



IŞINLANMIŞ YUMURTA VE YUMURTA ÜRÜNLERİNDE KALİTE DEĞİŞİMLERİ

Mine UYGUN SARIBAY*

Turhan KÖSEOĞLU*

ÖZET

Yumurta ve yumurta ürünleri, *Salmonella* infeksiyonlarına neden olması sebebiyle risk oluşturmaktadır. Farklı gıdaların yanısıra yumurta ve yumurta ürünlerine de uygulanan ışınlama, hijyenik kaliteyi sağlamada etkin bir şekilde bir çok ülkede uygulanmaktadır. Işınlanmış yumurta ve yumurta ürünlerinin fizikokimyasal kalite özellikleri ise ışınlama dozlarına bağlı olarak değişmektedir. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), 2000 yılında 3 kGy'lik ışınlama dozunun kabuklu yumurtada *Salmonella* seviyesini azalttığını onaylamıştır. Işınlama teknolojisi uygulayan her ülke kendine ait yasal düzenlemeleri oluşturmuştur. Ülkemizde 1999 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Gıda Işınlama Yönetmeliği uygulanmaktadır. Bu makale, ışınlanmış kabuklu, sıvı, kurutulmuş ve dondurulmuş yumurta ürünlerinin kalite özellikleri konusunda yapılmış çalışmaların özetidir.

Anahtar kelimeler: Işınlama teknolojisi, radyasyon dozu, yumurta, yumurta ürünleri, kalite.

QUALITY CHANGES OF IRRADIATED EGG AND EGG PRODUCTS

ABSTRACT

Egg and egg products cause a risk due to *Salmonella* infections. Irradiation applied for many food products as well as egg and egg products is an effective technology to ensure the hygienic quality in many countries. US Food and Drug Administration approved irradiation of shell eggs with doses up to 3 kGy. Each country established its own legal regulations. The Food Irradiation Regulation was published in 1999. In this study, different studies quality of irradiated shell, liquid, dried and frozen egg products were reviewed.

Key words: Irradiation technology, radiation dosage, egg, egg products, quality.

*: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Gıda Birimi, 06980, Kazan-Ankara

E-mail : m.saribay@gmail.com

1.GİRİŞ

Beslenme, insanlığın en temel ihtiyacıdır. Dünya nüfusunun hızla artması, ekonomik yetersizlik beslenme sorunlarını derinleştirmektedir. Yumurta, hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında, ekonomik ve tam protein kaynağı olması nedeniyle önemli bir rol oynamaktadır. Tek başına tüketilebildiği gibi birçok ürünün işlenmesi sırasında aroma ve renk vermesi, jelleştirme, emülsifiye etme, nem tutma, kabartma, köpükendirme, kristalleşmeyi önleme gibi birçok özelliği nedeniyle katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır (Alakır,2005 ; Tayyar,2012). Ancak, yumurta ve yumurta içeren ürünlerin tüketimi sonucu yaklaşık her yıl 230,000 gıda kaynaklı hastalık meydana gelmektedir (Alvarez ve ark.,2006).

Yumurta ve yumurta ürünlerinin daha hijyenik olması amacıyla gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yöntem pastörizasyondur. Sıvı tüm yumurtanın pastörizasyonu için kullanılan sıcaklık zaman kombinasyonları; Amerika'da 60C°/3.5 dakika, İngiltere'de 64,4C°/2.5 dakika veya 70C°/1.5 dakika (ultrapastörizasyon)'dır. Türkiye'de ise 2008 yılında “Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği”nde 63C°/3 dakika veya 72°C/15 saniye olarak belirtilen sıcaklık zaman konusundaki kısıtlama kaldırılarak üretim teknolojisine uygun yeterli sıcaklık-zaman kombinasyonu uygulanmaktadır (Alvarez ve ark.,2006, Anon., 2008). Ancak, *Salmonella senftenberg* gibi ($D_{60C} = 3$ dak, $z = 5.2C$) ısıya direnci yüksek mikroorganizma ile kontamine olmuş ürünlerde belirtilen sıcaklık zaman uygulamaları gerekli güvenliği sağlamada yeterli olmayabilir. Isıya dirençli mikroorganizma hedef alınarak yoğun ısıl işlem uygulanmış ürün, tüketiciye ulaştığında taze ürünün fonksiyonel ve besleyici özelliklerine sahip değildir. Gıdayı işlerken amaç üründe hem mikrobiyel dekontaminasyon sağlamak hem de ürünün tazelik özelliklerini korumaktır (Alvarez ve ark.,2006).

