

GIDA MUHAFAZA TEKNİĞİ OLARAK IŞINLAMANIN KANATLI ETLERİNDE NEDEN OLDUĞU DEĞİŞİKLİKLER

Aydın VURAL *

ÖZET

Kanatlı eti ve ürünleri sık sık *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium perfringens* gibi patojen bakterilerle kontamine olabilmektedir. Gamma ışınları ile gıdaların ışınlanması etkili bir muhafaza metodudur. Işınlama işlemi ile kanatlı eti ve ürünlerindeki potansiyel patojen bakteriler elemine edilmekte ve bozulma yapıcı bakterilerin sayılarında azalma sağlanmaktadır.

Hijyenik üretim teknikleri ile kombine edilmiş düşük dozlardaki ışınlama işleminin kanatlı eti ve ürünlerinde başarılı bir şekilde kullanılabilmesi mümkündür.

Anahtar kelimeler. Gıda ışınlama, kanatlı eti, kanatlı ürünleri, hijyen

SUMMARY

Changes in Poultry Meat Caused by Irradiation as a Food Preservation Technique

Poultry meat and their products are often contaminated with many pathogens, including *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, etc. The irradiation of the food with gamma rays is an effective protection method. Irradiation can improve the microbiological quality of poultry meat and their products by reducing the number of spoilage organisms and eliminating potential pathogens.

Low dosage of irradiation applications can be used successfully to the poultry meat and their products if it is combined with hygienic manufacturing techniques.

Key Words: Food Irradiation, poultry meat, poultry product, hygiene

1. GİRİŞ

Hayvansal kaynaklı gıdalar besleyici değerlerinin yanısıra insanlarda hastalık oluşturan bir çok patojen mikroorganizma için potansiyel bir kaynak oluşturmaktadır (Ünlütürk ve ark., 1999). Kanatlı etleri, mikrobiyal gıda zehirlenmelerinde en sık karşılaşılan sorumlu gıdalar arasındadır. Günümüzde kullanılan kanatlı kesim sistemlerindeki bir çok basamak, karkasların bir çok patojen ve bozulma yapıcı mikroorganizma ile kontamine olmasına neden olmaktadır. Kesimhanedeki başlıca kontaminasyon noktaları haşlama, tüylerin yolunması, iç organların çıkarılması ve soğutma işlemidir. Kanatlı etlerinde bulunan ve gıda zehirlenmesi yapan bakteriler arasında *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium perfringens* başta yer almaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalar kanatlı karkaslarının % 30-50'sinin *Salmonella* türleri ile kontamine olduğunu ortaya koymaktadır (İnal, 1992; Uğur ve ark., 1995).

Gıdaların iyonize edici ışınlar ile ışınlanması uzun süreli bir koruma sağlayan, ürün kalitesini ve güvenliğini koruyan fiziksel bir gıda muhafaza yöntemidir (Lacroix ve Ouattara, 2000). Gıdaların ışınlama ile korunması bir "soğuk proses"tir. Bu durum gıdaların kalitesinin korunmasında ışınlamanın diğer metotlara karşı en büyük avantajıdır (Anon., 1988).

Düşük enerji gereksinimi yanısıra gıdaların besin değerinin korunması ve hijyenik kalitesinin iyileştirilmesi, kimyasal katkılara duyulan gereksinimin azaltılması veya ortadan kaldırılması, uluslararası gıda ticaretinin kolaylaştırılması, hasat sonrası gıdalarda oluşan kayıpların azaltılması ışınlamanın avantajlarından bazılarıdır (Lee ve ark., 1995; Loaharanu, 1994).

