

## İŞINLAMANIN KÜF GELİŞİMİ VE MİKOTOKSİN KONTROLÜ ÜZERİNE ETKİSİ\*

### EFFECT OF IRRADIATION ON MOULD GROWTH AND MYCOTOXIN CONTROL

Bülent KABAK<sup>1</sup>, Işıl VAR

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

**ÖZET:** Gıda maddelerinin dayandırılması amacıyla kullanılan ısı işlemi, dondurma gibi geleneksel yöntemlere ek olarak son yıllarda ışınlama uygulaması üzerinde de durulmaktadır. Soğuk pastörizasyon işlemi olarak da adlandırılan ışınlama işlemi özellikle çeşitli gıda maddelerinde bulunan patojen mikroorganizmaların inhibisyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, gamma ışınlarının depolanmış gıda maddelerinde mikotoksijenik küf türlerinin inhibe edilmesinde ve aflatoksinler başta olmak üzere çeşitli mikotoksinlerin detoksifikasyonunda da başarılı sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Gamma ışınlarının ortamda su varlığında uygulanmasının mikotoksinleri parçalama yeteneğini artırdığı bildirilmektedir.

**ABSTRACT:** In recent years, irradiation has also been studied in food preservation in addition to the traditional methods such as heat treatment and freezing. Irradiation referred also as "cold pasteurization" generally used to inhibit pathogen microorganisms in variety of foods. In addition, irradiation has been used to inhibit mycotoxigenic mould growth during storage period and many studies have been conducted to access the use of gamma irradiation in mycotoxin detoxification. It has been reported that the level of mycotoxin detoxification by gamma irradiation is increased in the presence of water.

### GİRİŞ

Mikotoksinler, bitki patojeni olarak bilinen *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* ve *Alternaria* spp. başta olmak üzere, patojenik ve bozulma etmeni olan küfler tarafından üretilen ikincil metabolizma ürünleridir (Moss 1992, Placinta, D'Mello ve Macdonald 1999, Galvano, Piva, Ritieni ve Galvano 2001, Huwig, Freimund, Kappeli ve Dutler 2001, Atroshi, Rizzo, Westermack ve Ali-Vehmas 2002, Overy, Seifert, Savard ve Frisvad 2003). *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsi küfler genelde kurutma ve depolama aşamalarında sorun yaratırken, *Fusarium* ve *Alternaria* türleri ürüne hasat öncesi veya hasat sonrası kontamine olabilmektedir (Sweeney ve Dobson 1999). Dünyada 100'ün üzerinde küf türü tarafından üretilen yaklaşık 400 kadar ikincil metabolitin toksik aktiviteye sahip olduğu bildirilmekle birlikte, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) dünyada yetiştirilen tarım ürünlerinin % 25'inin mikotoksinlerle kontamine olduğunu ileri sürmektedir (McLean ve Dutton 1995, Wang ve Groopman 1999, Galvano vd 2001, Atroshi vd 2002).

Mikotoksinlerin insan ve hayvanlara karşı toksik etkisi; alınan doza, maruz kalma süresine, toksinin türüne, toksinin etki mekanizmasına, metabolizmaya ve savunma mekanizması gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Hussein ve Brasel 2001, Galvano vd 2001). Mikotoksinlerle kontamine olmuş gıda ve yem maddelerinin insan ve hayvanlar tarafından tüketilmesi sonucunda teratojenik, kanserojenik, östrojenik, nörotoksik ve bağışıklık sistemini baskılayıcı etki görülebilmektedir (Atroshi vd 2002). Mikotoksinlerin sağlık ve ekonomik yönden yarattığı sorunlar, araştırmacıları mikotoksin oluşumunun engellenmesi ve/veya mikotoksinlerin ortamdaki uzaklaştırılmasına yönelik kontrol stratejilerine yöneltmiştir (Rustom 1997, Dorner, Cole ve Wicklow 1999, Yılmaz ve Özay 2001). Bu amaçla geliştirilen çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler bulun-

\* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

<sup>1</sup> E-posta: bkabak@cu.edu.tr

makla birlikte, son yıllarda üzerinde durulan yöntemlerden birisi de ışınlama olmuştur. Bu amaçla, gıda endüstrisinde çoğunlukla iyonize ışınlar, ultraviyole (UV) ışınlar ve mikrodalga ışınları kullanılmaktadır (Erkmen 2000).