Soğuk pastörizasyon olarak nitelendirilen ışınlama, yumurta ve yumurta ürünlerinde birçok ülkede uygulanan bir teknolojidir. Bugün dünyada 55'den fazla ülke bu teknolojiyi benimsemiştir ve 60 kadar ışınlama tesisinde yaklaşık olarak 240 çeşit gıda ışınlanmaktadır (Farkas ve Mohacsi-Farkas,2011). Işınlama, ısı uygulamadan *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria* gibi kabuktan yumurtaya kontamine olmuş patojen mikroorganizmaları yok eden etkili bir prosestir. Işınlama işlemi özellikle yumurta gibi ısıya hassas proteinlere sahip gıdalar için uygun bir teknolojidir ve 3 kGy'e kadar yapılan ışınlamanın, yumurta ve yumurta ürünlerinin duyuusal ve fonksiyonel özelliklerinde önemli değişikliğe yol açmadan *Salmonella*'yı inaktive ettiği bildirilmektedir (Tellez ve ark.,1995; Serrano ve ark.,1997; Anon., 2000; Verde ve ark.,2004; Alvarez ve ark.,2006; Badr,2006; Alvarez ve ark.,2007a; Alvarez ve ark.,2007b;Bakalinov ve ark.,2008; Farkas ve Mohacsi-Farkas ,2011).

Işınlama teknolojisini uygulayan her ülkenin kendine ait yasal düzenlemeleri mevcuttur (Farkas ve Mohacsi-Farkas,2011). Ülkemizde “Gıda Işınlama Yönetmeliği” 6 Kasım 1999 tarihli 23868 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik, gıda maddelerinin ışınlanmasına dair esas ve usuller ile gıda ışınlama tesislerinin kuruluşları ve gıdaların ışınlanmasına ilişkin; lisans izni, tescil, istihdam, kontrol, denetim, ithalat ve ihracata dair esas ve usulleri kapsamaktadır (Anon., 1999).

Yumurta ve yumurta ürünlerinde ışınlama teknolojisi uygulayan ülkeler ve uygulanan ışınlama dozları Tablo 1'de verilmiştir (Anon., 1998, Anon., 2012).

Tablo 1. Yumurta ve yumurta ürünlerinde ışınlama yapılmasına izin veren ülkeler ve ışınlama dozları

Ülke	Ürün	Tarih	Doz (En Yüksek)
Amerika	Kabuklu yumurta	2000	3 kGy
Meksika	Kurutulmuş yumurta	1995	5 kGy
Fransa	Yumurta ürünleri	1990	4 kGy
Belçika	Yumurta akı	2004	3 kGy
Çek Cumhuriyeti	Yumurta akı	2004	3 kGy
Yugoslavya	Kurutulmuş yumurta	1984	10 kGy
Hırvatistan	Dondurulmuş yumurta	1994	3 kGy
	Kurutulmuş yumurta	1994	3 kGy
	Dondurulmuş yumurta ürünleri	1994	3 kGy
Güney Afrika	Bütün, kırılmış	1989	10 kGy
	Kurutulmuş yumurta akı	1987	10 kGy
	Kurutulmuş bütün yumurta	1987	10 kGy
	Dondurulmuş bütün yumurta	1990	10 kGy
Gana	Sıvı yumurta	1998	> 10kGy

Bu çalışmada, farklı ışınlama dozları uygulanmış sıvı, kurutulmuş ve dondurulmuş yumurta ürünlerinin kalite özellikleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

2. KABUKLU, SIVI YUMURTADA OLUŞAN KALİTE DEĞİŞİMLERİ

Yumurta kabuğunun koruyucu etkisi nedeniyle, yumurta içerisinde bulunan bakterilerin ısıya dirençleri yüksektir. Örneğin, *Salmonella enteritidis*'in, yumurta içerisinde D_{10} = değeri 0.27 iken yumurta kabuğunda D_{10} değerinin 0.20 kGy olduğu gösterilmiştir. Literatürde benzer sonuçlar *Salmonella typhimurium* içinde verilmiştir. Ayrıca *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter jejuni* gibi patojenik mikroorganizmaların inaktivasyonu için 1.5 kGy ışınlama dozunun yeterli olduğu bildirilmiştir (Serrano ve ark.,1997; Verde ve ark., 2004). Farkas ,(1998) 3 kGy'den daha az ışınlama dozlarının spor oluşturmeyen *Salmonella* gibi patojenlerin yok edilmesi veya azaltılması için yeterli olduğunu göstermiştir. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), 2000 yılında 3 kGy'lik ışınlama dozunun kabuklu yumurtada *Salmonella* seviyesini azalttığını onaylamıştır (Anon., 2000).

