷⁷

Besinlerdeki Pestisitler ve Kimyasal Tehlikeler: Besinlerde bulunan pestisitler veya diğer kimyasal maddeler ışınlama uygulamaları sonrasında yok edilememektedir. Işınlama, pestisitlere ve koruyucu katkı maddelerine karşı alternatif bir yöntem olarak önerilmekte, pestisitlerin sağlayacağı etki ışınlama ile sağlanmaktadır. Fakat besinlerin üretiminde kullanılan pestisitler ve ışınlama arasındaki etkileşim kesin olarak bilinmemektedir. Işınlama uygulanmasına rağmen yiyeceklerin muhafaza edilmesi ve

kontaminasyonun önlenmesinde pişirme, dondurma ve katkı maddelerinin kullanımı gerekebilmektedir.⁷⁶⁻⁷⁷

Besin Ögelerinin Kaybı: E, C ve Tiamin gibi günlük alınması gereken ve vücudun işlevlerini yerine getirebilmesi için büyük öneme sahip olan vitaminlerde ışınlama uygulaması sonucunda kayıplar gerçekleşebilir. Işınlama sonucu artan hiperoksitler de yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminlerde kayıplara neden olabilir ve bu da besinlerin yararlı özelliklerini azaltabilir.⁷⁴⁻⁷⁷

Sonuç

Gıda ışınlanması patojen mikroorganizmaların gelişimini önlemesi, işlem sonrası artık ve toksik madde bırakmaması, besinlerin raf ömrünü uzatması gibi avantajlarından dolayı birçok ülkede uygulama alanı bulmuş gelişen bir teknolojidir. Işınlanacak besinlerin türüne göre miktarlar ve uygulama süresi değişkenlik gösterir.

Besinlerde uygulanan ışınlama işlemi besinlerin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal kalitelerine farklı etki eder. Et ve et ürünleri, su ürünleri, yumurta, baharatlar, kabuklu yemişler ve yağlı tohumlar, taze sebze ve meyveler gıda ışınlama işlemi uygulanan besinlerdendir.

Gıda ışınlanmasının birçok avantajı olmasının yanı sıra uygulama sonrasında bazı sorunlarla da karşılaşmak mümkündür. Botulizm, Salmonella zehirlenmesi, besin ögelerinin kaybı bu sorunlardan bazılarıdır.

Sonuç olarak gıda ışınlanması birçok besin çeşidinde uygulanması kabul görmüş bir teknolojidir. Potansiyel sorunların aşılabilmesine karşın avantajlarının daha fazla olması gıda ışınlanmasının uygulanmasını arttırmıştır. Besinlerin türlerine göre farklı ışın kaynaklarının ve doz miktarlarının kullanılması besindeki oluşabilecek olumsuz değişiklikleri minimuma indirmektedir. Işınlama teknolojisinin uygulandığı besinlerle ilgili yapılan çalışmalar arasında çelişkiler bulunmaktadır. Bu nedenle konu ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmakta olup; çalışmalar çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından da desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Olson DG. Scientific status summary: Irradiation of food. Food Technol. 1998; 52(1):56-62.
2. Food and Drug Administration (FDA). Food Facts. Erişim Adresi: www.fda.gov/educationresourcelibrary. Erişim Tarihi: 16.09.2016
3. Manuel C. ve Lagunas S. Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status. J. Food Prot. 1995; 58:186-192.
4. Lacroix M. ve Quattara, B. Combined industrial process with irradiation to assure innocuity and preservation of food products-a review. Food Res. Int. 2000; 33:719-724.
5. Gregoire O, Cleland MR, Mittendorfer J, Dababneh S, Ehlerman DAE, Fan X. Radiological safety of food irradiation with high energy xrays: theoretical expectations and experimental evidence. Radiat. Phys. Chem. 2003; 67:169-183.
6. Lawless A. Food irradiation–What's the big deal? Food Regulation In United States. Erişim Adresi: www.iflr.ms.u.edu/uploads/files/109/Student%20Papers/AngieLawlessFoodIrradiation. Erişim Tarihi: 02.04.2014
7. Farkas J, Mohacsi-Farkas C. History and future of food irradiation. Trends Food Sci. Technol. 2011; 22:121-126.
8. Moosekian SR, Jeong S, Marks BP, Ryser ET. X-ray irradiation as microbial intervention strategy for food. Annu. Rev. Food Sci and Technol. 2012; 3:493-510.
9. Cleland MR, Stichelbaut F. Radiation processing with high-energy Xrays Radiat. Phys. Chem. 2013; 84: 91-99.
10. Alkan H. Geleneksel koruma yöntemlerine alternatif olarak gıda ışınlanması. Ambalaj ve Plastik Dergisi 2008; 130-133.
11. Mol S, Ceylan Z. Su ürünleri ve ışınlama teknolojisi. Dünya Gıda Dergisi, 2011; 10:79-87.
12. Gamma-Pak. Dünya'da gıda ışınlanması yapan ülkelere örnekler (İnternet), Erişim Adresi: <http://www.gammapak.com/gida-isinlamasi3.html>. Erişim Tarihi: 03.12.2016.
13. Mitchell GE. Irradiation Preservation of Meats. Food Australia 1994; 46:512–516.
14. Lee JH, Sung TH, Lee KT, Kim MR. Effect of gamma-irradiation on color, pungency and volatiles of Korean red pepper powder. J. Food Sci. 2004; 69:585-592.