2. IŞINLAMA İŞLEMİ ve KULLANIM ALANLARI

Radioaktif maddelerin çevreye yaydıkları alfa, beta, gamma ve X ışınları çarptıkları materyalde elektrik yüklü iyonların oluşmasına neden olurlar. Bu nedenle bu ışınlara iyonize edici ışın veya iyonize edici radyasyon adı verilmektedir. İyonize radyasyon, iyonize olmayan ışın, mikrodalga ve radyo dalgalarından daha yüksek enerjiye sahiptir. Gıda muhafazasında en yaygın kullanılan iyonize edici ışın gamma ışınlarıdır (Radomyski ve ark., 1994; Ünlütürk ve ark., 1999). Gamma ışınları 100 nm den küçük dalga boyuna sahip, nüfuz etme özellikleri en fazla olan ışınlardır (Topal, 1988a). Gıdalarda radyoaktivite meydana gelmemesi için ışınlamada kullanılan ışınların enerji seviyeleri uluslararası bir kararla röntgen ve gamma ışınları için 5 MeV ve elektron ışınları 10 MeV ile sınırlandırılmıştır (Anon., 2000; Kavas ve ark., 1997; Kayaardı ve Gök, 1999; Topal, 1988b). Gamma ışınları kobalt 60 ve sezyum 137 gibi radyoaktif izotoplar tarafından üretilir. Güvenli ve kullanışlı olduğundan tüm dünyada yaygın bir kullanım alanı bulmuş olan kobalt 60, metal kalemler şeklinde üretilir ve gıdaların ışınlanması, medikal ürün sterilizasyonu ve radyoterapi uygulamalarında kullanılır (Radomyski ve ark., 1994).

Gıda ışınlama uygulamaları esas olarak üç grup altında toplanmaktadır (Dempster, 1985; Skala ve ark., 1987; Topal, 1988b).

2.1. Radurizasyon: Pastörizasyona eşdeğer bir ışınlama uygulamasıdır. Gıdalardaki bozulma yapıcı mikroorganizmaları kabul edilebilir düzeye indirmek; gıdaların kalitesini ve raf ömrünü artırmak için kullanılmaktadır. Taze et, meyve ve sebzeler için 0.75-2.5 kGy arasındaki ışın dozları yeterlidir. Radurizasyon derisi yüzülmüş tavuk karkasları, kıyma ve gıda katkıları gibi ürünlerde uygulanmakta ve raf ömrünü de önemli ölçüde artırmaktadır.

2.2. Radisidasyon: Bu uygulamada vejetatif bakterilerin (virüsler hariç) ve parazitlerin sayılarını azaltarak hijyenik kaliteyi sağlamak amaçlanmaktadır. Tipik ışınlama dozu 2.5-10.0 kGy'dir. Radisidasyon sütün pastörizasyonuna eşdeğer bir işlem olup; et ve tavuk gibi gıdalardaki *Trichinella spiralis*, *Taenia solium* ve *Taenia saginata* gibi parazitler ile *Salmonella* spp.'nin elimine edilmesinde kullanılmaktadır.

2.3. Radapperdizasyon: Işınlama ile sterilizasyon olarak da adlandırılabilir bu uygulamada ısı uygulaması ile sağlanan ticari sterilizasyona benzer bir şekilde gıdalardaki tüm mikroorganizmaları yok etmek amaçlanmaktadır. İhtiyaç duyulan doz 25.0-45.0 kGy'dir. Radapperdizasyon buzdolabı koşulları olmayan, depo koşullarında uzun süre kalabilen dana eti, sucuk ve jambon gibi ürünlerin ışınlanmasında kullanılabilir. Ancak, uygulanan yüksek doz uygulaması nedeniyle ürünlerde renk ve koku gibi duyuşsal özelliklerde istenmeyen değişiklikler oluşacağından; yüksek doz ışınlama yerine ışınlamanın soğutma, dondurma ve ısıtma gibi yöntemlerle kombine bir şekilde uygulanması önerilmektedir.

