

Baharat Mikroflorası Üzerine Işınlamanın Etkisi ¹

S. M. Nasar Abbas² , Kadir Halkman³

Giriş

Baharat ve aromatik bitkiler dünya medeniyeti üzerinde önemli rol oynamışlardır. Bunlara bağlı olarak savaşlar çıkmış, ülkelerin ekonomileri ve kültürleri gelişmiş, efsaneler yaratılmıştır. Hippocrates, Theophrastus, Marco Polo, Coloumbus, Vasco da Gama, Ferdinand, Magellan gibi büyük araştırmacılar ve gezginlerin, ayrıca Hz. Muhammet 'in 40 yaşına kadar baharat ticareti ile ilgilendiği bilinmektedir (1, 2).

Baharat, 13. Yüzyılda altın kadar kıymetli ve dolayısıyla para olarak da kullanılan, milletleri yeni ticaret yolları araştırmak için birbiriyle yarıştıran, hatta bu nedenle birbiriyle savaştıran, yeni kıtaların keşfedilmesine sebep olan, doğu ve batı uygarlıklarının birbirine karışmasını sağlayan bir gıda katkısı olarak tanımlanmıştır (1, 3).

Tarih boyunca baharat ticaretini ellerinde tutan ülkelerin güçlü ve zengin oldukları görülmektedir. İnsanlar baharatı ve aromatik bitkileri sadece gıdalara tat ve koku kazandırması için değil, aynı zamanda bozulmuş etin bozuk tat ve kokusunun maskeleyesi, vücut kokuları elde edilmesi, ölümlerin mumyalanması, yaraların tedavisi, zihnin açılması amaçları ile de kullanmışlardır. Baharat renk (zerdeçal, safran, paprika, kırmızıbiber), koku (tarçın, karanfil, kimyon, biberiye, adaçayı, karabiber) ve bazı durumlarda antioksidan ve antimikrobiyel etki ile gıdaların raf ömrünün uzatılması için kullanılmaktadır (2).

Baharat sözcüğü İngilizcede "spices" olup aslen "species" kelimesinden türemiştir. Species, Latin kökenli bir sözcüktür ve "dünya meyveleri" anlamına gelmektedir. Türkçe 'de ise baharat sözcüğü baharlı bitkilerden ismini almaktadır (4).

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Organization for Standardization; ISO) baharat ve çeşnileri gıdalara renk ve koku kazandırmak için kullanılan doğal bitkisel ürünler ya da bunların karışımı şeklinde tanımlamaktadır.

¹ Bu çalışma Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Prof. Dr. Kadir Halkman 'ın danışmanlığı altında S. M. Nasar Abbas tarafından yapılan ve 2002 yılında tamamlanan aynı adlı Yüksek Lisans tezinin giriş ve literatür özeti bölümüdür.

² Dr., syednassar@yahoo.com

³ Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Dışkapı Ankara. Yazışmalardan sorumlu yazarın e-posta adresi: halkman@agri.ankara.edu.tr

Baharat, bitkinin bütün ya da öğütülmüş tohumu, meyvesi, kabuğu ya da kökü olabilir. Yer yüzünde 70 'den fazla tanımlanmış baharat çeşidi kullanılmaktadır (2). Aromatik bitkiler ise tek ya da çok yıllık bitkilerin ve çalılarının yaprak kısımlarıdır. ABD Gıda ve İlaç Kuruluşu (The Food and Drug Administration; FDA) ve baharat endüstrisi baharat deyimini bir bütün olarak baharat ve aromatik bitkilerin tanımı için kullanmaktadır (5).

Baharat ile çeşni ve soslar gıda dünyasının temelini oluşturmakta ve yemek pişirme sanatında vazgeçilmez unsurlar olarak düşünülmektedir. Baharat lezzetsiz yemeklere kurtarıcı, içeceklere keskin koku ve iştah artırıcı olarak katılmaktadır. Baharatsız bir diyet sıkıcı, yenilirken zevk vermeyen, fazla tatlı olmayan özellik taşımaktadır. Birçok baharat parfüm, kozmetik ve ilaç sanayiinde de kullanılmaktadır (6, 7). Çok eski çağlardan beri baharat ile çeşni ve soslar gıdaların önemli bir bölümü olarak kullanılmakta ve kullanımları günden güne artmaktadır. Baharat sanayiinde dünya ticareti son 10 yılda hızla artmıştır. Bu gün yılda 400.000 tona ulaştığı tahmin edilmektedir. Biber (karabiber, beyaz biber vb.) yılda toplam 130-135 bin tonluk ticaret ile satış piyasasında lider olarak bulunmakta, bunu ikinci olarak yaklaşık 65.000 ton ile capsicum (kırmızıbiber, pul biber, dolma biber vb.) izlemektedir. ABD 243.000 ton/yıl dış alım ile dünyanın en büyük baharat ithalatçısıdır ve baharata yaklaşık 395 milyon US\$ /yıl ödeme yapmaktadır. Almanya yılda 64.000 tonluk ithalat ile ikinci sırayı almakta ve bu miktar için 137 milyon US\$ ödeme yapmaktadır. ABD ve Almanya 'yı sırasıyla Japonya ve bazı Orta Doğu ülkeleri takip etmektedir (8).

Gıdalarda baharat kullanımı günden güne artmaktadır. Örneğin Amerika 'lılar önceki yıllara göre daha fazla baharat kullanmaya başlamışlardır ve son 10 yıl içerisinde baharat kullanımı %50 oranında artmıştır (9). Her ne kadar 70 'den fazla baharat kullanılmakta ise de, dünya baharat ticaretinin yaklaşık %30 'unu kara ve beyaz biber oluşturmaktadır. Karanfil, kakule, tarçın, küçük Hindistan cevizi ve biberlerin toplam dünya ticaretindeki payı %70 kadardır (2).

Gıdalarda kullanılan baharatın büyük bir bölümünün değişen düzeylerde bakteri, maya ve küf ile kontamine olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni çoğu baharatın hijyen koşullarının yeterince sağlanmadığı bölgelerde yetiştirilip hasat edilmesidir. Baharat genellikle yüksek düzeyde kontaminasyona açık olan dere yatağı, tarla gibi yerlere serilerek kurutulmaktadır. Bunların dışında baharatın genellikle sıcak ve nemli bölgelerde yetiştirilmesi de küf ve bakteri kontaminasyon riskini yükseltmektedir. Genel olarak yüksek mikroorganizma sayılarına yenibahar, karabiber, çörek otu, kereviz, kimyon, tatlı kırmızıbiber ve soğan tozunda rastlanmaktadır (5, 10).

Kontamine baharat eğer kontaminasyon ortadan kaldırılamaz ise işlenmiş gıdalarda sanitasyon eksikliğinden kaynaklanan bozulma, gıda zehirlenmesi ve gıda kaynaklı hastalıklara neden olmaktadır (11). Kuşkusuz, baharat genel olarak gıda ile pişirilmekte fakat spor formlu mikroorganizmalar pişirme sürecinde canlı kalarak depolama ve dağıtım sırasında uygun olmayan koşullarda saklanan ürünlerde çoğalarak bozulmaya neden olmaktadır. Baharattaki mikroflora ürünlerin raf ömrünü kısaltmakta, bozulmaya ve tüketicilerin gıda kaynaklı hastalık geçirmesine neden olmaktadır. Bu bakteriler genel olarak turşu, salam, sucuk ve konserve gibi ürünlerde bozulmaya neden olmaktadır.

Baharattaki mikroorganizmaların ortadan kaldırılması için fumigasyon, termal inaktivasyon ve ışınlama ile soğuk pastörizasyon gibi çeşitli yöntemlere literatürde sıklıkla rastlanmaktadır. Işınlama uygulamasının mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisinin genel olarak yüksek olmasının yanında baharat sterilizasyonu ya da baharatta mikroorganizma sayısının indirgenmesinde en etkili uygulama olduğu belirtilmektedir. Etilenoksit, propilenoksit, metilbromit vb. kimyasallarla yapılan fumigasyonun baharatın duyu kalitesini azaltması yanında bunların gıdadaki kalıntıları başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara neden olmaktadır (6).

Kaynak Özetleri

Türk Baharatı ve Ticareti

Türkiye çok çeşitli iklim koşullarına sahip olan bir ülkedir. Ilıman ve nemli kuzey bölgeleri, tarıma uygun iç kesimdeki arazileri, sıcak ve kuru güneydoğu, dağlık ve verimli Akdeniz sahillerine sahiptir. Bu kadar geniş iklim koşullarına sahip olması bitki örtüsünün çeşitliliğine katkıda bulunmakta ve gerçekten onbinin üzerinde bitki çeşidi bulunduğu bilinmektedir. Türkiye 'de yaygın olarak kullanılan ve Türkiye 'ye özgü baharat ve bitkiler Çizelge 2.1 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye 'ye Özgü Baharat ve Bitkiler (13)

Türkçe adı	İngilizce adı	Bölüm	Familya	Cins ve Tür adı
Sumak	Sumak	Meyve	Anacardiaceae	<i>Rhus coriaria</i> L.
Çörek otu	Black Cumin	Tohum	Ranunculaceae	<i>Nigella sativa</i> L.
İhlamur	Lime Flower	Çiçek	Tiliaceae	<i>Tilia argentea</i>
Anason	Anise	Tohum	Umbelliferae	<i>Pimpinella anisum</i> L.
Tatlı rezene	Sweet Fennel	Tohum	Umbelliferae	<i>Foeniculum vulgare</i>
Kişniş	Coriander	Tohum	Umbelliferae	<i>Coriandrum sativum</i>
Salep	Sahlep	Yumru	Orchidaceae	<i>Orchis morio</i>
Mahlep	Mahaleb	Tohum	Rosacea	<i>Cerasus mahaleb</i>
Çemen otu	Fenugreek	Tohum	Leguminaceae	<i>Trigonella foenumgraecum</i> L.
Çörtük	Prickly Samphire	Yaprak	Umbelliferae	<i>Echinophora tenuifolia</i> L.
Defne	Bay	Yaprak	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.

Anadolu yaşam tarzı birçok uygarlıktan etkilenmiştir. Bunlar arasında Mezopotamya, Mısır, Hitit, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı uygarlıkları yer almaktadır. Türk insanının diyet ve yemek pişirme alışkanlıkları çevrelerine göre değişmektedir. Türk yemekleri ve lokumu esas olarak farklı baharatın kullanımıyla sağlanan lezzet ve aromaları nedeniyle çok iyi bilinmektedir (13).

Türkiye baharat konusunda oldukça zengin ülkelerdendir. Her yıl yaklaşık toplam olarak 50 milyon US\$ tutarında 25-30 bin ton baharat ihraç edilmektedir. Çizelge 2.2 'de Türkiye 'nin baharat dış ticaret durumu gösterilmektedir.

Türkiye baharat işleme endüstrisinde olması gereken yerde değildir. Yılda yaklaşık 10.000 ton kadar baharat endüstriyel olarak işlenmektedir (15). Buna karşın, işlenmiş baharatın özellikle Avrupa Ülkelerine ihracatında büyük potansiyeli olduğu da bilinmektedir.