15. Monk JD, Larry RB, Doyle MP. Irradiation inactivation of food-borne microorganisms. *J. Food Prot.* 1995; 58(2):197-208.
16. Molins RA, Motarjemi Y, Kaferstein FK. Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods. *Food Control*, 2001; 12:347-356.
17. Özbay Doğu S, Sarıçoban C. Et ve ürünlerinde dekontaminasyon yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2014; 1(3):92-99.
18. O'bryan CA, Crandall PG, Ricke SC, Olson DG. Impact of irradiation on the safety and quality of poultry and meat products: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2008; 48(5):442-457.
19. Brahmakshatriya V, Lupiani B, Brinlee JI, Cepeda M, Pillai Sd, Reddy SM. Preliminary study for evaluation of avian influenza virus inactivation in contaminated poultry products using electron beam irradiation. *Avian Pathol.* 2009; 38(3): 245-250.
20. Schilling MW, Yoon Y, Todarskyy O, Pham AJ, Williams RC, MARSHALL DL. Effects of ionizing irradiation and hydrostatic pressure on *Escherichia coli* O157:H7 inactivation, chemical composition, and sensory accept ability of ground beef patties. *Meat Sci.* 2009; 81:705-710.
21. Levanduski L, Jaczynski J. Increased resistance of *Escherichia coli*O157: H7 to electron beam following repetitive irradiation at sub-lethal doses. *Int. J. Food Microbiol.* 2008; 121(3):328-334.
22. Lewis SJ, Velasquez A, Cuppett SL. Effect of electron beam irradiation on poultry meat safety and quality. *Poult. Sci.* 2002; 81(6):896-903.
23. Sarjeant KC, Williams SK, Hinton A. The effect of electron beam irradiation on the survival of salmonella enterica serovar typhimurium and psychrotrophic bacteria on raw chicken breasts stored at four degrees celsius for fourteen days. *Poult. Sci.* 2005; 84(6):955-958.
24. Gezgin Z. Gama ışınlarının çiğ köftenin mikrobiyal güvenliği ve kalitesine etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2005; Yüksek Lisans Tezi.
25. Yıldırım İ, Uzunlu S, Topuz A. Effect of gamma irradiation on some principle microbiological and chemical quality parameters of raw Turkish meat ball. *Food Control*, 2005; 16:363-367.
26. Ham YK, Kim HW, Hwang KE, Song DH, Kim YJ, Choi YS, Song BS, Park JH, Kim CJ. Effects of irradiation source and dose level on quality characteristics of processed meat products. *Radiat. Phys. Chem.* 2017; 130:259-264.

