

PARAZİTLER ÜZERİNE RADYASYONUN ETKİLERİ VE GIDA IŞINLAMA UYGULAMALARI

Metin Alabay¹

Effect of radiation on parasites and food irradiation applications

Summary: *In this review, studies carried out on the effects of gamma irradiation on parasites and the use of gamma irradiation on the control of food-borne parasites in humans are presented.*

Özet: *Bu derlemede, parazitler üzerine gama irradyasyonun etkileri ve insana gıdalarla bulaşan parazitlerin kontrolünde gama irradyasyonun kullanımını üzerinde yapılan çalışmalar sunulmuştur.*

İnsanlar bazı hastalıkların parazitlerden ileri geldiğini anladığından beri, bu enfeksiyonları durdurmak ya da kontrol etmek için bir çok yola başvurmuştur. Halkın genel sağlık bakımından eğitimi, kemoterapi uygulamaları, arakonakçı popülasyonlarının azaltılması, et muayenesi yapılması ve uygun gıda hazırlanmasıyla insanların parazitlerle olan ilişkileri daha aza inmiştir.

Su arıtımı, dışkı ile bulaşık suların kullanılmaması ve bazı gıdalara tuzlama, dondurma gibi işlemler uygulanması da parazitlerin yayılmasını azaltmıştır. Bununla beraber, kontrol için alınan tüm önlemlere karşın dünyanın tüm bölgelerinde insan ve çiftlik hayvanlarında parazitler değişik derecelerde bulunur. Bu nedenle parazitlerin kontrolünde diğer bazı metodların da geliştirilmesine gerek vardır. Bu metodlardan biri de, kanalizasyon atıkları ve gıdaların işlenmesinde iyonize radyasyonun kullanımı ve böylece onların içerebilecekleri parazitlerin zararsızlaştırılmasıdır.

Canlı sistemler üzerinde irradyasyon çalışmalarının çoğu bakteri ve viruslarla ilgili olmakla birlikte, protozoa ve helmintler üzerinde iyonize radyasyonun etkisiyle ilgili literatürde de artış vardır. Bu literatür, organizma ve hücrelerin radyasyonla olan ilişkilerinin özellikleri ve temel mekanizmaları üzerinde çalışmalarla, radyasyon uygu-

¹ Doç. Dr., Lalahan Hayvan Sağlığı Nükleer Araştırma Enstitüsü, Ankara.

lamaları ile gıdaların saklanması, kanalizasyon atıklarındaki patojenlerin inaktivasyonu ve parazit canlıların aşı olarak kullanımı için zayıflatılması gibi uygulamalı araştırmalardan oluşmaktadır.

Bu yazıda, insana gıdalarla bulaşan protozoa ve helmint parazitlere radyasyonun etkileri üzerinde durulmuştur. Literatürde bildirilen tüm radyasyon dozları karşılaştırmada kolaylık sağlamak için yaygın kullanılan ünite Gray'e (Gy) çevrilmiştir (1 Gy = 100 rad).

Radyasyonun Protozoa ve Helmintler Üzerinde Genel Etkileri

İyonize radyasyon, diğer tüm canlılarda olduğu gibi helmint ve protozoalar üzerinde de zararlı bir etkiye sahiptir. Radyosensitiviteyi etkileyen değişkenlerden bazıları; organizmanın gelişme devresi, irradiasyonun yapıldığı ısı ve bir türün her bir örneğinin duyarlılığındaki farklılıklardır (26).

Isı, bazı türlerin radyosensitivitesini etkiler. Kanalizasyon atıklarındaki parazitleri inaktive etmede ısı ve irradiasyonun sinerjik bir etkisi olduğu bildirilmiştir. Genelde, ısıtmanın radyasyon zararını artırdığı görülür (17).

Bir organizmanın radyasyon hassaslığının, onun radyasyon etkisinde kaldığı yaşam dönemine göre değişiklik gösterdiği artık iyi bilinmektedir. Villella ve ark. (28), embriyolanmış, enfektif devredeki *Ascaris* yumurtalarının, segmentlenmemiş yumurtalardan daha radyosensitif olduğunu bildirmiştir. Benzer olarak, *Entamoeba histolytica*'nın trofozoit formları x-ışınlarına kistlerinden 10 kat daha dirençlidir (18).