Çizelge 2.2. Türkiye 'nin 2000 Yılı Baharat Dış Ticareti (14)

Baharat Adı	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)
Kekik	7.388	564
Kimyon	6.780	1.683
Defne	4.423	22
Anason	3.810	87
Rezene	1.772	394
Kırmızıbiber	1.018	14
Diğer biberler	384	147
Çemen otu	489	120
Zencefil	159	137
Mahlep	127	----
Vanilya	94	----
Kışniş	74	125
Karabiber	38	747
Tarçın	13	407
Karanfil	7	49
Zerdeçal	----	128
Diğer baharat	915	492
Toplam miktar (ton)	27.491	5.116
Toplam fiyat (milyon US\$)	52,53	6,75

Baharatta Mikrobiyel Bulaşma

Bakteriyel bulaşma

Gıda kaynaklı hastalıkların sayısında giderek artış olduğu, standart ve ayak üstü restoranlar ile evde yapılan yemeklerde bireysel ya da toplu zehirlenme sonucunda ölüme varan hastalanmalar olduğu bilinmektedir. ABD Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (Centers for Disease Control and Prevention ; CDC) tahminlerine göre her yıl 33 milyon insan gıda zehirlenmesine uğramakta ve bunların 9 bini ölmektedir (16)

Gerek bütün gerek öğütülmüş haldeki baharatın dekontaminasyonu için uygun yöntemlerin kullanılmasının gerekli olduğu açıktır. Uluslararası Mikrobiyolojik Spesifikasyonlar Komisyonu (International Commission on Microbiological Specifications for Foods; ICMSF) tarafından gıdalarda mikrobiyolojik kontaminasyonun kabul edilebilir düzey olan $10^4/g$ 'ı geçmemesi istenmektedir (17). Oysa, özellikle gelişmekte olan ülkelerde gıdanın mikrobiyolojik kontaminasyonunun yılda 1,4 milyar ishal vakasının %70 'inden sorumlu olduğu ve buna bağlı olarak 5 yaş altında 3,3 milyon çocuğun öldüğü tahmin edilmektedir. Sadece çocuklardaki yüksek ölüm oranı değil, erginlerde de salmonellosis, kampilobakteriosis, yersiniosis, hepatit A, şigellosis ve *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* ile *Clostridium perfringens* 'in neden olduğu gıda zehirlenmelerinde ölüm oranı küçümsenmeyecek düzeydedir (18).

Baharat et işlemede çok önemli bir kontaminasyon kaynağıdır. Özellikle doğrudan ısıtılmış işlem görmemiş etlerde kullanıldığında büyük bir risk unsuru olabilmektedir. Kullanılan baharatın her bir gramıyla binlerce veya milyonlarca mikroorganizma et karışımına bulaşabilmekte ve burada uygun bir gelişme ortamında yeterince çoğalabilmektedir. İşlenmiş etler yeterince ısıtılmış olmadıkları için ciddi

hastalıklara neden olabilmektedir. Bu gibi ürünler, özellikle bakteriyel enfeksiyonlara karşı daha duyarlı olan çocuklar tarafından tüketildikleri için, üzerlerinde önemle durulmalıdır (17).

Toronto 'da 8 baharat dükkanındaki karabiber örneklerinde koliform sayısının 1100/g 'dan fazla olduğu ve enterokok sayısının $5,3 \times 10^4$ - $2,2 \times 10^5$ kob/g olduğu, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter calcoaceticus* ve *Streptococcus faecalis* 'in izole ve identifiye edildiği bildirilmiştir (19).

İşlenmemiş bitki çaylarında toplam bakteri sayısının $3,4 \times 10^7$, koliformların >1400 , fekal streptokokların $1,6 \times 10^4$, küflerin $2,8 \times 10^6$ /g gibi yüksek sayılarda bulunduğu *B. cereus* ve *C. perfringens* 'in pek çok örnekte bulunduğu ancak, *S. aureus* ve *Salmonella* spp. 'ye rastlanmadığı bildirilmiştir (20).

Neumayr ve Forstmeier (21), karabiberde mikroorganizma dağılımını taramalı elektron mikroskop ile araştırmışlardır. Bakteri sporları ve küf konidileri ile olan kontaminasyonun meyve duvarının dış taraflarında olduğu gösterilmiştir. Parankimanın iç taraflarında mikroorganizma ve böcek hasarı olmadığı görülmüştür. Genel olarak mikroorganizmalar karabiber tanesinin sadece dış yüzeyindedir.

ABD 'de perakende düzeyinde yapılan ulusal bir surveyde 10 baharat ve aromatik bitkiden 1600 örnek ile çalışılmıştır. Toplam bakteri sayısı <100 - $3,1 \times 10^8$ kob/g, koliform sayısı <3 - $1,1 \times 10^6$ /g ve *E. coli* sayısı <3 -2300/g olarak saptanmıştır (22).

Güney Afrika 'da farklı kaynaklardan sağlanan toplam 36 baharat, aromatik bitki ve gıda katkılarının mikrobiyolojik yükünün araştırıldığı çalışmada örneklerde yüksek sayıda spor oluşturan bakteri ile proteolitik ve/ veya amilolitik bakteri olduğu saptanmıştır. Toplam bakteri sayısının kaynak, işleme şekli, depolama süresi ve çeşide bağlı olarak birkaç yüzden birkaç milyona kadara değiştiği saptanmıştır. Karabiber, kişniş, tatlı kırmızıbiber, besbase, yenibahar ve beyaz biber de özellikle yüksek kontaminasyon ($>10^6$ kob/g) olduğu saptanmıştır. *B. cereus*, küf ve fekal streptokoklar hariç olmak üzere potansiyel patojen bakterilerin önemli sayıda olmadığı bulunmuştur. Enterokoklara tatlı kırmızıbiber, beyaz biber, karabiber, yenibahar, soğan tozu ve "Salamita" örneklerinde rastlanmıştır. Baharatın temizlenmesi, ticari sterilizasyonu ve uygun koşullarda depolanmasının gerektiği belirtilmiştir (10).

İhraç aşamasında olan baharatta yapılan bakteriyolojik çalışmada örneklerin çoğunda mezofilik bakteri sayısının 10^6 kob/g 'dan fazla olduğu ve karabiberin *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter calcoaceticus* ve *Streptococcus faecalis* içerdiği saptanmıştır (23). Ticari olarak pazarlanan baharatta bakteri sayısının 10^2 - 10^7 kob/g, küf sayısının 10^2 - 10^3 kob/g arasında değiştiği görülmüştür. Çalışılan beş baharat arasında karabiber, kakule ve küçük hindistan cevizinin tarçın ve karanfile göre daha yüksek sayıda bakteri içerdiği saptanmıştır (24).

Almanya 'da perakende olarak pazarlanan ve sık kullanılan 25 baharattan 719 örneğin mikrobiyel kontaminasyonunun araştırıldığı çalışmada (25), bazı baharatın 10^7 - 10^9 kob/g düzeyine kadar yüksek ölçüde kontamine olduğu, karabiber, köri tozu, paprika, fesleğen, yenibahar, kişniş ve kırmızıbiberin tüm örnekler içinde en yüksek

düzeyde kontamine olduğu, *Clostridium* kontaminasyonunun ise %20 düzeyinde olduğu saptanmıştır.

Çeşitli et ürünlerinde kullanılan kişniş, kimyon, karabiber, kırmızıbiber, küçük Hindistan cevizi ve besbase örneklerinin kıymada toplam bakteri ve koliform sayısı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (26) 50 örnekten izole edilen 61 mikroorganizmanın *B. cereus* (13 adet), *Klebsiella* (13 adet), *Citrobacter* spp. (11 adet), *Enterobacter* spp. (9 adet), *Proteus mirabilis* (7 adet), *E. coli* (6 adet) ve *C. perfringens* (2 adet) şeklinde olduğu, işlem görmemiş baharatın et ürünlerine ilavesi ile toplam aerobik bakteri ve koliform sayısının önemli miktarda arttığı saptanmıştır.

Hollanda 'da 3 farklı yerden sağlanan 54 farklı baharat, baharat karışımı ve aromatik bitkiden 150 örneğin mikrobiyolojik analizinin yapıldığı çalışmada toplam aerobik bakteri sayısının (30 °C) 10^3 -> 10^6 kob/g, *B. cereus* sayısının $<10^2$ - 10^4 kob/g, *C. perfringens* sayısının $<10^2$ - 10^3 , maya sayısının $<10^2$ ve küf sayısının $<10^2$ - 10^5 kob/g arasında değiştiği saptanmış, *S. aureus* varlığında 130 örnekte rastlanmamış iken, $>10^2$ kob/g 'dan fazla Enterobacteriaceae içeren örneklerde *Salmonella* ve *Yersinia enterocolitica* 'ya rastlanmamıştır (27).

Paketlenmiş ve paketlenmemiş zerdeçal, kişniş, kırmızıbiber ve karabiber gibi yaygın kullanılan baharatta mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Paketlenmiş örneklerde toplam bakteri sayısı ortalama $1,3 \times 10^5$ kob/g bulunmuştur. Paketlenmiş ve paketlenmemiş örneklerde toplam bakteri sayısında önemli bir değişiklik saptanmamıştır. Koliformlar, analiz edilen örneklerin büyük çoğunluğunda 0->1100/g arasında değişen sayılarda bulunmuştur. Kırmızıbiber örneklerinde fekal koliformlara rastlanmış ancak, örneklerde salmonella ve enterokok olmadığı görülmüştür. *Bacillus licheniformis* baharat örneklerinde baskın mikroflora iken, bunu *B. pumilus*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. sphaericus*, *B. megaterium*, *B. leptozeugosporus*, *Micrococcus* spp, ve *B. coagulans* izlemiştir. *Aspergillus niger* ve *A. flavus* her iki grup örnekten de izole edilen baskın küflerdir. Hiçbir örnekte mayaya rastlanmamıştır (28).

Pişmiş et ürünlerinin özellikle sosislerin ve salamın tatlarında görülen değişim işleme farklılıklarından ve baharat ilavesinden gelmektedir. İklim koşulları ve genel hijyenik uygulamaları yetersiz olan ülkelerden gelen baharattaki kontaminant mikroorganizmalar bu tip ürünlere daha kolay geçmektedir. Baharat mikroflorasında işleme teknolojisinin farklarının araştırıldığı bir çalışmada 12 tropikal baharat karışımı geleneksel öğütme, -40 °C 'da geleneksel öğütme, -40 °C 'da geleneksel öğütmeden sonra mikrodalga ile muamele ve akışkan yatakta işleme olmak üzere 4 farklı şekilde hazırlanmış ve mikrobiyolojik olarak kontrol edilmiştir. Toplam bakteri sayısı ve 13 mikroorganizma sayımındaki analizler öğütmeden sonra mikroorganizma sayısında artış olduğunu göstermiştir. 37 °C 'daki toplam bakteri sayılarının sırasıyla $1,9 \times 10^7$, $1,7 \times 10^7$, $1,4 \times 10^6$ ve $1,4 \times 10^4$ olduğu saptanmıştır (29).