Işınlama doza bağlı olarak, gıda bileşenlerine doğrudan etkisi ile veya dolaylı olarak ışınlama ile oluşan hidroksi radikallerinin protein ve lipitlerin yapıtaşları ile reaksiyona girmesi sonucu gıdalarda fizikokimyasal değişiklikler meydana getirmektedir (Alvarez ve ark.,2006).

Işınlama dozuna bağlı olarak renkte açılma, yumurta akında ise opak bir görüntü oluşmaktadır. 2 kGy'in altında uygulanan ışınlama dozlarında ışınlanmış ve ışınlanmamış bütün sıvı yumurtanın rengi arasında önemli bir fark belirlenmemiştir (Ma,1996;Pinto ve ark.,2004;Min ve ark.,2005; Badr,2006;Arvanitoyannis,2011).

Serrano ve ark.,(1997), 1.5 kGy dozda ışınlanmış örnekler ile ışınlanmamış örneklerin rengi arasında önemli bir fark olmadığını ancak, daha yüksek ışınlama dozlarının yumurta sarısının kırmızı-turuncu renginde açılmaya, yumurta akının şeffaf sarı renginin ise yeşilimsi bir renk almasına yol açtığını bildirilmiştir.

Sıvı yumurta akının pH değerine, ışınlamanın ve depolamanın önemli etkisi belirlenmemiştir (Katusin-Razem ve ark.,1992, Min ve ark.,2005, Badr,2006).

Işınlanmış yumurta akı proteinlerinin, ısı işlem görmüş yumurta akı proteinlerine göre köpük oluşturma kapasitesinin daha iyi ve viskozitesinin daha stabil olduğu belirlenmiştir. Köpük oluşturma kapasitesi yumurta akı proteinlerinin önemli bir özelliğidir. Bu özelliği sağlayan proteinler ovomusin, globulin ve ovalbumindir. Köpüklenme kapasitesi, su-hava arayüzlerinde oluşan yüzey geriliminin oranına bağlıdır. Ayrıca ışınlama sonucunda yumurta akının viskozitesindeki azalma, yüzey gerilimini azaltarak köpük oluşumu için geniş yüzey alanı oluşturmaktadır (Song ve ark.,2009). Ma ve ark.,(1992), ışınlamaya bağlı olarak azalan viskozite ve artan yüzey hidrofobitesini nedeniyle 2,37 ve 2,98 kGy ışınlama dozlarının köpük oluşumunu artırdığını bildirmişlerdir. Ancak bazı çalışmalar, proteinlerde ışınlama ile oluşan oksidatif değişikliklerin yumurta akının köpük oluşturma özelliğini olumsuz etkilediğini belirtmektedir (Min ve ark.,2005; Arvanitoyannis,2011).

Birçok çalışmada, ışınlamanın proteinlerde meydana getirdiği değişiklikler nedeniyle viskozitede azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir (Pinto ve ark.,2004; Min ve ark.,2005; Arvanitoyannis,2011). Ayrıca, ışınlama dozu arttıkça; yumurta akının viskozitesinde azalma, yumurta sarısının viskozitesinde artış görülmektedir. Bütün yumurtanın viskozitesi de, yumurtayı büyük oranda oluşturan yumurta akının, viskozitede yarattığı değişimden etkilenmektedir (Anon., 2012).

Gıda sanayiinde yumurta sarısı, emülsifiyer olma özelliği nedeniyle katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. 5 kGy ışınlama dozuna kadar yumurta sarısının protein, fosfolipit içeriğinde değişimlerin çok az olduğu ve çözümlü proteinlerde kaybın sadece % 0.5 oranında olduğu belirtilmiştir (Pinto ve ark.,2004).