### **Işınlama Uygulamaları**

Radyasyon, iyonize ve iyonize olmayan radyasyon olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Gıda maddelerinin korunması amacıyla kullanılan iyonize radyasyonlar, 2000 Å veya daha küçük dalga boyuna sahip olan alfa ( $\alpha$ ) parçacıkları, beta ( $\beta$ ) parçacıkları, gamma ( $\gamma$ ) ışınları, X ışınları, elektronlar ve kozmik ışınlardan oluşmaktadır. İyonize olmayan radyasyonlar ise, UV ışığı, görünür ışık, infrared, mikrodalga ve radyo dalgalarıdır (Jay 1992).

İyonize ışınlar kullanılarak yapılan ışınlama işlemi, ürünün sıcaklığında önemli artışlara neden olmaması ve ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklik gözlenmemesinden dolayı "soğuk pastörizasyon" işlemi olarak da adlandırılmaktadır (Molins, Motarjemi ve Kaferstein 2001). Işınlama işlemi sırasında gıda maddesinin sıcaklığında yalnızca 2-3 °C'lik artışların meydana geldiği belirtilmektedir (TAEK 2001).

1980 yılında FAO/IAEA/WHO'nun Gıda ışınlama ile ilgili Uzmanlar Komitesi (JECFI), gıda maddelerinin ortalama 10 kGy'e kadar  $\gamma$ -ışını ile muamele edilmesinin toksikolojik herhangi bir tehlikeye neden olmadığını belirlemişler ve yasal limit olarak bildirmişlerdir. JECFI aynı zamanda, gıdaların ortalama 10 kGy'e kadar ışınlanmasının besin değeri ve mikrobiyolojik problemlere yol açmadığını da ifade etmişlerdir. Işınlama günümüzde 40 ülkede bir veya daha fazla gıda maddesinde ürünün raf ömrünü arttırmak amacıyla uygulanmaktadır (Molins vd 2001). Ülkemizde de 6 Kasım 1999 yılında "Gıda Işınlama Yönetmeliği" yayınlanmış ve gıda maddelerinin ışınlanmasına yasal olarak izin verilmiştir. Gıda gruplarına göre izin verilen ortalama ışınlama dozu ve kullanım amaçları Çizelge 1'de verilmiştir.

### **Işınlamanın Küf Gelişimi ve Mikotoksin Oluşumu Üzerine Etkisi**

Bu derleme kapsamında gıda endüstrisinde çoğunlukla kullanılan g-ışınlarının ve ultraviyole ışınlarının küf gelişimi ve mikotoksin üzerine etkisi tartışılmıştır.  $\gamma$ -ışınlarının gıda maddelerinin depolanması sırasında mikotoksijenik küflerin gelişimini ve mikotoksin oluşumunu inhibe ettiği bildirilmektedir (El-Bazza Zeinab, Hala, El-Fouly Mohie, El-Tablaway ve Seham 2001, Aziz, El-Zeany ve Moussa 2002). Işınlamanın küfler üzerine etkisinin diğer mikroorganizmalarda olduğu gibi, DNA bağlarının kırılması veya DNA onarım mekanizmasına zarar verilmesi suretiyle olduğu ileri sürülmektedir (TAEK 2001).

**Çizelge 1. Gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Anonim 1999).**

Gıda grubu	Amaç	Maksimum doz (kGy)
Soğanlar, kökler ve yumrular	Depolanma sırasında filizlenme, çimlenme ve tomurcuklanmayı önlemek	0.2
Taze meyve ve sebzeler	a) Olgunlaşmayı geciktirmek b) Böceklenmeyi önlemek c) Raf ömrünü uzatmak d) Karantina kontrolü	1.0 1.0 2.5 1.0
Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller, kurutulmuş sebze ve meyveler	a) Böceklenmeyi önlemek b) Mikroorganizmaları azaltmak c) Raf ömrünü uzatmak	1.0 5.0 5.0
Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b) Raf ömrünü uzatmak c) Paraziter enfeksiyonların kontrolü	5.0 3.0 2.0
Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b) Raf ömrünü uzatmak c) Paraziter enfeksiyonların kontrolü	7.0 3.0 2.0
Kuru sebzeler, baharatlar, kuru otlar, çaylar ve bitkisel çaylar	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b) Böceklenmeyi önlemek	10.0 1.0
Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	a) Böceklenmeyi önlemek b) Küflerin kontrolü	1.0 3.0