Işınlama metodunun gıdalarla ilgili kullanım alanlarından bazıları aşağıda sıralanmaktadır :

- Et, tavuk, balık ve diğer riskli gıdalardaki patojen bakterilerin eliminasyonu,
- Kontamine gıdalarda mevcut protozoon ve helmint gibi parazitlerin inaktivasyonu,
- Gıdaların raf ömürlerinin uzatılması,
- Etin olgunlaşması,
- Taze meyve ve sebzelerdeki bozulma yapıcı mikroorganizmaların elemine edilmesi,
- Gıdaların ve yemlerin sterilizasyonu,
- Kurutulmuş baharat ve sebzelerin pastörizasyon veya sterilizasyonu,
- Tahıl, kurutulmuş baharat, sebze ve meyvelerde insekt dezenfektasyonu,
- Yumru köklerde ve soğanlarda filizlenmenin inhibe edilmesi,
- Meyvelerin hasat sonrası olgunlaşmasının düzenlenmesi (Naik ve ark., 1994; Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 1998; Thayer, 1990; Thayer, 1993, Topal, 1988a).

Işınlama birimi olarak kullanılan 1 Gray (1 Gy); iyonize radyasyon etkisinde kalan homojen bir maddenin 1 kg'ına verilen 1 joule enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır (Lagunas-Solar, 1995).

Thayer (1995), tavuk etlerinde minimum iyonize radyasyon dozunu 1.5 kGy, maksimum iyonize radyasyon dozunu ise 3.0 kGy olarak önermektedir.

Günümüzde 40'ı aşkın ülke gıdaların ışınlanmasına yasal olarak izin vermiştir (Anon., 2000). Ülkemizde de 1999 tarihinde "Gıda Işınlama Yönetmeliği" Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kapsamda taze veya dondurulmuş kanatlı etlerinde maksimum ışınlama dozu olarak 7.0 kGy belirlenmiştir. Bu yönetmeliğe göre ışınlanmış ürünlerin etiketinde gıdanın ışınlandığına dair sembolün bulunması da gerekmektedir (Anon., 1999).

2.4. Işınlama İşleminin Kanatlı Etlerinde Duyusal Özelliklere ve Besin Bileşenlerine Etkileri

Geleneksel işleme tekniklerinde oluşan vitamin ve renk kayıpları, gıda kompozisyonunun değişmesi gibi olumsuzluklara karşın ışınlama işleminde de özellikle yüksek doz uygulamalarında lezzet, aroma ve renk kaybı olabilmektedir (Kampelmacher, 1983; Lee verk., 1995). Ancak, bu kayıp düşük doz uygulanması durumunda yüksek düzeylerde değildir. Nitekim Lagunas-Solar (1995) pişirme, konserve yapma ve dondurma işlemleriyle kıyaslandığında ışınlama işleminin fiziksel ve duyusal özelliklerde daha az değişime neden olduğunu bildirmiştir.

Katta ve ark. (1991) bütün tavuk karkaslarında yaptıkları çalışmada; 2.0 kGy'de yapılan ışınlama sonucu duyusal ve besleyici niteliklerde herhangi bir kayıp olmadığını bildirmişlerdir. Patterson (1988) kanatlı etleri için 2.5-5.0 kGy dozlarında uygulanacak bir ışınlama işleminin renk, koku ve lezzet üzerinde önemli bir etki yapmaksızın raf ömrünü uzatacağını bildirmektedir. Kolsarıcı ve Kırımca (1995) ise tavuk but ve göğüs kaslarına 1.0, 2.0 ve 3.0 kGy dozda iyonize ışın uygulaması sonucunda tüm grupların renk, görünüş, aroma ve gevreklik yönünden kontrol gruplarına göre farklılık taşımadığını ve tüm grupların pazarlanabilir nitelikte olduğunu belirtmişlerdir.