Radyasyonun iyi bilinen bir diğer zararı da protoplasmaya olanıdır. Çok hücreli organizmalarda aktif olarak bölünen üreme dokusu radyasyona somatik dokulardan daha hassastır. Bu nedenle organizmalar ani öldürme gerektiren dozlardan çok daha aşağısı ile sterilize edilebilir. Pek çok parazit, konakçı içinde çoğalmadığı sürece patojen olmadığından gıda ve kanalizasyon içindeki parazitlerin radyasyonla inaktivasyonunda gereken doz düzeylerini belirlemede bu önemli bir faktördür (9). Bundan başka, erkek gonad dokusu dışıdan daha radyosensitiftir. Bu nedenle irradiye edilmiş yumurta veya larvalardan oluşan olgun parazit popülasyonunun seks oranında doza bağlı değişiklikler görülür. Böylece belirli bir dozda erkekler gelişemediğinden parazitin yaşam çemberi kırılır. Bu fenomen, *Trichostrongylus axei* (6), *T. vitrinus* (1), *Haemonchus contortus* (12), *Ancylostoma caninum* (10),

Ascaridia galli (16) ve *Oesophagostomum columbianum* (7)'da bildirilmiştir. Sestod ve trematod gibi hermafrodit helmintlerde de erkek genital dokunun dışıdan daha fazla radyosensitif olduğu gözlenir (14). Genelde gonad dokusunun ve özellikle de erkek gonad dokusunun radyasyona daha çok hassaslığı; haploid hücrelerin diploidlere göre daha fazla radyosensitif olduğunu göstermektedir.

Aynı türün üyeleri arasında radyasyona duyarlılıkta bazı farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Verster ve ark. (27), *Taenia solium* sistiserklerini inaktive etmek için gerekli radyasyon dozlarının kistten kiste değiştiğini, ancak doz aralığının çok geniş olmadığını belirterek, etkili dozdaki bu değişikliğin kistlerin yaşına da bağlı olabileceğini kaydetmişlerdir.

Parazitleri inaktive etmede iyonize radyasyonun çeşitli formlarının oransal etkinliği arasındaki farklılık önemsizdir (9). Bu nedenle x-ışını ya da gamma ışını kullanarak yapılmış çalışmalardan alınan sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılabilir.

Deney hayvanlarında parazitlerin inaktivasyonunu araştırmada, uygun duyarlı bir konak bulma ve onda elde edilen sonuçları doğal konakçıya uyarılma gibi bir sorun vardır. *Cysticercus bovis* gibi bir kaç dışında pek çok insan paraziti duyarlı laboratuvar hayvanlarında çalışılabilir. Ancak, bu gibi durumlarda bazen bir laboratuvarın konakçıda parazitlenmesini ve patojenitesini önlemek için belirlediği dozlar, insanlarda paraziti inaktive etmek için gereken dozlardan farklı olabilir. Burada hata payı, konakçı doğal olmadığından fazla değerlendirmeye doğru olmalıdır.

Gıda Işınlama Uygulamaları

Parazit olan protozoa ve helmintler iyonize radyasyondan zarar gördüğünden, gıdaların güvenilir olarak tüketimini sağlamada ışınlama tekniğinin kullanımının halk sağlığı yönünden önemi vardır. Ancak burada göz önüne alınması gereken, parazitleri zararsız hale getirmede gereken radyasyon dozunun gıdanın organoleptik ve besinsel kalitesini ters yönde etkileyip etkilemeyeceğidir.

Gıdayı 10-25 kGy arasındaki dozlarda ışınlayarak yapılan uygulama radapertizasyon olarak adlandırılır. Radapertizasyon, gıdayı, gıda bozulmasında önemli tüm organizmaları tahrip ederek raf-stabil hale getirir. Radapertizasyon için gerekli yüksek dozlarda gıdaları donmuş halde (-40°C-20°C) iken ışınlama, lezzetliliği korumada temel bir işleme tekniğidir. Tablo 1'deki bilgilere dayanarak, hiçbir

Tablo 1. İyonize radyasyonun gıdalarla bulaşan protozoa ve helmintler üzerine etkileri.

