

## ISIL OLMAYAN YENİ GIDA MUHAFAZA TEKNİKLERİNİN SANAYİ UYGULAMALARI-1

Engin Güven<sup>1\*</sup>, Hasan Yıldız<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Gıda Teknolojileri Bölümü, Yalova

<sup>2</sup>Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş tarihi / *Received*: 04.12.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 13.02.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 17.02.2016

### Özet

Isıl işlem uygulamaları ile gıdalarda meydana gelen çeşitli kayıplar ve tüketicilerin besin içerikleri ve duyu kalitesi daha yüksek gıdalara olan talebi yeni gıda muhafaza tekniklerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Isıl olmayan yeni tekniklerden yüksek basınç, ultraviyole ışık ve ışınlama, son yıllarda gıda sanayinde bazı gıdalarda mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Ultraviyole ışık ve vurgulu ışık gıda sanayinde işletme ekipmanlarının ve ortamının mikrobiyel yükünün azaltılması ve ambalaj malzemelerinin sterilizasyonu amacıyla da kullanılmaktadır. Isıl olmayan yeni muhafaza teknikleri ile işlenen gıdalar besin içerikleri ve duyu özellikleri bakımından ısıl işlemlere alternatif olmakla birlikte ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği, her gıdaya uygulanamaması ve işlem parametrelerinin tam olarak ortaya koyulmamış olması gibi nedenlerle dünya genelinde henüz yaygınlaşmamıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte önümüzdeki yıllarda bu yeni gıda muhafaza tekniklerinin gıda sanayinde kullanımının artacağı tahmin edilmektedir. Bu derlemede ısıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden yüksek basınç, ultraviyole ışık, vurgulu ışık ve ışınlamanın gıda sanayindeki endüstriyel uygulamaları incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gıda sanayi, yeni muhafaza teknikleri, tüketici istekleri, yüksek kalite

## INDUSTRIAL APPLICATIONS OF NON-THERMAL NOVEL FOOD PRESERVATION TECHNIQUES-1

### Abstract

Losses in foods caused by thermal processing and high demand for nutritious and high quality foods by consumers have brought about the need for novel food preservation techniques. High pressure processing, ultraviolet light, and irradiation are some of the non-thermal novel technologies which have been in use for inactivation of microorganisms for certain foods in the food industry in recent years. Ultraviolet light and pulsed light are also used for reduction of microbial load of environment, food processing equipments, and packaging materials in the food industry. Although processing of foods with these non-thermal novel preservation techniques is a viable alternative to thermal processing, they have been limitedly used in the food industry due to high investment cost and uncertainty on process parameters for specific foods. This review will address applications of novel non-thermal food preservation techniques such as high pressure processing, ultraviolet light, pulsed light, and irradiation in the food industry.

**Keywords:** Food industry, new preservation techniques, consumer requests, high quality

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ enginguven16@hotmail.com,

☎ (+90) 2226 814 2520,

☎ (+90) 226 814 1146

## GİRİŞ

Günümüzde tüketiciler duyuşsal özellikleri doğal ve tazeye en yakın gıdalar talep etmektedirler. Geleneksel gıda muhafaza tekniği olan ısıı işlem uygulamalarında gıda bileşenlerinde ve gıdaların duyuşsal özelliklerinde istenmeyen çeşitli kayıplar yaşanmaktadır. Bu yüzden yeni gıda muhafaza tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan araştırmalar ısıı olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin gıdalarda tüketicilerin arzu ettiği özellikleri sağlayabileceğini ve ısıı işleme alternatif olabileceğini göstermektedir. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda ısıı olmayan yeni muhafaza tekniklerinin bir kısmı gıda sanayinde uygulamaya geçerken bazılarının sanayiye uygunluğu ve adaptasyonu ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir (1, 2).

Bu derlemede ısıı olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden yüksek basınç, ultraviyole ışık, vurgulu ışık ve ışınlama teknolojilerinin gıda sanayindeki uygulamaları üzerinde durulmuştur.

### YÜKSEK BASINÇ

Yüksek basınç işlemi gıda sanayinde uygulama alanı bulan yeni muhafaza tekniklerinden biridir. Yüksek basınç işleminde 100-1000 MPa değerleri arasında basınç, düşük ya da orta sıcaklıklarda (10-60°C) uygulanarak gıda maddelerinin muhafazası sağlanmaktadır (2, 3). Fakat bu uygulamalar bakteri sporlarının inaktive edilmesinde yeterli olmamaktadır. Bu nedenle spor içeren düşük asitli gıdaların muhafazasında basınçla (500-900 MPa) birlikte birkaç dakika süre ile sıcaklığın da arttırılması (90-120°C) gerekmektedir (2). Halen yaygın olarak kullanılmakta olan ısıı teknolojilere kıyasla bu yeni teknolojide sistemin ihtiyaç duyduğu enerji miktarı daha düşüktür. Bu yöntemde, vitaminler gibi küçük moleküllu besin elementleri de stabil kalabilmektedir (4). Basınç gıdaya anında ulaştığından ısıtma ve soğutma sürelerinin neden olduğu zaman ve kalite kayıpları oluşmamaktadır (5). Kimyasal koruyucu maddelerin kullanımı azaltılmakta ya da hiç kullanılmamaktadır (1). Sıvı ve katı gıdalara uygulanabilmekte olup, ürünün geometrisi ve büyüklüğüne doğrudan bağımlı değildir. Özellikle yüksek asitli gıdalarda başarılı sonuçlar elde edilmektedir (5, 6). Bununla birlikte belli miktarda su içeriğine sahip olmayan kuru gıdalarda yüksek basınç işlemi ile mikroorganizmaların inaktivasyonu etkili bir şe-