Hayvansal gıdalarda ışınlama lezzetinin oluştuğu eşik doz değerleri sığır (Patterson, 1988), tavuk (Loaharanu, 1994), istakoz ve karides etinde 2.5 kGy, hindi etinde 1.50 kGy, domuz etinde 1.75 kGy, kurbağa etinde 4.0 kGy, alabalık etinde 4.5 kGy, kuzu ve geyik etinde 6.25 kGy ve at etinde 6.50 kGy olarak bildirilmiştir. Araştırmacılar, dondurma işleminin uygulanması ile bu eşik değerlerin arttığını ve dondurulmuş tavukların ışınlanmasında kötü lezzet oluşumu için bildirilen eşik doz değerinin soğutulmuş tavuklardan iki kat daha fazla olduğunu saptamıştır (Kampelmacher, 1983).

Işınlama, gıdadaki suyun radyolizine neden olarak hidroksil radikali (OH[•]), hidrojen atomu (H[•]) hidrojen (H₂), suya ait elektron, hidrojen peroksit ve çözünmüş proton gibi serbest radikallerin oluşumuna neden olur (Ayhan, 1993; Lacroix ve Quattara, 2000).

Mineral maddelerin ve iz elementlerin biyoyararlılıklarının ışınlamadan olumsuz etkilendiğine dair kesinleşmiş bir bilgi yoktur. Vitaminlerin ise ışınlamaya hassasiyetleri ışınlanmış materyale bağlıdır. Suda çözünen vitaminlerden tiamin (B1) radyasyona en duyarlı vitamin olup bunu C vitamini, piridoksin (B6) ve riboflavin (B2) vitaminleri izler. Yağda çözünen vitaminlerden ise en duyarlı olanı E vitamini olup onu A vitamini, K vitamini ve D vitamini izler (Anon., 2000; Ayhan, 1993).

D vitamininin 50.0 kGy radyasyon dozuna kadar direnç gösterdiği bildirilmektedir (Ayhan, 1993). Lakritz ve Thayer (1994) tavuk etinin 2 C'de ve 3.0 kGy dozda ışınlanması sonucu alfa-tokoferol düzeyinde % 6'lık bir azalma olduğu halde; gamma-tokoferol, A, D ve K vitamini düzeylerinde önemli bir kayıp olmadığını bildirmişlerdir.

Proteinler üzerine gıda ışınlamada kullanılan dozların etkisi genellikle düşük düzeydedir. Aminoasitler tek başına ışınlandıkları zaman radikal saldırılara karşı oldukça hassas olmalarına rağmen protein yapısında olduklarında reaksiyonlardan fazla etkilenmezler. 50.0 kGy'in altındaki doz aralığında protein yapısında yer alan aminoasitlerin kompozisyonunda önemli bir değişiklik saptanmadığı belirtilmektedir (Anon., 2000). Partman ve Keskin (1979) tavuk göğüs etlerinin 5.0 kGy dozlarında ışınlanmasından aminoasitlerin büyük çoğunluğunun etkilenmediğini bildirmişlerdir. Lacroix ve Quattara (2000) 71.0 kGy'lik bir ışınlamanın sistin, metiyonin ve triptofan gibi aminoasitler üzerinde önemli bir tahribat yapmadığını, esansiyel bir aminoasit olan lizin'in pişirme işleminde oluşan kayıp % 40 iken, 10.0 kGy'lik bir ışınlama sonucu çok önemli bir lizin kaybının söz konusu olmadığını bildirmişlerdir.

Gıda bileşenleri içinde lipidler, çoklu doymamış yağ asitlerinden dolayı ışınlamadan en fazla

etkilenen bileşenlerdir. Işınlama sonucu yağlarda oksidatif ve oksidatif olmayan değişiklikler oluşur. Bu değişiklikler sonucu gıdada kötü koku ve tat oluşabilir (Anon., 2000; Ayhan, 1993; Erkmn, 2000; Lacroix ve Quattara, 2000).

