

Işınlanmış Gıdaların Teşhisi Detection Of Irradiated Foods

Dr. Hatice AYHAN

TAEK Hayvan Sağlığı Nükleer Arş. Enstitüsü Lalahan/ANKARA

Son yıllarda, gıda teknolojisinin bazı alanlarında iyonize radyasyonun kullanımına izin veren ülkelerin sayısında önemli artışlar olmuştur. Işınlanmış gıdaların identifikasyonu amacıyla geliştirilen metodlar ışınlama yöntemlerinin yaygın olarak kullanımının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Araştırmacılar, ışınlanmış gıdaların kontrolünün önemli olduğunu, bunun için de ışınlama ile meydana gelen ürün veya ürünlerin identifikasyonunun gerekliliğini savunmaktadır. Identifikasyon yöntemlerinin kullanımı ise ışınlanmış gıdaların regülasyonunun devamını sağlamakta yardımcı olacaktır. Genel olarak, üç nedene bağlı olarak ışınlanmış gıdaların identifikasyonu amaçlanmaktadır (Bögl ve ark. 1988; Anon 1991).

1. Spesifik gıdaların ışınlanması üzerine ulusal regülasyonları kuvvetlendirmek,
2. Işınlanmış gıdaların işaretlenmesini sağlamak,
3. Işınlama prosesinin yasalarla belirlenen limitler içinde uygulanıp uygulanmadığının kontrolü esas alınarak ışınlanmış gıdalarda identifikasyon gerekli görülmektedir. Ayrıca, ışınlanmış gıdaların tekrar ışınlanması yasak olduğundan identifikasyon zorunlu olmaktadır.

Işınlanmış gıdaların teşhisinin gerekliliği fikri yeni olup, bu amaçla yöntem geliştirme çalışmaları yaklaşık 20 yıl kadar önce başlamıştır.

— 1970 yılında Lüksemburg ve 1973 yılında Karlsruhe'de Avrupa Topluluğu Komisyonu tarafından düzenlenen toplantılarda ilk kez ışınlanmış gıdaların identifikasyonu problemi gündeme getirilmiştir. Daha sonra,

— 1986 yılı Kasım ayında, Nürinberg'de düzenlenen toplantıda pekçok identifikasyon yöntemi önerilmiş, fakat universal nitelikte bir yöntem ortaya konamamıştır.

— 1989 yılı Nisan ayında 'Hollanda'da 7. Uluslararası «Işınlama Prosesleri» konulu top-

lantıda «Işınlanmış Gıdaların Tanısı'nın» ayrı bir bölümde değerlendirilmesi kararlaştırılmıştır.

— 1990 yılında Polonya'da ışınlanmış gıdaların identifikasyon yöntemlerinden olan ESR ve TL tekniklerinin kullanımı üzerine destekleyici çalışmalar yapılmıştır.

— Yine 1990 yılında Fransa'da, yine bu amaca yönelik bir workshop düzenlenmiştir.

— Halen IAEA/FAO tarafından konu ile ilgili bir koordine proje sürdürülmektedir.

Işınlanmış gıdaların identifikasyonu amacıyla kullanılacak ideal bir identifikasyon yönteminin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir (Anon, 1991).

1. Yöntem güvenilir, hızlı, ucuz olmalı, ayrıca uygulama kolaylığı bulunmalıdır.
2. Kullanılacak teknik komplike ve pahalı malzemeye gereksinim göstermemelidir.
3. Ölçüm yöntemi ışınlama için spesifik olmalıdır.
4. Yöntem, bütün gıdalar için kullanılabilir olmalı, kompoze gıdalarda da ışınlanmış gıda maddelerinin identifikasyonuna izin vermelidir.
5. Identifikasyon için çok küçük miktarlarda gıda maddesine gerek göstermelidir.
6. Gıda maddesinde absorbe edilmiş radyasyon dozu hakkında tahmini bilgi vermelidir.
7. Metodun range ve duyarlılığı radyasyon doz açıklığının üzerinde identifikasyona olarak sağlamalıdır.

Ancak pratik olarak tüm bu özellikleri taşıyan bir metod geliştirmek şu ana kadar mümkün olamamıştır. Bugün bütün gıdalar için kullanılacak nitelikte bir teşhis yöntemi bulunmamaktadır. Genellikle, ışınlanmış gıda

maddelerinin identifikasyonu için birden fazla yöntemin kullanımı gerekli görülmektedir.

Bir gıda maddesinin iyonize radyasyonla usulüne uygun olarak muamele edilip edilmediğinin gösterilmesi ise gıda maddesinde radyasyona bağlı olarak oluşan spesifik değişikliklerin belirlenmesiyle olmaktadır. Teşhis yöntemlerinin tümü, ışınlama ile gıdalarda meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişikliklerin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Buna göre ışınlanmış gıdaların teşhis yöntemleri : (Anon, 1991).