kilde yapılamamaktadır (6). Ayrıca yüksek basınç işleminin bazı enzimler ve mikroorganizmalara karşı etkisi daha azdır (1). Bu tekniğin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için gıda maddesinde iç hava boşlukları olmamalıdır. Yüksek basınç, iç hava boşlukları olan çilek ve süngerimsi yapıdaki şekerleme gibi gıda maddelerine uygulandığında bu tip gıdaların ezilerek zarar görmelerine neden olmaktadır (6).

Yüksek basınç teknolojisi gıda işleme yöntemi olarak ilk defa 1899 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) "Batı Virginia Üniversitesi"nde süt, meyve suyu, et ve çeşitli meyvelerin muhafazası amacıyla uygulanmıştır (1, 2, 4). Yüksek basınç işlemi ile ilgili araştırmalar 20. yüzyılın başlarında (1909-1959) yoğun bir şekilde yapılmıştır (2). Fakat yüksek basınç ekipmanlarının üretiminde yaşanan zorluklar ve ambalajlı olarak işlenen gıdaların işlenmesi sırasında kullanılan ambalaj materyallerinin yetersizlikleri araştırmaları durdurmuştur. 1970'li yıllara gelindiğinde yeni yüksek basınç ekipmanları ve ambalaj materyalleri geliştirilmiş ve 1980'li yıllarda gıdalar üzerinde yapılan yüksek basınç araştırmaları tekrar başlamıştır (1).

Yüksek basınç işlemi ile üretilmiş ilk ticari ürünler 1990 yılında Japonya'da üretilerek satılmıştır (1, 2). Bir şirket elma, kivi, çilek ve ahududu reçeline esnek kapaklı plastik paketler içinde yüksek basınç uygulamıştır. Raf ömrü iki ay olan bu reçeller enzim aktivitesinin önlenmesi amacıyla soğukta muhafaza edilmişlerdir. İki farklı şirket ise yüksek basınç teknolojisini kullanarak portakal suyu ve greyfurt suyu üretmişler, ancak 1990'lı yıllarda bu ürünlerin maliyeti geleneksel ürünlerin maliyetininin 3-4 katı daha fazla olmuştur (1). Yüksek basınç işleminin sanayide ilk uygulamaları Japonya'da başladıktan sonra, ABD'de de üretime geçilmiş olup günümüzde Avrupa'da da bu yöntem kullanılmaktadır (4). Gıda sanayinde meşrubatlar, meyve-sebze ve ürünleri (meyve suları, reçel, avokado ürünleri, elma püresi, vb.), et ürünleri (pişmiş ve kuru jambon), deniz ürünleri, balık, hazır yemekler, hazır çorbalar (4, 7), yoğurt, salata sosları (1) ve istiridye gibi farklı gıdaların dayanıklı hale getirilmesi amacıyla yüksek basınç işlemi uygulanmaktadır (6, 8). Bazı gıdalar üzerinde uygulanan yüksek basınç işlemine ait örnek çalışmalar Çizelge 1'de verilmiştir (9-12).

Gıda sanayinde yüksek basınç uygulamalarında kesikli ve yarı sürekli sistemler kullanılmaktadır

Çizelge 1. Gıdalar üzerinde uygulanan yüksek basınç işlemine ait örnek çalışmalar

Gıda	Uygulama	Sonuç	Kaynak
Karpuz suyu	300-900 MPa / 60 °C / 5-60 dk.	Viskozitede değişiklik olmamıştır.	9
Avokado ezmesi	600 MPa / 23 °C / 3 dk. /45 gün 4 °C'de depolama	Esmerleşme derecesinde azalma olmuştur. Depolama boyunca pH azalmış, duyuusal özelliklerde kayıplar görülmüştür.	10
Tavuk göğsü	300-450-600 MPa / 15 °C / 5 dk.	Basınç arttıkça renkteki ve dokudaki kayıplarda artmıştır.	11
Çorba	650 MPa / 55-65 °C / 10 dk.	<i>Bacillus subtilis</i> sporlarında 4.5 log azalma olmuştur.	12