Gıdaların ışınlanması sırasında önemli bir problem de tüketicilerin bu tür gıdalara karşı ön yargılardan kaynaklanan şüpheli yaklaşımlarıdır. Bu yöntemle ilgili olarak tüketicilerin çeşitli görsel ve işitsel kanallarla bilinçlendirilmesi ve ışınlanmış gıdaların kesinlikle radyoaktif olmadığı ve halk sağlığı açısından tehlike oluşturmadığının anlatılması gerekmektedir. Bruyn (2000) ışınlanmış gıdalara tüketicilerin yaklaşımıyla ilgili yaptığı bir çalışmada, başlangıçta % 65 olan "bu tür gıdaları asla tüketmem" şeklindeki görüşün bilgilendirme ve tat denemeleri sonunda % 5'e düştüğünü bildirmiştir. Genel populasyonda rastgele seçimle yapılan bu araştırmada katılımcıların % 75'i ise ışınlanmış gıdaları tüketebileceğini ifade etmiştir.

2.5. Işınlama İşleminin Kanatlı Etlerinde Mikroflora Üzerine Etkileri

Işınlanmış gıdaların mikrobiyolojik güvenliği diğer gıda işleme teknolojilerindekilere benzer pek çok faktör tarafından etkilenir. Bunlar (Thayer, 1995) :

- Potansiyel patojen mikroorganizma tipi ve sayısı
- Normal mikrobiyal flora ile potansiyel patojenlerin ışınlamaya karşı dirençleri
- Işınlama dozu
- Işınlama sıcaklığı
- Işınlama atmosferi
- Gıdanın bileşimi (pH, su aktivitesi, kimyasal kompozisyon)
- Gıdada katkı maddelerinin varlığı
- Işınlama ile diğer teknolojik işlemler arasındaki etkileşim
- Ürünün ambalajıdır.

Mikroorganizmaların ışınlamaya duyarlılıkları değişken olup; gram negatif bakteriler, gram pozitif bakterilerden daha fazla duyarlılık göstermektedirler. Mikrobiyel sporlar ve virusler ise ışınlamaya en dayanıklı formlardır. Bakterilerin radyasyona duyarlılığını etkileyen çoğu faktör küf ve mayalar için de geçerlidir (Anar, 2000).

Kanatlı etlerinin mikrobiyolojik özellikleri üzerine ışınlamanın etkisini konu alan pek çok araştırma yapılmıştır. Patterson (1988), kanatlı etleri için 2.5-5.0 kGy dozlarda uygulanacak bir ışınlama işleminin Salmonella spp. ve Campylobacter spp. gibi bazı patojen bakterilerde önemli oranda redüksiyon yapacağını bildirmektedir. Kamat ve ark. (1991), Toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB), Enterobacteriaceae spp. ve koagülaz pozitif *S. aureus* sayıları sırasıyla 1.16×10^6 , 3.02×10^4 ve 1.84×10^5 olan tavuk karkaslarında; 2.0 kGy'lik bir ışınlama sonucu bu sayıların sırasıyla 1.20×10^3 , 2.85×10^1 ve 1.54×10^2 kob/g düzeyine düştüğünü saptamışlardır. Araştırmacılar, 4.0 kGy'lik uygulamada ise TMAB sayısının 2.0×10^1 kob/g olarak gerçekleştiğini ve diğer bakterilerin tamamen elimine edildiğini bildirmişlerdir.

Vural ve Aksu (2003) hindi kıymasının 1.0 kGy dozda ışınlanması sonucunda TMAB, koliform, *S. aureus*, laktik asit bakterisi, küf ve maya sayılarında sırasıyla 2.7, 1.19, 1.01, 2.30 ve 1.51 log kob/g kadar bir redüksiyon saptamışlardır. Araştırmacılar ışınlama işlemi uygulanan hindi kıyması örneklerinin mikroflorasında önemli oranda redüksiyon sağlandığını ve mikroorganizma sayılarındaki azalmanın, ışınlama dozu arttıkça dahada belirgin olarak şekillendiğini bildirmişlerdir.