Organizma	Doz (Gy)	Etki	Kaynak
Entamoeba histolytica	1395	Büyümenin kısmi inhibisyonu (in vitro)	9
	167	Canlı kistlerin % 99'unun öldürülmesi	18
	251	Canlı kistlerin % 100'nün öldürülmesi	18
Toxoplasma gondii	1953	Trofozoitlerin öldürülmesi	9
	90	Letal enfeksiyon oluşmaması	9
	300	Parazitlerin öldürülmesi	9
(Yugoslav suşu)	700	Enfektiviteyi önleyen min. etkili doz	3
(Amerikan suşu)	500	Enfektiviteyi önleyen min. etkili doz	3
(Çin suşu)	550	Enfektiviteyi önleyen min. etkili doz	3
Fasciola hepatica	28	Konakçada olgunlaşanama	9
	28	Azalan enfektivite ve sonunda konakçada ölüm	9
	28	Gelişmenin durdurulması, olgun yok	9
	20	Azalmış patojenite	11
	186	Kistlenmenin durdurulması (in vitro)	26
	4800	Lağım suyunda yumurtaların % 97'sinin öldürülmesi	9
Paragonimus westermanii	2500	Enfektiviteyi önler (farede)	19
	100	Enfektiviteyi önler (kedide)	19
Opistorchis viverrini	100	Enfektiviteyi önler	3
Clonorchis sinensis	150	Enfektiviteyi önler	20
	150	Enfektiviteyi önler	5
Hymenolepis nana	279	Olgun parazit gelişmemesi	9
	186	Olgun parazitlerin pek çoğu steril	14
	372	Gelişmenin durdurulması	14
Cysticercus bovis	4000	Tam devitalizasyon	15
	3000	2°C'de 7 günde öldürür	24
	400	Enfektiviteyi önler	23
	10000	Larvaları tahrip eder	23

	7500	Etteki skoleksleri öldürür	26
	3700	Kistlerin inaktivasyonu	2
	6000	Tam devitalizasyon	2
	300	Enfektiviteyi önler	3
<i>Cysticercus cellulosa</i>	4000	Tam devitalizasyon	15
	200	Enfektiviteyi önler	27
	6500	Tam devitalizasyon	27
<i>Cysticercus fasciolaris</i>	372	Enfektiviteyi önler	9
<i>Cysticercus pisiformis</i>	100	Paraziti sterilize eder, büyümesini önler	9
	300	Hiçbir parazit elde edilemez	9
	4000	Tam devitalizasyon	9
<i>Echinococcus granulosus</i>	500	Yumurtaların enfektivitesini önler	22
	300	Protoskolekslerin enfektivitesini önler	22
	2000	Protoskolekslerin enfektivitesini önler	4
<i>Anisakis sp.</i>	10000	Tam devitalizasyon	25
	6000	Larval penetrasyonun azalması	9
<i>Ascaris lumbricoides</i>	300	Segmentlenmemiş yum. larda geciken gelişme	28
	2500	Segmentlenmemiş yum. ların azalan patojenitesi	28
	4800	Gelişmemiş yum. ların % 97'sinin ölümü	9
	3000	Morula devresinde kalan gelişme	9
	400	Yumurtalar için letal (47°C'de)	17
	500	Sıvı dışkıda yum. lar için letal (50°C'de)	9
<i>Gnathostoma spinigerum</i>	7000	Enfektiviteyi % 5'e düşürür	3
<i>Angiostrong. cantonensis</i>	2000	Enfektiviteyi önler	3
<i>A. costaricensis</i>	4000	Enfektiviteyi önler	3
<i>Trichinella spiralis</i>	60	Enfektiviteyi azaltır	22
	90	Enfektiviteyi önler	22
	600	Enfektiviteyi önler	8
	200	Enfektiviteyi önler	13

parazitin radapertizasyonda canlı kalamayacağını vurgulayabiliriz. Bu uygulama ile tüketici helmint ve protozoonların neden olacağı hastalıklardan % 100 etkili olarak korunabilir.

Gıdalardaki parazit protozoa ve helmintleri zararsızlaştırmada, 3-5 kGy dozlarda uygulanan radisidasyon ve 0.5-1 kGy dozlarda uygulanan radurizasyonun etkinliği daha az kesindir. Radyasyonun normalde neden olacağı lezzet kaybını önlemek için gıdaları donmuş durumda ışınlamak, masraflı olması ve donma ve çözünmeden dolayı organoleptik kalitede kayıp olabilmesi nedenleriyle bazı gıdalar için pratik olmayabilir. Donmamış gıdalarda parazitleri zararsız hale getirmede radyasyon kullanırken dikkate alınacak en önemli kriter, lezzeti bozmadan uygulanabilecek dozu belirlemektir. Eğer gıda pişirildikten sonra yenecekse; pişirme ısı ve tipi ve gıdanın sunuş şekli, lezzetle ilgili eşik radyasyon dozunun belirlenmesinde önemlidir. Lezzetle ilgili radyasyon eşik dozu, genellikle, kaynamış veya buhar da pişmiş gıdada, kızarmışa göre daha düşüktür (9).

