

Dr. Şeminur TOPAL

TÜBİTAK - MAE, Beslenme ve Gıda Tekn. Böl. — Gebze/KOCAELİ

ÖZET

İyonize radyasyon adıyla bilinen ışınlama tekniğinde kullanılan kaynaklar, doz ve birimleri, tarihsel gelişimi amaç ve uygulamalarıyla etki mekanizması açısından özetle incelenmiş ve bu konudaki güncel çalışmaların derlemesi yapılmaya çalışılmıştır.

IRRADIATION TECHNIQUES and THEIR APPLICATIONS IN FOOD INDUSTRY.

SUMMARY

In this study irradiation techniques also known as ionizing radiation, the sources used respective dosages, units, historical developments, mechanisms of action have been reviewed. Also, a synopsis of recent studies in this field is presented.

GİRİŞ

Günümüzde üzerinde en uzun süreli çalışılan bir gıda koruma yöntemi olan ışınlama, çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Gıda teknolojisinde ışınlamanın, gıdaların dayanma ömürlerini uzatmak, mikrobiyal yükünü azaltmak, filizlenmeyi ve ileri olgunlaşmayı inhibe etmek, paraziter bulaşma ve hastalıkları engellemek depolama evresindeki böcek ve zararlıları ortadan kaldırmak, eti tencereye etmek, kahvenin kavrulması ve endüstriyel steril ürünler eldesi gibi pek çok uygulama alanları bulunduğu bildirilmektedir (DESROSIER 1970, WIESER ve ark. 1971, LEVELLE 1984).

Sözü edilen kalite geliştirici, ürün kayıplarını önleyici ekonomik yararları yanında (LEISTNER 1986), gıda ışınlamanın teknolojik yönlerden de çeşitli yararlar sağladığı ifade edilmekte ve bunlar aşağıdaki gibi özetlenmektedir (ANON, 1986):

- Baharat sterilizasyonunda kullanılan **etilen oksit** ve tropikal meyve dezenfeksiyonunda kullanılan **etil bromid** gibi kanserojen etkisi belirlenen maddelerin kullanımına son verilebilmektedir.
- Halen revizyonda olmasına rağmen tahıl ve baklagillerde böceklenmeye kar-

şı kullanılan ve zararlı etkisi belirlenen metilen bromit ve fosfin gibi maddelerin de kullanımını engellemektedir.

- Meyve ve sebzedeki çürüme ve kuru gıdalarda küf kontrolüne karşı kullanılan fungusitlerin kullanımını ve pestisit kalıntı problemlerini ortadan kaldırmaktadır.

- Işınlamanın gelişmesi doğada bulunan Co^{60} ve Cs^{137} gibi, 5,27 ve 30 yıl yarılanma ömürleri olan doğal radyoaktif kaynakların kontrol altında tutulması gibi faydalar sağlamaktadır. Çünkü bu maddelerden Co^{60} % 13 ve Cs^{137} % 1,7 oranında kendiliğinden doğaya yayılmakta ve kayba uğramaktadır. Ayrıca ışınlama ile özellikle et sanayiinde nitrit ve nitrat kullanımının 1/2 - 2/3 oranında azaldığı da bildirilmiştir (SMITH ve PINTAURO, 1980).

Bütün bunlara ek olarak ışınlama tekniğinin, tıbbi malzeme ve farmakolojik hammaddelerle - preparatların, bazı elektronik malzemelerin sterilizasyonu ile terapide canlı tümör hücrelerinin inaktivasyonu amacıyla da kullanılabildiği ifade edilmektedir (HALL 1976, LEY 1981, ANON. 1986).

RADYOAKTİF BOZULMA ve İYONİZE RADYASYON

Bazı maddelerin atom çekirdekleri stabil olmayıp, bunlar nükleer partikülleri ile, 8 ışın fotonlarını⁽¹⁾ ve tasdikları enerjisi etraflarına yaymaktadırlar. Bu fenomenin radyoaktif bozulması ile yayılan ışınlar «radyoaktivite» denilmekte, ancak bunun radyoaktif maddeden farklı olduğu bildirilmektedir. Ayrıca radyoaktif

(*) Bu çalışma Bölümümüzde 5.5.1988 tarihinde yapılan İkbahar Blok Seminerinde sunulan tebliğin bir bölümüdür.