(2, 4). Katı gıdalar ya da büyük katı parçalar içeren gıdalar sadece kesikli sistemlerle işlenebilirken, sıvı gıdalar, bulamaç yapıdaki gıdalar ya da pompalanabilir gıdalar ise kesikli veya yarı sürekli sistemlerde işlenebilmektedir. Gıda işlemede kullanılan endüstriyel ölçekli kesikli sistemlerde, işlem tankından transfer edilen pompalanabilir gıdalar aseptik dolun ile ambalajlanabilmektedir. Kesikli yüksek basınç sistemlerinde gıdalar genellikle ambalajlı bir şekilde işlenmektedir (4). Bu sistemde gıdayla birlikte basınç uygulanacak ambalaj materyalleri gıdanın tat ve kokusunu etkilememeli ve basınca dayanıklı olmalıdır. Yüksek basınç işlemi uygulanacak ambalajlar genellikle plastik filmlerden oluşmaktadır. Metal kutu ve cam materyaller bu işlem için uygun değildir (13, 14). Endüstriyel ölçekli yarı sürekli sistemler ise temel olarak birbirine bağlı üç tanktan oluşmaktadır. Birinci tankta sıvı ürün doldurulur, ikinci tankta sıvı ürüne basınç uygulanır ve üçüncü tankta ise işlenmiş sıvı ürün boşaltılır. Ardından işlenmiş sıvı ürünler aseptik dolun hattına pompalanarak steril kaplara doldurulur (2).

Yüksek basınç teknolojisi dünyada yaklaşık 2 milyar \$ pazarı olan bir sektördür (15). Yüksek basınç işlemi yaklaşık 15 yıldır gıdaların muhafazası amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmakta ve ticari uygulamalarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu yeni teknoloji özellikle sıvı ve akışkan gıdalarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (2). Bu teknolojiye endüstriyel ölçekteki ekipmanların maliyeti 500 bin-4 milyon € arasında değişmektedir (4). İşlem sıcaklığı, basınç ve kapasiteye bağlı olarak işlem maliyeti ısı işleme kıyasla kilo başına 0.10 \$ daha fazla olabilmektedir (2).

"Avure Technologies" (ABD) firması sanayi amaçlı yüksek basınç ekipmanı üreten firmalardan birisidir. Ürettiği ekipmanların tank hacimleri 35 L ile 700 L arasında değişmektedir. Yüksek basınç tanklarında kapasitelerine göre 600 MPa'a kadar basınç uygulanabilmektedir. Bu teknoloji ile 600 MPa basınçta 3 dakikadan daha kısa sürede

mikroorganizmaların inaktive edilebildiği belirtilmektedir (15). "Hiperbaric" (İspanya) firmasının ürettiği yüksek basınç ekipmanları ile ürünler farklı ambalaj materyalleri ile birlikte işlenebilmekte ya da işlendikten sonra ambalajlanabilmektedir. Bu firmanın ürettiği "Hiperbaric 420" isimli ekipman pazardaki büyük kapasiteli yüksek basınç ekipmanlarından birisidir. Bu ekipman 420 L kapasite, 380 mm çaplı tank ve 8 yüksek basınç hızlandırıcısıyla saatte 2 ton gıda işleyebilmektedir (16). "Uhde" (Almanya) firmasının ticari amaçlı ürettiği yüksek basınç ekipmanları 55-700 litre arasında hacme sahip olup, bu ekipmanlar ile gıdalara 600 MPa'a kadar basınç uygulanabilmektedir (17). Ayrıca "Elmhurst" (ABD) ve "Kobelco" (Japonya) firmaları da gıda sanayi için yüksek basınç ekipmanı üreten firmalara örnek olarak verilebilir (18, 19).

#### ULTRAVİYOLE IŞIK

Ultraviyole ışık gıda sanayinde gıdaların muhafazası ve gıda ekipmanlarının sterilizasyonu amacıyla uygulanan ısı olmayan yeni teknolojilerden birisidir. Bu yeni uygulamanın temel prensibi, görünen ışık ile X-ışınları arasındaki ultraviyole (UV) bölgede yer alan 200-300 nm dalga boyundaki elektromanyetik UV-C ışınlarının mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisinden yararlanarak mikroorganizmaların inaktive edilmesidir (20). Genel olarak UV-C ışınlarının, uygun dozlarda kullanıldığında gıdalar üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi görülmemektedir (21). Bununla birlikte UV-C ışınlar, gıdalarda serbest radikallerin oluşmasına, vitamin ve proteinlerin zarar görmesine, yağların oksidasyonuna, renkte bozulmalara, lezzet ve aroma maddelerinde kayıplara neden olabilmektedir (22). Bu nedenle, gıdalar için UV-C ışınlarının başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için hangi gıdalar için uygun olduğunun belirlenmesi ve bu gıdalar için optimizasyon çalışmalarının tamamlanmış olması önemlidir (21).