I. Kimyasal Yöntemler :

1. Proteinlerdeki kimyasal değişiklikler
 - a) O - tyrosin yöntem
2. Lipidlerdeki kimyasal değişiklikler
 - a) Lipid orijinli uçucular
 - b) Lipid oksidasyon ürünleri
3. Karbonhidratlardaki kimyasal değişiklikler
4. Nükleik Asitlerde kimyasal değişiklikler
5. Vitaminlerde kimyasal değişiklikler
6. Aroma komponentlerinde kimyasal değişiklikler
7. Hz. değişimi
8. Gıdanın diğer komponentlerindeki kimyasal değişiklikler

II. Fiziksel Yöntemler

1. Elektriksel direnç
2. Elektrik gücü
3. Viskozi metre
4. Termal analiz

Serbest Radikallerin Oluşumu

1. Luminesens metotları (CL, TL)
2. Elektron spin rezonans (ESR)

III. Biyolojik Yöntemler

1. Morfolojik ve histolojik karakterlerde değişiklikler
2. Mikrobiyolojik değişiklikler
3. Böceklerde değişiklikler

IV. Kombine Yöntemler

I. Kimyasal Yöntemler : Işınlanmış veya ışınlanmamış gıdalarda farklı miktarlarda bulunabilecek protein, lipid, karbonhidrat, su içeriği v.s. gibi komponentlerin ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

1. Proteinlerdeki kimyasal değişiklikler :

Işınlama ile proteinlerin yapılarında değişiklikler olmaktadır. Et ve et ürünlerinde bu yapı farklılıklarını belirleyen pratik ve rutin identifikasyon yöntemleri olarak çeşitli elektroforetik ve jel kromatografik metodlar kullanılmaktadır (Jeffries, 1983; Delincée ve ark. 1980).

a) O - tyrosin yöntemi : Fenilalanin (phenylalanine) veya fenilalanin içeren protein yada proteinli gıdaların (et, tavuk, balık ve balık ürünleri) ışınlanmasıyla orta-, meta- ve para -hidroksi -fenilalanin (—hydroxyphenylalanine) meydana gelir. Doğal proteinlerde ise o - ve m -tyrosin bulunmaz (Dizdaroğlu ve Simic, 1980). Bu nedenle bu radyolitik ürünler radyasyon prosesinin belirlenmesinde birer indikatör faktör olarak önem taşımaktadırlar. O -tyrosin ışınlanmamış etlerde 0,1 mg/kg'dan daha az miktarda bulunduğu halde, 29°C de 5 kGy ile ışınlanmış etlerde 0,8 - 1,2 mg/kg, 18°C de ışınlama yapıldığında ise bu oran 0,5 - 0,8 mg/kg arasında değişmektedir. O -tyrosin miktarı uygulanan doz ve ısıya bağlı olarak değişir. O -tyrosinin teşhisi amacıyla floresanslı HPLC ve elektrokimyasal teknikler kullanılmaktadır. Doz miktarlarının tahmin edilmesi, depolama süresinin değişmemesi ve kimyasal etkileşimin olmaması tekniğin olumlu yanlarıdır (Anon, 1990).

2. Lipidlerdeki kimyasal değişiklikler : Lipid içeren ışınlanmış gıdalarda ve trigliseridlerde hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, metil ve etil esterleri, serbest yağ asitleri identifiye edilebilir (Diehl, 1990). Lipidlerin ışınlanmasıyla ürün oluşumu radyasyon durumları ve lipid kompozisyonuyla ilişkilidir (Nawar, 1986; Diehl, 1990; Anon, 1991).

a) Lipid orijinli uçucular : Et, yağlı balık ve yumurta gibi yüksek düzeyde yağ içeren gıdalarda çalışılmıştır. Pekçok laboratuvarında bulunan GC ekipmanı ile lipid orijinli uçucuların analizi yapılabilir. Ancak, örnek hazırlama aşamasında standardize edilmesi gerekir. Bu amaç için LC/GC kullanımı pahalıdır. Tekniğin stabil olması ve duyarlılığı yöntemin avantajıdır. Tercübeli elemana gerek gösteren teknik nisbeten basit olup, hızlı bir şekilde sonuç elde edilebilir (Nawar 1983, 1988).

b) Lipid oksidasyon ürünleri : Spektrofotometrik ölçüm sonuçları ışınlanmış ve ışınlanmamış gıdaların ayrımı için ümit verici bir test olmadığını göstermiştir (Grootweld and Jain, 1989 a, b).

c) Karbonhidratlardaki kimyasal değişiklikler : Işınlamayla karbonhidratlarda oluşan radyolitik ürünler karbonik bileşenleri ve asitlerden ibarettir. Işınlanmış gıdalarda bulunan ve karbomil olan melonaldehitin oluşumunun tanımlanmasının ışınlama için spesifik olmadığı ortaya konmuştur (Jeffries, 1983; Delincée ve ark. 1988). Baharat, sebze, meyve, tahıl, soğanlı ve yumrulu bitkilerde ışınlama ile oluşan karbonhidrat değişimlerinin çeşitli faktörlere bağlı olarak çeşitlilik göstermesi nedeniyle şu an için temel bir identifikasyon yöntemi olarak düşünülmemektedir (Anon, 1990).

