

BAHARAT IŞINLAMA

Hande Yılmaz, Nevin Şanlıer*

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / *Received*: 22.07.2013

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 07.11.2013

Kabul tarihi / *Accepted*: 10.11.2013

Özet

Baharat tüketiminin ve besin kaynaklı zehirlenmelerin artmasıyla birlikte baharatın sterilizasyonunun sağlanması da gün geçtikçe önem kazanmıştır. Baharata uygulanan sterilizasyon işlemlerinden en önemlisi ışınlama uygulamasıdır. Baharat tebliğde belirtilen dozlarda ışınlanarak baharatta bulunan mikroorganizmaların inaktivasyonu gerçekleştirilmektedir. Baharat ışınlanırken mikroorganizma inaktivasyonu en yüksek seviyede sağlanmaya çalışılırken ışınlamanın olumsuz etkileri en alt seviyede tutulmaya çalışılmaktadır. Çünkü ışınlama sonrası baharatta serbest radikaller, radyolitik ürünler ve bazı istenmeyen bileşikler oluşabilmektedir. Dolayısıyla ışınlama ile ilgili bütün bu durumlar ışınlamanın baharat aroması, görünüşü, baharatın güvenilirliği ve ışınlanmış baharatın insan sağlığı üzerine etkilerini düşündürmektedir. Bu makalede ışınlama uygulamasından, ışınlama işleminin baharat kalitesine ve insan sağlığı üzerine etkilerinden bahsedilmektedir.

Anahtar kelimeler: Baharat, ışınlama, radyasyon, soğuk pastörizasyon.

IRRADIATION of SPICE

Abstract

By increasing consumption of spice and food-borne intoxications it is gained importance provision of sterilization of spice increasingly. The most important sterilization process applied to spice is irradiation. After spice is irradiated according to legal regulation, inactivation of microorganisms is provided. During irradiation it is aimed to maintain the highest level of the inactivation of microorganisms. On the other hand it is aimed to maintain the lower level of negative effects of irradiation. Because free radicals, radiolytic products and some unwanted compounds may occur after irradiation. Therefore, all of these situations about irradiation of spice are thought its effects on aroma, appearance, reliability and human health. In this study, effects of irradiation on human health and quality of spice are discussed at this article.

Keywords: Spice, irradiation, radiation, cold pasteurization.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ nevintekgul@gmail.com,

© (+90) 312 216 2601,

☎ (+90) 312 216 2636

GİRİŞ

Artan baharat tüketimiyle birlikte baharatın mikrobiyel yükünü azaltma uygulamaları ön plana çıkmaya başlamıştır. Besinlerde kullanılan baharatın hijyen koşullarının yeterince sağlanmadığı bölgelerde yetiştirilip hasat edilmesi sonucu bakteri, maya ve küf ile kontamine olduğu bilinmektedir. Baharatın genellikle sıcak ve nemli bölgelerde yetiştirilmesi ve uygun olmayan koşullarda kurutulmasıyla mikrobiyel yükü artmaktadır (1). Baharatın su aktivitesi düşük olduğu için mikrobiyel riski düşüktür. Ancak su aktivitesi yüksek olan besinlerle karıştırıldığı zaman mikrobiyel açıdan riski de artar (2).

Baharattaki uygun olmayan mikroflora tüketicilerin besin kaynaklı hastalık geçirmesine neden olmaktadır. Besinlerde bakteri sporlarının bulunması sonucu, yetersiz pişirme ve yanlış depolama uygulamalarıyla birlikte sporların vejetatif hale geçmesiyle besin kaynaklı hastalık riski artmaktadır (3).

Baharattaki mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi amacıyla farklı sterilizasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Bunlardan son yıllarda en sık karşılaşılanlardan birisi de ışınlamayla soğuk pastörizasyondur (4).

Baharatın Mikrobiyel Özellikleri

ABD Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC) tahminlerine göre her yıl 33 milyon insan besin zehirlenmesine uğramaktadır (5).

Baharat kaynaklı besin zehirlenmeleri vakalarında sorumlu olan mikroorganizmalardan en çok rastlanılan *Salmonella enterica* subspecies *enterica* ve *Bacillus* spp.'dir. Besin zehirlenme vakalarına en çok sebep olan baharat ise; karabiber (*Piper nigrum*), kırmızıbiber (*Capsicum* spp), beyaz biber (*Piper nigrum*), köri tozu, anason tohumu (*Pimpinella anisum*), rezene tohumu (*Foeniculum vulgare*), zerdeçal (*Curcuma longa*) türleridir (3). Diğer taraftan birçok baharat *Salmonella* spp. üremesini engelleyecek bileşenler içermektedir (6).