(1) Foton (photon). Işık enerjisi partikülleri.

(2) nötron : Protonlarla atom çekirdeğini oluşturan elektriksiz (nötr) partikül.

maddenin nükleer güç ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (LINDELL 1987).

Elementlerin bazıları doğal radyoaktif nitelikli olup (uranyum gibi), bazıları ise özgün yöntem ve işlemler sonucu yapay olarak radyoaktivite verir hale dönüştürülebilmektedir (Co^{60} , Cs^{137} gibi). Yapay olarak radyoaktivite verebilme özelliği kazanan bu maddelere «radyoaktif izotoplar» denilmektedir.

Gerek doğal radyoaktif elementler ,gerekse nükleer reaktörde üretilen radyoaktif izotoplar ayrışmaları sırasında bir çeşit ışın enerjisi ve enerji parçacıkları yaymaktadır. Gıdaların ışınla muhafazasında en önemli radyasyonlar alfa (α) ve beta (β) parçaları ile gamma (γ) ışınlarıdır. Radyoaktif ayrışmada ortaya çıkan nötronlar⁽²⁾ ise, gıda maddesini de radyoaktif hale getireceğinden gıda ışınlamasında kullanılmamaktadırlar (FOX ve CAMERON, 1982).

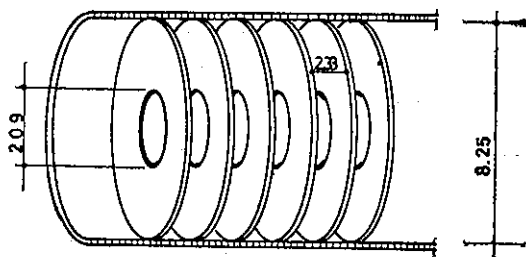
Radyoaktif izotop veya radyonüklid ayrışması sonucu oluşan α parçaları, dışındaki iki elektronu ayrılmış helyum atomlarıdır. β parçacıkları, yüksek enerji taşıyan elektronlar olup «katod ışınları» da denilmektedir. γ ışınları ise diğer adıyla «fotonlar» olup, bir tür X ışınlarıdır.

Bir atomdan bir elektron ayrıldığında elektrik yüklü iki parçacık yani «iyon», oluşur, bunlara «iyon çiftleri», olaya da «iyonizasyon» denilmektedir. Radyoaktif izotopların yaydıkları α , β parçacıkları ve X ışınları farklı düzeylerde iyonizasyon enerjisine sahiptirler, etki et-

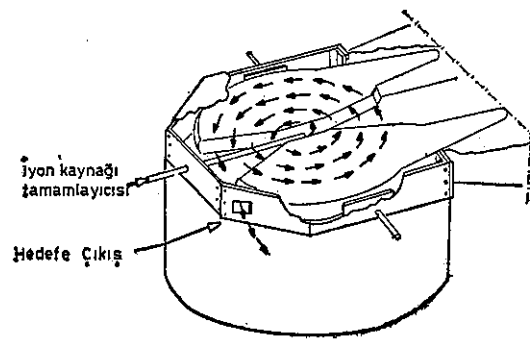
tikleri maddelerde iyonizasyona neden olmaktadır. Bu nedenle «iyon'ze radyasyon» adını almaktadırlar. Gıda korunumunda radyoaktif maddelerden yayılan ışınlar yerine bazı radyant enerjiler kullanılmaktadır. Bu amaçla 200 - 280 nm. dalga boyundaki Ultraviyole ışınları, 100 - 150 nm. dalga boyundaki X ışınları ve 100 nm. den küçük dalga boyundaki α , β , γ ışınları germisidal etkileri bakımından önem taşımaktadırlar (CEMEROĞLU ve ACAR 1986).