Refai, Aziz, El-Far ve Hassan (1996) *Aspergillus ochraceus* ile kontamine olmuş tavuk yemlerinin 4 kGy  $\gamma$ -ışınlanmasına maruz bırakılması durumunda, *Aspergillus ochraceus* gelişiminin tamamen inhibe olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, 2-5 kGy  $\gamma$ -ışını uygulamasının, okratoksin A (OTA) oluşumunu inhibe ettiği bildirilmektedir (Deberghes vd 1995). Aziz vd (2002) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, *Aspergillus flavus* ile kontamine olmuş tahıl tanelerinin 2 kGy  $\gamma$ -radyasyonuna maruz bırakılması durumunda 30 °C'de 45 gün içerisinde 52.2 mg/kg aflatoksin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) oluştuğu,  $\gamma$ -ışını uygulanmayan kontrol örneklerinde ise ortalama 1380.3 mg/kg AFB<sub>1</sub> tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 3 kGy  $\gamma$ -ışını uygulamasının *Aspergillus flavus*'un AFB<sub>1</sub> oluşturma yeteneğini inhibe ettiği tespit edilmiştir. Refai, Niazi, Aziz ve Khafaga (2003), çeşitli küf türleri ile kontamine olmuş ( $1 \times 10^4$  kob/g) pastırma örneklerinin, 1 kGy ve 3 kGy  $\gamma$ -ışını uygulaması sonucunda, küf sayısının sırasıyla  $8 \times 10^2$  ve  $7 \times 10^1$  kob/g düzeyine düştüğünü, 5 kGy uygulanması durumunda ise küf bulunmadığını saptamışlardır. Benzer şekilde, Aziz ve Moussa (2002)  $4.8 \times 10^4 - 6.8 \times 10^5$  kob/g konsantrasyonunda küf içeren meyvelerin, 1.5 kGy  $\gamma$ -ışınına maruz bırakılması durumunda, küf sayısının  $1.4 \times 10^2 - 2.5 \times 10^2$  kob/g, 3 kGy uygulanması durumunda ise  $1.4 \times 10^1 - 2.5 \times 10^2$  konsantrasyonuna indiğini saptamışlardır.

Diğer yandan, tüm küf türleri radyasyondan aynı şekilde etkilenmemekte ve düşük radyasyon uygulamasının mikotoksin oluşumunu teşvik ettiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Bu konuda yapılan bir araştırmada, 0.1 Mrad (1 kGy) gibi düşük dozda  $\gamma$ -ışını uygulamasının ekmekte ve diğer gıda maddelerinde aflatoksin üretimini teşvik ettiği, buna karşın 0.3 – 0.4 Mrad (3 – 4 kGy)  $\gamma$ -ışınının küf gelişimini ve aflatoksin oluşumunu engellediği belirlenmiştir (Samarajeewa, Sen, Cohen ve Wei 1990). Benzer şekilde, mikotoksin oluşturma yeteneğine sahip olmayan *Aspergillus flavus* EP-63 ve *Aspergillus ochraceus* P-153 suşlarının UV ışığına 210 dakika maruz bırakılması sonucu sırasıyla 200 ppm AFB<sub>1</sub> ve 210 ppm OTA oluşturduğunu bildirmişlerdir (Aziz ve Smyk 2002).

Işınlanmanın küf gelişimi ve mikotoksin sentezi üzerine etkisi, küf suşuna, uygulanan doza, ürünün nem içeriğine, gıdanın bileşimine ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (El-Bazza Zeinab vd 2001, Aziz ve Moussa 2002, Aziz vd 2002). Aflatoksijenik *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus flavus* türlerinin  $\gamma$ -radyasyonuna karşı D<sub>10</sub> değerlerinin sırasıyla 0.25 kGy ve 0.31 kGy olduğu bildirilmektedir (El-Bazza Zeinab vd 2001). Çizelge 2'de bazı küf türlerin gelişiminin engellenmesinde gereksinim duyulan dozlar, Çizelge 3'de ise bazı küf türlerinin  $\gamma$ -radyasyonuna karşı D<sub>10</sub> değerleri karşılaştırılmıştır.