İran'da karabiber, kimyon, tarçın, yabani havuç, köri tozu, sarımsak tozu, kırmızı biber, sumak ve zerdeçal baharatından alınan 351 örnekle yapılan bir çalışmada aerobik mezofilik bakteri sayısının örneklerin %63.2'sinde, *E. coli* sayısının örneklerin

%23.4'nde ve küf sayısının örneklerin %21.9'nda İran Ulusal Standart Limitleri'ni aştığı saptanmıştır (7). Baharatların mikrobiyel yüklerinin incelendiği bir başka çalışmada alınan 180 adet baharat örneğinin %20'sinden fazlasının total mezofilik bakteri içeriğinin 6 log kob/g'dan fazla ve spor oluşturan bakterilerin örneklerin %80'inde 2-6 log kob/g miktarlarında bulunduğu tespit edilmiştir (8). Batı Afrika'da markette satılan zencefil, sarımsak ve karabiberden alınan 114 numuneyle yapılan bir çalışmada baharatlarda baskın olarak bulunan küfün *Aspergillus flavus* ve mikrobiyel yükün zencefil ve karabiberde sarımsağa göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (9). Brezilya'da 233 baharat örneği ile yapılan başka bir çalışmada alınan örneklerin %5.6'sının koliform bakteri içeriği ve *Salmonella* içeriği sebebiyle Brezilya hükümet önerilerine uymadığı tespit edilmiştir (10). İspanya'da yapılmış başka bir çalışmada marketlerde satılan 53 baharat örneğinin %26'sının kontamine olduğu saptanmıştır (11). Suudi Arabistan'da marketlerden temin edilen 50 adet baharattan alınan örneklerde en sık rastlanan küf *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Rhizopus* olarak tespit edilmiştir (12). Fas'ta marketlerde satılan kırmızıbiber, kimyon ve karabiberden alınan 80 örnekle yapılan bir çalışmada kırmızıbiberin %95'inin aflatoxin B1 ile kontamine olduğu tespit edilmiştir (13).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada alınan 82 adet kırmızıbiber örneğinden 19 tanesinde aflatoxin ve aflatoxin B1 içeriklerinin yasal sınırların üzerinde olduğu bulunmuştur (14).

Baharatın mikrobiyel yükü göz önünde bulundurulduğunda farklı sterilizasyon uygulamalarına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Baharat Sterilizasyonunda Kullanılan Yöntemler

Baharat sterilizasyonunda kullanılan yöntemlerden birisi termal inaktivasyondur. Ancak buhar ve ısı uygulaması ile baharatta görünüm ve aroma kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Buhar uygulamasıyla küf kontaminasyon riski de artırılmış olmaktadır (5).

Genellikle etilenoksit ile yapılan fumigasyonun baharattaki mikrobiyel yük üzerinde oldukça etkili olduğu bulunmuş ve mikrobiyel yükte kayda değer ölçüde azalma sağladığı belirlenmiştir (15).

Ancak etilen oksitin soluma ve oral yolla alımı DNA ve protein kaynaklı kimyasal değişikliklere yol açmaktadır. Etilen oksitle yapılan çalışmalarda etilen oksitin genotoksik etkisi kanıtlanınca Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) sınıflandırmasında Grup 2A'dan Grup 1'e alınmıştır (16).

Karabiber, tarçın, kırmızıbiber, köri tozu ve baharat karışımı çeşitlerinden oluşan 200 örneğin incelendiği bir çalışmada 2 tarçın örneğinde 15 mg/kg düzeyinde etilen oksit (ETO) kalıntısına rastlanmıştır. Ancak 31 örnekte etilen klorohidrin (ECH) ve etilen bromohidrin (EBH) varlığı saptanmıştır. Bu bileşenlerin de ETO kadar olmasa da mutajenik etki gösterdiği söylenmektedir (15). İtalyan marketlerinden alınan 25 karabiber örneği ile yapılan bir başka çalışmada alınan örneklerin %24'ünde ise cihazla saptanabilir düzeyde etilen oksit varlığı saptanmış olup bulunan değerlerin üst sınırın üzerinde olmadığı belirlenmiştir (17). Etilen oksit uygulaması karsinojen olması ve üründe kalıntı bırakması nedeniyle Avrupa Birliği ülkelerinde yasaklanmıştır (2).

Işınlama ise buhar uygulamasıyla aroma ve görünüş kalitesindeki kayıplar, etilen oksitin mutajenik etkisi gibi durumlara karşın baharatın aroma kalitesini değiştirmeyen ve mikrobiyel bozulmayı önleyen etkin bir metot olarak incelenmektedir (18). Aynı zamanda bazı tarım ilaçlarının kullanılış miktarları ışınlamayla azaltılmaktadır. Işınlama, patateslerde çimlenmeyi engellemek ve olgunlaşmış meyvelerde bozulmayı önlemek için kullanılabilir (19).