27. Kima YH, Namb KC, Ahn DU. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Sci.* 2002; 61:257–265.
28. Lung HM, Cheng YC, Chang YH, Huang HW, Yang BB, Wang CY. Microbial decontamination of food by electron beam irradiation. *Trends FoodSci. Technol.* 2015; 44:66-78.
29. Johnson AM, Reynolds AE, Chen J, Resurreccion AVA. Consumer acceptance of electron beam irradiated ready to eat poultry meats. *J. Food Process. Preserv.* 2004; 28(4):302-319.
30. Feng X, Moon SH, Lee HY, Ahn DU. Effect of irradiation on the parameters that influence quality characteristics of raw turkey breast meat. *Radiat. Phys. Chem.* 2017; 130:40–46.
31. Çetinkaya M, Halkman HBD. Türkiye’de ışınlama teknolojisinde gelişmeler ve yasal düzenlemeler. 2006; Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.
32. Mbarki R, Sadok S, Barkallah I. Quality changes of the mediterranean horse mackerel (*trachurusmediterraneus*) during chilled storage: The effect of low-dose gamma irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* 2009; 78:288–292.
33. Parnes RB, Lichtenstein AH. Food irradiation: A safe and useful technology. *Nutr. Clin.Care* 2004; 7(4):149-155.
34. Çadırcı Ö, Göncüoğlu M. Balıkların raf ömrünün uzatılmasında uygulanan teknikler. *Vet. Hekim Der. Derg.* 2008; 79(4):23-28.
35. Özden O, İnuğur M, Erkan N. Effect of different dose gamma radiation and refrigeration on the chemical and sensory properties and microbiological status of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Radiat.Phys. Chem.* 2007; 76:1169-1178.
36. Abreu VKG, Pereira ALF, Vidal TF, Zapata JFF, Neto MASN, Freitas ER. Fatty acids, cholesterol, oxidative rancidity, and color of irradiated shrimp. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2009; 30(4):969-973.
37. Yağız Y, Kristinsson HG, Balaban MO, Weltba, Raghavan S, Marshall MR. Correlation between astaxanthin amount and a* value in fresh atlantic salmon (*salmo salar*) muscle during different irradiation doses. *Food Chem.* 2010; 120:121-127.
38. Oraei M, Motalebi AA, Hoseini E, Javan S. Effect of gamma irradiation and frozen storage on microbial quality of rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) fillet. *Iran. J. Fish. Sci.* 2011; 10:75-84.
39. Alakır İ. Yumurta sarısında lutein, zeksantin, kantaksantin ksantofillerin tayini ve hunter L a b renk parametreleri ile ilişkilerin izlenmesi: I. ısı

işlemin etkisinin saptanması üzerine araştırmalar. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa 2005; Yüksek Lisans Tezi.

40. Tayyar M. Yumurta Hijyeni. Erişim Adresi: [homepage.uludag.edu.tr/~mtayar/yumurta hijyeni](http://homepage.uludag.edu.tr/~mtayar/yumurta_hijyeni). Erişim Tarihi: 03.04.2016.
41. Alvarez, I, Niemira BA, Fan X, Sommers CH. Ionizing Radiation of Eggs, Sommers CH, Fan, X, Food Irradiation Research and Technology, First Edition, USA, Blackwell Publishing, 2006; 336.
42. Bakalinov S, Tsvetkova E, Bakalinova T, Tsvetkov T, Kaloyanov N, Grigorova S, Alxiev V. Carcterization of freeze-dried egg melange long stored after irradiation. Radiat. Phys. Chem. 2008; 77(1):58-63.
43. Min BR, Nam KC, Lee EJ, Ko GY, Trampel DW, Ahn DU. Effect of irradiating shell eggs on quality attributes and functional properties of yolk and white. Poult. Sci. 2005; 84:1791-1796.
44. Badr H. Effect of gamma radiation and cold storage on chemical and organoleptic properties and microbiological status of liquid egg white and yolk. Food Chem. 2006; 97:285-293.
45. Arvanitoyannis IS. Techniques, apparatus, dedection, legislation, safety and consumer opinion, Irradiation of Food Commodities, 1st ed., UK, Academic Press, 2011; 710.
46. Song WJ, Sung HJ, Kim SY, Kim KP, Ryu S, Kang DH. Inactivation of escherichia coli O157:H7 and salmonella typhimurium in black pepper andred pepper by gamma irradiation. Int. J. Food Microbiol. 2014; 172:125-129.
47. Pinto P, Ribeiro R, Sousa L, Cabo Verde S, Lima MG, Dinos M, Santana A, Botelho ML. Sanitation of chicken eggs byionizing radiation: functional and nutritional assessment. Radiat. Phys. Chem. 2004; 71:33-36.
48. Anonim. Uluslararası atom enerjisi ajansı ışınlanmış gıdalara ait veri bankası. Erişim Adresi: <http://nucleus.iaea.org/FICDB/Browse.aspx>. Erişim tarihi: 03.04.2016.
49. Sagoo SK, Little CL, Greenwood M, Mithani V, Grant KA, Mclauchlin J. Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs from production and retail premises in the United Kingdom. Food Microbiol. 2009; 26(1):39-43.
50. Roberts PB. Food irradiation: Standards, regulations and world-wide trade. Radiat. Phys. Chem. 2016; 129:30–34.