Avustralya 'da Pafumi (30) tarafından baharat ve aromatik bitkilerin mikrobiyolojisi üzerine yapılan bir çalışmada patojenik, potansiyel patojenik ve saprofit mikroorganizmalar araştırılmıştır. Diğer çoğu baharat ve aromatik bitkideki toplam bakteri yükü ortalama $1,0 \times 10^5$ kob/g olarak saptanmıştır. Karanfil ve Arnavut biberi *B. cereus*, *C. perfringens*, koliform bakteriler *E. coli* ve *Salmonella* spp. 'den arı olduğu ve düşük küf içerdiği saptanmıştır. Tersine olarak karabiber en yüksek mikrobiyel kontaminasyon olan baharat olarak belirlenmiştir. Araştırılan bütün

mikroorganizmalar yüksek sayıda bulunmuştur. Spor oluşturan bakteriler ve koliformlar diğer bütün baharat ve aromatik bitki örneklerinde saptanmıştır. *B. cereus* sayısı $<1,0 \times 10^2 - 1,0 \times 10^5$ kob/g , *C. perfringens* sayısı genellikle $<1,0 \times 10^2$ kob/g ve koliformlar $<10/g$ düzeyinde saptanmıştır. *Salmonella* karabiber, beyaz biber ve çemen otu tohumunda sırasıyla %8,2 ; %1,5 ve %7,1 düzeyinde bulunmuştur.

Seçilmiş baharatın 15 örneğinde mikroorganizma dağılımı Muhamad ve ark. (31), tarafından araştırılmıştır. Karabiber, beyaz biber, zerdeçal, biberiye ve fesleğende toplam bakteri sayısının $3 \times 10^3 - 5 \times 10^7$ kob/g arasında olduğu, koliformların 8 örnekte $2 \times 10^2 - 2 \times 10^6$ kob/g arasında belirlendiği aerobik spor oluşturan bakterilerin *B. pumilus* ve *B. subtilis* olduğu gösterilmiştir.

Tipik bir hastane ortamında gıdalarda kullanılan ticari baharatın $10^4 - 10^7$ kob/g gibi yüksek sayıda mikroorganizma ile kontamine olduğu saptanmıştır. Baskın mikroorganizmalar karabiberde 1×10^7 , kekikte 2×10^6 , anasonda 7×10^4 , köri tozunda 4×10^5 , piliç baharatında 8×10^4 , turşu baharatı (pickling), kakule ve kimyonda $1,5 - 3 \times 10^4$ sayıda ısıya dayanıklı bakteri sporları olduğu, krem tartarda küf sayısının 2×10^4 olduğu saptanmıştır (32).

Zerdeçal, kırmızıbiber, "Garammasala", kişniş, hardal, zencefil, toz karabiber, "Tandori masala", sarımsak, paprika ve köri tozu olmak üzere 11 farklı baharat gıda zehirlenmelerine yol açan bakterilerin varlığı açısından kontrol edilmiştir. Sonuçlar sarımsak ve hardal hariç olmak üzere diğerlerinde toplam bakteri yükünün 37°C 'da 5×10^6 kob/g 'dan fazla olduğunu göstermiştir. Hakim mikroflora *Bacillus* spp., *B. subtilis* ve *B. licheniformis* 'den oluşmaktadır. *E. coli*, *Salmonella* spp., *C. perfringens*, *B. cereus* ve *S. aureus* izole edilmemiştir (33).

Bombay 'da pazarlanan kimyon tohumu ve kırmızıbiber tozunda mikrobiyel profilin detaylı olarak değerlendirildiği çalışmada toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının kırmızıbiberde $2 \times 10^6 - 2,8 \times 10^8$ kob/g ve kimyon tohumlarında $1,0 \times 10^4 - 1 \times 10^8$ kob/g gibi yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır. Her iki baharattan izole edilen bakterilerin büyük çoğunluğunun amilolitik ve proteolitik basiller de olmak üzere spor oluşturan bakteriler olduğu, *Salmonella*, *Shigella* ve *Vibrio* türlerinin her iki örnekte de olmadığı, bununla beraber *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* 'a kırmızıbiberde rastlandığı belirtilmiştir (34).

Öğütülmüş ve ön paketlenmiş karabiber, zerdeçal, kırmızıbiber ve kişniş olan Hindistan baharatının bakteri ve küflerle yoğun kontamine olduğu, toplam bakteri sayısının $10^5 - 10^7$, toplam küf sayısının $10^2 - 10^6$ olduğu, kırmızıbiberin en yüksek düzeyde kontamine baharat olduğu, bakteriyel kontaminasyonun esas olarak sporlardan oluştuğu saptanmıştır. Kontamine olmuş baharatta en yaygın cins *Bacillus* ve *B. megaterium* 'un en yaygın tür olduğu görülmüştür (35).

İki yüz aromatik bitki örneğinin mikrobiyel kalitesi Malmsten ve ark. (36) tarafından araştırılmıştır. Dereotu, fesleğen, mercanköşk ve yabani mercanköşkün kurutma yöntemi, paketleme tipi ve depolama koşulları araştırılmıştır. Toplam aerobik bakteri sayısı $6,4 \times 10^4$ ile $2,9 \times 10^7$ kob/g aerobik spor oluşturan bakteri sayısı 50 ile $1,8 \times 10^4$ kob/g arasında değişmiştir. *Bacillus cereus* hemen hemen tüm örneklerde 50 ile $3,9 \times 10^3$ kob/g, koliform ve fekal koliform sayısı genellikle düşük ($<3 - 1,1 \times 10^4$ kob/g) olarak bulunmuştur. Dereotu, fesleğen ve mercanköşk örneklerinde fekal

streptokoklar 5 ile 10^3 kob/g arasında değişmiş, maya ve küf sayıları $10-8,7 \times 10^4$ kob/g olmak üzere kayda değer ölçüde değişim göstermiştir. Bir yıllık depolama sonucunda mikrobiyel sayımlar vakum paketlerde normal atmosfer ortamında depolananlara göre daha yüksek bulunmuştur. İki yıllık depolama sonucunda $23 \text{ }^\circ\text{C}$ 'da yapılan sayımlar $35 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a göre daha yüksek bulunurken, maya ve küf sayısı $23 \text{ }^\circ\text{C}$ 'da $35 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Yüksek depolama sıcaklığı koliformlar, fekal streptokoklar için önemli dezavantaj oluşturmuştur. $35 \text{ }^\circ\text{C}$ 'da yapılan depolamada *E. coli* bulunmamıştır.

Suudi Arabistan 'da yetiştirilen çörekotu (*Nigella sativa* L.) tohumlarının mikroflorası Al Jassir (37) tarafından araştırılmıştır. Toplam aerobik bakteri sayısı (*S. aureus* ve *B. cereus* dahil) 7×10^7 kob/g ve maya küf sayısı 4×10^2 kob/g olarak bulunmuştur.

İtalya 'da 12 adet ticari beyaz ve karabiber örneği ile yapılan mikrobiyolojik bir çalışmada bakteri sayılarının inkübasyon sıcaklığı ile değiştiği, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'da $6,0 \times 10^2-4,7 \times 10^6$, $37 \text{ }^\circ\text{C}$ 'da $3,5 \times 10^3-1,2 \times 10^6$ ve $55 \text{ }^\circ\text{C}$ 'da $2,0 \times 10^3-1,3 \times 10^6$ kob/g arasında değiştiği, karabiber örneklerinden *Enterobacter* spp., *Clostridium*, *Escherichia* ve *Klebsiella* izole edildiği bildirilmiştir (38).

Viyana 'da yapılan bir çalışmada 55 farklı baharat ve aromatik bitkiden 160 örnek alınmış ve bunların mikrobiyolojik kaliteleri standart sayım ve selektif izolasyon teknikleri ile incelenmiştir. Her ne kadar, karabiber, kırmızıbiber ve Çin baharatında toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 10^7 kob/g 'dan fazla bulunmuşsa da, örneklerin yarısından fazlasında bu sayının 10^4 ile 10^6 kob/g arasında olduğu, basillerin örneklerin %40 kadarında 10^5 kob/g sayı ile hemen tüm örneklerde bulunduğu, enterobakteriler, pseudomonaslar, aeromonaslar, laktobasiller ve enterokokların, genel olarak 100 kob/g 'dan daha az olduğu, sadece bir adet karabiber örneğinde *Salmonella arizonae* 'ya rastlandığı, özellikle zencefil ve köri başta olmak üzere *Bacillus cereus* sayısının 10^5 kob/g düzeyine kadar çıktığı, tersine olarak *Clostridium perfringens* 'e sadece 1 çörekotu örneğinde rastlandığı bildirilmiştir (39).

Baharatta küf kontaminasyonu ve mikotoksinler

Baharatta bulunan küfler arasında *Aspergillus niger* ve *A. flavus* hakim türleri oluşturmaktadır (24, 28, 34). En sık izole edilen 54 farklı küf arasında *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Penicillium citrinum*, *P. chrysogenum*, *Absidia corymbifera* ve *A. tamarii* en yaygın olarak bulunmaktadır (27).

Hashmi ve Ghaffar (40) tarafından yapılan çalışmada 15 ülkeden gelen kişniş tohumları tohum kaynaklı mikoflora açısından incelenmiş, 88 örnekten 14 cins ve 23 küf türü izole edilmiştir. *Alternaria alternata*, *Fusarium moniliforme* ve *Phoma* türlerinin Pakistan ve Hindistan 'dan gelen tohumlarda baskın olduğu, izole edilen diğer türlerin *Alternaria longissima*, *A. porri*, *Ascochyta* spp., *Botryodiplodia* spp., *Botrytis cinerea*, *Cephalosporium acremonium*, *Colletotrychum capsici*, *Drechslera bicolor*, *D. rostrata*, *D. tetramera*, *Fusarium equiseti*, *F. oxysporium*, *F. semitectum*, *F. solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Myrothecium roridum*, *M. verrucaria*, *Protomyces macrosporus*, *Pithium spinosum* ve *Verticillium alboatrum* olduğu belirlenmiştir

Hindistan'ın Sagar bölgesinde "bishopsweed", kişniş ve kimyonda fungal kontaminasyonun araştırıldığı bir çalışmada *A. flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *Penicillium* spp., *Rhizopus arrhizus*, *R. stolonifer* ve *Synecephalastrium racemosum* varlığı saptanmış, bunların dağılımının çok fazla olduğu görülmüştür. Örnekler içinde yüzeyi sterilize edilmiş olanların tüm örnekler içinde ancak %2-3 kadar olduğu görülmüştür. Bu bulgular küflerin büyük bir bölümünün baharata hasat, kurutma ve pazarlama aşamasında bulaştığını göstermektedir (41). 12 ticari siyah ve beyaz biber örneği ile yapılan bir çalışmada (38), 10 örneğin *Aspergillus* spp. ve aflatoksin içerdiği görülmüştür.

Hindistan 'dan ihraç edilen kırmızıbiber, zencefil ve zerdeçal örneklerinde 15-120 ppb düzeyinde aflatoksin B₁ ve baharatta en yaygın mikoflora olan *Aspergillus flavus-oryzae* saptanmıştır (23).