Gamma ışınları (kobalt-60 ve sezyum-137) ve X-ışınları büyük boyuttaki besinlere ve büyük boyuttaki paketlere penetre olabilmektedirler. Elektron demetleri ise daha ince yapıdaki besinler ve paketler üzerinde etkilidir. Işınlama soğuk pastörizasyon olarak da adlandırılmaktadır. Çünkü besinlerde sıcaklık artışına yol açmazken DNA hasarıyla mikroorganizma inaktivasyonunu sağlamaktadır (20).

Dünyanın endüstriyel anlamda ilk tahıl ışınlama tesisi ise 1967 yılında İskenderun'da kurulmuştur. Karşı görüşler sonucunda lisans alamayan tesis 1968 yılında kapatılarak kaynaklar sökülüp İngiltere'ye götürülmüştür (21).

Işınlama Hakkındaki Farklı Kuruluşların Bakışı ve Türkiye'deki Durum

FDA ve Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) 1963 yılından beri içerisinde baharatın da bulunduğu birçok besinin ışınlanmasına izin vermiştir. Her besin için kilo gray (kGy) ile ölçülen farklı ışınlama dozları belirlenmiştir. Gıda Işınlama Konusunda Uluslararası Uzmanlar Grubu (ICGFI) 1984'te kurulan ve besin ışınlanması konusunda uluslararası düzenlemeleri yöneten kuruluştur (20). Türkiye ise bu gruba 1984'te üye olmuştur (22). Günümüzde ise bu görevi yerine getiren farklı bir kuruluş bulunmaktadır (The Joint FAO/WHO Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture) (20).

Besin ışınlanmasının güvenliği ve yararları Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) ve Codex Alimentarius gibi uluslararası organizasyonlar tarafından kabul edilmiştir. FDA, USDA ve CDC gibi Amerika'daki önemli kamu kurumları da baharatta ışınlama uygulamasının sağlıklı olduğunu kabul etmiştir. Amerikan Tıp Derneği (AMA), Amerikan Diyetetik Akademisi (ADA), Amerika Gıda Teknologları Enstitüsü (IFT) gibi birçok ulusal bilim ve sağlık organizasyonları tarafından kabul edilmiştir (20). FAO tarafından toplanan Gıda Işınlama Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFI) ışınlanmış besinlerin sağlık üzerine etkisi ve güvenlilikleri hakkında çalışan bilim adamları topluluğudur. IAEA ise besin ışınlanmasının gelişimi konusunda çalışmaktadır. Bu kuruluşların deklare ettikleri sonuçlara göre Işınlanmış Gıdalar için Kodeks Genel Standardı (Codex General Standard for Irradiated Foods) ışınlama ile ilgili teknik ve etiket bilgilerini güncellemektedir (23). ADA ise besin ışınlanmasının besin güvenliğini ve besin kalitesini artırarak besin hastalıklarını azalttığı ve tüketicilere yararlı olduğunu savunmaktadır (18, 24).

Türkiye'de ise Gıda Işınlama Yönetmeliği 6 Kasım 1999 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Tıbbi gözetim altında steril diyet ihtiyacı duyan hastalar için hazırlanan ışınlanmış gıda maddeleri yönetmelik kapsamında değildir (25).

Işınlanmanın Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri

Baharatta bulunabilecek maksimum bakteri düzeyi 10⁸ kob/g'dır. En çok bulunan mikroorganizmalar ise mezofilik bakteriler, spor oluşturan bakteriler, mayalar ve küflerdir (2).

Işınlama besinlerin mikrobiyel yüküne etkisini DNA üzerine yaptığı hasarla göstermektedir. Serbest radikallerin oluşup pürin ve pirimidin gruplarıyla reaksiyona girip DNA hasarına sebep olduğu mekanizmalar ise karmaşıktır (26).

Işınlama yapılan ortam sıcaklığının 45 °C'nin üzerine çıkarılmasıyla ışınlamanın yol açtığı hasarı tamir edecek sistemlerin bozulduğu düşünülmektedir (26).

Küflerin üremeyi sağlayan sporlarının ve hiflerinin sayısının (sporları sayılabilen *Conidia* küfü hariç) belirlenmesi zor olduğu için ışınlama dozunun belirlenmesi de net olmamaktadır. Küflerin ışınlamaya karşı duyarlılıklarını etkileyen çeşitli çevresel faktörler bulunmaktadır. Küfün yaşı ışınlamaya karşı direnç durumunu son derece etkilemektedir. Kuru yüzeylerde ise ışınlamaya karşı direnç artmaktadır (26).