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından, kabuklu yumurtada 3 kGy'e kadar yapılan ışınlamanın; *Salmonella enteritidis* açısından güvenli bir ürün sağladığı, yumurta kalitesindeki en büyük değişimin, yumurtanın viskozitesinde görülen azalma olduğu, ancak ışınlamanın, emülsiyon ve köpük oluşturma kapasitesini artırması nedeniyle yumurtanın gıda bileşeni olarak kullanılmasında önemli bir avantaj sağlayabileceği belirtilmiştir. Buna ek olarak, ışınlamanın oluşturduğu viskozite farkı, fabrikada ak ve sarının birbirinden kolay ayrılmasını, daha sonra istenirse uygulanabilecek olan ısı işlem de, genel viskozitenin düşük olması nedeniyle üretim hattından ürünün kolay pompalanmasını ve ısı transferini artırarak ısıtma süresinin azaltılmasına olanak sağlayabileceği belirtilmiştir (Anon., 2000).

3. KURUTULMUŞ YUMURTADA OLUŞAN KALİTE DEĞİŞİMLERİ

Kurutulmuş yumurta, gıda endüstrisinde fırıncılık ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kurutulmuş ürünlerde suyun bulunmaması; kimyasal reaksiyonların ve ışınlamadan kaynaklanan

radyolitik ürünlerin azalmasını sağladığı için kurutulmuş yumurta, ışınlama teknolojisine elverişli bir üründür.

Kurutulmuş yumurtada *Salmonella* suşlarının D_{10} değeri 0.6-07 kGy olduğu için 2.0-2.4 kGy ışınlanmasının *Salmonella* inaktivasyonu için yeterli olduğu belirtilmiştir (Narvaiz ve ark.,1992).

Narvaiz ve ark. (1992), 2 kGy ışınlamanın kurutulmuş bütün yumurtanın renginde açılma-solma meydana getirdiğini bildirmektedir. Yumurta sarısı tozunda renk açılması için eşik değer 1.5 kGy'dir. Renk açılmasına, karotenoidlerin parçalanması ve hidroperoksidasyonun neden olduğu bildirilmiştir (Ferreira ve Del-Maestro,1998).

pH ve kuru madde içeriğinin 8 kGy ışınlama dozuna kadar etkilenmediği belirtilmiştir. Viskozite ile dozlar arasında doğrusal olmayan bir ilişki bulunmaktadır. Viskozite değişiminin eşik değeri 5 kGy'dir. Bu dozun üzerinde yapılan ışınlamalarda viskozite çok hızlı bir biçimde değişmektedir. Ayrıca bu dozun üzerinde metionin, histidin, trosin ve lizin gibi aminoasitlerde kayıplar da görülmektedir (Katusin-Razem ve ark.,1992). 1.5 kGy ışınlamanın yumurta beyazında %1 agregasyona sebep olduğu ve 16 kGy ışınlanmış kurutulmuş yumurtada çok az düzeyde proteinlerin ikincil yapısını oluşturan -helikste değişiklik olduğu bildirilmiştir (Arvanitoyannis 2011). Kurutulmuş yumurtada yüzey genişlemesine bağlı olarak doymamış yağ asitleri oksidasyona duyarlı hale gelmektedir ve oksijen varlığında 2.5 kGy dozda ışınlanan bütün yumurta tozu ve yumurta sarısı tozunda oksidasyon ürünlerinin oluştuğu belirlenmiştir. Oksijenin ortamdaki uzaklaştırılmasıyla, oksidasyon ürünlerinin (lipid hidroperoksitlerin) azaldığı görülmektedir. 4 kGy'e kadar dozlar ile hidroperoksit oluşumu arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Katusin-Razem ve ark.,1992).

Narvaiz ve ark.,(1992), 2 kGy dozunda ışınlamanın, bütün yumurta tozunun köpük oluşumu ve stabilitesi üzerine bir etkisinin olmadığını belirtmiştir. Ancak yumurta akı tozunda, köpüklenme ve emülsifiye etme özellikleri ışınlama dozuna bağlı olarak artarken, jel sıklığı 2 kGy'de azalmakta, 5 ile 8 kGy dozları arasında ise etkilenmemektedir. 2 kGy dozda ışınlanmış bütün yumurta tozu ile ışınlanmamış yumurta tozu ile yapılan sünger ve melek kek arasında hacim, tekstür ve yapı bakımından bir fark belirlenmemiştir (Ma,1996).