A. parasiticus 'un otoklavlanmış bütün, öğütülmüş, yüzeyi sterilize edilmiş karabiber, kakule, kırmızıbiber, kuru zencefil ve zerdeçalda gelişmesi ve aflatoksin oluşturması Madhyastha ve Bhat (42) tarafından araştırılmıştır. Kakulede belirlenebilir fungal gelişme ve aflatoksin oluşumu görülmemiş, karabiber ve zerdeçalın fungal gelişme ve aflatoksin üretimi için yetersiz bir substrat olduğu görülmüş, kırmızıbiber ve zencefilin fungal gelişme ve dolayısıyla aflatoksin oluşumu için uygun bir substrat olduğu belirlenmiştir.

185 baharat ile yapılan bir çalışmada aflatoksin sadece 3 adet küçük Hindistan cevizi (5,4-7,7 ppb), 1 adet kişniş (5,2 ppb), 4 adet kırmızıbiber (8,4-24 ppb) olmak üzere 8 örnekte ve düşük konsantrasyonlarda saptanmış, ancak okratoksin A ve sterigmatoksinin saptanamamıştır (43).

Seçilmiş 15 baharatta mikroorganizma dağılımının araştırıldığı bir çalışmada karabiber, beyaz biber, zerdeçal, biberiye ve fesleğende küflerin 10 örnekte 1×10^2 - 2×10^4 /g sayıda ve asıl olarak *Aspergillus glaucus*, *A. restrictus*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger* grupları ile *Penicillium* 'dan oluştuğu belirlenmiştir (31).

Yeni hasat edilmiş 10 adet rezene (*Foeniculum vulgare*) normal koşullarda (18-40 °C; %60-100 bağıl nem) ve 0, 3, 6, 9 ve 12 ay süreyle depolama sürecinde B₁, B₂, G₁ ve G₂ aflatoksinlerinin varlığı açısından araştırılmıştır. Örneklerden başlangıçta 5 adedi floresan veya 12 aylık depolama süreci içinde çoğu floresan verirken, floresan vermeyen bir örneğin belirlenebilir bir miktarda aflatoksin B₁ içerdiği görülmüştür. Depolama sonunda aflatoksin içeren 6 örneğin aflatoksin konsantrasyonları B₁ için 11-35, B₂ için 8-22 ve G₁ için 3-10 ppb şeklinde bulunmuş, aflatoksin G₂ saptanamamıştır (44).

Toplam 1004 adet *Fusarium* türü 222 kapsikum, 88 kişniş ve 23 çemen otu tohumundan elde edilmiştir. İzolatların *F. moniliforme*, *F. subglutinans*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. equiseti* ve *F. oxysporum* olmak üzere 6 türe ait olduğu saptanmıştır. İnce tabaka kromatografisi ile *Fusarium* türlerinin oluşturduğu mikotoksinler ve sekonder metabolitler araştırılmış ve zearalenon, zearalenol, deoxynivalenol, moniliformin, anhydrofusararubin, fusarubin ve bostrycoidin saptanmıştır (45).

Aspergillus parasiticus ve *A. flavus* var *columnaris* 'in karabiber, beyaz biber ve kırmızıbiberde aflatoxin oluşturması araştırılmış ve sonuçlar cilalanmış pirinçteki sonuçlarla kıyaslanmıştır. Karabiber ve beyaz biber de aflatoxin B1 oluşumu ihmal edilecek düzeyde iken, kırmızıbiber de bir miktar aflatoxin oluşumu gözlenmiştir (46).

Dezenfeksiyon Metotları

Bozulmaya neden olan doğal kontaminasyonun eliminasyonu amacıyla, baharata çeşitli dezenfeksiyon yöntemlerinin uygulanması tercih edilmektedir. Baharattaki bozulmaya neden olan organizmaların eliminasyonu konusunda literatürde birkaç yöntem tanımlanmıştır. Bu yöntemler termal inaktivasyon, vakum fumigasyon ve ışınlama şeklinde sınıflandırılmıştır (6, 47).

Termal inaktivasyon

Baharatın sterilizasyonu amacıyla farklı ısı işlem teknikleri uygulanmaktadır. Sterilizasyon, 121 °C 'da 15 dakika, infra-red lamba altında, direk ısıtma ve karton veya torbalarda paketlenmiş baharatın vakum altında ısıtılması şeklindeki tekniklerle sağlanmaktadır. Ancak bu yöntemin renk, tat ve aroma bileşenleri üzerinde ısı işleminden kaynaklanan olumsuz etkileri söz konusudur (6).

Buhar ve ısı uygulaması, uçucu tat ve aroma bileşenlerinin kaybına ve renk değişimlerine neden olmaktadır. Buhar uygulanması baharattaki nem düzeyini yükseltmekte, bu da hızlı bir şekilde küf gelişimine neden olmaktadır. Buhar uygulanmış baharat, kalite üzerine hiçbir yan etkisi olmayan ve üretim maliyetini artırmayan bir yöntemle tekrar kurutulmalıdır (17).

Fumigasyon

Fumigasyon etilenoksit veya etilenoksit ve karbondioksit karışımı olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Fumigasyonun baharattaki mikrobiyel yük üzerinde oldukça etkili olduğu bulunmuş ve mikrobiyel sayıda kayda değer ölçüde azalma sağladığı belirlenmiştir (5, 48, 49, 50).

Bütün ve öğütülmüş baharatın mikrobiyel kontaminasyonu, $<10^4$ bakteri düzeyine indirmek için 20-25 °C 'da 6-8 saat süreli %10 bağıl nemde (ya da daha yüksek bağıl nemde daha kısa süreli) ve 500-750 mL etilenoksit/ m³ konsantrasyonda etilenoksit uygulaması ve kalıntı problemleri Coretti (51) tarafından yapılan çalışmada ele alınmıştır. Öğütülmüş hardal dışında fumige edilmiş baharatta renk ve koku kaybı olmadığı, havalandırma ve birkaç haftalık depolama sonunda etilenoksit kalıntısının fumigasyon, depolama ve paketleme koşullarına göre değişmek üzere genellikle 50-100 ppm olduğu, iyi havalandırılmış olmak kaydı ile etilen klorohidrin gibi toksik etilenoksit türevlerinin tuzlanmış ürünlerde önemsiz konsantrasyonlarda bulunabileceği gösterilmiştir.

Mezofilik aerobik bakteri sayısında 2,5 log birimi azalma etilenoksit (600 g m^{-3} , $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 6 saat) ve 5 kGy ışınlama ile sağlanabilmiştir. Bu fumigasyon ve ışınlama uygulamasında koliform bakteri ve *E. coli* tümüyle indirgenmiştir (52).

Metilbromit ile fumige edilmiş baharat ithal eden ve yeniden metilbromit uygulayan 2 işletmede fumigasyon öncesi ve sonrası elektron yakalama (capture) dedektörü/ gaz-likit kromatografisi ile yapılan analizlerde fumigasyon öncesi en yüksek değer maydanozda 14,85 ppm ve fumigasyon sonrası Yugoslavya kökenli ada çayında 65,78 ppm olarak ölçülmüştür. Fumigasyon öncesi hiç bir örnek izin verilen 200 ppm inorganik bromid konsantrasyonunu geçmemiş iken, fumigasyon sonunda 2 örnek bu sınırı geçmiştir (53).

Pafumi (30) tarafından karabiber tanesi, beyaz biber tanesi ve çemen otu tohumlarında *Salmonella* varlığının araştırılması üzerine yapılan çalışmada *B. cereus*, *C. perfringens* koliformlar ve *E. coli* 'de olduğu gibi *Salmonella* 'nın da bu ürünlerde yüksek sıklıkta (sırasıyla %8,2 ; %1,5 ve %7,1) rastlandığı sonucuna varılmıştır. Bu baharat %90 etilenoksit ve %10 karbondioksit gazı ile, 28 inç cıva basıncında vakum altında, oda sıcaklığında 24 saat süre ile ve $70 \text{ kg gaz/ } 48 \text{ m}^3$ olan koşullarda fumigasyona tabi tutulmuş ve *Salmonella* ile diğer tüm mikroorganizmalarda indirgeme sağlanmıştır. İndirgeme baharat cinsine göre değişmiş, *C. perfringens* ve *E. coli* 'ye hiçbir üründe rastlanmaz iken, örneklerin %45 'inde *B. cereus* çok düşük sayılarda da olsa pozitif bulunmuştur.

Mikrobiyolojik olarak etilenoksit fumigasyonu ışınlamadan daha az etkilidir. Bunun nedeni fiziksel ve kimyasal olarak açıklanmaktadır. Fiziksel olarak baharatın doğal bileşimi etilenoksidin etkisini olumsuz yönde etkilemektedir. Baharat, aromatik bitkiler ve bitkisel çeşniler öğütülmüş, doğranmış ya da bütün halde bulunabilmektedir. Büyük hacimlerdeki öğütülmüş baharata fumigasyon uygulaması oldukça zordur. Ayrıca öğütülmüş baharatta mikroorganizma dağılımı homojen değildir. Ayrıca etilenoksit uygulaması baharatın kalitesi üzerinde bazı yan etkilere sahiptir. Örneğin kırmızıbiber, tatlı kırmızıbiber ve zerdeçal gibi bazı baharatın renklerinin kaybolmasına (soluk renkli) neden olmaktadır (17).

Baharatın mikrobiyel standartları oldukça düşük düzeyde iken HACCP (Hazard Analysis, Critical Control Points; Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları) ve ISO kalite güvence modeli uygulayan işletmelerde etilenoksit fumigasyonu kayda değer sorunlar çıkartmaktadır. Fumigasyon sonrası etilenoksit kalıntısının uzaklaştırılması için ortalama 1 haftaya gerek olması, mikrobiyolojik analizlerin ortalama 2-3 gün alması ve istenilen değere erişilemedi ise yeniden fumigasyon yapılması bir yandan kalıntı miktarını artırırken, diğer yandan zaman faktörü nedeni ile ekonomik kayıplara neden olmaktadır (17).

Bu yöntemin dezavantajları arasında karsinojen olması ve prosten sonra üründe kalıntı bırakması yer almaktadır. Toksikiteye klorhidrin formunun neden olduğu düşünülmektedir. FDA kalıntı miktarı olarak 50 ppm 'e kadar izin vermektedir (5). Etilenoksit kullanımı şu anda belirli ülkelerde (Japonya, bazı EC ülkeleri ve İngiltere) yasaklanmıştır. Çünkü etilenoksit organik baharat bileşenleri ile reaksiyona girmekte ve baharat üzerinde etilenklorohidrin, etilenbromohidrin gibi zararlı kalıntıların oluşmasına neden olmaktadır. Etilenklorohidrin, baharat üzerinde aylarca kalabilen ve karsinojen olarak bilinen bir maddedir. Bu aynı zamanda yanıcı bir

madde olup sızıntı durumunda çalışanlar üzerinde sağlık riski oluşturmaktadır. Bu faktörler nedeniyle, etilen oksidin kullanımı ABD 'de Çevre Dairesi tarafından inceleme altındadır. Kanada 'da etilen oksidin tuzlanmış baharat ve sebze esaslı çeşnilerde kullanımı yasaktır (17).