3) Nükleik Asitlerde kimyasal değişimler :

Işınlanmış gıdalarda iyonize radyasyonun nükleik asitleri üzerine etkisiyle mikroorganizmaların inaktivasyonu, böceklerin dezenfeksiyonu, filizlenmenin inhibasyonu veya olgunlaşmanın geciktirilmesi mümkündür. Bu etkiler, ışınlama sonucu gıdalarda bulunan böcek ve mikropların DNA'larında görülebilir. Işınlama ile DNA'nın tek veya çift iplikliğinde hasarlar olur. Bu hasarlar gaz kromatografi, mass spektrofotometre, HPLC ile 8-hidroksi-guanin veya 8-hidroksi-adenin gibi dekompozisyon ürünlerinin belirlenmesi, floresans ölçümlerle timin glikolün teşhisi ile ortaya konabilir (Delincée, 1990). Zincir kırıkları densiti-gradiant santrifüj, alkalın elüsyon teknikleri, HPLC veya alkali jel elektroforezle saptanabilir. Hasarların belirlenmesinde enzimatik metodlar ve elektromikroskopik yöntemlerden yararlanılmaktadır. DNA zincir kırıklarının teşhisinde alkalın elüsyon tekniği (dondurulmuş deniz ürünleri için) ve elektroforetik analizler (et için) ümit verici bulunmuştur. Ancak, DNA tekniklerinin çoğu zor olup, ileri derecede teknik elemana gerek göstermektedir (Anon, 1990).

İlginc olan bir yaklaşımda total hücre DNA'sından çok daha stabil olan mitokondrial DNA'nın elektroforetik analizidir. 2,5 kGy ile ışın-

lanmış biftekte mitokondrial DNA'da değişiklikler olur. Ancak, denemelerde etin kaynağının ve depolanma durumlarının etkisi büyüktür (Hasselman ve Marchioni 1990).

5. Vitaminlerde kimyasal değişiklikler :

Gıdalarda bulunan vitaminlerin miktarlarının çok az olması nedeniyle uygun radyolitik kimyasal değişikliklerin teşhisine dayanan identifikasyon zordur. Bir grup araştırmacı (Thayer, 1988), ışınlanmış gıdaların identifikasyonu için rezidual tiyaminin analizini kullanmışlardır. Işınlamaya ek olarak diğer bazı muamelelere tabi tutulan gıdalarda (pişirme gibi) tiyamin içeriği basit bir ölçümle identifiye edilemez.

6. Aroma bileşenlerinde kimyasal değişiklikler :

Işınlamanın baharatlardaki uçucular üzerine etkisini amaçlayan birkaç çalışma yapılmıştır. (Swallow, 1988). Bu amaçla gaz kromatografik yöntem veya GC-MS yöntem kullanılmıştır. Ancak, ışınlamaya bağlı değişikliklerin oldukça az olduğu, hatta 1990 yılında yapılan bir çalışmada ışınlanmış ve ışınlanmamış biber arasında hiçbir fark olmadığı gaz kromatografi veya GC-MS kullanımıyla ortaya konmuştur (Sjöberg ve ark. 1990).

7. H₂ değişimi : Hidrojen genel bir radyolitik üründür. Bu 6 cm³/kg gıda/kGy de oluşur (Swallow 1988). Konserve edilmiş ve ışınlanmış gıda da bir radyasyon indikatörü olarak kullanılabilir. Ancak, ışınlanmış gıdaların çoğu konserve edilmediği gibi, H₂ gıdada nâdiren yeterli süre ile kalır (Teşhis için yeterli süre). H₂ mikrobiyal aktivite sonucu da oluşabilir. 10 kGy ile ışınlanmış biberde 2-4 ay içinde (depolama ısısına bağlı olarak) teşhis edilebilmektedir (Dahmura ve ark. 1989).

8. Gıdanın diğer bileşenlerindeki kimyasal değişiklikler :

Sıvı maddelerin ışınlanmasıyla oluşan spesifik radyolitik ürünlerin teşhisine dayanan identifikasyon amaçlanmıştır. Bu radyolitik ürün d-2,3-butanediol'dür. Etanol veya etanol içeren solüsyonların ışınlanmasıyla 2,3-butanediol'ün 3 optik izomerinin karışımı oluşur ki, bunlar, d-, l-, ve meso formları olarak isimlendirilir (Bu formlar GC ve polari-

metre ile teşhis edilirler). Işınlanmamış gıdalarda ise butanodiol veya mikrobiyal aktivite oluşan 1. ve Meso formları bulunmaz (Shengchu ve ark. 1990).

II. Fiziksel Yöntemler : Kimyasal değişikliklere neden olan radyasyon, fiziksel özelliklerdeki değişimlerle de ortaya konabilir. En yaygın etkilerden biri radyasyonun neden olduğu hücre membranlarının hasarıdır. Membran özellikleri üzerine hiçbir indirekt etki bulunmaz. Bu nedenle identifikasyon yöntemi olarak kullanılabilir.

1. Elektriksel Direnç : Hayvan, bitki ve bitki orijinli canlı hücre membranlarının, iyonların selektif transportunda önemli rol oynadıkları bilinmektedir. Membran özelliklerindeki değişimler ise iyon transportundaki değişimlerle izlenebilir. Balıklarla yapılan ilk çalışmalar (Ehlerman, 1972), laboratuvar koşullarında radyasyon uygulanmasıyla dirençte 50 Hz ile 100 kHz arasında bir değişim olduğunu göstermiştir. Bu şekilde radyasyon dozunun tahmin edilebileceği savunulmuştur. Patateslerde uygulanan bu yöntemin ışınlamanın teşhisi amacıyla kullanılabilecek hızlı, basit, uygun bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Üstelik 6 aylık bir depolama periyodunda dahi absorbe edilen doz tahmin edilebilmektedir (Hayashi, 1988). Ancak, yöntemin geçerliliğinin uluslararası ilişkilerle desteklenmesi gerekmektedir.