Kampelmacher (1983), 2.5 kGy dozda ışınlanmış kanatlı etlerindeki Salmonella türlerinde 3 log kadar bir redüksiyon gerçekleştiğini belirtmiştir. Lamuka ve ark. (1992), 2.5 kGy' de ışınlanmış kanatlı karkaslarındaki Campylobacter ve Yersinia spp. sayılarında kontrol grubuna oranla sırasıyla 4.19 ve 3.03 log kadar bir azalma sağlandığını bildirmiştir. Varabioff ve ark. (1992), deneysel olarak 2×10^6 kob/g düzeyinde *L. monocytogenes* ile kontamine edilmiş kanatlı karkaslarının 2.5 kGy' de ışınlanması ile bu bakterinin tamamen elimine edildiğini saptamışlardır.

Hanis ve ark. (1989), deneysel olarak 10^6 kob/g düzeyinde *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia*

marcessens ve *Salmonella typhimurium* ile enfekte edilmiş kanatlı karkaslarında bu bakterilerin sırasıyla 1.0-2.5 kGy, 2.5-5.0 kGy ve 10.0 kGy doz uygulanması sonucu elimine edilebileceğini bildirmişlerdir.

Katta ve ark. (1991), ise tavuk karkaslarının 2.0 kGy dozda ışınlanması ile mikroorganizma sayısında % 99 oranında bir redüksiyon sağlandığını; duyuusal ve besleyici niteliklerde ise herhangi bir kayıp oluşmadığını bildirmişlerdir.

Kolsarıcı ve Kırımca (1995), tavuk but ve göğüs etlerinde yaptıkları araştırma sonunda 1.0, 2.0 ve 3.0 kGy dozundaki ışınlamanın mezofil bakterilere nazaran psikrofil bakterileri daha fazla etkilediğini belirtmişlerdir.

D10 değeri mikroorganizmaların radyasyona karşı olan duyarlılıklarının ölçülmesinde kullanılan bir birim olup, bir populasyondaki mikroorganizmaların % 90'ını öldüren ışınlama dozu olarak ifade edilmektedir (Anon., 1988).– 30°C'deki tavuk etinde *C.botulinum endosporları* için D10 değeri 3.56 kGy, 2°C'de kemiksiz tavuk etinde *Salmonella spp.* için D10 değeri 0.38-0.77 kGy, 2-4°C'deki tavuk etinde *Listeria monocytogenes* için D10 değeri ise 0.77 kGy olarak bildirilmiştir (Thayer ve Boyd, 1993). Patterson (1988), *Lactobacillus spp.*, *Moraexella phenylpyruvica*, *E. coli*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *Streptococcus faecalis* ve *Pseudomonas putida* bakterilerinin tavuk kıymasındaki D10 değerlerini sırasıyla, 0.593, 0.858, 0.351, 0.436, 0.419, 0.651 ve 0.080 kGy olarak saptamıştır.

El Zawahry ve ark. (1991), farklı gıdalar için doğal fungal floranın tamamen inhibisyonu için 4.0-6.0 kGy'lik doz uygulamalarının yeterli olacağını bildirmektedir. Youssef ve ark. (1999) ise deneysel olarak 1.9×10^6 düzeyinde *Aspergillus flavus* ile kontamine kıymaların 1.5 kGy dozda ışınlanması ile bu küfün tamamen elimine edildiğini saptamışlardır.

3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Işınlama diğer etlerde olduğu gibi kanatlı eti ve ürünlerinde duyuusal özelliklerinde ve gıda bileşiminde önemli kayıplar oluşturmadan patojen etkenlerin inhibisyonu ve hijyenik kalitenin iyileştirilmesinin sağlanması açısından önemli bir teknolojik uygulamadır. Işınlama işleminin yaygınlaşması hem tüketicileri sağlıklı gıda temini şeklinde koruyacak ve hem de gıda bozulmalarını geciktirerek ekonomik kayıpların önlenmesini sağlayacaktır.