Nem içeriği %12.5-23 arasında olan buğday ile yapılan bir çalışmada 3.5 kGy uygulaması ile *Aspergillus flavus* suşlarının imha edilebileceği belirlenmiştir (27). Nem içeriği %12.5 olan buğdayda bulunan *Hormodendrum*, *Verticillium*, *Rhizopus nigricans*'a 10 kGy ışınlama uygulamasıyla bile mikroorganizmaların canlılıklarını koruduğu saptanmıştır. Buna karşı %23 nem içeren buğday tanelerine 2.5 kGy uygulama sonucu inaktif hale getirildiği ifade edilmiştir (28). Başka bir çalışmada da kırmızıbiber (*Capsicum annum* L.) 10 kGy gama radyasyon uygulaması sonucu maya ve küflerde 2 log kob/g düzeyinde azalma olduğu tespit edilmiştir (4).

Aspergillus ve *Penicillium*'un toksijenik türleri ışınlamaya karşı hassasiyet göstermektedir. Ancak *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporoides* ya da *Culvularia* spp. gibi kuru ürünlerde bulunan küflerin 10 kGy'in üzerinde yapılan uygulamalarda bile bir miktar yaşayabildikleri belirlenmiştir. Bu yüzden kuru ürünlerin ışınlama öncesi depolama koşulları ve nem oranını düşük tutarak bu küflerin üremelerinin engellenmesi son derece önemlidir. Mikotoksinler ise ışınlamaya karşı oldukça dirençlidirler. Işınlama uygulaması 1-10 kGy arasında yapıldığında mikotoksinlerin toksisitesini önlerken, 170 kGy dozda yapılan ışınlamayla bile toksisitesi etkisiz hale getirilmesine karşın mutajenitesini sürdürdüğü saptanmıştır. Bu yüzden doğru üretim uygulamaları, depolama koşulları ve kontaminasyonun engellenmesi son derece önemlidir (26).

Işınlamanın Baharat Kalitesi Üzerine Etkileri

Baharat kabuk, yaprak, meyve ve tohum gibi farklı bitki bölümlerinden elde edildiği için işlem basamakları da birbirinden çok farklı olabilmektedir. Dolayısıyla baharatın kontaminasyon risk aşamaları ve kalitesine etki eden faktörler birbirinden farklı olmaktadır. Ancak bazı temel noktalardaki uygulamalar birbiriyle benzerlik göstermektedir (2).

Yüksek kalitede baharat elde edebilmek için en önemli faktörler; tarım uygulamaları, olgunlaşma süreci ve hava koşullarıdır. Örneğin hasat sonrasında kırmızıbiber (*Capsicum*) kurutma öncesi yapılan kütleme ve delme vb. işlemler rengin geliştirilmesi, taşıma ve depolama hacmini azaltmak ve kurutma sürecini hızlandırmak için yapılmaktadır (2). Etilen oksitle fumigasyon, sodyum hipoklorit, sülfürdioksit, hidrojen peroksit gibi bazı kimyasallar renk kalitesini iyileştirmek ve mikrobiyel yükü azaltmak için zencefil ve kakulede kullanılabilir (29). Ancak bu uygulamalar Avrupa Birliği'nde yasaklanmıştır (2). Prosesteki farklılıklar baharat kalitesi üzerine farklı etkilere sebep olacağından ışınlamanın baharat kalitesi üzerine etkisi de değişecektir.

Farklı sıcaklık ve sürelerde yapılan kurutma işleminin kekik aroması üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada sıcaklık derecesinin ve uygulama süresinin artmasıyla aroma verici bileşenlerin kaybının arttığı belirtilmiştir (30). Dolayısıyla ışınlama işleminden önce yapılan uygulamalar da aroma verici bileşenlerde kayıplara sebep olmaktadır. *Monodora myristica* türünde bir hindistan cevizi 0 ve 15 kGy elektron ışınlama uygulanması sonucu aroma vericilerin miktarının araştırıldığı bir çalışmada hindistan cevizinin 23 adet aroma vericisi bulunduğu ancak bunlardan en yüksek olanın alfa-felandrenin (%53) olduğu saptanmıştır. Elektron ışınlamanın *M. myristica*'nın aroma vericileri üzerinde önemli bir değişikliğe sebep olmadığı ve bu türdeki hindistan cevizinde de kontaminasyon yöntemi olarak uygulanabileceği saptanmıştır (31). Gama ışınlama uygulamasının çay kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada çaya uygulanan 0, 5, 10, 15 ve 20 kGy düzeyinde ışınlama işleminin baharatlarda olduğu gibi ürünün aroması üzerine olumsuz etkisinin olmadığı bildirilmiştir (32). Yapılan başka bir çalışmada da tarçına uygulanan ışınlama işlemi ile aroma verici bileşenlerde anlamlı düzeyde azalma olduğu saptanmıştır (33). Işınlanmış kimyon

ile ışınlanmamış kimyonun toplam polifenol içeriklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada 10 kGy düzeyindeki gama ışınlama uygulamasının kimyonun polifenol düzeyinde anlamlı bir düşmeye sebep olmayacağı belirtilmiştir (34). Birçok çalışmada gama ışınlama uygulamasının baharat aromasını anlamlı düzeyde düşürmediği bildirilmiştir (35-41).