4. DONDURULMUŞ YUMURTADA OLUŞAN KALİTE DEĞİŞİMLERİ

Dondurulmuş yumurta da kurutulmuş yumurtada olduğu gibi suyun faz değiştirmesi nedeniyle, sudan kaynaklanan radyolitik ürünlerin oluşumunu engellediği için ışınlama teknolojisine uygun bir üründür.

Dondurulmuş sıvı yumurta *Enterobacteriaceae* ile kontamine olabilmektedir. *Salmonella* için D_{10} değeri (-18C) 0.39-0.77 kGy, *E. coli* için 0.52 kGy ve diğer *Enterobacteriaceae* grubu için 0.26 kGy belirlenmiştir. 2.5 kGy ışınlama dozu dondurulmuş bütün yumurtanın hijyenik kalitesini artıran bir doz olarak tavsiye edilmektedir (Alvarez ve ark.,2006).

Fengmei ve ark.,(2000), 2 kGy dozda ışınlanmış ve ışınlanmamış dondurulmuş yumurtanın lipid, protein, amino asit, A, B₁, B₂, karoten, ve viskozite değerleri açısından bir fark olmadığını belirtmiştir.

Ma ve ark.,(1994), 4 kGy ışınlama dozunun, dondurulmuş yumurta beyazı ve sarısında pH, % kuru made ve protein içeriğine bir etkisinin olmadığını belirtilmektedir. Ancak, 2.5 kGy ışınlama dozunda köpük oluşturma özelliğinin % 4 ve emülsiyon oluşturma özelliğinin ise % 20 , 4 kGy'de ise her iki özelliğin %20 oranında azaldığı ifade edilmektedir. Ayrıca, 5 kGy dondurulmuş ışınlanmış bütün yumurta ile ışınlanmadan dondurulmuş yumurtadan yapılan melek ve sünger kek arasında hacim, tekstür ve yapı bakımından bir fark belirlenmemiştir.

Dondurulmuş yumurta, ışınlamaya elverişli bir üründür. Ancak ürünün satıştan önce dondurulmuş halde muhafaza edilmesi ve depolanması nedeniyle ışınlama tesisinin buna imkan verecek şekilde düzenlenmiş olması gerekmektedir. Dondurulmuş yumurtanın ışınlanması ile donmuş kısımda tutulan radyolitik ürünlerin, oda sıcaklığında çözme sırasında daha ileri reaksiyonlara sebep olabileceği (örneğin lipid oksidasyonu gibi) bildirilmektedir (Alvarez ve ark.,2006).

5. IŞINLANMIŞ YUMURTA ÜRÜNLERİNİN KALİTESİNİN ARTIRILMASI İLE İLGİLİ STRATEJİLER

Yumurta ve yumurta ürünlerinde ışınlamanın istenmeyen etkilerini gidermek amacıyla iki yaklaşım sözkonusudur. İlki, gıdaların ışınlamaya toleranslarını arttırmak, ikincisi, hedeflenen patojen mikroorganizmaların ışınlamaya dirençlerini azaltmaktır (Borsa ve ark.,1995). Birincisini ortamdaki oksijeni uzaklaştırmak, ürünün su içeriğini azaltmak ve antioksidan ilave etmek gibi birçok uygulama ile başarmak mümkündür. Su içeriği azaltılmış yani kurutulmuş veya dondurulmuş yumurta ürünleri ışınlama işlemi için daha elverişli ürünlerdir. İkincisini ise ışınlama diğer prosesler ile birlikte uygulanarak mikroorganizmalara öldürmeyen hasar (sublethal damage) verildiğinde mikroorganizmaların ışınlamaya olan dirençleri azaltılabilir. Işınlamanın mikroorganizmalar üzerinde yarattığı stres diğer proseslerin etkisine ilave veya etkisini artırarak kombine uygulamaların dizaynında yeni olanaklar sağlar (Alvarez ve ark.,2006).