2. Elektrik Gücü : Elektrik kuvveti ışınlamayla etkilenir. Araştırmacılar, likör, şarap, meyva suyu v.s. de Pt- elektrod kullanarak elektrik potansiyelini ölçmüşlerdir. Ancak, depolama süresi, şarabın olgunlaşması gibi faktörler elektriksel gücü etkilemektedir (Li ve ark. 1989; Zongchua ve ark. 1989). Identifikasyon için kullanılmadan önce bazı çalışmaların daha yapılmasına gerek vardır. Ölçümlerin yorumlanması için ise tecrübeli personel gerekmektedir.

3. Viskozimetre : Cobalt - 60'la ışınlama yoluyla pektin, selüloz ve nişastanın viskozitesinin değiştiği uzun yıllardır bilinmektedir. Bu substansların viskozitesi ışınlanmayan kontrollere göre daha düşüktür. 1985 yılında başlayan

çalışmalarda bu etki ışınlanmış baharatların ve kuru sebzelerin identifikasyonu amacıyla kullanılmıştır. Denemeler baharatlar için olduğu kadar, kalınlaştırıcı ve eritici ajanlar için de cesaret verici sonuçlar göstermiştir (Farkas ve ark. 1987; Kominato ve ark. 1988; Heide ve ark. 1988). Kuru koşullarda bir yıldan daha fazla depolanmış ve 4 kGy'den daha büyük dozda ışınlanmış ve % 25'den daha fazla nişasta içeren baharatların identifiye edilebildiği bildirilmiştir (Anon, 1990). Teknik, minimum malzeme ile çabuk sonuç vermektedir. Fakat tekniğin başarılı olabilmesi için radyasyonun neden olduğu viskozite farkları çok daha büyük olmalıdır. Pratikte kullanılabilecek bu tekniğin çok dikkatli incelenmesi, ve belki de diğer yöntemlerle kombine edilmesi gerekecektir.

4. Termal Analiz : Işınlanmış tavuk etlerinin analizinde kolorimetrik ölçümler arasındaki (differential scanning calorimetre = DSC) farklılıklar kullanılmıştır. Soğutulmuş ette suyun ısıyı iletmedeki farklı durumu ışınlamanın etkisi olarak kaydedilmiştir (Rustichelli, 1990). Işınlanmış morino ve mantarların DSC ile analiz sonuçlarının ışınlanmamış örneklerle karşılaştırılması farklı olduğu ortaya konmuştur (Kent, 1990). Ancak, bu metodun daha iyi anlaşılabilmesi için spesifik etkilerin gözlenmesinde ileri denemelere gerek vardır.

Serbest Radikallerin Oluşumu :

1. Luminesens Metodları (CL, TL) : Işınlama ile absorbe edilen enerjinin yayılmasıyla luminesens meydana gelir. Kimyasal bir reaksiyon sırasında ışığın yayılmasıyla kemiluminesens (CL) oluşur. Bu etki, ışınlanmış tuzların, karbonhidratların ve amino asitlerin suda eritilmesi halinde gözlenir. (Liyoluminesens) ve radyasyon dozimetri ile ölçülebilir (Ettinger ve Puile, 1982). Termoluminesens (TL), absorbe edilen enerjinin ısı sonucu yayılmasıdır. Radyasyon dozunun artışıyla, genellikle, TL'nin etkisi de artar.

Luminesens teknikleri ile dondurulmuş et, balık, kabuklu deniz ürünleri, et ve tavuk etleri, bazı meyva ve sebzelerde sertleşme ve kabuklanma veya kutikulanın kireçlenmesi ile ilgili umut verici bulgular elde edilmiştir (Bölg

ve Heide, 1985; Delincée, 1989. Heide ve Bölg, 1988, 1990). Özellikle Almanya ve İngiltere'de 50 den fazla baharat ve dehidre sebze bu iki yöntem ile test edilmiştir. CT ve TL Federal Almanya'da ışınlanmış kuru gıdaların identifikasyonu için rutin yöntemler olarak kullanılmaktadır (Anon, 1990, 1991).

Limunesens yöntemleri hızlı ve basit olması nedeniyle avantajlıdır. Üstelik de minimum malzeme ve az deneyimli personele gerek gösterir. Zamanla luminesensin azalması yöntemin tek olumsuz yönüdür. Ancak TL çevre faktörlerinden daha az etkilenip, uzun süre depolama sonunda dahi görülebildiği için başarıyla kullanılabilir. Bugün, ışınlanmış gıdaların identifikasyonunda kullanılabilir uygun bir yöntem olarak bildirilmektedir (Anon, 1991).

Işınlanmış gıdaların identifikasyonuna yeni bir yaklaşım da fotostimule edilmiş limunesensin kullanımıdır.