Işınlanmış Baharatın Güvenliği ve Sağlık Üzerine Etkileri

Işınlanmış besinlerin sağlık yönünden değerlendirilmesinde 4 ana kriter vardır. Bu kriterler: radyoaktiviteye neden olmaması, canlı patojenleri veya bu patojenlerin toksinlerini içermemesi, aşırı besin kaybı olmaması, toksik, mutajenik veya karsinojenik radyolitik ürünler içermemesidir.

CDC, USDA ve FDA ışınlamanın güvenli olduğunu bildirmişlerdir (19). WHO, FAO ve IAEA ile ortaklaşa yapılan toplantıda Codex Alimentarius'un belirlediği 10 kGy düzeyine kadar çıkabilecek dozlarda ışınlama yapılabileceği bildirilmiştir. Ayrıca Fransa'da izin verilen en yüksek doz 11 kGy iken Arjantin ve ABD'de 30 kGy dir. Başka ülkelerde 75 kGy e kadar da çıkabilmektedir (5).

Besinler ne kadar yüksek ışınlara maruz bırakılırsa bırakılsın radyoaktif özellik göstermezler ve ışın kaynağına direkt olarak maruz bırakılmazlar. Ancak kaynaktan gelen ışınlara maruz bırakılırlar. Işınlamaya maruz bırakılmış besinler toksik etki göstermezler (42).

Literatüre bakıldığında ise 1940'lardan beri ışınlanmış besinlerin sağlık üzerine etkileriyle ilgili araştırmaların devam ettiği görülmektedir. Sonuçlar ışınlanmış besinlerin toksik etki yaratmadığını göstermiştir. Işınlanmış besinlerin anormal kromozom oluşmasına sebep olacağı ise en sansasyonel bilgiler arasındadır (43). Hindistan Haydarabad'da Beslenme Ulusal Enstitüsü (NIN)'den bir grup bilim adamı 0.75 kGy'lik dozla ışınlanmış ekmeğin tüketiminin çocuklar, fareler, ratlar ve maymunlar üzerindeki polipiloid oluşturma durumunu araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda yetersiz beslenen çocukların bu ekmeği tüketmesiyle polipiloid hücre oluşturma durumunun arttığı tespit edilmiştir (44). Ancak çalışma incelendiğinde sadece 5 çocukta 100 kromozom sayıldığı saptanmıştır. Daha sonra

yapılan çalışmaların hiçbirinde de benzer sonuç bulunmamıştır. Bu gelişmelerden sonra Hindistan'da oluşturulan bir komite, Avustralya, Kanada, Danimarka, Fransa, İngiltere ve Amerika'da bu çalışmanın sonucunun ışınlanmış besin tüketilmesinin polipiloid oluşumunu arttırdığını göstermediğini belirtmişlerdir (43).

Ancak ışınlama işlemi sonucunda oluşan bazı radyolitik ürünler bulunmaktadır. Bunlar; karbondioksit, formik asit ve asetaldehit gibi maddeler olup tüm ısı işlemler sonucunda açığa çıkabilmektedirler. Işınlama işlemi sonucunda açığa çıkan miktarların sağlık üzerine etkileri bilinmemektedir. FDA, radyolitik ürünleri, 1 kGy dozla ışınlanmış besinlerde 3 mg/kg'dan az olması şeklinde sınırlandırmıştır (43). Hatta oluşan bazı radyolitik ürünler ışınlama uygulamasının göstergesi olarak kullanılmaktadır (örn: Baharatlar için silikat mineralleri ile kontamine olma durumuna göre yapılan ölçüm olan thermoluminescence (TL) marker olarak kullanılmaktadır) (45).

Işınlama sırasında serbest radikaller de oluşmaktadır. Ancak oluşan bu serbest radikallerin sağlık üzerine olumsuz etkileri yoktur. Kıvartılmış ışınlanmamış 1 dilim ekmeğin içerdiği serbest radikal miktarı ışınlanmış kuru besinlerle alınan miktarlardan çok daha fazladır (43). Ayrıca istenmeyen ürünlerin oluşmasını engellemek de yine üreticilerin elindedir. Özellikle de baharatta ışınlama yapılırken oksijen içermeyen ortamda ışınlama yapılması degravasyonun olmasını engellemektedir (26).

Baharattaki ışınlama uygulamasının sağlık açısından risklerini düşündüren diğer bir durum ise yeniden ışınlama uygulamasıdır. Yeniden ışınlama sonrası radyolitik ürünlerin miktarı artmaktadır. Ancak oluşan miktarların önemli oranda artmadığı için bu uygulamanın kullanılabileceği belirtilmiştir (46).