Karsinojen olan etilendibromid gazı ile fumigasyon ABD 'de Çevre Koruma Ajansı tarafından 1984 yılında yasaklanmıştır (54). Propilenbromid bazı ülkelerde baharat yaprakları üzerinde kalıntı oluşturduğu için yasaklanmış olmasına rağmen, diğer bazı ülkelerde halen kullanımına izin verilmektedir. Metilenbromid de bazen baharatın dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır, ancak metilenbromid ozon tüketen maddeler listesinde yer almaktadır. Baharatta metilbromit kullanımı yüksek düzeyde etilenbromohidrin kalıntısına da neden olmaktadır (17).

Işınlama

Yapılan araştırmalar ışınlama uygulaması ile yaygın gıda patojenleri olan *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter jejuni* 'de en az %99,9 (3 logaritma birimi) indirgeme sağlanabildiğini göstermiştir. Bu bulgulara dayanarak FDA, USDA ve WHO gıdalarda gıda kaynaklı patojenlerin kontrol altına alınması için ışınlama uygulamasını benimsemişlerdir. ABD 'de *E. coli* O157:H7 enfeksiyonlarına karşı bir önlem olarak kırmızı etin ışınlamasına başlanmıştır (16).

Son beş yılda baharat ve çeşni ışınlaması giderek artmış ve %2,5 'den %22,5 'e çıkmıştır. Ocak 2000 verilerine göre ABD 'de yılda ışınlanan toplam 97 milyon pound gıdanın 95 milyon poundu baharattır. Kırmızı etin ışınlamasının onaylanması ile bu miktarın artacağı tahmin edilmektedir (16).

Gıdaların soğuk pastörizasyonu olarak da adlandırılan ışınlama diğerlerine göre daha yeni bir gıda koruma yöntemidir. Işınlama bugün tuzlama, kurutma, fumigasyon, ısıl işlem uygulaması, dondurma vb. gibi geleneksel gıda koruma yöntemleri içinde değerlendirilmektedir. Işınlama, halk sağlığı açısından değerlendirildiğinde gıdalardaki patojenleri hemen hemen %100 düzeyinde elimine ettiği için güvenli bir koruma yöntemi olarak değerlendirilmektedir (18).

Işınlama ile baharatın soğuk sterilizasyonu diğer koruma yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak araştırılan yeni bir teknolojidir. Bu alandaki ilk çalışma Proctor ve ark. tarafından 1950 'de gerçekleştirilmiştir (6). Baharatta ışınlama bakteri sayısında yüksek düzeyde indirgeme sağlayan oldukça etkili ve güvenli bir sterilizasyon yöntemidir. Yapılan çalışmalar ışınlanmış ve ışınlanmamış baharat arasında kalite parametreleri açısından önemli bir farklılık olmadığını göstermiştir (11, 55).

Gıdalarda ışınlama 3 şekilde uygulanır (56, 57). Bunlar aşağıda verilmiştir.

- Radurizasyon (0,5-10 kGy): Gıda maddelerinin muhafaza sürelerini uzatmak için yapılan düşük doz uygulamalarıdır.
- Radisasyon (3,0-10 kGy): Belirli patojen mikroorganizmaların inaktif edilmelerini sağlamak amacıyla yapılan radyasyon işlemidir.
- Radappertizasyon (25 kGy ve üzeri): Gıda maddelerine yüksek seviyede dozların (25 kGy ve üzeri) uygulanmasıyla dirençli bakteri sporlarının kontrolü amaçlanmaktadır.

İşınlamanın mikroorganizmalar üzerine etkisi

İyonize radyasyonun öldürücü etkisi hücrenin hassas bölümlerine veya bu bölgelere yakın olan kısımlara iyonize radyasyon veya kuantum enerji partiküllerinin geçmesi ile mikroorganizmaların zarar gördüğü "hedef teorisi" ile açıklanmıştır. Direk çarpma mikroorganizmaların veya hücrenin duyarlı bölgesindeki hedef üzerinde iyonizasyona ve yeterli ölüme neden olmaktadır. İyonize radyasyonun germisidal etkisinin çevrenin özellikle suyun iyonlaşması, serbest radikallerin oluşması ve birtakım oksidasyon redüksiyon reaksiyonlarının oluşmasından kaynaklanmakta olduğu varsayılmakta ve bu reaksiyonların oluşumu mikroorganizmaların ölümüne neden olmaktadır (56, 58) .

Verilen işınlama dozunun bakterisidal etkinliği pek çok faktör tarafından etkilenir. Öncelikle mikroorganizmanın cins ve türü (Çizelge 2.3), spor formunda olup olmaması, mikroorganizma sayısı etkili olup gıdanın çeşidi de önemli bir faktördür. Bazı yapılar (proteinler, katalaz) ve indirgeme özelliği taşıyan maddeler (nitratlar, sülfidler ve sülfidril bileşenleri) koruyucu olabilmektedir. Sülfidril grubu taşıyan bileşikler ise duyarlı özellik göstermektedir. Ortamda serbest oksijenin varlığı özellikle anaerob bakterileri etkilemesi açısından önemlidir. Bunların dışında işınlama süresince gıdanın fiziksel durumu, içeriği ve sıcaklığı farklı organizmaları farklı şekillerde etkilemektedir (59).

Çizelge 2.3. İyonize Radyasyonun Yaklaşık Öldürücü Dozu (60)

Organizma	Öldürücü doz (kGy)
Böcekler	0,22-0,93
Virus	10-40
Mayalar (fermentatif)	4-9
Mayalar (ince tabaka halinde)	3,7-18
Küfler (sporlu)	1,3-11
Patojen Bakteriler	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1,4
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,4-7,0
<i>Cornybacterium diphtheriae</i>	4,2
<i>Salmonella spp.</i>	3,7-4,8
Gram negatif Saprotitler	
<i>Escherichia coli</i>	1,0-2,3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,6-2,3
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,2-2,3
<i>Enterobacter aerogenes</i>	1,4-1,8
Gram pozitif Saprotitler	
<i>Lactobacillus spp.</i>	0,23-0,38
<i>Streptococcus faecalis</i>	1,7-8,8
<i>Leuconostoc dextranicum</i>	0,9
<i>Sarcina lutea</i>	3,7
Sporlu Bakteriler	
<i>Bacillus subtilis</i>	12-18
<i>Bacillus coagulans</i>	10
<i>Clostridium botulinum (A)</i>	19-37
<i>Clostridium botulinum (E)</i>	15-18
<i>Clostridium perfringens</i>	3,1
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	10-17
Putrefaktif anaeroblar	23-50

Bakteriyel sporlar, vejetatif hücrelere, Gram pozitif bakteriler ise Gram negatiflere oranla iyonize radyasyona karşı daha dirençlidir. Maya ve küflerin dirençlilikleri ise farklılık göstermekte olup bazıları birçok bakteriden daha fazla dirençlilik göstermektedir (60).

Radyasyonun baharat kalitesine etkisi ve diğer yöntemlerle kıyaslanması

Gıdalar iyonize radyasyon uygulamasına maruz kaldıklarında, lipit, protein ve karbohidrat yapılarının besin kalitesinde önemli zararlı bir etki görülmemiştir (61). Işınlama diğer gıda koruma yöntemlerine göre vitaminler üzerinde daha az yıkıcı etkide bulunmaktadır. Baharatta ise ışınlamanın lezzet ve aroma üzerine hiçbir olumsuz etkisi belirlenmemiştir (60).

Baharat sterilizasyonunda ışınlama en güvenilir ve en etkili yöntem olarak bilinir. Işınlanmış ve ışınlanmamış kalite parametrelerinde önemli bir değişiklik görülmez. Çünkü radyasyon ürünün kalitesi ve beslenme güvenliğini etkilemez (11, 55).

Işınlanmış ve ışınlanmamış ticari karanfil ve kakule örneklerinde gaz-likit kromatografisi ile yapılan analizlerde uçucu yağda ışınlanmış (10 kGy) ve ışınlanmamışlarda kalitatif ve önemli kantitatif değişme görülmemiştir. 50 kGy dozda ışınlanmış baharatta kontrole göre uçucu yağda hiçbir önemli fark saptanmamıştır (62).

Mezofilik aerobik bakteri sayımında 2,5 log birimi azalma sağlanması etilenoksit (600g/m^3 , 25 °C, 6 saat) veya 5 kGy radyasyon dozu ile elde edilmektedir. 11 kGy doza kadar olan ışınlamalarda bakteri sayımında daha yüksek indirgemeler sağlanmaktadır. Bu değerdeki radyasyon veya etilenoksit uygulamalarında koliform bakteri ve *E. coli* 'ye rastlanmamaktadır. Etilenoksit uygulaması küf sayımında bir değişime neden olmazken 5 kGy dozdaki ışınlama indirgeme sağlamaktadır. Öğütülmüş tatlı kırmızı biberin rengi her iki uygulamadan etkilenmemektedir. Her ne kadar 5 kGy dozdaki ışınlama ile hücre sayısındaki indirgeme düzeyi etilenoksit ile aynı düzeyde olmakla beraber, etilenoksit uygulaması kimyasal kalıntı problemi nedeni ile yerini ışınlamaya bırakmaktadır (52).

Sirnik ve Jamsek (49) doğal baharatın otoklavda 120 °C 'da sterilizasyonu, UV radyasyonu, gama radyasyonu, radyasyon ile ısı işlem kombinasyonu ve etilenoksit uygulaması olmak üzere sterilizasyon yöntemlerini araştırmışlar, gama radyasyonunun 0,2-1,5 Mrad (2-15 kGy) dozda uygulandığında en etkili sterilizasyon yöntemi olduğunu göstermişlerdir.

10 farklı baharat ve baharat karışımı 10 kGy doza kadar elektron demeti ve gama ışınları ile ışınlanmış, bu örneklerde mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu kalite analizleri yapılmıştır. Radyasyonun baharatta bakteri sayısını azaltarak mikrobiyolojik kaliteyi artırdığı, 10 kGy dozda ışınlamanın toplam aerobik bakteri sayısını gramda 10.000 'in altına ve aerobik spor oluşturanların sayısını gramda 100 'ün altına çekmek için yeterli olduğu gaz-likit kromatografisi ve kütle spektrometresi ya da duyu analizlerle yapılan incelemelerde baharatta bir değişim olmadığı saptanmıştır (63).

Kontamine baharatın et ürünlerinde hızlı bir bozulmaya yol açması nedeniyle iyonize radyasyon uygulaması ile baharatın sterilizasyon yöntemi Katusin-Razem ve ark. (64) tarafından açıklanmıştır. Komple bir sterilizasyon için 10-20 kGy gerekli iken, rutin uygulamada 4 kGy 'lik uygulamanın et işleme kurallarına göre kontaminasyonu $10^3/g$ 'nin altına düşürdüğü belirlenmiştir.

Öğütülmüş karabiberde toplam ve koliform bakterinin indirgenmesi için sırasıyla 9 ve 3 kGy dozda ışınlama uygulanmış, radyasyona bağlı olarak temel kompozisyonda önemli bir artış olmamış fakat uygulanan dozun artmasına bağlı olarak indirgen şeker miktarında hafif bir artış ile uçucu yağlarda hafif bir azalış olduğu saptanmıştır (65).