2. Elektron Spin Rezonans (ESR) : İyonize radyasyonla ışınlanmış gıdalarda oluşan paramagnetik merkezler spektrofotometrik olarak saptanabilir. Bu amaçla, serbest radikallerin analizinde kullanılan non-destructive (tahrip edici olmayan) tekniğe Elektron Spin Rezonans (ESR) veya Elektron Paramagnetik Rezonans (EPR) adı verilmektedir. Işınlama ile yumuşak dokularda radikaller oluşmasına karşın tohum, kabuk gibi gıdaların sert matrislerinde paramagnetik merkezler meydana gelir ve oldukça uzun bir süre varlığını koruyarak teşhise olanak sağlarlar. Bu kararlı merkezlerden, ışınlamada indikatör olarak yararlanılmaktadır. Işınlamadan sonra oluşan bu merkezlerin sayısı absorbe edilen dozun değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Anon, 1990).

Işınlanmış çeşitli besin maddelerinde (et, meyva, çekirdek, tohum, balık ve diğer deniz ürünleri, baharatlar) ESR tekniği çalışılmıştır. (Dodd ve ark. 1985; Raffi ve Angel, 1989; Sanderson ve ark. 1989; Stachowicz ve ark. 1989; Gray ve ark. 1990). ESR ile kemikli dokularda başarılı sonuçlar elde edilirken, kabuklu deniz ürünlerinde de yaklaşık bir başarı saptandığı bildirilmiştir. Meyvaların türüne bağlı olarak ümit verici sonuçlar elde edilmiştir. Işınlanmış

baharatların ve kuru sebzelerin ESR ile identifikasyonunda ise başarı bazı ürünlerde sınırlı kalmıştır. Bu yöntemle sonuçlar kısa sürede elde edilebilmektedir. Işınlamanın çok küçük dozları dahi bu yöntemle saptanabilmektedir. Ancak, temel malzeme oldukça pahalıdır (Anon, 1990).

III. Biyolojik Yöntemler :

1. Morfolojik ve histolojik karakterlerde değişiklikler : İyonize radyasyonun hayvan ve bitki dokusunu oluşturan hücreler üzerine etkileri olduğu bilinmektedir. Ayrıca radyasyonun dokunun makroskobik özellikleri üzerine etkileri de bulunmaktadır. Örneğin, radyasyon prosesi patateslerin filizlenmesini inhibe eder. Kimyasal inhibitörler ortadan kalktıktan sonra tekrar filizlenme olduğu halde, iyonize ışınlamanın etkisi genellikle irreversibledir. Işınlanmış gıdaların analitik identifikasyonu için kullanılan histolojik veya morfolojik etki ile ortaya çıkan makroskobik değişiklikler çeşitlidir. Örneğin :

— Işınlanmış patates UV (336 nm) ışığına maruz bırakılırsa kesit yüzeyinde mavi floresans saptanabilir. 8 aylık depolama süresince bu değişim belirlenebilir (Tzeng ve ark. 1989).

— Işınlama ile soğanda kök oluşumu inhibe edilmektedir (Münzer, 1976).

— Mantarlarda hifa oluşumu, spor oluşumu, rengin değişimi üzerine etkileri vardır (Münzer, 1973).

— Işınlamanın karides üzerine ultrastrüktürel etkisi elektronmikroskopik olarak çalışılmıştır (Perng ve Yang, 1990). Radyasyon oda ısısında yüksek dozda (10 kGy) uygulandığında bazı değişiklikler olur. Eğer karides -18°C de dondurulup ışınlanırsa bu değişiklikler gözlenmez. Işınlama karides için uygun koşullar altında yapılırsa herhangi bir ultrasütrüktürel değişiklik meydana gelmez.

— Işınlanmış buğday ve pirincin kök hücrelerinde kromozomal bozukluklar tanımlanmıştır (Atsumi ve Matano, 1973).

2. Mikrobiyal değişiklikler : Baharat ve kokulu otlar gibi bazı gıda maddeleri $10^5 - 10^8/\text{g}$

Tablo 1. Işınlanmış Gıdaların İdentifikasyon Yöntemleri ve Kullanılabilirliği (Bölge ve artk. 1983).

GIDA	M E T O D												
	Viskozite	Termo ve Kemo İmmünisens	ESR	İletkenlik/ Direng	Kimyasal Deg.	DNA Prot. Karbonh.	Yağ Asit Buharlaş.	Enzim Aktiv.	H ₂	Mikroflora	Histolojik/ Mortolojik		
Meyvalar	?	?	A ¹⁰	?	?	?	?	?	?	0	B		
Sebzeler	?	A ³	0	?	?	?	?	A ⁷	?	0	A ⁷		
Tahıllar	?	A ⁷	?	?	?	?	?	A ⁹	?	0	A		
Soğanlılar ve Yumru Kökçüler	?	A ⁷	0	C ⁵	?	?	?	?	?	0	C ¹¹		
Baharatlar v.s.	B ⁴	C ⁴	0	0	?	?	?	0	A	A	0		
Balık ve Kabuklu Balık Et	0	A ¹	C ¹	0	B	A	0	0	?	A	0		
Tavuk	0	A ¹	C ¹	0	B	B ¹²	0	0	?	A	0		
Diğerleri	0	A ¹	C ¹	0	A	B	0	0	?	A	0		
	B ¹²	?	?	?	?	A ⁵	?	A ⁶	?	?	?		