Işınlama işleminin, kaliteli hammadde kullanımı ve iyi üretim uygulamaları (GMP) ile birlikte uygulanması; gıdanın kalitesi, besleyici değeri ve raf ömrü gibi nitelikleri açısından daha olumlu sonuçlara neden olacaktır. Işınlamanın diğer gıda muhafaza yöntemleri ile kombinasyonu ise yüksek doz ışınlamada oluşabilecek renk ve kokudaki olumsuzlukları önlemede ve ışınlama işleminden daha etkili sonuçların alınmasında kullanılmaktadır. Düşük dozlardaki ışınlama işlemi (2.5 kGy), amaca ve yasalara uygun olarak, kanatlı eti ve ürünlerinin muhafazasında ve raf ömrünün uzatılmasında güvenle kullanılabilir.

4. KAYNAKLAR

- ANAR, Ş. 2000. Gıda ışınlama: Kırmızı ve Beyaz Etlerin Işınlanması. *Gıda*, 25(2): 65-66.
- ANONYMOUS. 1988. Gıda Işınlama Raporu. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu ANTHAM. Ankara.
- ANONYMOUS. 1999. Gıda Işınlama Yönetmeliği. Resmi gazete 23868 (06.11.99 tarihli). Ankara.
- ANONYMOUS. 2000. Gıda Işınlama 2000 Kursu. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu ANTHAM. Ankara.
- AYHAN, H. 1993. İyonize ışınların gıda bileşenleri üzerine etkileri. *Gıda*, 18(4): 265-268.
- BRUYN, I.N. 2000. The application of high dose food irradiation in South Africa. *Radiation Physics and Chemistry*, 57: 223-225.
- DEMPSTER, J.F. 1985. Radiation preservation of meat and meat products-a review. 12: 61-89.
- El Zawahry, Y.A, Aziz, N.H, El Fouly, M.Z. 1991. Incidence and toxic and pathogenic microorganisms in different Egyptian and Saudi Arabian food commodities and their decontamination by gamma irradiation. *Egypt J. Microbiol.*, 26: 267-282.
- ERKMEN, O. 2000. Kaliteli ve güvenli gıda üretimi için ışınlama yöntemi. *Gıda*, 25(2): 58-61.
- HANIS, T., Jelen, P., Klir, P., Munukova, J., Perez, B., Pesek, M. 1989. Poultry meat irradiation – effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms. *J. Food Prot.*, 52 (1): 26-29.
- İNAL, T. 1992. Gıda Hijyeni Ve Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü. Final Ofset. İstanbul.
- KAMAT, A.S., Alur, M.D., Nerkar, D.P., Nair, P.M. 1991. Hygienization of Indian chicken meat by ionizing radiation. *J. Food Safety*, 12: 59-71.
- KAMPELMACHER, E.H. 1983. Irradiation for control of Salmonella and other pathogens in poultry and fresh meats. *Food Tech.* 37 (5): 117-119, 169.
- KATTA, S.R., Rao, D.R., Sunki, G.R., Chawan, C.B. 1991. Effect of gamma irradiation of whole chicken carcasses on bacterial loads and fatty acids. *J. Food Sci.*, 56 (2): 371-372.
- KAVAS, G., Kınık, Ö., Akbulut, N. 1997. Süt teknolojisinde iyonize radyasyon uygulamaları. *Süt Teknolojisi*, 1(5): 10-14.
- KAYAARDI, S., Gök, V. 1999. Gıda endüstrisinde iyonize radyasyon kullanımı. *Y.Y.Ü. Vet. Fak. Derg.* 10 (1-2): 104-108.
- KOLSARICI, N., Kırımca, G. 1995. Radurizasyonun tavuk etlerinin duyu, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 20 (2): 67-73.
- LACROIX M., Ouattara B. 2000. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products-a review. *Food Research Int.* 33: 719-724.
- LAGUNAS-SOLAR, M.C. 1995. Radiation processing of foods: an overview of scientific principles and current status. *J. Food Prot.*, 58(2): 186-192.
- LAKRITZ, L., Thayer, D.W. 1994. Effect of gamma radiation on total tocopherols in fresh chicken breast muscle. *Meat Sci.*, 37: 439-448.
- LAMUKA, P.O, Sunki, C.B, Chawan, D.R.R, Shackelford, L.A. 1992. Bacteriological Quality of Freshly Processed Broiler Chickens as Affected By Carcass Pretreatment and Gamma Irradiation. *J. Food Sci.* 57: 330-332.
- LEE, M., SEBRANEK, J.G., Olson, D.G., Dickson, J.S. 1995. Irradiation and packaging of fresh meat and poultry. *J. Food Prot.* 59 (1): 62-72.
- LOAHARANU, P. 1994. Cost / benefit aspects of food irradiation. *Food Tech.* 48 (1):104-108.
- NAIK, G.N., Paul, P., Chawla, S.P., Sherikar, A.T., Nair, P.M. 1994. Influence of low dose irradiation on the quality of fresh buffalo meat stored at 0-3°C. *Meat Sci.* 38: 307-313.
- PARTMAN W., Keskin S. 1979. Radiation induced changes in the patterns of free ninhydrin reactive substances of meat. *Z. Lebens. Fors.*, 168: 389-393.
- PATTERSON, M. 1988. Sensitivity of bacteria to irradiation on poultry meat under various atmospheres. *Let. Appl. Microbiol.* 7: 55-58.
- RADOMYSKI, T., Murano, E.A., Olson, D.G., Murano, P.S. 1994. Elimination of pathogens of significance in food by low-dose irradiation: a review. *J. Food Prot.*, 52 (1): 73-86.
- SERDAROĞLU, M., Değirmenciöglü, Ö. 1998. Et endüstrisinde iyonize ışın kullanımı. *Gıda Teknolojisi* 2: 89-94.