GIDA IŞINLAMASINDA İYONİZE RADYASYON ÜRETİMİ

Gıda ışınlamada kullanılan iyonize radyasyonların üretiminin başlıca 2 tip olduğu bildirilmektedir (FOX ve CAMERON, 1982). Bunlar, 1) Linear veya siklotron tiplerde çalışan hızlandırıcı (akselatör - Şekil 1) ile çok yüksek hız kazandırılmış yüksek enerjili elektron bombardımanları ki, tıpkı bir hedefe nişan almışcasına elektronlar akselatörden fırlatılır (CONSIDINE 1976), 2) Elektromanyetik radyasyon olup Co^{60} ve Cs^{137} gibi belli radyoaktif izotopların bozulması ile üretilen ışınlarıdır. Ancak akselatörlerin çok pahalı, bunların radyoizotoplarının ise daha hızlı olduğu, buna karşılık kobalt metalinin ışınlanması ile veya nükleer reaktörlerdeki yakıt elementlerinin fizyon ürünü olan Cs^{137} den elde edilen γ izotobunun daha ekonomik olduğu ifade edilmektedir. Işınlamada kullanılan radyant enerjiler sürekli ve kesikli sistemlerde üretilmektedirler (ANON 1984).



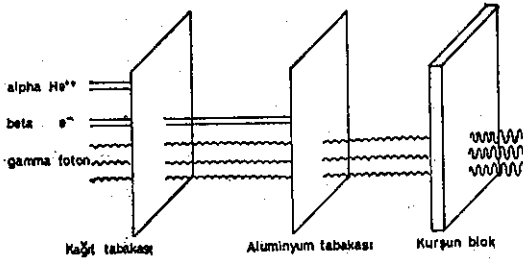
Linear akselatör sistemi (hızlandırıcı)



Siklotron akselatör sistemi

Şekil 1. Elektron bombardımanı üreten akselatör kesiti (CONSIDINE 1976).

Gıda ışınlamasında kullanılan α ve β partikülleri ile, γ fotonlarının (ışık enerjisi partiküllerinin) penetrasyon güçleri Şekil 2 de gösterildiği gibi farklı olup, α partikülleri havada yavaş hızla ve ancak bir kaç cm. kadar ilerler. Düşük penetrasyon gücüne sahiptirler, bir kağıt tabakasıyla karşılaşınca bile geçemezler. β partikülleri daha fazla penetrasyon gücüne sahip olmakla birlikte özgün iyonizasyon gücü daha düşüktür. γ ışını ise, β ışınından daha düşük özgün iyonizasyon gücüne sahip olup penetrasyon gücü yüksektir. Örneğin α ışınının kurşundaki penetrasyonu, β ışınının havadaki penetrasyonu kadardır (DESROSIER, 1970).



Şekil 2. α , β , γ ışınlarının relatif penetrasyon durumları

Gıda ışınlamasında güvenlik açısından kullanılacak kaynağın enerji düzeyi çok önemlidir. Pratikte Co^{60} ve Cs^{137} gibi izotopik kaynakların kullanıldığı durumlarda maksimum enerji $\leq 1,33$ Mev, elektronlar için ≤ 10 mev, α ve X ışınları için ≤ 5 Mev olarak sınırlanmıştır (ANON. 191).

İŞINLAMADA ABSORBE EDİLEN DOZ ve RADYOAKTİVİTE BİRİMLERİ :

Işınlama işleminde ışınlanan madde tarafından absorblanan enerji miktarı, diğer bir ifade ile «absorblanan doz» önemlidir (LINDALL, 1987). Bu dozun ifadesi olan birimler ve açıklamaları aşağıdaki gibi bildirilmiş olup, kaynağın intensitesinin substratın kümülatif etkisinin ve oranının göstergesidir (DESROSIER, 1970).