Ultraviyole ışınlar gıda sanayinde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Gıdaların mikrobiyel yükünün

azaltılmasının yanı sıra gıda işletmelerindeki (fırın ürünleri, peynir ve et üreten işletmeler vb.) ekipman yüzeylerinin, havanın, suyun ve ambalajlama malzemelerinin (kutu, şişe, karton, tüp, film ve folyo vb.) dekontaminasyonu için de kullanılabilir (23, 24). Çiğ süt, meyve suyu ve nektarları gibi çeşitli içecek ve meşrubatların işlenmesi için geliştirilmiş ve onaylanmış sürekli tip ticari UV ekipmanları üretilmektedir (25). "C&S Equipment Company" (ABD) firması gıdaların yüzey dekontaminasyonunu sağlayan ticari ekipmanlar üreten firmalardan birisidir. Taze ve işlenmiş gıdalarda geniş uygulama olanağına sahiptir. Bunlara taze meyve-sebze ve et, dondurulmuş gıdalar (sebze, meyve, et, deniz ürünleri, fırıncılık ürünleri vb.), pişmiş gıdalar ve soğukta muhafaza edilmesi gereken gıdalar (pasta, peynir vb.) örnek olarak verilebilir (23). İngiltere'de bulunan "Advanced Air Hygiene" firmasının gıda sanayi için ürettiği dekontaminasyon tünellerinde UV-C ışınlarının öldürücü etkisiyle ürün dekontaminasyonu sağlanmaktadır. Bu tünellerde fırıncılık ve meyve-sebze ürünlerinin raf ömürleri arttırılmaktadır. Tüneller üreticilerin isteklerine göre özel olarak üretilebilmektedir. Ayrıca gıdaların işlenmesinde kullanılan bu teknolojinin etiket bilgilerinde belirtilme zorunluluğu da bulunmamaktadır. Söz konusu firmanın ürettiği hava dezenfeksiyon sistemlerinde UV-C ışınlarının dozuna bağlı olarak havada bulunan mikroorganizmalar %99.9'a varan oranlarda inaktive edilebilmektedir. Bu sistemler ayrıca gıda ve meşrubat sanayinde kullanılmaktadır. Aynı firmanın ürettiği yüzey dezenfeksiyon sistemleri ise gıda sanayinde taşıyıcı kayışların, dolum makinelerinin, hamur koyulan yüzeylerin, folyo ve plastik kapakların dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır (26). İngiltere'de bulunan "UV Technology Limited" (İngiltere) firması gıda sanayinde ürün, hava, yüzey ve sıvıların dezenfeksiyonu amacıyla ekipmanlar üretmektedir (27). Ayrıca "Hanovia" (İngiltere), "SurePure" (Güney Afrika), "Micro Tek" (İngiltere), "Heraeus" (Almanya) ve "Trojan Technologies" (Kanada) firmaları da gıda sanayi için UV ışık ekipmanı üreten firmalara örnek olarak verilebilir (28-32).

#### **VURGULU IŞIK**

Isıl olmayan yeni teknolojilerden biri olan vurgulu ışık teknolojisi gıda sanayinde gıda ambalajlarının sterilizasyonu ya da gıda işletmelerinin mikrobiyel

yükünün azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla geniş spektrumlu beyaz ışık (200-1100 nm) yüksek güçte çok kısa sürelerle (1 µs - 0.1 s) vurgular şeklinde uygulanmaktadır (33, 34). Bu teknolojide foto kimyasal (hücrelerin DNA'ları zarar görür), foto termal (anlık ısı artışı olur) ve foto fiziksel olayların (hücre zarı zarar görür) kombine etkisi ile mikroorganizmalar etkisiz hale getirilmektedir (35, 36).

Vurgulu ışık 1970'li yıllara kadar farklı endüstrilerde kullanılmıştır. Bu teknolojinin gıdalarda laboratuvar ölçekli ilk denemeleri ise 1980'li yıllara dayanmaktadır. ABD'de "Gıda ve İlaç Dairesi" (FDA) vurgulu ışık teknolojisini 1996 yılında gıdalarda ticari olarak kullanılabilir bir yöntem olarak kabul etmiştir (35, 37). Günümüzde gıda sanayinde ambalaj materyallerinin iç ve dış yüzeyleri ile gıda işletmelerinin sterilizasyonu (ekipman, hava vs.) amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (33, 38-41). Ayrıca Dunn ve ark. (1999) tarafından su ve meyve suyu gibi pompalanabilir gıdaların sterilizasyonu için hazırlanmış bir sistem için de patent alınmıştır (35, 42).

Opak (mat) yüzeylerde ışığın absorpsiyonunun sınırlı olması ve geri yansımından dolayı vurgulu ışık gıdanın içlerine işleyememektedir. Ayrıca protein ve yağ içeriği yüksek gıdalarda da vurgulu ışık iyi absorbe edilemediğinden etkisiz olmaktadır. Bu nedenle bu tür gıda maddelerinde vurgulu ışık uygulaması sadece yüzeydeki mikroorganizmaların inaktive edilmesinde etkili olmaktadır. Sınırlı sayıda yapılan çalışmalar daha çok meyveler, sebzeler, toz gıdalar, tohumlar, süt ürünleri, balık ve bal gibi katı ve yarı katı ürünlerin dekontaminasyonu üzerine yoğunlaşmıştır (34, 43). Bu teknoloji, ışığı geçiren sıvı gıdalarda mikroorganizmaların inaktivasyonunda daha başarılıdır (35, 36). Vurgulu ışığın gıdalar üzerindeki uygulamaları ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır (37, 43, 44). Bu çalışmalar gıdaların yapısında ve duyu özelliklerinde meydana gelen değişimleri henüz yeterince açıklayamamaktadır (44). Pilot ölçekli ya da sanayi ölçekli araştırmaların yetersizliği ve uygulama parametrelerinin belirlenmemiş olması gibi nedenlerden dolayı henüz gıda sanayinde gıdalar üzerine direk uygulanamamaktadır (39, 41).