Paketleme

Paketleme uygulaması ve bu uygulamada kullanılan materyal baharatın rekontamine olmasını engellemek ve kalitesini korumak açısından önemlidir. Ayrıca kullanılan materyalin uygun olmasıyla da paketten baharata kimyasal geçişi önlenmektedir. Paketleme materyali olarak polimerin ışınlama uygulaması sırasında hem teknolojik hem de ekonomik olarak en uygun ürün olduğu bilinmektedir (26).

Yapılan bir çalışmada 8, 10 ve 15 kGy gama ışınlama uygulamasından sonra polietilen ambalajların polipropilen ambalajlara göre daha dayanıklı oldukları ifade edilmiştir. Aynı çalışmada 15 kGy gama ışınlama uygulamasından sonra polipropilen ambalajda %25 oksijen geçişinin arttığı saptanmıştır. Bu da baharatın aromatik bileşenlerin kaybına ve oksidasyonuna yol açmaktadır (47).

İşinlanmış Gıdaların Etiketlenmesi

Radura sembolünün ismi radurizasyondan türetilmiştir. İyonlaştırıcı radyasyonu ifade etmektedir. Radyasyon ve Latince' de kalıcı, sabit anlamlarına gelen durus kelimelerinden türetilmiştir. Genellikle yeşil renklidir ve daire içindeki bir bitki şeklinden oluşmaktadır (48). Orta kısımda bulunan nokta radyasyon kaynağını ifade etmektedir. Kenardaki iki yapraktan birisi işçi sağlığını temsil ederken diğeri çevre sağlığını temsil etmektedir (49).

Codeks Alimentarius Standartlarına göre işinlanmış besinlerde radura sembolü kullanılması isteğe bağlıdır. Ancak Amerika gibi bazı ülkelerde zorunlu iken, Avrupa Birliği'nde radura sembolü kullanımı ile ilgili hüküm bulunmamakla beraber işinlanmış besin içeren ürünlerin etiketinde belirtilmesi zorunludur. Bazı ülkelerde farklılaştırılmış semboller de bulunabilmektedir (48). Ülkemizde işinlanmış besinler çiğ iken işinlandırıya etikette dozu ile birlikte belirtilmesi ve işinlanmış besinlerin üzerinde yeşil renkli ışınlama sembolünün bulundurulması zorunludur (25).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Baharat ve kuru besinlerde (kuru sebzeler vb.) ışınlama sonrası bazı mikroorganizmalar canlı kalabilmektedir. Ancak çevrede su aktivitesi düşük olduğu için çoğalamamaktadır. Ayrıca bu mikroorganizmalarda ışınlama sonrası hücresel hasar oluştuğu için sıcaklık, tuz ve asit gibi ortamlara karşı daha hassaslaşmaktadırlar. Dolayısıyla pişirme ile daha da etkisiz hale gelmektedirler. Yani ışınlamanın diğere uygulamalarla birlikte yapılması son derece önemlidir. Çiğ besinlerin mikrobiyel kontaminasyonlarının önlenmesi, paketlemenin doğru yapılması, uygun üretim koşulları sağlanıp prosesin uygun işlenmesi, doğru personel hijyeni ve sanitasyon

uygulamaları, uygun işlenmiş besinlerle taşınması gibi uygulamalar baharat sterilizasyonu açısından önemlidir.

İşinlanmış besin radyoaktivite göstermemektedir. Işınlama sonucu oluşan sağlığa zararlı bazı serbest radikaller ve radyolitik ürünler ise oluşturulan standartlarla kontrol altına alınmıştır. Ayrıca literatürde ışınlama ile oluşan radyolitik ürünlerin miktarının, besinin pişirilmesi ile oluşan ürünlerin içerdiğinden daha az olduğu belirtilmiştir.

Baharatın mikrobiyel içeriği düşünüldüğünde alternatif bir yöntem bulunana kadar baharat ışınlama uygulamalarının sağlık ve baharat kalitesinin korunumu açısından diğere sterilizasyon yöntemlerinden daha uygun olduğu kanısındayız.

KAYNAKLAR

1. Sagoo SK, Little CL, Greenwood M, Mithani V, Grant KA, McLauchlin J. 2009. Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs from production and retail premises in the United Kingdom. *Food Microbiol* 26 (1): 39-43.
2. Schweiggert U, Schieber R, Schieber A. 2007. Conventional and alternative processes for spice production -a review. *Trends Food Sci Technol* 18 (5): 260-8.
3. Doren JMV, Neil KP, Parish M, Gieraltowski L, Gould LH, Gombas KL. 2013. Foodborne illness outbreaks from microbial contaminants in spices, 1973-2010. *Food Microbiol* 36 (2): 456-64.
4. Rico CW, Kim G, Ahn J, Kim H, Furuta M, Kwon J. 2010. The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*Capsicum annum* L.). *Food Chem* 119 (3): 1012-6.
5. Abbas N, Halkman K. 2003. Baharat Mikroflorası Üzerine Işınlamanın Etkisi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi* 1 (3): 43-65.
6. Doren JMV, Kleinmeier D, Hammack TS, Westerman A. 2013. Prevalence, serotype diversity, and antimicrobial resistance of Salmonella in imported shipments of spice offered for entry to the United States, FY2007-FY2009 *Food Microbiol* 34 (2): 239-251.

