

**Işınlama ve Modifiye Atmosferde Paketlemenin Pişirmeye Hazır Köftelerde
Escherichia coli O157:H7, *Salmonella enteritidis* ve *Listeria monocytogenes*
Üzerine Etkileri**

Neriman Yılmaz, Gürbüz Güneş*

İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalürji Fakültesi Gıda Mühendisliği
Bölümü, Maslak, İstanbul
*gunesg@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada ışınlamanın ve hava paketleme koşullarının 4 °C'de depolama sırasında pişirmeye hazır köftelerde *Escherichiae coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* ve *Listeria monocytogenes* üzerine etkileri araştırılmıştır. Işınlama patojenler üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır. *Salmonella enteritidis* ve *Listeria monocytogenes* 3 kGy dozda ışınlamayla, *E. coli* O157:H7 ise 1,5 kGy doz ile ışınlamayla tespit sınırının ($>10^2$ kob/g) altına inmiştir. Her üç patojeninde hava atmosferi ile paketlenen ambalajlarda ışınlamaya karşı daha duyarlı olduğu görülmüştür. *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L. monocytogenes* için D_{10} -değerleri hava atmosferli paketlerde sırasıyla; 0,22, 0,39 ve 0,39 kGy, MAP'de sırasıyla; 0,24, 0,43 ve 0,41 kGy'dir. Sonuç olarak pişirmeye hazır köftelerde potansiyel patojen riski 3 kGy doza kadar ışınlamayla önemli ölçüde ortadan kaldırılabilmektedir. Hava atmosferli paketlerde ışınlama patojen inaktivasyonunu az da olsa artırmıştır. Ancak hava atmosferli paketler ürün kalitesini olumsuz etkileyebileceğinden optimum ışınlama dozu ve paketleme koşulları mikrobiyal ve organoleptik kalite kriterlerinin değerlendirilmesiyle belirlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: MAP, Işınlama, Pişirilmeye hazır köfte, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*

Giriş

Tüketime hazır et ürünlerine talep artmaktadır. Bu gıdalar arasında pişirmeye hazır taze köfteler önemli bir yer tutmaktadır. Kullanıma hazır et ürünlerinin raf ömürleri mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalardan dolayı oldukça kısadır. Et ürünlerinde bazı patojenik mikroorganizmalar (*E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) büyük risk teşkil etmektedir (1). Bu gıdaların gama ışınları ile muamele edilmesi patojen riskini etkin bir şekilde ortadan kaldırılabilmektedir. Ancak, ışınlama yöntemi gıdalarda istenmeyen değişikliklere yol açabilmektedir. Modifiye atmosferde paketleme (MAP) kullanılarak ışınlamanın ürün kalitesi üzerindeki negatif etkisi önlenabilir. Nitekim yapılan çalışmalarda MAP ile ışınlamanın beraber kullanımı çeşitli et ürünlerinde mikrobiyal aktiviteyi ve

istenmeyen kimyasal reaksiyonları kontrol altına alarak raf ömrünü ve kaliteyi artırdığı gözlenmiştir (3, 4). Bu iki tekniğin beraber kullanımı ve düşük sıcaklıkta depolama ile tüketime hazır köftelerin kimyasal katkı maddesi içermeden uzun süre güvenli bir şekilde tüketicilere sunulabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, ışınlama (0-3kGy) ve MAP'nin pişirmeye hazır köftelerin mikrobiyal güvenliği üzerine kombine etkileri araştırılmıştır.

Yöntemler

Köfteler % 82,4 kıyma, % 8 ekmeğin içi, % 0,1 karabiber, % 2 kırmızı biber, % 3 soğan, % 0,5 sarımsak, % 2 tuz, %2 kimyonun karıştırılıp yaklaşık 30 dakika el ile yoğrulmasıyla hazırlanmıştır. Hazırlanan köfteler her biri 16 ± 2 g olacak şekilde şekillendirildikten sonra 10^6 kob/g düzeyinde *E.coli* O157:H7, *S. enteritidis* ve *L.monocytogenes* ile inoküle edilmiştir. Hava atmosferli paketler için gaz geçirgenliği yüksek LDPE torbalarına, MAP için olanlar ise gaz geçirgenliği çok düşük çok katmanlı PET/PE-EVOH-PE torbalarına yerleştirilmiştir. Ambalajlar içerisine uygun gaz karışımları (HAVA: %21O₂+%0CO₂+ %79N₂ ve MAP: %2O₂+%50CO₂+%48N₂ PBI Dansensor Map Mix 9000 gaz mikseri ile)) verildikten sonra kapatılmıştır (Multivac C200). Paketlerdeki gaz oranları bir gaz analizatörü (PBI Dansensor CheckMate) ile ölçülmüştür. Köfteler 0, 0,75, 1,5 ve 3 kGy dozlarında Co⁶⁰ ile ışınlanmıştır (Gamma-Pak Sterilizasyon A.Ş., Çerkezköy). 4 °C'de depolama sırasında örneklerde *E.coli* O157:H7, *S.enteritidis* ve *L.monocytogenes* sayımı TAL metoduna göre yapılmıştır (8). İki tekrarlı yapılan denemelerde elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ve TUKEY testleri ile istatistiksel olarak MINITAB® 12.2 programı kullanılarak analizlenmiştir..