Baharattaki mikroorganizmanın inaktivasyonu üzerine yapılan çalışmalarda toplam aerobik bakteri sayısının belirlenebilir sayının altına çekmek için 1,2-1,5 Mrad dozdaki gama radyasyonunun gerektiği, 1,0 Mrad altındaki dozların spor oluşturan bakterilerin sayısını $10^3/g$ 'nin altına çekmek için gerekli olduğu, koliformların 0,4-1,0 Mrad doz uygulamasında elimine edildiği saptanmıştır (31).

Et endüstrisinde kullanılan ve bileşimi %55 tatlı kırmızıbiber tozu, %14 karabiber, %9 yenibahar, %9 kişniş, %7 mercanköşk, %4 kimyon ve %2 küçük Hindistan cevizi olan baharat karışımı 0, 15 ve 45 kGy dozda ışınlanmış ve fare yedirme denemeleri kullanılarak baharat karışımının öldürücü dozu araştırılmıştır. Sonuçlar ışınlanmış baharat karışımının mutajenik veya genotoksik olmadığını göstermiştir (66).

Gama radyasyonun (6,5 kGy) 3 farklı İspanyol tatlı kırmızıbiberindeki mikrobiyel yükü indirgemedi etilenoksit uygulamasından (%90 CO₂ ve %10 etilenoksit; 750 g/m³; 48 saat; 25-30 °C) daha etkili olduğu saptanmıştır (67).

Yoğun mikroorganizma varlığı olan ön paketlenmiş baharatta 10 kGy dozundaki ışınlamanın kalite kaybına neden olmadan bu mikroorganizmaları ortadan kaldıracığı, küflerin elimine edilmesi için 5 kGy dozun yeterli olduğu saptanmıştır. Işınlanmış ve ışınlanmamış baharatta 6 aylık depolama sırasında ışınlanmış baharatın kalitesini koruduğu belirlenmiştir (35).

Işınlanmış (10 kGy) ve ışınlanmamış, ön paketlenmiş bütün ve öğütülmüş karabiber, kırmızıbiber ve zerdeçal mikrobiyolojik kalitelerinin belirlenmesi için Hindistan 'da 6 farklı laboratuvarında analiz edilmiştir. 6 laboratuvarın üçünde ışınlanmış baharatta hiçbir koloni gelişmesi olmadığı belirtilmiş, diğer üç laboratuvarında ise ışınlanmış örneklerde 0-90 kob/g düzeyinde sayım elde edilmiştir. Laboratuvarların tümü ışınlanmış baharatta *E. coli* ve *B. cereus* olmadığını belirtmişlerdir (68).

Işınlanmış (10 kGy) ve ışınlanmamış toz karabiber, kırmızıbiber, kişniş, kimyon, zerdeçal ve baharat karışımında 3 aylık depolama sürecinde duyu farklılık olmadığı belirlenmiştir. Uygun şekilde ambalajlanan ışınlanmış örneklerde mikrobiyel yükte artış olmadığı görülmüştür (69).

Işınlanmış (10, 17 ve 20 kGy) ve ışınlanmamış kara ve beyaz biber örneklerinde uçucu yağ ve piperin içeriğinde farklılık olmadığı saptanmış, böylece yüksek dozlarda ışınlamanın karabiber kalitesini olumsuz etkilemediği anlaşılmıştır (70).

Farklı 3 kaynaktan gelen karabiberin buharla destile edilmiş uçucu yağları 10, 20 ve 30 kGy dozda gama radyasyonuna maruz bırakılmış ve sonuçlar ışınlanmamış olanlarla kıyaslanmıştır. 24°C da 90 güne kadar olan depolamada gaz kromatografisi ile yapılan analizlerde uçucu yağ bileşiminde radyasyon dozu ve depolama süresinin etkili olmadığını göstermiştir (55).

Ito ve Islam (46) tarafından yapılan bir çalışmada baharattaki toplam aerobik bakteri sayısının 1×10^6 - 6×10^7 /g arasında olduğu, bu düzeydeki mikroorganizmanın 10^3 /g 'in altına indirilmesi için 6-9 kGy elektron demeti ya da gama radyasyonuna gerek olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber, pek çok baharatta toplam bakterinin inaktivasyonu için elektron demeti uygulandığında indirgemedede hafif bir azalma olduğu gözlenmiştir. Elektron demeti ve gama ışınları arasında radyasyon direnç farkının mikroorganizmaların oksidasyon hasarı üzerine doz oranının etkili olmasından kaynaklandığı, *Bacillus pumilus* ve *B. megaterium* sporlarının kuru koşullarda radyasyon duyarlılığı ile gösterilmiştir. Diğer yandan, elektron demetinin 80 kGy gibi yüksek bir dozda uygulanması baharatta peroksit artışını baskılamaktadır. Bununla beraber 50 kGy elektron demeti ve gama ışını ile yapılan radyasyon uygulaması baharattaki uçucu yağlarda bir değişikliğe neden olmamaktadır.

Elektron demeti ile ışınlanmış baharatta genel organik ve inorganik asitlerdeki kantitatif değişimler Dionex-4000 iyon kromatografisi ile araştırılmıştır. Sonuçlar kırmızıbiber ve diğer 5 baharat tozunun 9,94 kGy dozda ışınlanmasında asit içeriğinde kontrole göre önemli bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Elektron demeti ile ışınlanmış 5 baharat tozunun uçucu madde kompozisyonu Finnigan MAT-8230B GC-MS ile araştırılmış ve sonuçlar 120°C da 30 dakika ısıtılma işlemiyle sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Uçucu madde kompozisyonundaki değişimin elektron demetinde ısıtılma oranla daha az olduğu saptanmıştır (70).

Kuru zerdeçal ve 3 kırmızıbiber örneğinde 0, 5 ve 10 kGy dozda ışınlamanın renk değeri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada oda koşullarında 1 yıla kadar depolamada gama radyasyonunun zerdeçal ve kırmızıbiberin renk değerleri üzerinde herhangi bir değişime neden olmadığı görülmüştür. Bununla beraber, depolama koşullarının kırmızıbiberde renk kaybı üzerinde önemli etkisi olduğu, ancak zerdeçalda değişim olmadığı görülmüştür (71).

Gıda ışınlama uygulamaları

İyonize radyasyon gıdaların işlenmesinde kullanılabilir. Işınlamanın kullanıldığı dozdaki etkileri ışınlanacak gıdanın türüne bağlıdır. Yüksek dozdaki ışınlama (20-70 kGy) gıdada bulunan tüm vejetatif hücreleri ve sporları yok ederek gıdanın sterilizasyonu amacıyla kullanılır. Çok düşük dozlardaki radyasyon ise (0,1 kGy den az) patates, soğan ve sarımsakta çimlenmeyi önlemek amacıyla uygulanır. Farklı amaçlarla uygulanan farklı dozlardaki radyasyon oranları Çizelge 2.4 'de verilmiştir (60).

Işınlanmış gıdaların güvenliği

Her ne kadar ışınlanmış gıdaların beslenmedeki yeterliği ve güvenliği konusunda bilimsel çevreler ve yasal kontrol kuruluşları aynı fikirde iseler de WHO Mayıs 1992

'de ışınlanmış gıdalarla ilgili düzenlemelerin güncelleştirilmesi için bir danışma kurulu oluşturmuştur. Bu kurul 200 'den fazla toksikolojik çalışmanın da yer aldığı tüm verileri değerlendirmiş ve gıda ışınlamanın iyi ve doğru üretim teknikleri (Good Manufacturing Practices; GMP) ile yapılması koşulunda ışınlanmış gıdaların güvenilir ve beslenme değerlerinin yeterli olduğuna karar vermiştir. JECFI (Işınlanmış Gıdaların Güvenliğinde FAO/IAEA/WHO Uzmanlar Ortak Kurulu; The Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Food) 1980 yılında 10 kGy 'ye kadar ışınlanmış gıdalarda toksikolojik bir risk olmadığını belirtmiş ve bu dozun altındaki gıdalarda toksikolojik analizlerin gerekli olmadığını belirtmiştir. Yine 10 kGy altındaki ışınlamaların gıdanın mikrobiyolojik ve beslenme değeri açısından "problemsiz" olduğu belirtilmiştir (18).

Çizelge 2.4. Gıda Işınlama Uygulamaları (60).

Gıda çeşidi	Radyasyon dozu (kGy)	Uygulama etkileri
Et, piliç, balık, kabuklu deniz hayvanları, bazı sebzeler, fırın ürünleri, hazır gıdalar	20-71	Sterilizasyon. Işınlanmış ürünler bozulmaksızın oda sıcaklığında depolanabilir. Işınlanmış gıdalar mikrobiyolojik olarak steril ve diyet gerekli olan hastalar için oldukça güvenlidir.
Baharat, diğer çeşni ve soslar	En çok 30	Mikroorganizmalar ve böceklerin sayısını indirgerler ve kimyasalların yerine kullanılabilirler
Et, piliç ve balık	0,1-10	Soğutulmuş ve taze ürünlerde mikroorganizmaların sayılarını azaltarak bozulmayı geciktirir. Gıda zehirlenmesine neden olan bazı bakterileri öldürür ve hastalığa neden olan parazitleri zararsız hale getirir.
Çilek ve diğer meyveler	1-5	Küf gelişimini geciktirerek raf ömrünü uzatır.
Tahıl, meyve, sebze ve böcek istilasına maruz kalabilen diğer gıdalar	0,1-2	Böcekleri öldürür ve tekrar üremesini engeller ve hasattan sonraki fumigantlar yerine kullanılabilir.
Muz, avakado, mango, guava ve diğer turunçgil olmayan meyveler	1,0	Olgunlaşmasını geciktirir.
Patates, soğan, sarımsak, zencefil	0,05-0,15	Filizlenmeyi geciktirir.
Tahıl, kuru sebzeler ve diğer gıdalar	Çeşitli dozlar	İstenen değişimler (Rehidrasyon zamanının azaltılması)

*: 20-71 kGy ışınlama dozu sadece sterilizasyon amacı ile kullanılmakta olup, pratik olarak ve bugün için yasal yönden geçerli olmayan bir değerdir.

WHO 23 Eylül 1992 tarihli raporunda iyi ve doğru üretim teknikleri ile ışınlanmış gıdaların güvenilir ve beslenme bakımından yeterliği şeklindeki raporunu; ışınlamanın gıda bileşimi üzerinde insan sağlığını etkileyecek her hangi bir toksikolojik değişime neden olmadığı, ışınlamanın tüketicinin mikrobiyolojik açıdan riskini artırmadığı ve ışınlamanın gıdaların besleyici değeri üzerinde bireylerin ya da toplumların beslenme yetersizliğine yol açacak şekilde bir kayba yol açmadığına dayanarak vermiştir (60).

Cenevre 'de 15 – 20 Eylül 1997 tarihlerinde WHO, FAO ve IAEA tarafından ortaklaşa yapılan toplantıda sadece kesin bilimsel verilere dayandırılarak alınan bildirmede Codex Alimentarius Komisyonu tarafından belirtilen 10 kGy üst limitin üzerine çıkılmaması önerilmiştir. Bununla beraber, baharat ve aromatik kuru bitkiler için

Fransa 11 kGy, ABD ve Arjantin 30 kGy 'e kadar izin verirken, 50 yıllık bilgi birikimi çerçevesinde bu dozun halen pek çok ülkede uygulandığı şekilde 75 kGy 'e kadar çıkartılabileceği de WHO gıda sağlığı uzmanları tarafından ifade edilmektedir (72).