### Işınlanmanın Mikotoksinler Üzerine Etkisi

X ışınları ve  $\gamma$ -ışınları gibi iyonize ışınlar mikotoksinlerin detoksifikasyonu amacıyla da kullanılabilir.  $\gamma$ -ışınlarının katı ve sıvı ortamlardan etkili bir şekilde penetre olmaları büyük önem taşımaktadır (Rustom 1997, Scott 1998).

Mikotoksinlerin  $\gamma$ -radyasyonu ile inaktivasyonu, radyasyon dozuna, gıda ve mikotoksin tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Aflatoksinlerin mikotoksinler arasında bilinen en toksik mikotoksin türü olması nedeniyle, detoksifikasyon çalışmaları genelde bu toksin üzerinde ağırlık kazanmış durumdadır.  $\gamma$ -ışınları aflatoksinlere karşı direkt olarak etki gösterememekte olup, indirekt olarak etkilemektedir (Samarajeewa vd 1990). Bu aşamada suyun varlığı, aflatoksinlerin  $\gamma$ -radyasyonu ile yıkımında önemli rol oynamaktadır (Samarajeewa vd 1990, Rustom 1997). Su ihtiva eden materyalin ışınlanması, bu moleküllerin bir kısmının iyonize olmasına ve

Çizelge 2. Oda sıcaklığında ışınlanmış bazı küf türlerinin radyasyona olan dirençleri (TAEK 2001)

Küf türü	Işınlama ortamı	Uygulanan radyasyon	Gelişmeyi önlemek için gerekli olan doz (kGy)
<i>Aspergillus flavus</i>	% 0.1 pepton	Elektronlar	1.6
<i>Aspergillus niger</i>	Malt ekstrakt agar	$\gamma$ -ışını	2.5
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Su	$\gamma$ -ışını	1.6
<i>Alternaria spp.</i>	Malt ekstrakt agar	$\gamma$ -ışını	6.0
<i>Botrytis cinerea</i>	Malt ekstrakt agar	$\gamma$ -ışını	5.0
<i>Cladosporium spp.</i>	Malt ekstrakt agar	$\gamma$ -ışını	6.0
<i>Penicillium viridicatum</i>	% 0.1 pepton	Elektronlar	1.4

Çizelge 3. Işınlanmış sulu süspansiyondaki küf sporlarının D<sub>10</sub> değerlerinin karşılaştırılması (TAEK 2001).

Küf türü	γ ile ışınlanmış (kGy)	Elektron ışınlarıyla ışınlanmış (kGy)
<i>Aspergillus echinulatus</i>	0.319	0.241
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.276	0.198
<i>Aspergillus glaucus</i>	0.250	0.243
<i>Aspergillus niger</i>	0.245	0.199
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.209	0.198
<i>Aspergillus versicolor</i>	0.282	0.234
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	0.236	0.194
<i>Penicillium cyclopium</i>	0.397	0.290
<i>Penicillium granulactum</i>	0.239	0.201
<i>Penicillium roqueforti</i>	0.416	0.341
<i>Penicillium verrucosum</i>	0.266	0.208
<i>Penicillium viridicatum</i>	0.333	0.265
<i>Curvularia geniculata</i>	1.798	1.193
<i>Alternaria alternata</i>	2.409	1.099

çok reaktif hidrojen ve hidroksil radikallerinin oluşumuna neden olmaktadır. Sulu dokularda iyonize radyasyonun biyolojik etkilerine katkıda bulunan serbest radikallerin meydana getirdiği bu etki, indirekt etki olarak ifade edilmektedir. Hidrojen ve hidroksil radikalleri kimyasal olarak çok reaktif, redüktan ve oksidan olarak etki gösteren ve karbon-karbon bağlarını açabilen ajanlar olarak bilinmektedir (TAEK 2001). Bu radikallerin, aflatoksinin yapısında bulunan uçtaki furan halkasına karşı etki gösterdiği ve aflatoksinleri yıkıma uğratarak daha düşük biyolojik aktiviteye sahip metabolitlerin oluşumuna neden olduğu belirtilmektedir (Rustom 1997).