- SKALA, J.H., McGown, E.L., Waring, P.P. 1987. Wholesomeness of irradiated foods. *J. Food Prot.*, 50 (2): 150-160.
- THAYER, D.W. 1990. Food irradiation benefits and concerns. *J. Food Qual.* 13: 147-169.
- THAYER, D.W. 1993. Extending shelf life of poultry and red meat by irradiation processing. *J. Food Prot.*, 56 (10): 831-833, 846.
- THAYER, D.W. 1995. Use of irradiation to kill enteric pathogens on meat and poultry. *J. Food Safety*, 15: 181-192.
- THAYER, D.W., Boyd, G. 1993. Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 in meats by gamma irradiation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59: 1030-1034.
- TOPAL, Ş. 1988a. Gıdaların muhafazasında ışınlama: günümüzdeki uygulamalar ve sorunlar. *Gıda sanayii*. 10: 21-29.
- TOPAL, Ş. 1988b. Işınlama tekniği ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda*, 13 (6): 417-423.
- UĞUR, M, Bostan, K, Özgen, Ö, Çolak, H. 1995. Asetik Asit Solüsyonlarına Daldırmanın Broiler Karkaslarının Mikrobiyolojik Kalitesine etkisi. *IÜ Vet. Fak. Derg.* 21(2): 433-442.
- ÜNLÜTÜRK, A, Turantaş, F, Acar, J, Karapınar, M, Temiz, A, Gönül, Ş.A., Tunçel, G. 1999. *Gıda Mikrobiyolojisi*. 2.Baskı. Mengi Tan Basımevi. İzmir.
- VARABIOFF, Y, Mitchell, G.E., Nottingham, S.M. 1992. Effects of irradiation on bacterial load and *L. monocytogenes* in raw chicken. *J. Food Prot.*, 55: 389-391.
- VURAL, A., Aksu, H. 2003. İyonize edici ışınların hindi kıyımında mikroflora üzerine etkileri. (Yayın aşamasında).
- YOUSSEF, B.M., Mahrous, S.R., Aziz, N.H. 1999. Effect of gamma radiation on Aflatoxin B1 production by *Aspergillus flavus* in ground beef stored at 5°C. *J. Food Safety*, 19: 231-239.