Rad : İyonize radyasyon etkisinde kalan her maddenin 100 erg/g.(*) eşdeğerinde absorbe ettiği radyasyon miktarı olup, absorbe edilen enerjinin ölçüsüdür. Diğer

bir tanımla ışınlanmış ürünün 1 g.ının 10^{-5} joullük oranda enerji absorbsiyonuna eşdeğerdir [100 rad = 1 J/kg. dir. 10^3 rad = 1 kilorad (Krad), 10^6 rad = 1 Megarad (Mrad).]

Gray (Gy) : Radyasyon etkisinde kalan bir maddenin absorbe ettiği iyonize radyasyon miktarının diğer bir ifadesidir. (100 rad = 1 Gy, 1 Krad = 100 Gy, 1 KGy = 100 Krad ve 1 Mrad = 10 KGy).

Rontgen (r) : 1 g. radyum kaynağından, 1 yarıda (91,44 cm.) uzaklıktan 1 saatte alınan radyasyon miktarıdır. Diğer bir ifade ile, 1 cm³ kuru havada $2,08 \times 10^9$ iyon çifti oluşturan radyasyondur.

Rep (rontgen equivalent physical = Rontgen fiziksel eşdeğeri) : Işınlanan gıdanın 1 ml. sinin 93 erg enerji absorbe etmesine eşdeğer iyonize radyasyon miktarıdır.

Becquerel (bekerel = Bq) : Saniyede parçalanmış atom çekirdeği sayısıdır. Dozu milirem olup (100 m. rem = 1 milisievert = 1 msv.)

res : Radyoaktif bir elementin yaydığı ışınların, biyolojik etkisini değerlendiren birim (1 mrem = msv.)

Curie : Radyasyon kaynağının gücü veya radyasyon yayma hızı birimi olup; 1 curie, bir saniyede $3,7 \times 10^{10}$ luk parçalanmaya eşittir. Işınlanan homojen ürünlerde, dokular tarafından absorbe edilen radyasyon dozu dozimetrelerle ölçülmektedir (ANON. 1984).

İngiliz Radyasyon Ürünleri ve Ölçümleri Komitesi'nin (BCRU) önerileri doğrultusunda halen kullanılan iyonlaştırıcı radyasyon ve absorbe edilen doz birimleri, 1982 de geçerli olmak ve 1985'den sonra da uygulamada kesin birlik sağlamak üzere Uluslararası Birim Sistemleri - SI sistemine - göre standardize edilmiş ve bu şekilde ifadesi resmen kabul edilmiştir. Bu standardizasyon Çizelge 1'de sunulmuştur (LEY, 1981).

(*) Erg; enerji birimi olup, 1 Erg = 10^{-7} jouldur.

Çizelge 1. Eski ve Yeni Uluslararası Işınlama Üniteleri

	Absorbe edilen doz birimleri		Radyoaktivite birimleri	
	Eski	Yeni	Eski	Yeni
Sembol	rad	Gray	Curie	cBecquerel
Birimler	rad	Gy	Ci	Bq
İlişkileri	100 erg/g.	1 J/kg (100 rad)	3.7×10^{10} dis/s(*)	1 dis/s(*)
İsim	1	0.01	1	3.7×10^{10}

(*) an. de parçalanma sayısı

GIDA İŞİNLAMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ :

Gıda teknolojisinde iyonize ışınların kullanılması konusunda ilk kez 1940'lı yılların sonunda Dr. B.E. Proctor ve Dr. S.A. Goldblith dikkatleri çekmişler ve 1950'li yıllardan beri de konu ile ilgili çalışmalar yoğun olarak sürdürülmektedir. (DESROSIER 1970). Üzerinde en uzun süredir çalışılmakta olan bu gıda korunum yönteminin uluslararası alanda sağladığı gelişmelerin 3 fazda incelenebileceği bildirilmektedir (DIEHL, 1983). **1. Teknolojik Belirlemeler Fazı :** Bu fazda farklı ürün, amaç, doz, paketleme materyali, sıcaklık v.b. pek çok parametreyle çalışılmış ve 1960'lı yılların ortalarına kadar süren bu fazda elde edilen sonuçlara göre geliştirilen öneriler Çizelge 2'de özetlenmiştir.