1. Kemikleşme ve kabuklanma kutikülün kireçlenme zamanı
2. Kabulaştırma ve eriten ajanlar
3. Işıklı renk oluşumu
4. Bazı baharatlar
5. Patatesler
6. Yumurta
7. Mantar
8. Tıcazi enzim hazırlama
9. Mısır peroksidaz
10. Çekirdek ve tohum
11. Köklenme ve tıreme
12. Domuz

13. Domuz ve biftek için yapılan bir deneme
Grup 0 : Ümit verici değil
Grup A : Ümit verici ancak araştırmalara devam edilmeli
Grup B : Cesaret verici
Grup C : Başarılı uluslararası bir yöntem olarak kullanılabilir
? : Yetersiz bilgi

miktarında küf, maya ve bakteri gibi bozulmaya neden olan mikroplarla kontamine olabilirler. Işınlamadan önce ve ışınlamadan sonra total sayısını belirlemede kullanılan aerobik plak sayımı (APC) ile direkt epifloresans filtre tekniği (DEFT) kombine olarak kullanılmıştır. Bu iki tekniğin standartları bilindiğinden eğer DEFT sayısı APC'den daha büyük (> 4 logaritmik ünite) ise örneğin ışınlanıp ışınlanmadığı gösterilebilir. Bu teknikte ışınlamadan sonraki depolama süresi mikrop sayısı üzerine etkili olabilir. Fakat DEFT ve APC teknikleri arasındaki sayım farklı ışınlanmış veya ışınlanmamış gıdaların ayırımını tam olarak yapabilir. Ancak, ışınlanmanın doğrulanması için ikinci bir teşhis yöntemine gerek duyulabilir. (Betts ve ark. 1988; Anon, 1990).

2. Böceklerde Değişiklikler : Radyasyon dezenfeksiyonuyla meyva, tohum ve diğer çeşitli besinlerden böceklerin eliminasyonu amaçlanmaktadır. Özellikle karantinaya alınan gıdaların ışınlanmış olması istenir. Işınlanmış böceklerin (yumurta ve larvaları) supraözofagal ganglionunun büyüklüğünde oluşabilecek küçülmenin teşhisi amacıyla kullanılabilir. Bu test çok basit olup, 10 dakikadan daha az bir sürede uygulanabilir (Rahman ve ark. 1989; Bucsh - Peterson ve ark. 1989). Ancak, bu değişikliğin sadece ışınlamaya spesifik olup olmadığı bilinmemektedir.

IV. Kombine Yöntemleri : Işınlanmış gıda maddelerinin identifikasyonunda birkaç testin

kombine olarak kullanımı tek bir testin kullanımına oranla çok daha yüksek spesifite gösterir. Örneğin baharatlarda ışınlanmanın identifikasyonu amacıyla kombine yöntem kullanılmıştır. Buna göre önce mikrobiyal sayım yapılmıştır. Bu düşük olduğunda CL ve TL ölçümleri ile genel analitik rezidü analizleri yapılmıştır. Bu sıraya vizkozimetre ölçümleri eklenebilmektedir (Heide ve Bögl, 1987, 1988, 1990). Bir araştırmacı grubu da ışınlanmış kurbağa bacağına identifikasyonu için uçucu yağ asitlerinin tayini ve ESR ölçümlerini kullanmışlardır (Morehouse ve Ku, 1990).

Identifikasyon yöntemleri uluslararası ticarete önemli olduğundan bu metodların geliştirilmesi ve universal nitelik kazandırılması zorunludur.

Analitik teşhis yöntemleri tam anlamıyla standardize edilmeli ve destekleyici çalışmalarla da onaylanmalıdır. Işınlanmış gıdaların teşhisi için metodları içeren bir el kitabının hazırlanması amaçlanmalıdır.

Farklı tekniklerin kalibrasyonu, standartları için referans materyaller veya standartların üretimi yararlı olacaktır.

Devam eden çalışmalarla, optik izomerlerinin teşhisi veya yapısal alterasyonların elektror mikroskopisi, kimyasal değişimlerin immunolojik teşhisi gibi identifikasyon yöntemleri hakkında yeni görüşler, metodlar ortaya çıkacağı muhakkaktır (Anon, 1991).

KAYNAKLAR

1. ANONYMOUS, 1990. First Reserach Co-ordination Meeting (RCA) of the Research-ordination Programme on Analytical Detection Methods for Irradiated Treatment of Foods (ADMIT, Warsaw, Poland, pp. 27.
2. ANONYMOUS, 1991. Analytical Detection Methods for Irradiated Foods. IAEA - TEC-DOS - 587, Vienna, Austria.
3. ATSUMI, T. and K. MATANO. 1973. Studies on the Practical Methods for Identification of Irradated Foodstuffs. III. Morphological and Histological Studies on the Methods for Identification of Irradiated Wheat and Rice Seeds. Shokuhin Shosha, 8: 10.
4. BETTS, R.P., L. FARR, P. BANKES and M.F. STRINGER. 1988. The Detection of Irradiated Foods Using the Direct Epifluorescent Filter technique. J. Appl. Bakteriöl. 64: 329.
5. BÖGL, W. and L. HEIDE. 1985. Chemiluminescence Measurements as an Identification Method for Gamma Irradiated Foodstuffs. Radiat. Phys. Chem., 25: 25.
6. BÖGL, K.W., D.F. REGULLA, and M.J. SU-ESS, 1988. «Health Impact Identification and Dosimetry of Irradiated Foods», Report of a WHO Working Group. Bericht des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, ISH - 125, Neuherberg, FRG.