51. Schweiggert U, Schieber R, Schieber A. Conventional and alternative processes for spice production - a review. *Trends Food Sci. Technol.* 2007; 18(5):260-268.
52. Rico CW, Kim G, Ahn J, Kim H, Furuta M, Kwon J. The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*capsicum annum* l.). *Food Chem.* 2010; 119(3):1012-1016.
53. World Health Organization (WHO). Food Safety: What you should know. Erişim Adresi: http://www.searo.who.int/entity/world_health_day/2015/whd-what-you-should-know/en/ Erişim Tarihi: 11.03.2016.
54. Gıda İşinlama Yönetmeliği, Erişim Adresi: <https://members.wto.org/crnattachments/2016/TBT/TUR/16477300x.pdf> Erişim Tarihi: 16.02.2017.
55. Çoksöyler N. Farklı yöntemlerle kurutulan kırmızıbiberlerde aspergillus flavus gelişimi ve aflatoksin oluşumunun incelenmesi. *GIDA*, 1999; 24(5):297-306.
56. Duman AD. Kırmızı acı pul biber üretiminde aflatoksinin önlenmesi ve kontrolü amacıyla HACCP sistemi'nin uygulanması. 2003; Ulusal Mikotoksin Sempozyumu, 159-164, İstanbul.
57. Mahgubi A, Puel O, Bailly S, Tadrst S, Querin A, Ouadia A. Distribution and toxigenicity of aspergillus section flavin in spices marketed in Morocco. *Food Control*, 2013; 32(1):143-148.
58. Koohy-kamaly-dehkordy P, Nikoopour H, Siavoshi F, Koushki M, Abadi A. Microbiological quality of retail spices in Tehran, Iran. *J. Food Prot.* 2013; 76(5):843-848.
59. Yılmaz H, Şanlıer N. Baharat işinlama. *GIDA*, 2014; 39(2):111-118.
60. Jung K, Song BS, Kim MJ, Moo BG, Go SM, Kim JK, Lee YJ, Park JH. Effect of X-ray, gamma ray, and electron beam irradiation on the hygienic and physicochemical qualities of red pepper powder. *Food Sci. Technol.* 2015; 63:846-851.
61. Fernandes A, Barreira CJM, Antonio AL, Bento A, Botelho ML, Ferreira ICFR.. Assessing the effects of gamma irradiation and storage time in energetic value and in major individual nutrients of chestnuts. *Food Chem.* 2011; 49(9):2429-2432.
62. Sanchez-Bel P, Martinez-Madrid MC, Egea I, Romojaro F. Oil quality and sensory evaluation of almond (*prunus amygdalus*) stored after electron beam processing. *Food Chem.* 2005; 53:2567-2573.

63. Güler SK, Bostan SZ, Çon AH. Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. *Postharvest Biol. Technol.* 2017; 123:12-21.
64. Geçgel Ü, Gümüş T, Tasan M, Dağlıoğlu O, Arıcı M. Determination of fatty acid composition of g-irradiated hazelnuts, walnuts, almonds, and pistachios. *Radiat. Phys. Chem.* 2011; 80:578–581.
65. Dinçer C, Topuz A. Meyve ve sebzelerin muhafazasında iyonize radyasyon kullanımı. 2006; Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.
66. Farkas J. Irradiation for better foods. *Trends Food Sci. Technol.* 2006; 17(4):148-152.
67. Başbayraktar V, Güçlü H. Işınlamanın taze meyve ve sebzelerin kalitesi üzerine etkisi. 2009; X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 284-289, Muğla.
68. Fan X, Niemira BA, Sokorai KJB. Sensorial, nutritional and microbiological quality of fresh cilantro leaves as influenced by ionizing irradiation and storage. *Food Res. Int.* 2003; 36:713-719.
69. Fan X, Toivonen PMA, Rajkowski KT, Sokorai KJB. Warm water treatment in combination with modified atmosphere packaging reduced undesirable effects of irradiation on the quality of freshcut iceberg lettuce. *J. Agric. Food Chem.* 2003; 50:1231-1236.
70. Arvanitoyannis IS, Stratakos A, Tsarouhas P. Irradiation applications of vegetables and fruits: a review. *Crit. Rev. Food Nutr.* 2009; 49: 427-462.
71. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). 2009; *Phytosanitary Treatments for Regulated Pests*. Roma.
72. Farkas J. Microbiological safety of irradiated foods. *Int. J. Food Microbiol.* 1989; 9:1-15.
73. Bertell, R.. *No Immediate Danger? Prognosis for a Radioactive Earth*, Toronto: The Women's Press, 1985.

74. Rhodehamel EJ, Reddy NR, Pierson MD. Botulism: the causative agent and its control in foods. *Food Control*, 1992; 3(3):125-143.
75. Tajkarimi MM, İbrahim SA, Cliver DO. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 2010; 21(9):1199-1218.
76. Sabah Kalyoussef DO, Kristina NF. Foodborne Illnesses. *Adv. Pediat.*2014; 61(1):287-312.
77. Fu Y, Sarkar P, Bhunia AK, Yao Y. Delivery systems of antimicrobial compounds to food. *Trends Food Sci. Technol.* 2016; 57(1):165-177.