Işınlama; ısı işlem, düşük sıcaklık, modifiye atmosfer, yüksek hidrostatik basınç, kimyasal koruyucular gibi birçok muhaza yöntemi ile birlikte uygulanmaktadır. Yumurta ürünlerinde en yaygın kombine uygulama ise ısı işlemidir. Kontrollü yapılan ısıtma sonrasında uygulanan ışınlama, D_{10} değerini azaltır. Ancak, ışınlama ve ısı işlemin eş zamanlı olarak birlikte uygulanması (termoradyasyon) mikrobiyel yükün azaltılması konusunda daha başarılı sonuçlar vermiştir (Alvarez ve ark.,2006). Termoradyasyon uygulaması sıvı bütün yumurtada *Salmonella enteritidis*'in inaktivasyonunda yalnız ısı veya yalnız ışınlamadan daha etkilidir. Işınlamayı takiben yapılan ısı işlem, ışınlamanın 19C'de 0.260 kGy olan D_{10} değerini, 50C'de 0.238 kGy'e, 60C'de 0.078 kGy'e düşürmüştür (Raso ve Barbosa-Canovas ,2003). Ancak bu konuda daha fazla veriye ihtiyaç vardır. Işınlama ile hassas hale gelen mikroorganizmalara ısı işlem uygulayarak, pastörizasyon sıcaklıkları azalmakta ve pastörizasyon süresi kısalmaktadır (Alvarez ve ark.,2006).

Yumurta ürünlerinin ışınlanarak soğuk ve donmuş depolama sıcaklıklarında depolanması sırasında canlı mikroorganizma sayısında azalma belirlenmiştir (Comer ve ark.,1963; Schaffner ve ark.,1989; Huang ve

ark.,1997). Işınlamanın etkisiyle mikroorganizmalar üzerinde oluşan ölümcül olmayan hasar, depolama sırasında mikroorganizmaların ölümüne neden olmaktadır. Kombine uygulamaların en önemli avantajı, ışınlama dozunu azaltarak, ışınlamanın doza bağlı olarak üründe oluşturduğu olumsuz etkileri en aza indirmesidir (Alvarez ve ark.,2006).

6. SONUÇ

Işınlama teknolojisi yumurta ve yumurta ürünlerinde hijyenik kaliteyi sağlamak amacıyla birçok ülkede uygulanan bir teknolojidir. Işınlama, kurutulmuş ve dondurulmuş yumurta ürünler için daha elverişli bir teknolojidir. Dondurulmuş ürünlerdeki soğuk zincir nedeniyle kurutulmuş yumurta ürünlerinin ışınlanması daha pratiktir ve Ülkemizde “Gıda Işınlama Yönetmeliği”ne göre hayvansal orijinli kurutulmuş gıdaların ışınlanmasına izin verilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Alakır, İ., 2005. Yumurta sarısında lutein, zeksantin, kantaksantin ksantofillerin tayini ve hunter L a b renk parametreleri ile ilişkilerin izlenmesi : I. Isıl işlemin etkisinin saptanması üzerine araştırmalar. Celal Bayar Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa, Türkiye, 171 sayfa.
- Alvarez, I., Niemira, B.A., Fan, X., Sommers, C.H., 2006. Food Irradiation Research and Technology. Sommers, C.H. and Fan, X. (Ed.), Chapter 12, Blackwell Publishing, First Edition, USA, 336 p.
- Anonymous, 1998. Food and Environmental Protection Newsletter. Joint FAO/IAEA of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and FAO/IAEA Agriculture and Biotechnology Laboratory, Siebersdorf International Atomic Agency, Vienna Vol.1, No:2 ISSN 1020-6671.
- Anonim, 1999. Türk Gıda Kodeksi. Gıda Işınlama Yönetmeliği, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı 6.11.1999 tarih ve 23868 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonim, 2008. Türk Gıda Kodeksi. Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 23.01.2008 tarih ve 26765 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonymous, 2000. Irradiation in the production, processing and handling of food. In FDA Federal Register, 65 (141): 45280-45282.
- Anonim, 2012. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı ışınlanmış gıdalara ait veri bankası, <http://nucleus.iaea.org/FICDB/Browse.aspx>. (erişim tarihi 03.04.2012).
- Arvanitoyannis, I.S., 2011. Irradiation of Food Commodities, Techniques, Apparatus, Detection, Legislation, Safety And Consumer Opinion, Academic press in imprint of Elsevier, First edition, Oxford, UK. First edition, 710 p.
- Badr, H., 2006. Effect of gamma radiation and cold storage on chemical end organoleptic properties and microbiological status of liquid egg white and yolk. Food Chemistry, 97, 285-293.
- Bakalinov, S., Tsvetkova, E., Bakalinova, T., Tsvetkov T., Kaloyanov, N., Grigorova, S., Alxiev, V., 2008. Carcterization of freeze-dried egg melange long stored after irradiation. Radiation Phys. Chem., 77(1), 58-63.
- Borsa, J., Lucht, L., Blank, G., 1995. Recovery of microorganisms from potentially lethal radiation damage. Radiation Phys. Chem., 46(4-6), 597-600.
- Comer, A.G., Anderson, G.W., Garrad, E.H., 1963. Gamma irradiation of *Salmonella* species in frozen whole egg. Can J. Microbiol., 9, 321-324.
- Farkas, J., Mohacsi-Farkas, C., 2011. History and future of food irradiation. Trends Food Sci Tech, 22, 121-126.
- Farkas, J., 1998. Irradiation as a method for decontaminating food. International J. Food Microbiol., 44:189-204.
- Fengmei, L., Yongbao, G., Dianhua, C., 2000. Study on radiation preservation of frozen egg liquid. Radiation Phys. Chem., 57, 341-343.
- Ferreira, L.F.S., del Maestro, N.L., 1998. Rheological changes in irradiated chicken eggs. Radiation Phy. Chem., 52(1-6):59-62.
- Huang, S., Herald, T.J., Mueller, D.D., 1997. Effect of electron beam irradiation on physical, physiochemical and functional properties of liquid egg yolk during frozen storage. Poultry Science, 76, 1607-1615.