SONUÇ

Aşağıda Tablo 1'de iyonize radyasyonun gıdalarla bulaşan parazitlere etkileri özetlenmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı üzere bu konuda yapılan ilk çalışmalar genellikle parazitlerin canlılığına etkili dozun belirlenmesi üzerine olmuştur. Ancak, daha sonra gıda ışınlamada canlılıktan çok enfektivitenin önemi anlaşılmış ve çalışmalar o yönde yapılmıştır. Ayrıca, canlılığı önlemede yüksek radyasyon dozları gerekmesine karşın enfektivite için çok daha düşük dozların yeterli olduğu görülmektedir.

FAO, IAEA ve WHO gibi uluslararası kuruluşlar, gıdalarda 10 kGy'c kadar yükselen radyasyon dozlarının besin maddelerinde ışınlamaya bağlı olarak herhangi bir toksik etki oluşturmadığını ve besinsel kaliteyi ters yönde etkilemediğini bildirmişlerdir (29). Sonuç olarak, bu kuruluşların kabul ettiği maksimum radyasyon dozuyla, gıdalarla bulaşan parazitleri kontrol etmede gereken radyasyon dozları karşılaştırıldığında hemen tüm parazitlerin kontrolünün iyonize radyasyonla mümkün olduğu görülmektedir.

Kaynaklar

1. Alabay, M. (1983). *Kobaylarda Trichostrongylus vitrinus enfektif larvasının gelişmesine irradiyasyonun etkisi ve bu parazite karşı irradiye aşu denemesi*. Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg., 30: 135-143.

2. **Alabay, M., Emre, Z., Çerçi, H., Ersen, S. ve Mutluer, B.** (1992). *Inhibition of viability and infectivity of Cysticercus bovis by irradiation of meat.* T. Parazitol. Derg., 16: 68-76.
3. **Anon.** (1992). *Final FAO/IAEA Research Coordination Meeting on the Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites.* Food Irradiat. Newsletter, 16: 5-14.
4. **Burgu, A.** (1975). *Koyunlardan elde edilen Echinococcus granulosus protoscolex'lerine değişik radyasyon dozlarının etkisinin in vivo deneylerle saptanması.* TBTA V. Bilim Kong., 521-538.
5. **Chai, J.Y., Hong, S.T. and Lee, S.H.** (1991). *Effects of gamma irradiation on the survival and development of Clonorchis sinensis.* Rep. Third FAO/IAEA Res. Coordination Meet. on the "Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites", Mexico City, 24-28 June 1991.
6. **Ciordia, H. and Bizzell, W.E.** (1960). *Some effects of x-ray on the infective larvae of the cattle nematode Trichostrongylus axei.* Exp. Parasitol., 9: 37-41.
7. **Dhar, D.N. and Singh, K.S.** (1970). *Effect of irradiation on the infective stage larvae of the nematode Oesophagostomum columbianum and their use as a vaccine.* J. Helminth., 44: 11-23.
8. **Kasprzak, W., Pozio, E., Rauhut, W., Nowosad, P., Gustowska, L. and Golinska, Z.** (1991). *Effect of low-dose irradiation on Trichinella isolates.* Rep. Third FAO/IAEA Res. Coordination Meet. on the "Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites", Mexico city, 24-28 June 1991.
9. **King, B.L. and Josephson, E.S.** (1983). *Action of radiation on protozoa and helminths.* In "Preservation of Food by Ionizing Radiation", CRC Press, Vol. II: 245-267.
10. **Miller, T.A.** (1964). *Effect of x-irradiation upon the infective larvae of Ancylostoma caninum and the immunogenic effects in dogs of a single infection with 40 Kr irradiated larvae.* J. Parasitol., 50: 735-742.
11. **Movsesijan, M. and Cuperlovic, K.** (1970). *Pathophysiology and immunology of infections with non-irradiated and irradiated metacercariae of Fasciola hepatica.* In "Isotopes and Radiation in Parasitology II", IAEA, Vienna, 23-24.