2. İşlenmiş Gıdalarla Yapılan Çalışmaların Biyolojik, Toksikolojik, Kimyasal Açılardan Değerlendirildiği Faz : Bu iki faz arasında kesin bir ayırım yapmak çok zordur. Bu dönemde daha çok yenileme ve canlı hayvan deneyleriyle durum incelenmiş ve 5 milyon \$ civarında harcama yapılarak, çok sayıda gıdalar-daki kimyasal ve nutrisyonel değişiklikler diğer yöntemlerle kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Yine bu dönemde konuyla ilgili ulusal ve uluslararası komiteler kurulmuş ve organize olmuşlardır. FAO (Gıda Tarım Teşkilatı)/IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu)/WHO (Dünya Sağlık Teşkilatı) ortak Ekspertler komitesi ilk kez 1964 de toplanmış, ilerideki yıllarda da çalışmalarını sürdürmüşlerdir.

İlk kez 1979 da ışınlama işlemi için izin (Clearance) alabilen gıdalar saptanmıştır. Halen 30'un üzerinde ülkede 39 ürün için ışınlama izni alınmış durumdadır. (TEALE 1988). **3. İşinlamanın Gıda Teknolojisinde Aktüel Kullanım Fazı :** Gıda ışınlamada ilk deneme uygulaması Rusya'da, ilk patent alımı Fransa'da (BRADY 1987), ilk ticari uygulama da 1973 de Japonya'da patateslerin filizlenmesini önlemek üzere ve 20.000 ton/yıllık kapasiteyle gerçekleştirilmiştir. Bunu diğer ülkelerdeki uygulamalar izlemiştir (DIEHL 1983, 1987). Halen A.B.D., Japonya, Belçika, Brezilya, Şili, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Macaristan, İsrail, Hollanda, Norveç, Güney Afrika ve Yugoslavya başta olmak üzere 23 ülkede ticari boyutlarda uygulamaların sürdürüldüğü, dünyada çeşitli amaç ve kapasitelerle kurulan 140 ışınlayıcının bulunduğu bildirilmektedir (TEALE 1988). Mevcut ışınlayıcıların 13 tanesi Fransa ve Çin'in kullanımındadır (LOAHROANU 1983, BRADY 1987).

Almanya ve İngiltere'de ise çeşitli kapasitelerde ışınlayıcılar bulunmasına karşın, ticari olarak gıda ışınlamasında kullanılmadığı, sadece immuno-regüler terapi gören hastalara steril diyet hazırlama ve tıbbi sterilizasyon amaçlarıyla hizmete alındığı ifade edilmektedir (LEISTNER 1987).

Bütün bunların yanında ışınlama olayına benzer etkisi bakımından Ultraviyolenin de yararlı olduğu, özellikle içme ve kullanma suyu sterilizasyonunda olumlu etkileri bulunduğu bildirilmektedir (MANS 1987).

Çizelge 2. Gıdalarda iyonlaştırıcı radyasyonla önerilen bazı uygulamalar ve dozları