AFB<sub>1</sub> ile kontamine edilmiş yerfıstığı unu 1-10 kGy γ-radyasyonuna maruz bırakılması durumunda, AFB<sub>1</sub>'in % 75-100 oranında parçalandığı bildirilmektedir. Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada ise, 5 mg/kg AFB<sub>1</sub>'in sulu solüsyonda 2.5, 5.0, 10.0 ve 20.0 kGy γ-ışını uygulaması sonucu, AFB<sub>1</sub>'in sırasıyla % 34, % 44, % 74 ve % 100 oranında detoksifiye olduğu görülmüştür (Rustom 1997). Benzer şekilde, Refai vd (2003), 2.8 – 47 mg/kg aflatoksin içeren pastırma örneklerinin 5 kGy γ-ışınına maruz bırakılması durumunda, aflatoksinlerin tamamının yıkıma uğradığını bildirmişlerdir. g-radyasyonunun H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile kombine olarak uygulanmasının serbest oksijen radikallerinin oluşumunu artırarak, aflatoksinlerin detoksifikasyonunu teşvik ettiği ileri sürülmektedir (Samarajeewa vd 1990, Rustom 1997). Bu konuda yapılan bir çalışmada, 2 kGy γ-ışınının % 5 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile kombine uygulanmasının AFB<sub>1</sub>'i % 37-100 oranında detoksifiye ettiği belirlenmiştir (Rustom 1997).

Aflatoksinler UV ışığına karşı da duyarlıdır. AFB<sub>1</sub>'in 222, 265 ve 362 nm dalga boylarında UV ışığını absorbe ettiği, absorpsiyonun 362 nm dalga boyunda maksimum düzeyde olduğu belirtilmektedir (Samarajeewa vd 1990, Rustom 1997). UV ışığının AFB<sub>1</sub> üzerine etkisini tespit etmek amacıyla Altuğ, Yousef ve Marth (1990) tarafından yapılan bir araştırmada, 250 ppb AFB<sub>1</sub> ile kontamine edilmiş kuru incirlerin UV ışığına 30 dakika maruz bırakılması sonucunda, AFB<sub>1</sub>'in % 45.7'sinin detoksifiye olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, yer fıstığı yağlarının UV ışığı ile 2 saat muamelesi sonucu, üründe bulunan aflatoksinlerin % 40-45'inin yıkıma uğradığı belirtilmektedir (Rustom 1997). Bunun yanı sıra, UV ışığının aflatoksin M<sub>1</sub> (AFM<sub>1</sub>)'in süt ortamından uzaklaştırılması amacıyla da kullanılabileceğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. 1 ppb AFM<sub>1</sub> ile kontamine olmuş çiğ sütün, UV ışığı (365 nm) ile 20 dakika muamelesi sonucunda AFM<sub>1</sub>'in % 56.2'sinin detoksifiye olduğu bildirilmektedir (Yousef ve Marth 1986).