Gıda ışınlamanın çeşitli ülkelerdeki durumu ve yasal düzenlemeler

Bugün 30 'dan fazla ülkede çeşitli gıdalar ışınlanarak korunmaktadır (72). 1981 yılında WHO tarafından düzenlenen JECFI toplantısında gıda güvenliği açısından ışınlanmış gıdaların güvenliği ile ilgili tüm bilgiler ele alınmıştır. Toplantıda 10 kGy 'lik ışınlama dozunun insan sağlığı açısından bir sorun oluşturmayacağına karar verilmiş ve daha fazla test edilmesine gerek kalmadığı bildirilerek bu doz onaylanmıştır. Çizelge 2.5 'de 18 ülke ve bu ülkelerde ışınlanmalarına izin verilen gıdalar gösterilmiştir (56, 60).

Çizelge 2.5 'den de açıkça görüldüğü gibi, baharat pek çok ülkede ışınlanan en yaygın gıdadır. ABD ve Arjantin 'de 18 Nisan 1986 'da kabul edildiği şekli ile baharat ışınlanmasında uygulanan en yüksek doz 30 kGy 'dir. Oysa bu değer Fransa 'da 11 kGy olarak kabul edilmektedir. Aralık 1997 'de FDA patojenlerin kontrolü için taze ve dondurulmuş sığır, koyun ve domuz etlerinin ışınlanmasını onaylamıştır (72).

Çizelge 2.5. Işınlamayı Onaylayan bazı Ülkeler ve Işınlanan Gıdalardan Örnekler (60)

Ülke	Gıda maddeleri
ABD	Buğday ve buğday unu, patates, baharat, domuz eti, taze meyveler ve sebzeler
Almanya	Hastane yemekleri
Arjantin	Patates, çilek, soğan, sarımsak, baharat
Belçika	Patates, çilek, soğan, sarımsak, soğancık, baharat
Bulgaristan	Patates, soğan, sarımsak, konsantre kuru gıdalar, kuru meyveler, taze meyveler
Çekoslovakya	Patates, soğan, mantar
Filipinler	Patates, soğan, sarımsak
Finlandiya	Baharat, hastane yemekleri
Fransa	Patates, soğan, sarımsak, baharat, kuru meyveler ve sebzeler
Güney Afrika	Patates, soğan, sarımsak, papaya, mango, çilek, muz, avokado, fasulye
Hollanda	Kuşkonmaz, çilek, mantar, hastane yemekleri, patates, karides, soğan, piliç, balık fileto, dondurulmuş kurbağa bacağı, pirinç, ekmek, baharat,
İngiltere	Hastane yemekleri
İspanya	Patates, soğan
İsrail	Patates, soğan, piliç, baharat , taze meyveler ve sebzeler
Kanada	Patates, soğan, buğday unu, piliç, morina balığı filetosu, baharat ve bazı kuru sebzeler
Rusya	Patates, tahıl, taze ve kuru meyveler ve sebzeler, piliç, soğan, hazır et ürünleri
Şili	Patates, papaya, buğday, piliç, soğan, pirinç, balık ürünleri, baharat
Tayland	Patates, soğan, sarımsak, hurma, buğday, pirinç, balık, piliç

Gıda ışınlama alanındaki yasal düzenlemeler kronolojik olarak Çizelge 2.6 'da toplu olarak verilmiştir (73).

Çizelge 2.6. Gıda Işınlama Alanındaki Yasal Düzenlemeler Kronolojisi

1958	ABD FDA: Gıda ışınlamanın fiziksel bir işlem değil, gıda katkısı olduğunu öne sürdü.
1958	SSCB: Patates ve tahılların ışınlanmasını onayladı.
1960	Kanada: Patateslerin ışınlanmasını onayladı.
1963	ABD FDA: Domuz salamı, buğday, buğday unu ve patatesin ışınlanmasını onayladı.
1964	ABD FDA: Esnek ambalaj materyali ile paketlenmiş gıdalarda da ışınlama işlemini onayladı.
1976	JECFI: Işınlama işleminin fiziksel bir proses olduğunu önerdi.
1979	ABD FDA: Kendi içlerinde ışınlanmış gıda komitesi oluşturdu.
1980	JECFI: Maksimum ortalama ışınlama dozu olarak 10 kGy 'e kadar izin verdi.
1983	ABD FDA ve Kanada Sağlık Dairesi: Baharatın ışınlanmasını onayladı.
1985	ABD FDA: <i>Trichinosis</i> 'i kontrol altına almak için domuz etlerinin ışınlama ile pastörizasyonunu onayladı (en az 0,3 , en çok 1,0 kGy).
1986	ABD FDA: Meyve, sebzeler ve diğer gıdalar için 1,0 kGy ışınlama dozuna izin verdi.
1990	ABD: Patojenlerin eliminasyonu için piliçlerin ışınlanmasının uygun olacağını açıkladı (1,5-3,0 kGy).
1994	ABD USDA: Kırmızı et ürünlerinde iyonize radyasyon dozunu, dondurulmamış etlerde en çok 4,5 , dondurulmuş etlerde ise 7,5 kGy olarak belirledi.
1996	Dünya: Ticari olarak gıdaları ışınlayan ülke sayısı 28 'e ve bir ya da daha fazla gıdanın ışınlanmasını onaylayan ülke sayısı 40 'a çıktı.
1997	FAO/IAEA/WHO: Yüksek doz gıda ışınlama çalışma grubu her dozdaki gıda ışınlamanın güvenli olduğunu ancak yüksek doz ışınlamasına gerek olmadığını bildirdi.
1997	ABD FDA: Patojenlerin kontrolü için etlerin ışınlanmasını onayladı.
1997	ICGFI: Uluslararası Gıda Işınlama Danışma Grubu (International Consultative Group on Food Irradiation) üyesi ülke sayısı 45 'e çıktı.
1998	ABD FDA: Işınlanmış gıda veya gıda katkısı bulunan gıda etiketlerinde "ışınlanmış" deyiminin açıkça gösterilmesi için yeni düzenlemeler getirdi.
1999	Avrupa Topluluğu: Baharat, çeşni ve aromatik bitkilerin ışınlanmasında yönetmelikleri yeniledi.
2000	ABD FDA: Yumurta kabuklarındaki <i>Salmonella</i> 'nın kontrolü ve tohumlarda filizlenmeyi önlemek için ışınlamada yeni düzenlemeler getirdi.

Etiketleme

1986 yılından bu yana ışınlanmış ürünler aşağıdaki "radura" adlı uluslararası sembol ile belirtilmektedir (2, 74).



Treated with irradiation
Treated by irradiation
Işınlanmıştır (ya da ışınlama işlemi yapılmıştır)

FDA, tüketici, toptancı ambalajlarında ve eğer ürün açık olarak pazarlanıyor ise satış yerinde "ışınlanmış" uyarısının ve bu logonun bulunmasını hükme bağlamıştır. Ayrıca, ışınlamanın ne amaçla yapıldığı örneğin "bozulmanın önlenmesi amacıyla ışınlanmıştır" ya da "böceklenmenin kontrolü için kimyasal ilaç kullanmak yerine

ışınlanmıştır" şeklindeki bildirimlere de izin vermektedir. Bununla birlikte, baharatın katkı olarak kullanıldığı gıda maddelerinde son ürün doğrudan ışınlanmadığı için ışınlanmış etiketinin kullanılmasına ya da ışınlanmış katkı kullanıldığının belirtilmesine gerek yoktur. Bununla beraber, ışınlanmış katkı miktarı %10 'u geçerse bunun belirtilmesi gereklidir (56, 60, 75). Bununla beraber, yeni yasal düzenlemeler çerçevesinde bu değer sürekli olarak değişmektedir. 15 Ekim 2002 tarih ve 24907 sayılı Resmi Gazete 'de yayınlanan Tarım ve Köyişleri Bakanlığı yönetmeliğine göre "%25 'den az ışınlanmış katkı kullanılsa" bile bunun deklare edilmesi gerekmektedir.

Yararlanılan Kaynaklar

1. Dziezak, J. D. 1989. Spices: aromatic, savory, spicy, hot. Food Technol. 43(1);102-116.
2. Wilson, L.A. 1993. Spices and flavouring crops. In "Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition", eds. Macrae, R., Robinson, R.K. ve Sadler, M.J. pp. 4282-4286. Academic Press Limited, London. .
3. Giese, J. 1994. Spices and seasoning blends; A taste for all seasons. Food Technol. 48(4); 88-98.
4. Akgül, A. 1993. Baharat; Bilimi & Teknolojisi. Gıda Tek. Derneği. Yayınları No. 15, Ankara.
5. Tainter, D.R. 1992. Spices and seasonings. In "Encyclopedia of Food Science and Technology", ed. Hui, Y.H. pp. 2410-2418. John Wiley & Sons, Inc. N.Y.
6. Pruthi, J.S. 1980. Spices and Condiments; Chemistry, Microbiology, Technology. Academic Press, Inc. New York. 449s.
7. Macrae, R., Robinson, R.K. ve Sadler, M.J. 1993. Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition. Academic Press Ltd., London.
8. Husain, F. 1992. Spices; trend on the world market. Int. Trade Forum, 4; 14-15, 30-31.
9. Sloan, A.E. 1993. Taste reclaims centre stage. Food Technol. 47(6); 46-48.
10. Baxter, R. ve Holzapfel, W.H. 1982. A microbial investigation of selected spices, herbs and additives in South Africa. J. Food Sci. 47; 570-578.
11. Hayashi, T., Todoriki, S. ve Kohyama, K. 1994. Irradiation effects on pepper starch viscosity. J. Food Sci. 59(1); 118-120.
12. Galli, A. ve Briguglio, D. 1983. Microflora of spices and aromatic herbs. Industrie Alimentari, 22(208); 618-623, 629. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1984) 16(7); 7T359].
13. Wetherilt, H. ve Pala, M. 1994. Herbs and spices indigenous to Turkey. In Herbs Spices and Edible Fungi. Charalambous, G. (ed.). The Netherlands Elsevier Science, Amsterdam B.V. pp 285-307.
14. Anonymous 2001. Maddelere Göre Dış Ticareti-2000. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası, Ankara. p 20, 208.
15. Anonymous 2001. İmalat Sanayii; İstihdam-Ödemeler-Öğretim-Eğilim 2000(III) – 2001(III). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası, Ankara.
16. Anonymous 2002. Food irradiation becoming increasingly applied practice. Water Quality and Health Council. <http://www.waterandhealth.org>
17. Marcotte, M. 2001. Effect of irradiation on spices, herbs and seasoning-comparison with ethylene oxide fumigation. <http://www.food-irradiation.com/spices.htm>