Vurgulu ışık ekipmanlarında elektrik enerjisini kısa süreli yüksek güçlü ışık vurgularına dönüştüren inert gazlı flaş lambalar kullanılmaktadır. Bu

ekipmanlar temel olarak elektrik ünitesi, lamba ünitesi, işlem hücresi ve yardımcı birimlerden (kontrol ve soğutma modülleri) oluşmaktadır (33). Bu ekipmanların yatırım maliyetleri 300 bin - 800 bin € arasında değişmektedir (35).

"Xenon Corporation" (ABD), "Claranor" (Fransa) ve "Econos" (Japonya) firmalarının ürettiği ekipmanlar gıda sanayinde kullanılan dolun kaplarının ve ambalaj materyallerinin sterilizasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bu ekipmanların önemli özellikleri; güvenli olmaları, sıcaklığın kontrol edilebilmesi, prosesin hızlı ve esnek olması, işçi güvenliği ve az yer işgal etmesidir (39-41). "Xenon Corporation" (ABD) firmasının ürettiği ekipmanlar gıda işletmelerindeki yüzeylerin, ekipmanların ve havanın mikrobiyel yükünün azaltılması için de kullanılabilir (39).

#### İŞİNLAMA

Gıda ışınlama teknolojisi gıda sanayinde mikroorganizmaların DNA'sını tahrip ederek gıdaların muhafaza sürelerinin uzatılmasını sağlayan yeni tekniklerden birisidir (45-47). Gıda sanayinde ışınlama, kurutulmuş veya taze meyve-sebzelerde, hububatlarda, kabuklu yemişlerde, yağlı tohumlarda, baklagillerde, baharatlarda, bitkisel çaylarda, kanatlı etlerinde, kırmızı ette, balıkta ve deniz ürünlerinde mikrobiyel yükü azaltmak, sterilizasyonu sağlamak, olgunlaşmayı geciktirmek, böceklenmeyi önlemek ve paraziter enfeksiyonların kontrolü gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Ayrıca patates ve soğan gibi yumru gıdalarda filizlenmeyi önlemek amacıyla da kullanılabilir (48, 49). Genel olarak karbonhidratlar, proteinler ve yağlar gibi yapılar 10 kGy'e kadar ki ışınlama dozlarından çok fazla olumsuz etkilenmezler. Diğer taraftan ışınlama avokado, armut, kavun ve erik gibi bazı meyvelerin hücre duvarlarına zarar vererek ürünlerin yumuşamasına neden olmaktadır. Süt ve süt ürünlerinde duyuusal özelliklerin bozulmasına,

et ürünlerinde uygulanan yüksek doz istenmeyen koku ve lezzet bileşenlerinin oluşmasına neden olabilmektedir (50).

Radyasyonla ışınlanmış gıdaların uluslararası bir sembol olan "radura" sembolüyle işaretlenmesi zorunludur. Ticari olarak işlenen gıdaların radyasyonla ışınlanmasında gama ışınları kullanılmaktadır (45, 46). Işınlamanın en önemli avantajlarından birisi ambalajlanmış ürünlere uygulanabilmesidir. Gıda sanayinde ışınlama uygulaması hangi gıdalara ve hangi dozlarda uygulanacağı "Uluslararası Gıda Kodeksi Komisyonu" tarafından belirlenmiştir (46). Türkiye'de de 06.11.1999 tarihinde yayınlanan "Gıda Işınlama Yönetmeliği" ile yedi ayrı gıda grubuna hangi dozlarda uygulanacağı belirlenmiştir. Bu yönetmelikte yer alan gıda grupları ve uygulanmasına izin verilen maksimum ışınlama dozları Çizelge 2'de verilmiştir (48).

Gıda ışınlamanın tarihi 1895 yılında X-ışınlarının ve 1896'da radyoaktivitenin keşfedilmesine dayanmaktadır. 1905, 1921 ve 1930 yıllarında gıda ışınlama ile ilgili ilk patentler alınmıştır (45, 47). İlk ticari uygulama 1957 yılında Almanya'da baharatların ışınlanması amacıyla yapılmıştır (51). 1970'li yıllarda ışınlanmış gıdaların sağlık yönünden güvenilirliği ile ilgili çalışmalar başlatılmış ve halen en çok gündeme gelen ve ışınlanmış gıdaların ticaretinde etkili olan bir konudur. Ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler 1980'li yıllarda başlamıştır (49). 1997 yılında "Dünya Sağlık Örgütü" (WHO), "Gıda ve Tarım Örgütü" (FAO) ve "Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı" (IAEA) tarafından oluşturulan komisyon ışınlamanın uygun dozlarda kullanıldığında güvenli ve etkili bir yöntem olduğunu ve ayrıca gıdaların besin değerini koruduğunu kabul etmiştir (47, 52).