7. BUSCH - PETERSEN, E., C.J. RIGNEY, and R. RAHMAN. 1989. The Supraoesophageal Ganglion As an Indicator of Irradiation During Quarantine Fruit Inspection. XIX th Ann. Meeting European Society of Nuclear Methods in Agriculture, 29 Aug - 2 Sept. 1988 Vienna, Austria, Radiat. Phys. Chem. 34: 1028.
8. DELINCÉE, H. 1989. Luminescence measurements for Identifying Irradiated Spices and Herbs. Intern. Workshop on Food Irradiation. Hsinchu, Taiwan, pp. 118.
9. DELINCÉE, H. 1990. Introduction on DNA methods. ECR Workshop on Potential New Methods on Detection of Irradiated Food 13 - 15 February 1990. «In, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods, Eds. Anon.» IAEA - TECDOS - 587, Vienna, Austria.
10. DELINCÉE, H., D.A.C. Ehlermann, K.W. BÖLG. 1988. The Feasibility of an Identification of Radiation Processed Food «In, Health Impact Identification and Dosimetry of Irradiated Foods» Report of a WHO Working Group Bericht des Institutes für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, ISH - 125, Neuherberg, FRG. pp. 58.
11. DIEHL. 1990. Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker, Inc. 270 Madison Avenue, New York 10.016.
12. DIDAROĞLU, M. and M.G. SIMIC. 1980. Radiation Induced Conversion of Phenylalanine to Tyrosine. Radiat. Res. 83: 437.
13. DODD, N.J.F., A.I. SWALLOW and F.J. LEY. 1985. Use of ESR to Identify Irradiated Food Radiat. Phys. Chem. 26: 451.
14. DOHMARU, T., M. FURUTA, T. KATAYAMA, H. TORATANI and A. TAKEDA, 1989. Identification of Irradiated Pepper with the Level of Hydrogen Gas as a Probe. Radiat. Res. 120: 552.
15. EHLERMANN, D. 1972. The Possible Identification of an Irradiation Treatment of Fish by means of Electrical (ac) Resistance Measurement. J. Food Sci. 37: 501.
16. ETTINGER, K.V. and K.J. PUIITE. 1982. Lyoluminescence Dosimetry Part I. Principles. Int. J. Appl. Radiat. Isot. 33: 1115.
17. FARKAS, J., A. KONCZ, and M. KRISTIANOVA. 1987. Preliminary Studies on the Feasibility of an Identification of some Irradiated Dry Ingredients by Viscosimetric Measurements. XVIII th Ann. Meeting European Society of Nuclear Methods in Agriculture, Stara agora, Bulgaria.
18. GRAY, R., M.H. STEVENSON and D.J. KILPATRICK. 1990. The Effect of Irradiation Dose and Age of Bird on the ESR Signal in Irradiated Chicken Dramasticks. Radiat. Phys. Chem. 35: 284.
19. GROTTVELD, M. and R. JAIN. 1989 a. Recent Advances in the Development of a Diagnostic test for Irradiated Foodstuffs. Free Rad. Res. Commun. 6: 271.
20. GROTTWELD, M. and R. JAIN 1989 b. Methods for the Detection of Irradiated Foodstuffs : Aromatic Hydroxylation and Degradation of Polyunsaturated Fatty Acids. Radiat. Phys. Chem. 34: 925.
21. HASSELMANN, C. and E. MARCHIONI. 1990. Studies of Mitochondrial DNA for Detection of Irradiated meat. ECR Workshop on Potential New methods on Detection of Irradiated Food, 13 - 15 February 1990 «In, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods Eds. Anon.» IAEA - TECDOC - 587, Vienna, Austria.
22. HAYASHI, T. 1988. Identification of Irradiated Potatoes by Impedemetric Methods. «In, Health Impact Identification and Dosimetry of Irradiated Foods» Report of a WHO Working Group, Bericht des Institutes für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, ISH - 125, Neuherberg, FRG. pp. 432.
23. HEIDE, L. and K.W. BOGL. 1987. Identification of Irradiated Spices with Thermo- and Chemiluminescence Measurements. Int. J. Food. Sci. Tech. 22: 93.