7. Koochy-Kamaly-Dehkordy P, Nikoopour H, Siavoshi F, Koushki M, Abadi A. 2013. Microbiological quality of retail spices in Tehran, Iran. *J Food Prot* 76 (5): 843-8.
8. Witkowska AM, Hickey DK, Alonso-Gomez M, Wilkinson MG. 2011. The microbiological quality of commercial herb and spice preparations used in the formulation of a chicken supreme ready meal and microbial survival following a simulated industrial heating process. *Food Control* 22 (3-4): 616-625.
9. Gnonlonfin GJB, Adjovi YC, Tokpo AF, Agbekponou ED, Ameyapoh Y, Souza C et al. 2013. Mycobiota and identification of aflatoxin gene cluster in marketed spices in West Africa. *Food Control* 34 (1): 115-20.
10. Moreira PL, Lourençao TB, Pinto JP, Rall VL. 2009. Microbiological quality of spices marketed in the city of Botucatu, Sao Paulo, Brazil. *J Food Prot* 72 (2): 421-4.
11. Sospedra I, Soriano JM, Manes J. 2010. Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs commercialized in Spain. *Plant Foods Hum Nutr* (Dordr) 65 (4): 364-8.
12. Hashem M, Alamri S. 2010. Contamination of common spices in Saudi Arabia markets with potential mycotoxin-producing fungi. *Saudi J Biol Sci* 17 (2): 167-75.
13. Mahgubi A, Puel O, Bailly S, Tadriss S, Querin A, Ouadia A et al. 2013. Distribution and toxigenicity of aspergillus section flavin in spices marketed in Morocco. *Food Control* 32 (1): 143-148.
14. Set E, Erkmén O. 2010. The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. *Food Chem Toxicol* 48(8-9): 2532-7.
15. Fowles J, Mitchell J, McGrath H. 2001. Assessment of cancer risk from ethylene oxide residues in spices imported into New Zealand. *Food Chem Toxicol* 39 (11): 1055-62.
16. IARC, 1994c. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Some Industrial Chemicals. International Agency for Research on Cancer, Lyon, 73.
17. Tateo F, Bononi M. 2006. Determination of ethylene chlorohydrin as marker of spices fumigation with ethylene oxide. *J Food Compos Anal* 19 (1): 83-7.
18. ADA. 2000. Position of the American Dietetic Association: Food Irradiation. *J Am Diet Assoc* 100 (2): 246-53.
19. FDA. 2011. Food Irradiation What You Need to Know. <http://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/UCM262295.pdf> (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013)
20. Lawless A. 2007. Food irradiation – What's the big deal? Food Regulation In The United States. http://www.iflr.msu.edu/uploads/files/109/Student%20Papers/Angie_Lawless_FoodIrradiationWhatsTheBigDeal.pdf (Erişim Tarihi: 2 Ağustos 2013)
21. Mutluer B. 1988. *Gıda ışınlama raporu*. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları Ankara, Türkiye, 130-9 s.
22. Çetinkaya N. 2011. Gıda ışınlama teknolojisinin ticari uygulamaları. http://www.samsunsempozyumu.org/Makaleler/959898555_08_Prof.Dr.Nurcan%20%C3%87etinkaya.pdf. (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013)
23. CFS. 2009. Safety of Irradiated Food. http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/programme_rafs_ft_01_03_irfood.html#P3 (Erişim tarihi: 11.05.2013)
24. ADA. 2009. Position of the American Dietetic Association: Food and Water Safety. *J Am Diet Assoc* 109 (8): 1449-60.
25. Anon 1999. Türk Gıda Kodeksi. Gıda Işınlama Yönetmeliği. 6/11/1999 tarihli ve 23868 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
26. Joint FAO/IAEA/WHO Study Group. 1999. Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy: report of a Geneva. http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/en/irrad.pdf (Erişim Tarihi: 18.07.2013).
27. Webb BD, Thiers HD, Richardson R. 1959. Studies in feedspoilage:inhibition of mould growth by gamma radiation. *J Appl Microbiol* 7 (6): 329-33.
28. Ito H, Iizuka H, Sato T. 1973. Identification of osmiophilic Aspergillus isolated from rice and their radiosensitivity. *Agric Biol Chem* 37: 789-98
29. Subbulakshmi G, Naik M. 2002. Nutritive value and technology of spices: current status and future perspectives. *J Food Sci Technol* 39 (4): 319-44.