Günümüzde gıda ışınlama 55'in üzerinde ülkede onaylanmış olup, dünya çapında 68 adet kayıtlı

Çizelge 2. Ülkemizde yedi farklı gıda grubuna uygulanmasına izin verilen maksimum ışınlama dozları\* (48)

Gıda Grubu	Doz (kGy) Maksimum
Soğanlar, kökler ve yumrular	0.2
Taze meyve ve sebzeler (soğan, kök ve yumruların dışındakiler)	2.5
Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyveler	5.0
Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	5.0
Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	7.0
Kuru sebzeler, baharatlar, kuru otlar, çeşniler ve bitkisel çaylar	10.0
Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	3.0

\* Gıda Işınlama Yönetmeliği'ne ait EK 1'de yer alan çizelgeden özetlenmiştir.

gıda ışınlama tesisi vardır. Bunların 25 tanesi Asya ve Avustralya'da bulunmaktadır (47). Türkiye'de ticari olarak gıda ışınlayabilen lisanslı iki tesis bulunmaktadır. Bunlar Tekirdağ-Çerkezköy'de faaliyet gösteren "Gamma Pak" ve Ankara-Sarayköy'de faaliyet gösteren "Türkiye Atom Enerjisi Kurumu"na (TAEK) ait tesislerdir (53, 54).

Yıllara göre dünyada ışınlanmış gıda üretim miktarları özetle şöyledir: Asya 183309 ton (2005) ve 285223 ton (2010), ABD 92000 ton (2005) ve 103000 ton (2010), Avrupa 9264 ton (2005), 15044 ton (2010) ve 5544 ton (2014) (55, 56). Gıda sanayinde ışınlanan ürünlerden baharat ve kuru sebzeler özellikle Çin, Brezilya ve Güney Afrika'da, tahıllar ve meyveler Ukrayna'da, et ve deniz ürünleri Vietnam, ABD ve Belçika'da, çimlenebilen gıdalar Çin ve Japonya'da, mantar ve bal gibi diğer gıdalar Çin'de ışınlamaya maruz bırakılmaktadır (47). Avrupa ülkelerinde ışınlanmış ürünler sınırlı olup bu durum Avrupa ülkelerindeki kısıtlayıcı düzenlemelerden kaynaklanmaktadır (47, 57). Gıda sanayinde Çin, gıdaları ışınlayarak satan önde gelen ihracatçı ülkelerdendir. Çin'de ticari uygulamalar 1990 yılında başlamış olup, 2009 yılına gelindiğinde ışınlanmış gıdaların toplam miktarı 200 bin tona ulaşmıştır. Ayrıca 2007 yılından bu yana Çin fermente gıdaların ışınlanmasında da çok önemli bir seviyeye gelmiştir (46). Türkiye'de ise "Gamma Pak" 2002 ve "TAEK" 2007 yılından beri ticari olarak gıda ışınlamaktadır. Türkiye'de ışınlanmış gıdaların çoğunluğunu baharatlar oluşturmaktadır. İhracat amaçlı en fazla ışınlanan gıda grupları ise baharat ve su ürünleridir (49). "Gamma Pak" 2012 yılında 4246 ton gıdayı ışınlayarak işlemiştir. Bu miktarın %70'ini baharat ışınlaması, geriye kalan %30'luk oranı da kırmızı et, dondurulmuş gıda ve bitkisel çay gibi gıda grupları oluşturmaktadır (53). Türkiye'de ticari olarak ışınlama yapan "TAEK" 10 kGy'e kadar dozlar için 2015 yılında 220 TL/m<sup>3</sup> ücret almaktadır (54).

Kanada'da bulunan "Nordion" firması 40 yıldır ışınlama teknolojileri ile ilgilenmekte olup sanayi ölçekli gama sterilizasyon sistemleri üretmektedir. Bu sistemler gıda sanayinde de kullanılmaktadır (52). Ayrıca "Symec Engineers" (Hindistan), "Gray Star" (USA) ve "IBA" (Belçika) firmaları da gıda sanayi için ışınlama ekipmanı üreten firmaların başında gelmektedir (58-60).

## SONUÇ

Isıl olmayan yeni gıda muhafaza teknikleri ile ilgili yapılan çalışmalar neticesinde son yıllarda yüksek basınç, ultraviyole ışık ve ışınlama teknikleri gıda sanayinde uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Vurgulu ışık teknolojisinin ise henüz gıda sanayinde doğrudan gıdalar üzerine uygulamaları olmamakla birlikte ambalaj materyallerinin sterilizasyonu ve gıda işletmelerinin dezenfeksiyonunda kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Pilot ve sanayi ölçekli yapılacak çalışmalarla önümüzdeki yıllarda vurgulu ışığın gıdalar üzerinde de başarılı bir şekilde kullanılacağı tahmin edilmektedir.

Isıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği, her gıdaya uygulanamaması, sanayicilerin yeni tekniklerden tam olarak haberdar olmamaları, her ürün için sanayiye uygun uygulama parametrelerinin belirlenmemiş olması ve yasal düzenlemelerin eksikliği söz konusu yeni tekniklerin yaygınlaşmasının önündeki en önemli sorunlardır. Bu yeni tekniklerin birbirleri ile ya da geleneksel ısıl işlemlerle karşılaştırmalı laboratuvar ve sanayi ölçekli maliyet analizleri ile sanayi ölçekli kalite analizlerinin yok denecek kadar az olması da önemli bir eksiklik olarak görülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu makale 'TÜBİTAK 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Doktora Burs Programı' tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Fellows P. 2000. Processing using electric fields, high hydrostatic pressure, light or ultrasound. *Food Processing Technology Principles and Practice*, Fellows P (ed), CRC Press, Cambridge, England, pp. 210-226.
2. Gupta R, Balasubramaniam VM. 2012. High pressure processing of fluid foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 109-165.
3. Karım PA. 2011. High pressure processing as an alternative food preservation technology and its applications for fruits and vegetables. Kansas State University, Food Science, Master of Science, Kansas, USA, 87 p.

4. Hogan E, Kelly AL, Sun DW. 2005. High pressure processing of foods: an overview. *Emerging Technologies for Food Processing*, Sun DW (ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp 3-27.
5. Gökmen V, Acar J. 1995. Yüksek basınç teknolojisinin gıda endüstrisinde uygulamaları. *GIDA* 20 (3): 167-172.
6. Ramaswamy R, Balasubramaniam VM, Kaletunç G. 2004. High pressure processing. Ohio State University, Food Science and Technology, Fact Sheet for Food Processors, USA, 3p.
7. Norton T, Sun DW. 2008. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food Bioprocess Techn* 1: 2-34.
8. Kingsley DH. 2013. High pressure processing and its application to the challenge of virus-contaminated foods. *Food Environ Virol* 5: 1-12.
9. Zhang C, Trierweiler B, Li W, Butz P, Xu Y, Rüfer CE, Ma Y, Zhao X. 2011. Comparison of thermal, ultraviolet-C, and high pressure treatments on quality parameters of watermelon juice. *Food Chem* 126: 254-260.
10. Velazquez DAJ, Brenes CH. 2012. Stability of avocado paste carotenoids as affected by high hydrostatic pressure processing and storage. *Innov Food Sci Emerg* 16: 121-128.
11. Kruk ZA, Yun H, Rutley DL, Lee EJ, Kim YJ, Jo C. 2011. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. *Food Control* 22: 6-12.
12. Ates MB, Skipnes D, Rode TM, Lekang OI. 2016. Comparison of spore inactivation with novel agitating retort, static retort and combined high pressure-temperature treatments. *Food Control* 60: 484-492.
13. Caner C, Hernandez RJ, Harte BR. 2004. High-pressure processing effects on the mechanical, barrier and mass transfer properties of food packaging flexible structures: a critical review. *Packag Technol and Sci* 17: 23-29.
14. Juliano P, Koutchma T, Sui Q, Barbosa-Canovas GV, Sadle G. 2010. Polymeric-based food packaging for high-pressure processing. *Food Eng Rev* 2: 274-297.
15. AVURE. 2015. High pressure processing. <http://www.avure-hpp-foods.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
16. HIPERBARIC. 2015. High pressure processing. <http://www.hiperbaric.com/en> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
17. UHDE. 2015. High pressure processing. <http://www.uhde-hpt.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
18. ELMHURST. 2015. High pressure processing. [http://www.elmhurstresearch.com/food\\_processing.htm](http://www.elmhurstresearch.com/food_processing.htm) (Erişim tarihi: 05.01.2015).
19. KOBELCO. 2015. High pressure processing. <http://www.kobelco.co.jp/english/machinery/products/ip/product/food/index.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
20. Ünlütürk S. 2012. Ultraviyole (mor ötesi) ışınlama. *Gıda Mübendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 219-248.
21. Choudhary R, Bandla S. 2012. Ultraviolet pasteurization for food industry. *Int J Food Sci Nutr Eng* 2 (1): 12-15.
22. Koutchama T, Forney L, Moraru C. 2009. UV processing effects on quality of foods. *Ultraviolet Light in Food technology Principles and Applications*, Sun DW (ed), CRC Press, Florida, USA, pp. 103-121.
23. Koutchama T, Forney L, Moraru C. 2009. Principles and applications of UV technology. *Ultraviolet Light in Food technology Principles and Applications*, Sun DW (ed), CRC Press, Florida, USA, pp. 1-31.
24. Gayan E, Condon S, Alvarez I. 2014. Biological aspects in food preservation by ultraviolet light: a review. *Food Bioprocess Tech* 7: 1-20.
25. Gomez Lopez VM, Koutchma T, Linden K. 2012. Ultraviolet and pulsed light processing of fluid foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp 185-223.
26. ADVANCED AIR HYGIENE. 2015. Ultraviolet light. <http://www.aahygiene.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
27. UV TECHNOLOGY. 2015. Ultraviolet light. <http://www.uvtechnology.co/foodindustry.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
28. HANOVIA. 2015. Ultraviolet light. <http://www.hanovia.com/uv-applications/food-beverage/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
29. SUREPURE. 2015. Ultraviolet light. <http://www.surepureinc.com/index.html> (Erişim tarihi: 04/02/2015).
30. MICRO TEK. 2015. Ultraviolet light. <http://www.microtekprocesses.com/Pages/Solutions.aspx> (Erişim tarihi: 05.01.2015).