Gıdalar	Temel İşlemler	Amaçlanan İşlemler	Dosaj (k Gy)
Et, kanatlı, balık etleri vb. diğer çok çabuk bozulan gıdalar	Soğutmadan depolamada güvenli korunum süresinin uzatılması	Bozulmaya sebep olan organizmaların ve patojenlerin (kısmen de <i>Clostridium botulinum</i>) yok edilmesi.	30 - 50
Et kanatlı, balık etleri vb. diğer çok çabuk bozulan gıdalar	Soğutularak depolama süresinin uzatılması	Bu derecelerde gelişebilen mikroorganizmaların popülasyonunun azaltılması.	1 - 10
Donmuş et, kanatlı eti, yumurta vb. patojenlik kontamine bozulabilir gıdalar	Gıda zehirlenmelerinin önlenmesi	<i>Salmonella</i> 'ların elemine edilmesi	3 - 10
Et vb. patojenik parazitleri taşıyabilen diğer gıdalar	Parazitik hastalıkların gıdalara taşınmasının önlenmesi	<i>Trichinella Spiralis</i> ve <i>Taenia saginata</i> gibi parazitlerin elemine edilmesi	0.1 - 0.3
Tahıllar, un, taze ve kurutulmuş meyve diğer bozulma etkenlerini taşıyabilen ürünler	Depolanmış gıdaların kalite kaybının ve diğer bozulma etkenlerinin önlenmesi	Böceklerin kısırlaştırılması veya öldürülmesi	0.1 - 0.5
Meyve ve çeşitli sebzeler	Koruma özelliklerinin geliştirilmesi	Küfler ve mayalar ile ileri olgunlaşma etmenlerinin popülasyonlarının azaltılması	0.5 - 3.0
Patates, soğan gibi kök ve yumru bitkilerin yeraltı organları	Depolama süresinin uzatılması, kayıpların azaltılması	Filizlenmenin önlenmesi	0.05 - 0.15
Baharatlar ve diğer kurutulmuş gıda bileşenleri	Gıdalara ilave edilecek bu katkılarla kontaminasyonunun minimuma indirilmesi	Bu katkılardaki mikroorg. popülasyonunu azaltma	5 - 20

GIDALARDA IŞINLAMA UYGULAMALARI VE AMAÇLARI :

Gıdalardaki ışınlama uygulamalarında esas olarak 3 farklı teknik kullanılmaktadır (FOX ve CAMERON 1982, GIDDINGS 1984) : **Radapperdizasyon** : Gıdalardaki mikroorganizmaların tamamının veya büyük bir kısmının öldürülmesi için ışınlamanın kullanılması işlemidir. Ticari sterilizasyona eşdeğerdir. Yüksek dozlara (30 - 40 kGy) gereksinim vardır. Örneğin bir gıdadaki 10^{12} /g. lik *Clostridium botulinum* yükünün % 90 nını elimine etmek için 4.8 Mrad (48

kGy.lik) bir doza gereksinim olduğu bildirilmektedir. **Radurizasyon** : Pastörizasyon gibi gıdaların dayanma ömürlerini uzatmak ve sağlık açısından risklerini azaltmak amacıyla yapılan düşük dozlu (0.75 - 2.5 kGy) uygulamalardır, mikroorganizmaların sayılarının azaltılmasını amaçlar. **Radisidasyon** : Gıdalara uygulanan bu ışınlama ile, örneğin *Salmonella* sp. gibi sadece zararlı mikroorganizmaların elemine edilmesi amaçlanmaktadır. Sanitasyon uygulaması karşılığıdır ve 2.5 - 10 kGy lik dozlarda uygulanır.

FAO/IAEA/WHO Ortak Eksperler Komitesi, gıda işinlamalarını uygulamadaki amaca göre kullanılması gerekli doz aralıkları doğrultusunda gruplamışlar ve işinlanan gıda tarafından absorblanabilecek maksimum dozu 10 kGy olarak saptamışlardır (ANON 1981, 1984). Buna göre;

Düşük doz uygulamaları (≤ 1 kGy)

Filizlenmenin inhibisyonu
Böceklerin dezenfeksiyonu
İleri olgunlaşmanın geciktirilmesi

Orta düzeydeki doz uygulamaları (1-10 kGy)

Mikrobiyal yükün azaltılması
Sporsuz ve patojen mikroorganizma yüklerinin azaltılması

Gıdaların teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi

Yüksek doz uygulamaları (10 - 50 kGy)

Ticari amaçlı sterilizasyon
Virüslerin elemine edilmesi, amaçlarını taşır.

Gıda işinlama uygulamalarında seçilecek doz teknolojik kalite ve ekonomikliğin anahtarı olarak ifade edilmektedir. Yeniden 2. kez işinlamanın (reiradyasyon) ise, sadece hazırlandığı ham madde ve katkı maddelerine ≤ 1 kGy düşük doz uygulanmış mamul gıdalara, işinlanmış gıda katkı maddesini % 5 den daha az oranda içeren gıdalara ve tam işinlama dozunun bir kere de uygulanmasının teknolojik sakınca yaratacağı gıdalara uygulanabileceği, insekt zararlarına karşı işinlanan düşük nemli tahıl vb. gıdalara ise kesinlikle uygulanmayacağı bildirilmiştir (ANON 1984).