30. Sarosi S, Sipos L, Kokai Z, Pluhar Z, Szilvassy B, Novak I. 2013. Effect of different drying techniques on the aroma profile of *Thymus vulgaris* analyzed by GC-MS and sensory profile methods. *Ind Crops Prod* 46: 210-6.
31. Onyenekwe PC, Stahl M, Adejo G. 2012. Post-irradiation changes of the volatile oil constituents of *Monodora myristica* (Gaertn) Dunal. *Nat Prod Res* 26 (21): 2030-4.
32. Fanaro GB, Duarte RC, Santillo AG, Pinto e Silva MEM, Purgatto E, Villavicencio ALCH. 2012. Evaluation of g-radiation on oolong tea odor volatiles. *Radiat Phys Chem* 81 (8): 1152-6.
33. Salum DC, Araujo MM, Fanaro GB, Purgatto E, Villavicencio ALCH. 2009. Determination of volatiles produced during radiation processing in *Laurus cinnamomum*. *Radiat Phys Chem* 78 (7-8): 635-637.
34. Kim JH, Shin MH, Hwang YJ, Srinivasan P, Kim JK, Park HJ et al. 2009. Role of gamma irradiation on the natural antioxidants in cumin seeds. *Radiat Phys Chem* 78 (2): 153-157.
35. Kumar KK, Anathakumar AA, Ahmad R, Adhikari S, Variyar PS, Sharma A. 2010. Effect of gamma-radiation on major aroma compounds and vanillin glucoside of cured vanilla beans (*Vanilla planifolia*). *Food Chem* 122 (3) : 841-5.
36. Burdock GA, Carabin IG. 2009. Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil as a food ingredient. *Food Chem Toxicol* 47 (1): 22-34.
37. Polovka M, Suhaj M. 2010. Detection of caraway and bay leaves irradiation based on their extracts' antioxidant properties evaluation. *Food Chem* 119 (1): 391-401.
38. Johnson AM, Resurreccion AVA. 2009. Sensory profiling of electron-beam irradiated ready-to-eat poultry frankfurters. *Food Sci Technol* 41(1): 265-274.
39. Chatterjee S, Adhikari S, Gupta S, Variyar PS, Sharma A. 2009. Estimation of aroma precursors in radiation processed fenugreek. *Food Chem* 115 (3): 1102-1107.
40. Chatterjee S, Variyar PS, Sharma A. 2013. Phenol induced by irradiation does not impair sensory quality of fenugreek and papaya. *Radiat Phys Chem* 92: 121-2.
41. Dhanya R, Mishra BB, Khaleel KM. 2011. Effect of gamma irradiation on curcuminoids and volatile oils of fresh turmeric (*Curcuma longa*). *Radiat Phys Chem*, 80 (11): 1247-1249.
42. USDA. 2012. Irradiation and Food Safety. http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/f882cb8f-fcbe-4e47-a84d-9799b5cd5b4a/Irradiation_and_Food_Safety.pdf?MOD=AJPERES (Erişim Tarihi: 19.07.2013)
43. ICGFI. 1999. A series of Fact Sheets from the International Consultative Group on Food Irradiation. <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/foodirradiation.pdf> (Erişim Tarihi: 18.07.2013)
44. Bhaskaram C, Sadasivan G. 1975. Effects of feeding irradiated wheat to malnourished children. *Am J Clin Nutr* 28 (2): 130-5.
45. Tsutsumi T, Todoriki S, Nei D, Ishii R, Watanabe T, Matsuda R. 2011. Detection of irradiated food using 2-alkylcyclobutanones as markers: verification of the european committee standardization method en1785 for the detection of irradiated food containing lipids. *Shokubin Eiseigaku Zasshi*. 52 (6): 321-9.
46. D'Oca MC, Bartolotta A, Cammilleri C, Giuffrida S, Parlato A, Stefano VD. 2010. A practical and transferable methodology for dose estimation in irradiated spices, based on thermoluminescence dosimetry. *Appl Radiat Isot* 68 (4-5): 639-642.
47. Mizani M, Sheikh N, Ebrahimi SN, Gerami A, Tavakoli FA. 2009. Effect of gamma irradiation on physico-mechanical properties of spice packaging films. *Radiat Phys Chem* 78 (9): 806-9.
48. Gonçalves MPJ, Galotto MJ, Valenzuela X, Dinten CM, Aguirre P, Miltz J. 2011. Perception and view of consumers on food irradiation and the Radura symbol. *Radiat Phys Chem* 80 (1): 119-22.
49. Ehlermann DAE. 2009. The RADURA-terminology and food irradiation. *Food Control* 20 (5): 526-8.