12. **Mulligan, W., Gordon, H. McL., Stewart, D.F. and Wagland, B.M.** (1961). *The use of irradiated larvae as immunizing agents in Haemonchus contortus and Trichostrongylus colubriformis infections of sheep.* Aust. J. Agric. Res., 12: 1175-1190.
13. **Murrell, K.D.** (1991). *Epidemiology and control of trichinellosis and toxoplasmosis.* Rep. Third FAO/IAEA Res. Coordination Meet. on the "Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites", Mexico City, 24-28 June 1991.
14. **Onyango-Abuje, J.A. and Weinmann, C.J.** (1974). *Effects of gamma irradiation on the infectivity and development of Hymenolepis nana oncospheres.* Z. Parasitenk., 44: 111-113.
15. **Pawel, O.** (1968). *Devitalization of cysticerci by gamma irradiation.* In "Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation", IAEA, Vienna, 91-94.
16. **Ruff, M.D. and Hansen, M.F.** (1967). *Elimination of male Ascaridia galli (Nematoda) by x-irradiation of embryonated eggs.* J. Parasit., 53: 1285-1292.
17. **Sivinski, J.D.** (1975). *Treatment of sewage sludge with combination of heat and ionizing radiation.* In "Radiation for a Clean Environment", IAEA/SM/194/303, IAEA, Vienna, 151-156.
18. **Schneider, C.R.** (1960). *Radiosensitivity of Entamoeba histolytica cysts.* Exp. Parasitol., 9: 87-89.
19. **Song, C.** (1991). *Studies on the effect of Co-60 gamma ray on infectivity of Paragonimus westermanii metacercariae.* Rep. Third FAO/IAEA Res. Coordination Meet. on the "Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites", Mexico city, 24-28 June 1991.
20. **Song, C.** (1991). *Studies on the use of Co-60 gamma irradiation to control infectivity of Clonorchis sinensis metacercaria.* Rep. Third FAO/IAEA Res. Coordination Meet. on the "Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites", Mexico city, 24-28 June 1991.
21. **Taylor, E.L. and Parfitt, J.W.** (1959). *Destruction by irradiation of parasites transmitted to man through butcher's meat.* Int. J. Appl. Radiat. Isot., 6: 194-198.

22. **Thakur, A.S.** (1991). *Effect of irradiation using Co-60 on Trichinella spiralis larvae and on the eggs and protoscolices of Echinococcus granulosus*. Rep. Third. FAO/IAEA Res. Coordination Meet. on the "Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites", Mexico city, 24-28 June 1991.
23. **Tolgay, Z., Tezcan, İ., Tolgay, N. ve Cengiz, A.** (1972). *Dana ve sığır etlerinde Cysticercus bovis'in iyonizan ışınlarla (Co-60 gamma ışınları) öldürülerek veya inaktive edilerek zararsız hale getirilmesi üzerinde araştırmalar*. Türk Vet. Hek. Dern. Derg., 42: 13-29.
24. **Van Kooy, J.G. and Robijns, K.G.** (1968). *Gamma irradiation elimination of Cysticercus bovis in meat*. In "Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation", IAEA, Vienna, 81-89.
25. **Van Mameran, J. and Houwing, H.** (1968). *Effects of irradiation on Anisakis larvae in salted herring*. In "Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation", IAEA, Vienna, 73-80.
26. **Varga, I.** (1973). *The effect of ionizing radiation on animal parasites*. In "Manuel on Radiation Sterilization of Medical and Biological Materials", IAEA/STI/DOC/10/149, IAEA, Vienna, 81-92.
27. **Verster, A., DuPlessis, T.A. and Van den Heever, W.** (1977). *The eradication of tapeworms in pork and beef carcasses by irradiation*. Radiat. Phys. Chem., 9: 769-773.
28. **Villella, J.B., Gould, D.E. and Gomberg, H.J.** (1958). *Effect of Co-60 and x-ray on infectivity of Ascaris eggs*. J. Parasit., 44: 85-88.
29. **World Health Organization** (1981.) *Wholesomeness of irradiated food*. Rep. Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Tech. Rep. Series No. 659, WHO, Geneva.