GIDA İŞINLAMASININ ETKİ MEKANİZMASI

İyonlaştırıcı radyasyon uygulamasıyla, sıcağıkla sterilizasyon için gereken enerjinin 1/50'si ile ve 5°F (-15°) de de ürünün sterilizasyonuna olanak verdiği bildirilmiştir. İşinlamanın biyolojik etkisinin, işinlanmış ürünün moleküller ve atomik yapısındaki değişiklikleri de doğrudan ve dolaylı olduğu ifade edilmiştir. (DESROSIER 1970, WEISSER ve ark. 1971). Buna göre doğrudan etki; hücre çoğalmasının önlenmesi, mutasyon ve lethal etki gibi işinların ve elektronların çok hızlı hareket yüklemesine ve çarpmaya bağlı olarak geliştirdiği etki olup, biyolojik materyalin veya fonksiyonlarının zarar görmesi veya değiştirilmesi biçiminde açıklanmıştır.

Dolaylı etki ise, su içeren materyalin işinlanması sonucu su molekülünün iyonize olarak H⁺ ve OH⁻ radikallerine ayrışması ve bu radikallerin iyonize radyasyonun biyolojik etkisine yardımcı olması şeklinde ifade edilmektedir. Böylece dokulardaki nem değişikliği indirekt etkiyi oluşturmaktadır. Bu radikaller çok aktif olup oksitleme veya redüklemeye etkisi yapmaktadır. İşinlamanın sekonder ürünleri benzer öneme sahiptir. Erimiş moleküller oksijen varlığında hidrojen atomları ile kombinasyonu sonucu hidrojen peroksit radikallerine dönüşmekte ve temel kimyasal değişikliklere neden olmaktadır. Aynı kaynaklara göre mikroorganizmaların cinslerine bağlı olarak işinlamaya etkileşimi farklıdır. İşinlamaya en dayanıklı mikroorganizmalar *Micrococcus radiodurans* ve *Clostridium botulinum* ile virüsler olarak bildirilmiştir. Ayrıca fekal *Streptococ*'lar, maya ve küflere kıyasla daha dayanıklıdır. 5°C altında gelişebilen bazı patojenik mayalar da işinlamaya dayanıklı mikroorganizmalar olarak verilmiştir. Toksinlerin işinlamaya zarar gördüğü dozlar nispeten daha yüksek olarak saptanmıştır. Yine mikroorganizmaların sporlarının vegetatif formlarından daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca işinlamanın mikroorganizmalar üzerine etkisinin DNA sentezini engellemek ve hücre bölünmesini bozmak yoluyla olduğu bildirilmiş, mikroorganizma sayıları ile ışın dozunun arasında doğrusal bir ilişki olduğu da belirtilmiştir (LEY 1981). Bu

$$\text{ilişkinin matematiksel ifadesi } \log_{10} \frac{N}{N_0} = -kD$$

olarak verilmiştir. (N = Denemedeki işlem sonucu yaşayan hücre sayısı, N₀ = Denemenin başlangıcındaki yaşayan hücre sayısı, k = Eğrinin eğimine eşdeğer sabite, D = Uygulamanın dozu).

Bütün bu bilgilerin değerlendirilmesi yapıldığında; işinlama işlemlerinin son yıllarda

kazandığı önemin artarak devam edeceği, uygulaması bizzat yapılmasa da ortak pazar ülkeleri arasında mutlaka sık sık gündeme geleceği açıktır. Bu nedenle konunun ülkemiz açısından da bir an önce değerlendirilip, ilgili

normlara tüzüklerimizde yer verilmesi hususu kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu konuda belirtilen çerçeve içinde uygulamaların ve sorunların ele alındığı ayrıntılı bir başka derleme de ayrıca yapılmıştır (TOPAL 1988).