- Katusin-Razem, B., Mihaljevic, B., Razem, D., 1992. Radiation-induced oxidative chemical changes in dehydrated egg. *J. Agr. Food Chem.*, 40, 662-668.
- Ma, C.Y., Harwalkar, V., Poste, L., and Sahasrabudhe, M.R., 1992. Effect of gamma irradiation on the physicochemical and functional properties of frozen liquid egg products. *Food International*, 26(4), 247-254.
- Ma, C.Y., 1996. Effects of gamma irradiation on physicochemical and functional properties of eggs and egg products. *Radiation Phys. Chem.*, 48(3), 375.
- Min, B.R., Nam, K.C., Lee, E.J., Ko, G.Y., Trampel, D.W., Ahn, D.U., 2005. Effect of irradiating shell eggs on quality attributes and functional properties of yolk and white. *Poultry Sci.*, 84, 1791-1796.
- Narvaiz, P., Lescano, G., Kairiyama, E., 1992. Physicochemical and sensory analysis on egg powder irradiated to inactivate *Salmonella* and reduce microbial load. *J. Food Safety* 12, 263-282.
- Pinto, P., Ribeiro, R., Sousa, L., Cabo Verde, S., Lima, M.G., Dinos, M., Santana, A., Botelho, M.L., 2004. Sanitation of chicken eggs by ionizing radiation: functional and nutritional assessment. *Radiation Phys. Chem.*, 71, 33-36.
- Raso, J., Barbosa-Canovas, G.V., 2003. Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques. *Food Sci.*, 43(3), 265-285.
- Schaffner, D.F., Hamdy, M.K., Toledo, R.T., Tift M.L., 1989. *Salmonella* inactivation in liquid whole egg by thermoradiation. *J. Food Science*, 54(4), 902-905.
- Serrano, L.E., Murano, E.A., Shenoy, K., Olson, D.G., 1997. D values of *Salmonella enteritidis* isolates and quality attributes of shell eggs and liquid whole eggs treated with irradiation. *Poultry Sci.*, 76(1), 202-205.
- Song, H., Kim, B., Choe, J., Jung, S., Kim, K., Kim, D., Jo, C., 2009. Improvement of foaming ability of egg white product by irradiation and its application. *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 217-221.
- Tayyar, M., 2012. Yumurta Hijyeni <http://homepage.uludag.edu.tr/~mtayar/yumurtahijyeni>. (erişim tarihi: 03.04.20012)
- Tellez, I.G., Trejo, R.M., Sanchez, R.E., Ceniceros, R.M., Luna Q.P., Zazua P., Hargis, BM. 1995. Effect of gamma irradiation on commercial eggs experimentally inoculated with *Salmonella serovar* Enteritidis. *Radiation Phys. Chem.*, 46(4-6), 789-792.
- Verde, S.C., Tenreiro, R., Botelho, M.T., 2004. Sanitation off chicken eggs ionizing radiation by HACCP ve inactivation studies. *Radiation Physics. and Chem.*, 71, 27-31.