31. HERAEUS. 2015. Ultraviolet light. [http://www.heraeusnoblelight.com/en/home/noblelight\\_home.aspx](http://www.heraeusnoblelight.com/en/home/noblelight_home.aspx) (Erişim tarihi: 05.01.2015).
32. TROJAN TECHNOLOGIES. 2015. Ultraviolet light. <http://www.trojantechnologies.com/applications/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
33. Yıldız H. 2012. Vurgulu ışık. *Gıda Mübendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 249-260.
34. Gomez OL, Salvatori DM, Loredó AG, Alzamora SM. 2012. Pulsed light treatment of cut apple: dose effect on color, structure, and microbiological stability. *Food Bioprocess Tech* 5: 2311-2322.
35. Palmieri L, Cacea D. 2005. High intensity pulsed light technology. *Emerging Technologies for Food Processing*, Sun DW (ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 279-306.
36. Gomez-Lopez VM, Koutchma T, Linden K. 2012. Ultraviolet and Pulsed Light Processing of Fluid Foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 185-223.
37. Oliu GO, Belloso OM, Fortuny RS. 2010. Pulsed light treatments for food preservation. *Food Bioprocess Tech* 3: 13-23.
38. Levy C, Aubert X, Lacour B, Carlin F. 2012. Relevant factors affecting microbial surface decontamination by pulsed light. *Int J Food Microbiol* 152: 168-174.
39. XENON. 2015. Pulsed light. <http://www.xenoncorp.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
40. CLARANOR. 2015. Pulsed light. <http://claranor.com/pulsed-light-sterilization> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
41. ECONOS. 2015. Pulsed light. <http://www.econos.co.jp/english/index.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
42. Dunn JE, Clark RW, Bushnell AH, Salisburg KJ. 1999. Deactivation of organisms using foreign patent documents high-intensity pulsed. US Patent, Patent Number: 5900211.
43. Pataro G, Munoz A, Palgan I, Noci F, Ferrari G, Lyng JG. 2011. Bacterial inactivation in fruit juices using a continuous flow Pulsed Light (PL) system. *Food Res Int* 44: 1642-1648.
44. Gomez PL, Garcia-Loredó A, Nieto A, Salvatori DM, Guerrero S, Alzamora SM. 2012. Effect of pulsed light combined with an antibrowning pretreatment on quality of fresh cut apple. *Innov Food Sci Emerg* 16: 102-112.
45. Demirdöven A, Baysal T. 2012. Işınlama. *Gıda Mübendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 303-330.
46. Niemira BA, Gao M. 2012. Irradiation of fluid foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, Cullen PJ (chief ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 167-183.
47. Farkas J, Mohacsi Farkas C. 2011. History and future of food irradiation. *Trends Food Sci Tech* 22: 121-126.
48. Anon 1999. Gıda Işınlama Yönetmeliği. *T.C. Resmi Gazete* 06.11.1999 23868: 21-27.
49. Çetinkaya N. 2011. Gıda ışınlama teknolojisinin ticari uygulamaları. Samsun Sempozyumu, 13-16 Ekim, Samsun, Türkiye, 1-8.
50. Stefanova R, Vasilev NV, Spassov SL. 2010. Irradiation of food, current legislation framework, and detection of irradiated foods. *Food Anal Method* 3: 225-252.
51. Diehl JF. 2002. Food irradiation - past, present and future. *Radiat Phys and Chem* 63: 211-215.
52. NORDION. 2015. Irradiation <http://www.nordion.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
53. GAMMA PAK. 2015. Irradiation <http://www.gammapak.com/> (Erişim tarihi:05.01.2015).
54. TAEK. 2015. Işınlama. <http://www.taek.gov.tr/kurumsal/birimler/baglikuruluslar/sanaem/189-nukleer-teknikler-bolumu.html> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
55. Kume T, Todoriki S. 2013. Food irradiation in Asia, the European Union, and the United States: a status update. *Radioisotopes* 62: 291-299.
56. Anonim. 2015. Report from the commission to the european parliament and the council on food and food ingredients treated with ionising radiation for the year 2014, Brussels, 27 p.
57. Kume T, Furuta M, Todoroki S, Uenoyama N, Kobayashi Y. 2009. Status of food irradiation in the world. *Radiat Phys and Chem* 78: 222-226.
58. SYMEC ENGINEERS. 2015. Irradiation. <http://www.symecengineers.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
59. GRAY STAR. 2015. Irradiation. <http://www.graystarinc.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
60. IBA. 2015. Irradiation. <http://www.iba-industrial.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).