18. Moy, G. 1992. Foodborne diseases and the preventive role of food irradiation. IAEA Bulletin 4;39-43.
19. Seenappa, M. ve Kempton, A.G. 1980. Bacterial quality of black pepper in retail stores in a Canadian city. J. Food Sci. Tech. 17(3); 130-133
20. Yde, M., Rillaer, W.van ve Maeyer-Cleempoel, S. de. 1981. Microbiological examination of teas and herbal teas. Archives Belges de Medicine Sociale, Hygiene, Medicine du Travail et Medicine Legale, 39(8); 488-497. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1983) 15(7); 7 T 985].
21. Neumayr, L. ve Forstmeier, G. 1981. Distribution of microorganisms in and on spices. Fleischwirtschaft, 61(4); 630-632. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1982) 14(10); 10 T 565].
22. Schwab, A.H., Harpestad, A. D., Swartzentruber, A., Lanier, J. M., Wentz, B. A., Duran, A. P., Barnard, R. J. ve Read, R. B. 1982. Microbiological quality of some spices and herbs in retail markets. Appl. Environ. Microbiol. 44(3); 627-630.
23. Marashetty, S. 1980. Studies on aflatoxins, Aspergillus and bacterial contamination in selected Indian spices involved in international trade. Dissertation Abstracts International, B 40(9); 4133. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1981) 13(1); 1 T 5].
24. Sharma, A. Ghanekar, A.S., Padwal-Desai, S.R. ve Nadkarni, G.B. 1984. Microbiological status and antifungal properties of irradiated spices. J. Agri. Food Chem. 32; 1061-1063.
25. Hartgen, H. ve Kahlau, D.I. 1985. Colony counts in spices used in home. Fleischwirtschaft 65(1); 99-102. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1985) 17(9); 9B10].
26. Hefnawy, Y. ve Youssef, H. 1985. Microbiological evaluation of some selected spices. Assiut Vet. Med. J. 13 (259 145-166. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1986) 18(11); 11 S 57].
27. De Boer, E., Spiegelenberg, W.M. ve Janssen, F.W. 1985. Microbiology of spices and herbs. Antonie van Leeuwenkoek, 51; 435-438.
28. Shamshad, S.I., Zuberi, R. ve Qadri, R.B. 1985. Microbiological studies on some commonly used spices in Pakistan. Pak. J. Sci. Ind. Res. 28(6); 395-399.
29. Anonymous 1985. Spices- a love-hate relationship. Ristorazione Collettiva, 10(10); 68-69. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1986) 18(11); 11T3].
30. Pafumi, J. 1986. Assessment of the microbiological quality of spices and herbs. J. Food Prot. 49 (12); 958-963.
31. Muhamad, L.J., Ito, H. Watanabe, H. ve Tamura, N. 1986. Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma-irradiation. Agril. Biol. Chem. 50 (2); 347-355. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1986) 18(11); 11 T 6].
32. Grecz, N., Al-Harithy ve Jaw, R. 1986. Radiation sterilization of spices for hospital foodservices and patient care. J. Food Safety, 7; 241-255.
33. Chattopadhyay, B ve Teli, J.C. 1986. Bacterial contamination of spices. Environmental Health, 94(4); 106-107. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1986) 18(9); 9C33].
34. Bhat, R., Geeta, H. ve Kulkarni, P.R. 1987. Microbial profile of cumin seeds and chili powder sold in retail shops in the city of Bombay. J. Food Prot. 50(5); 418-419.
35. Munasiri, M.A., Parte, M.N., Ghanekar, A.S., Sharma, A., Padwal-desai, S.R. ve Nadkarni, G.B. 1987. Sterilization of ground prepacked Indian spices by gamma irradiation. J. Food Sci. 52(3); 823-824, 826.
36. Malmsten, T., Paakkönen, K. ve Hyvoanen, L. 1991. Packaging and storage effect on microbiological quality of dried herbs. J. Food Sci. 56(3); 873-875.
37. Al-Jassir, M.S. 1992. Chemical composition and microflora of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds growing in Saudi Arabia. Food Chem. 45(4); 239-245. [In Food Sci. Technol. Abstr. (1993) 25(2); 2T31].

38. Dacarro, C., Mangiarotti, A. ve Specchiarello, M. 1993. Contamination of spices; the pepper. *Igiene Moderna*, 100(3); 438-448. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1994) 26(3); 3T71]
39. Kneifel, W. ve Berger, E. 1994. Microbiological criteria of random samples of spices and herbs retailed on the Austrian market. *J. Food Prot.* 57(10); 893-901.
40. Hashmi, M.H. ve Ghaffar, A. 1991. Seed-borne mycoflora of *Coriverum sativum* L. *Pak. J. Bot.*, 23(2); 165-172.
41. Shrivastava, A. ve Jain, P.C. 1992. Seed mycoflora of some spices. *J. Food Sci. Technol.* 29(4); 228-230.
42. Madhyastha, M.S. ve Bhat, R.V. 1985. Evaluation of substrate potentiality and inhibitory effects to identify high-risk spices for aflatoxin contamination. *J. Food Sci.* 50; 376-378.
43. Majerus, P., Woller, R., Leevivat, P. ve Klintrimas, T. 1985. Spices: Mold contamination and content of aflatoxins, ochratoxin A and sterigmatocystin. *Fleischwirtschaft*, 65(9); 1155-1158. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1986) 18(11); 11 T 13].
44. Misra, N. ve Batra, S. 1987. Mycotoxins in fennel seed. *J. Food Safety*, 8; 157-160.
45. Hashmi, M.H. ve Thrane, U. 1990. Mycotoxins and other secondary metabolites in species of *Fusarium* isolated from seeds of capsicum, coriander and fenugreek. *Pak. J. Bot.* 22(2) 106-116.
46. Ito, H. ve Islam, M.S. 1994. Effect of dose rate on inactivation of microorganisms in spices by electron-beams and gamma rays irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* 43(6); 545-550.
47. Özlem, S. ve Marangoz, S. 1999. Baharat ışınlanmasının mikrobiyel flora üzerine etkisi. Bitirme ödevi Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
48. Vajdi, M. ve Pereira, R. P. 1973. Comparative effect of ethylene oxide, gamma irradiation and microwave treatment on selected spices. *J. Food Sci.* 38(); 893-895.
49. Sirnik, M. ve Jamsek, J. 1981. Sterilization of spices and spice blends. *Tehnologija Mesa*, 22(1); 19-22. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1983) 15(7); 7 T 381]
50. Sirnik, M. ve Gorisek, M. 1983. Microflora of spice mixtures. *Tehnologija Mesa*, 24(4); 106-109. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1985) 17(7); 7 T 41]
51. Coretti, K. 1978. Sterilization of spices. *Fleischwirtschaft*, 58(8); 1239-1241. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1981) 13(1); 1T16].
52. Szabad, J. ve Kiss, I. 1979. Comparative studies on the sanitizing effects of ethylene oxide and of gamma irradiation in ground paprika. *Acta Alimentaria*, 8(4); 383-395. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1981) 13; 5 T 245].
53. Reeves, R.G., McDaniel, C.A. ve Ford, J.H. 1985. Organic and inorganic bromide residues in spices fumigated with methyl bromide. *J. Agric. Food Chem.* 33; 780-783.
54. Young, D. 2000. Food irradiation submission year 2000. <http://members.iinet.net.au>
55. Piggott, J.R. ve Othman, Z. 1993. Effect of irradiation on volatile oils of black pepper. *Food Chem.* 46(2); 115-119. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1993) 25(2); 2 T 34]
56. Diehl, J.F. 1990. *Safety of Irradiated Foods*. Marcel Dekker, Inc. N.Y. pp. 243-245.
57. Akdeniz, N., Altay, N. ve Penbegül, N. 2002. Işınlamanın mikroorganizmalar üzerine etkisi. Mezuniyet Tezi. Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.
58. Anonymous 2001. Gıda ışınlama 2001 kursu. Ankara Nükleer Tarım ve Hayvancılık Araştırma Merkezi. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, p 19.
59. Frazier, W.C. ve Westhoff, D.C. 1988. *Preservation by radiation*. In *Food Microbiology*. 4th Ed. McGraw-Hill. N.Y..

60. Snyder, O.P. ve Poland, D.M. 1995. <http://www.hitm.com/Documents /Irrad.html> Food irradiation today.
61. Josephson, E.S., Thomas, M.H. ve Calhoun, W. K. 1979. Nutritional aspect of food irradiation: an overview. *J. Food Proc. Pres.* 2; 299-313.
62. Variyar, P.S., Bveyopadhyay, C. ve Thomas, P. 1998. Effect of gamma irradiation on the volatile oil constituents of some Indian spices. *Food Res. Int.* 31(2) 105-109.
63. Weber, H. 1983. Sterilization of spices. Effect of electrons and gamma rays on quality of various spices. *Fleishwirtschaft*, 63(6); 1065-1066. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1984) 16(6); 6 T 300]
64. Razem, B., Antolic, M., Razem, D., Dvornik, L. Briski, B. ve Vrabec, A. 1983. Microbiological decontamination of spices by ionizing radiation. *Tehnologija Mesa*, 24(4); 115-119. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1986) 18(1); 1 T 25].
65. Byun, M.W., Kwon, J.H., Lee, M.K. ve Cho, H.O. 1984. Effect of irradiation on the sterilization of black pepper powder. *Korean J. Food Sci. Tech.* 16(3); 319-321. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1985) 17(5); 5T60]
66. Barna, J. 1986. Genotoxicity test of irradiated spice mixture by dominant lethal test. *Acta Alimentaria*, 15(1); 47-56. [In *Food Sci. Technol. Abstr.* (1986) 18(10); 10 T 33].
67. Franco, S.L., Gimenez, J.L., Sanchez, F.M ve Romojaro, F. 1986. Effectiveness of ethylene oxide and gamma irradiation on the microbiological population of three types of paprika. *J. Food Sci.* 51(6); 1571-1572, 1574.
68. Sharma, A., Padwal-Desai, S.R. ve Nair, P.M. 1989. Assessment of microbiological quality of some gamma irradiated Indian spices. *J. Food Sci.* 54(2); 489-490.
69. Subbulakshmi, G., Udipi, S. ve Raheja, R. 1991. Evaluation of sensory attributes and some quality indices of irradiated spices. *J. Food Sci. Tech. India*, 28(6); 396-397.
70. Lianzhong, D, Songmei, Z., Qiying, G. ve Yan. Z. 1998a. Study on irradiation sterilization of spices. www.cern.ch/accelconf/a987APAC98/6D059.PDF
71. Chatterjee, S., Padwal-Desai, S.R. ve Thomas, P. 1998. Effect of γ -irradiation on the colour power of turmeric (*Curcuma longa*) and red chillies (*Capsicum annum*) during storage. *Food Res. Int.* 31(9); 625-628.
72. Anonymous 1997b. <http://www.extension.iastate.edu/foodsafety> Food irradiation; What is it?
73. Molins, R.A. 2001. Introduction. In, *Food Irradiation: Principles and Applications*. Ed. R. A. Molins. John Wiley & Sons Inc.
74. Pszczola, D.E. 1990. Food irradiation: Counting the tactics and claims of opponents. *Food Technol.* 44(6); 92-97.
75. Anonymous 1997. <http://www.who.int/archives/inf-pr-1997/en> Food irradiation. 1997 Press Release WHO/68