## SONUÇ

Gıda maddelerinin bozulmasını engellemek amacıyla alternatif bir yöntem olarak kullanılan iyonize ışınların yasal olarak belirlenen sınırlar içerisinde kullanımının küf gelişimini ve toksin oluşumunu engellediği belirlenmiştir. İyonize ışınların mikotoksinler üzerine etkisi konusunda yapılan çalışmalar aflatoksinler ile sınırlı olup, ortamda suyun bulunup bulunmamasına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. İyonize ışınların H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi okside edici ajanlarla birlikte kombine olarak kullanımının mikotoksinleri detoksifiye etme yeteneğini arttırdığı bulunmuştur. Diğer yandan, UV ışınlarının da AFB<sub>1</sub> ve AFM<sub>1</sub> üzerine etkileri denenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Altuğ T, Yousef AE and Marth EH. 1990. Degradation of aflatoxin B<sub>1</sub> in dried figs by sodium bisulfite with or without heat, ultraviolet energy or hydrogen peroxide. *J. Food Prot*, 53 (7): 581-582.
- Anonim 1999. Gıda ışınlama yönetmeliği. Resmi gazete 06.11.1999, sayı, 23868.
- Atroschi F, Rizzo A, Westermack T ve Ali-Vehmas T. 2002. Antioxidant nutrients and mycotoxins. *Toxicol*, 180: 151-167.
- Aziz NH ve Moussa LAA. 2002. Influence of gamma-radiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruits. *Food Control*, 13: 281-288.
- Aziz NH and Smyk M. 2002. Influence of UV radiation and nitrosamines on the induction of mycotoxins synthesis by nontoxicogenic moulds isolated from feed samples. *Nahrung*, 2: 118-121.
- Aziz NH, El-Zeany SA and Moussa LAA. 2002. Influence of g-irradiation and maize lipids on the production of aflatoxin B<sub>1</sub> by *Aspergillus flavus*. *Nahrung*, 5: 327-331.
- Deberghes P, Betbeder AM, Boisard F, Blanc R, Delaby JF, Krivobok S, Steiman R, Seigle-Murandi F, Creppy EE. 1995. Detoxification of ochratoxin A, a food contaminant: prevention of growth of *Aspergillus ochraceus* and its production of ochratoxin A. *Mycotoxin Res*, 11: 37-47.
- Dorner JW, Cole RJ and Wicklow DT. 1999. Aflatoxin reduction in corn through field application of competitive fungi. *J. Food Prot*. 62 (6): 650-656.
- El-Bazza Zeinab EM, Hala AF, El-Fouly Mohie EDZ and El-Tablawy Seham YM. 2001. Inhibitory effect of gamma radiation and *Nigella sativa* seeds oil on growth, spore germination and toxin production of fungi. *Radiat. Phys. Chem*, 60: 181-189.
- Erkmen O. 2000. Kaliteli ve güvenli gıda üretimi için ışınlama yöntemi, *Dünya Gıda*, 2: 58-61.
- Galvano F, Piva A, Ritieni A and Galvano G. 2001. Dietary strategies to counteract the effects of mycotoxins: a review. *J. Food Prot*. 64 (1): 120-131.
- Hussein HS and Brasel JM. 2001. Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicol*, 167: 101-134.
- Huwig A, Freimund S, Kappeli O and Dutler H. 2001. Mycotoxin detoxification of animal feed by different adsorbents. *Toxicol. Lett*, 122: 179-188.
- Jay JM. 1992. *Modern Food Microbiology*. Chapman and Hall, 675 s, London.
- McLean M and Dutton MF. 1995. Cellular interactions and metabolism of aflatoxin: an update. *Pharmac. Ther*, 65: 163-192.
- Molins RA, Motarjemi Y and Katerstein FK. 2001. Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods. *Food Control*, 12: 347-356.
- Moss MO. 1992. Secondary metabolism and food intoxication-moulds, *J. Appl. Bacteriol. Symposium Supplement*, 73: 80-88.
- Placinta, CM, D'Mello JPF and Macdonald AMC. 1999. A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Anim. Feed Sci. Technol*, 78: 21-37.
- Overy DP, Seifert KA, Savard ME and Frisvad JC. 2003. Spoilage fungi and their mycotoxins in commercially marketed chestnuts. *Int. J. Food Microbiol*, 2737: 1-9.
- Refai MK, Aziz NH, El-Far F and Hassan AA. 1996. Detection of ochratoxin produced by *Aspergillus ochraceus* in foodstuffs and its control by g irradiation. *Appl. Radiat. Isotop*, 47 (7): 617-621.
- Refai MK, Niazi ZM, Aziz NH and Khafaga NEM. 2003. Incidence of aflatoxin B<sub>1</sub> in the Egyptian cured meat basterma and control g-irradiation. *Nahrung*, 6: 377-382.
- Rustum IYS. 1997. Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods. *Food Chem*, 59 (1): 57-67.
- Samarajeewa U, Sen AC, Cohen MD and Wei CI. 1990. Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods. *J. Food Prot*, 53 (6): 489-501.
- Scott PM. 1998. Industrial and farm detoxification processes for mycotoxins. *Mycotox'98 International symposium J Le Bars, P Galtier (eds), pp: 543-548, 2-4 July, Toulouse, France.*
- Sweeney MC and Dobson ADW. 1999. Molecular biology of mycotoxin biosynthesis. *FEMS Microbiol. Lett*, 175: 149-163.
- TAEK 2001. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Ankara Nükleer Tarım ve Hayvancılık Araştırma Merkezi Gıda Işınlama Kurs Notları, 26 Şubat-1 Mart, Ankara.
- Wang J and Groopman JD. 1999. DNA damage by mycotoxins. *Mutat. Res*, 424: 167-181.
- Yılmaz A ve Özay G. 2001. Gıda ve yemlerde mikotoksinlerin detoksifikasyonu. *Gıda*, 7: 80-84.
- Yousef AE and Marth EH. 1986. Use of ultraviolet energy to degrade aflatoxin M<sub>1</sub> in raw or heated milk with and without added peroxide. *J. Dairy Sci*, 69: 2243-2247.