24. HEIDE, L. and K.W. BÖGL, 1988. Thermoluminescence and Chemiluminescence Investigations of Irradiated Food a General Survey, «In Health Impact, Identification and Dosimetry of Irradiated Foods. Report of a WHO Working Group, Bericht des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes IST - 125, Neuherberg, FRG pp. 190».
25. HEIDE, L. and K.W. BÖGL. 1990. Detection Methods for Irradiated food. Luminescence and Viscosity Measurements. *Int. J. Radiot. Biol.* 57: 201.
26. HEIDE, L., E. MOHR, G. WICHMANN, S. ALBRICH, and K.W. BÖGL. 1988. Viscosity Measurements A method for the Identification of Irradiated Spices? (In German). *ISH - Heft 120*, Bundesgesundheitsamt, Neuherberg/Munich.
27. JEFFRIES, D.A. 1983. Detection of Irradiated foods «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods. Eds. Anon.» IAEA - TECDOC - 587, Vienna, Austria.
28. KENT, M. 1990. Thermal Potentials (DSC) of Irradiated Food. BCR Workshop on Potential New Methods on Detection of Irradiated Food, 13 - 15 February 1990. «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods. Eds. Anon.» IAEA - TECDOC - 587, Vienna, Austria.
29. KOMINATO, J. and T. NISTIMI. 1988. Detection of Illegally Irradiated Onions. Jap. Patent 88/154.968. 28 June 1988. «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods. Eds. Anon.» IAEA - TECDOC - 587, Vienna, Austria.
30. LI, M., Z. ZHENG and X. ZONGCHAUN. 1989. Electrochemistry Research on Irradiated Liquid Food and Fruit. 7 th Intern. Meeting on Radiation Processing, Noordwijkerhout, 23 - 28 April 1989. «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods. Eds. Anon.» IAEA - TECDOC - 587, Vienna, Austria.
31. MOREHOUSE, K.M. and Y. KU, 1990. A Gas Chromatographic Method for the Identification of Gamma Irradiated Frog Legs. *Radiat. Phys. Chem.* 35: 337.
32. MUNZNER, R. 1973. Nachweis Einer Strahlenbehandlung bei Champignons, *Z. Lebensm. Untersuch. Forsch.* 151: 47.
33. MUNZNER, R. 1974. Nachweis Einer Strahlenbehandlung bei Champignons. «in, The Identification of Irradiated Foodstuffs.» *Proc. Int. Colloq., Commission of the European Communities, Luxembourg*, pp. 249.
34. NAWAR, W.W. 1983. Comparison of Chemical Consequences of Heat and Irradiation Treatment of Lipids. «in, Recent Advances in Food Irradiation. Eds, P.S. Elias and A. J. Cohen.» Elsevier, Amsterdam pp. 115.
35. NAWAR, W.W. 1986. Volatiles from Food Irradiation *Food Reviews International* 21: 45.
36. NAWAR, W.W. 1988. Analysis of Volatiles as a Method for the Identification of Irradiated Foods «in, Health Impact, Identification and Dosimetry of Irradiated Foods.» *Report Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes ISH - 125, Neuherberg, FRG* pp. 287.
37. PERNG, F., S. YANG. 1990. Ultrastructural Effect of Gamma Irradiation on Gross Shrimps. *Radiat. Phys. Chem.* 35: 258.
38. RAFFI, J.J. and J.P.L. ANGEL, 1989. Electron Spin Resonance of Irradiated Fruits. *Radiat. Phys. Chem.* 34: 891.
39. RAHMAN, R., C.J. RIGNEY and E. BUSH-PETERSON. 1989. Irradiation as a Quarantine Treatment against *Ceratitidis capitata* (Diptera : Tephritidae) : Anatomical and Cytogenetic Changes in Mature Larvae Following Irradiation. *J. Econ. Entomol.* «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods. Eds. Anon.» IAEA - TECDOC - 587, Vienna, Austria.
40. RUSTICHELLI, F. 1990. Use of Differential Scanning Colorimetric (DSC) for the Identification of Irradiated Poultry Meat. BCR Workshop on Potential New Methods on Detection of Irradiated Food, 13 - 15 February 1990. «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods Eds. Anon.» IAEA - TECDOC - 587, Vienna, Austria.

41. SANDERSON, D.C.W., C. SLATER and K. J. CAIRNS. 1989. Thermoluminescence of Foods : Origins and Implications for Detecting Irradiation *Radiat. Phys. Chem.* 34: 915.
42. SHENGCHLI, Q, W. JILAN and Y. RONG-YAO. 1990. Detection of Irradiated Liquer. *Radiat. Phys. Chem.* 35: 329.
43. SJÖBERG, A.M., M. MANNINEN, P. HARMALA, and S. PINNIOJA. 1990. Nachweisverfahren für die Bestrahlung von Gewürze. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 1990: 99.
44. STAHOWICZ, W., J. MKHALK, G. STRZELCAK, BURLINSKA, K. OSTROWSKI, A. A. WAJTOWICZ and A. DZIEDZIC - GOCLAWSKA. 1989. Application of Electron Paramagnetic Resonance for the Control of Irradiated Food. *Intern. Report. Cons. 5162/LP.*
45. SWALLOW, A.S. 1988. Some Approaches Based on Radiation Chemistry for Identifying Irradiated Food «in, Health Impact. Identification and Dosimetry of Irradiated Foods.» Report of a WHO Working Group, Bericht des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes ISH. 125, Neuherberg, FRG, pp. 128.
46. THAYER, D.W. 1988. Residual Thiamin Analyses as a Method for the Identification of Irradiated Foods «In, Health Impact, Identification and Dosimetry of Irradiated Foods.» Report of a WHO Working Group, Bericht des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes ISH - 125, Neuherberg, FRG, pp. 313.
47. TZENG, S.S., J.S. YANG and M.S. LIU. 1989. Sprouting Inhibition in Irradiated Tubers of Paddy Field Potatoes. «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods Eds. Anon.» IAEA, TECDOC - 587, Vienna, Austria.
48. ZONGCHUAN, X., M. LI and S. SHUANGPING. 1989. Electro chemical Methods for Identification of Irradiated Liquid Foods «in, Analytical Detection Methods for Irradiated Foods. Eds. Anon.» IAEA TECDOC - 587, Vienna, Austria.