KAYNAKLAR

- ANON, 1981, Wholesomeness of Irradiated Food. Report of Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series, 659. WHO - Genova, 34 p.
- ANON, 1984. Codex General Standard For Irradiated Foods and Recommended International Code of Practice For the Operation of Radiation Facilities Used For the Treatment of Foods. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Alimentarius Commission CAC/Vol XV. - Ed. 1. 1-13 p.
- ANON, 1986, Issue Document Related to Food Irradiation for International Consultative Group for Food Irradiation (ICGFI). 1824 F. 1 - 18 p.
- ÖEMEROĞLU, B. ve ACAR, J. 1986. Meyve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No: 6 Sanem Matbaası, Ankara s. 74 - 79.
- CONSIDINE, D.M. 1976 (Ed). Van Nostrand's Scientific Encyclopedia, 5th Ed. Van Nostrand Reinhold Comp. New York, 1976 p. 13 - 17.
- DESROSIER, N.W. 1970. The Technology of Food Preservation 2nd Ed. The Avi Publishing Comp. Inc. Connecticut, p. 313-364.
- DIEHL, J.F. 1983. International Developments in Food Irradiation Information Bulletin No: 503, 1 - 11 p. Republic of South Africa, Department of Agriculture, Pretoria.
- DIEHL, J.F. 1987. Strahlenbehandlung von Lebensmitteln (Radiation Processing of Foods) Konservierung. GIT Supplement 7/87. Lebensmittelanalytik. 26 - 36.
- FOX, B.A. and CAMERON, A.G. 1982. Food Spoilage, Preservation and Hygiene. Chapter 13. Food Science and Chemical Approach. Hodder and Stoughton Pub. London. p. 316 - 319.
- GIDDINGS, G.S. 1984. Radiation Processing of Fishery Products Food Technology. April 1984, p. 61 - 65, 94 - 96, 188.
- HALL, E.J. 1976. Radiation and Life. Pergamon Press. Oxford, 201 p.
- LEISTNER, L. 1986. Alternative Technologies to the Irradiation of Foods. Die Fleischerei (Industrieausgabe English) 37, (5), XIII-XIV.
- LEISTNER, L. 1987. Zukunft der Konservierung Von Lebensmitteln, Insbesondere Fleisch, durch Berstrahlung. Fleischwirtschaft, 67, (8), 900 - 908.
- LEVEILLE, G.A. 1984. IFT, Executive Committee Comments on FDA Food Irradiation Proposal. Food Technology. June 1984, 12 - 13.
- LEY, F.J. 1981. New Interest in Use of Irradiation in Food Industry. Food Microbiology Advances and Prospects. Roberts, T.A and Skinner, F.A. (Ed's) p. 113 - 129. The Society for Applied Bacteriology Symposium Series No: 11. Academic Press Inc. Florida.
- LINDELL, B. 1987. Radiation and Health. Bulletin of the World Health Organization 65, (2), 139 - 148.
- LOAHAROANU, P. 1983. Benefits of Radiation Processing to Food Industries in Developing Countries. Radiation Physics Chemistry. 22, (1, 2), 225 - 232.
- MANS, J. 1987. Disinfect Water With Ultraviolet Light. Preparad Foods. March 1987. 72-74.
- SMITH, J.L. and PINTAURO, N.D. 1980. New Preservatives and Future Trends. Developments in Food Preservatives —1. Tilbury, R.H. (Ed.) p. 153 - 154. Applied Science Publishers Ltd, London.
- TEALIE, S. 1988. Marketing Time On Irradiation. Food Manufacture. Jan. 1988. 36 - 39.
- TOPAL, Ş. 1988. Gıda Muhafazasında İşinlama : Günümüzdeki Uygulamalar ve Sorunlar Gıda Sanayi 1988. (Basında bekuyor)
- WEISSER, H.H. MOUNTNEY, J.G. and GOULD, W.A. 1971. Practical Food Microbiology and Technology, Chapter 17, 2. nd Ed. The AVI Pub. Comp. Inc. Connecticut. p. 269 - 282.