Bulgular ve Tartışma

Paketlere 1., 7., 14. ve 21. günlerde deneylerden önce gaz ölçümleri yapılmıştır. Depolama boyunca O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Işınlama köftelerdeki *E.coli* O157:H7 sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır. *E.coli* O157:H7 sayısı 1,5 ve 3 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir (Çizelge 1). *E.coli* O157:H7 için D₁₀-değeri hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 0,22 kGy iken, MAP örneklerde 0,24 kGy olarak hesaplanmıştır. Bu değerler literatürde verilen değerlerle uyumludur (2). Işınlanmamış örneklerde; MAP *E.coli* O157:H7 gelişimini yavaşlatmıştır (p<0,05). Depolama sırasında *E.coli* O157:H7 sayısında az miktarda artış olmuştur. Işınlama köftelerdeki *S. enteritidis* sayısı üzerinde önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır (Çizelge 2). Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin *S. enteritidis* sayısı azalmıştır (p<0,05). *S. enteritidis* sayısı 3 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında, depolama süresince tespit limitinin (10^2 kob/g) altına inmiştir. *S. enteritidis* için D₁₀-değeri hava atmosferli paketlerde 0,39 kGy iken, MAP'de 0,43

kGy dir. *S. enteritidis* için D₁₀-değerleri çeşitli et ürünlerinde 0,51-0,71 kGy aralığında belirtilmiştir (7). Işınlanmamış numunelerde paketleme koşulları patojen gelişimini etkilememiştir (p>0,05). Depolama süresi sırasında *S. enteritidis* sayısı az miktarda artmıştır (p<0,05).

Çizelge 1: Işınlama dozu ve paketleme koşullarının köftelerde +4 C’de depolama sırasında *E. coli* O157:H7 sayısı üzerine etkileri

Gün	HAVA				MAP			
	0kGy	0,75kGy	1,5kGy	3kGy	0kGy	0,75kGy	1,5kGy	3kGy
1	6,08±0,04 ^{ax}	2,64±0,03 ^{zy}	0	0	6,10±0,04 ^{ax}	2,96±0,01 ^{bz}	0	0
7	6,25±0,01 ^{ax}	2,91±0,01 ^{zy}	0	0	6,24±0,04 ^{ax}	3,41±0,01 ^{by}	0	0
14	6,55±0,04 ^{aw}	3,19±0,04 ^{cx}	0	0	6,47±0,01 ^{aw}	3,58±0,01 ^{bx}	0	0
21	6,75±0,04 ^{aw}	3,47±0,03 ^{zw}	0	0	6,59±0,04 ^{bw}	3,75±0,04 ^{cw}	0	0

a, b ve c aynı sıra içindeki denemeler arasındaki farkı göstermek için kullanılmıştır (p<0,05). w,x,y,z aynı kolonda zamanlar arasındaki farkı göstermek için kullanılmıştır (p<0,05).

Çizelge 2: Işınlama dozu ve paketleme koşullarının köftelerde +4 C’de depolama sırasında *S. enteritidis* sayısı üzerine etkileri

Gün	HAVA				MAP			
	0kGy	0,75kGy	1,5kGy	3kGy	0kGy	0,75kGy	1,5kGy	3kGy
1	6,13±0,04 ^{ay}	4,36±0,04 ^{bx}	2,29±0,03 ^{cx}	0	6,00±0,14 ^{ay}	4,58±0,06 ^{by}	2,48±0,02 ^{cy}	0
7	6,25±0,01 ^{ax}	4,66±0,12 ^{bw}	2,43±0,21 ^{zw}	0	6,20±0,01 ^{ax}	4,19±0,00 ^{bx}	2,53±0,04 ^{cy}	0
14	6,48±0,04 ^{aw}	4,75±0,03 ^{bw}	2,57±0,08 ^{dw}	0	6,45±0,05 ^{aw}	4,86±0,04 ^{bx}	2,80±0,03 ^{cx}	0
21	6,67±0,01 ^{aw}	4,87±0,03 ^{bw}	2,67±0,06 ^{dw}	0	6,71±0,04 ^{aw}	5,04±0,06 ^{bw}	2,97±0,06 ^{cw}	0

Aynı satırda farklı harflerle (a, b, c ve d) gösterilen değerler istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05). Aynı kolonda farklı harflerle (w,x ve y) gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

Işınlama dozu arttıkça tüm paketlerdeki köftelerin *L. monocytogenes* sayısı azalmıştır (p<0,05). *L. monocytogenes* sayısı 3 kGy dozda ışınlanmış örneklerde tüm paketleme koşullarında (10² kob/g) altına inmiştir (Çizelge 3). *L. monocytogenes* için D₁₀-değeri hava atmosferli paketlerde 0,39 kGy iken, MAP’de 0,41 kGy dir. *L. monocytogenes* için D₁₀-değerleri çeşitli et ürünlerinde 0,45 ile 0,50 kGy aralığında belirtilmiştir (7). Işınlanmamış örneklerde; MAP örneklerde, hava atmosferi ile paketlenen örnekler göre daha düşük sayım sonuçları tespit edilmiştir (p<0,05). Depolama süresi boyunca *L. monocytogenes* sayısında önemli miktarda artış olmuştur ve günler arasındaki fark önemli çıkmıştır (p<0,05).

Sonuç olarak pişirmeye hazır köftelerde potansiyel patojen riski 3 kGy doza kadar ışılamayla önemli ölçüde ortadan kaldırılabilmektedir. Hava atmosferli paketlerde ışınlama patojen inaktivasyonunu az da olsa artırmıştır. Ancak hava atmosferli paketler ürün kalitesini olumsuz etkileyebileceğinden optimum ışınlama dozu ve paketleme koşulları mikrobiyal ve organoleptik kalite kriterlerinin değerlendirilmesiyle belirlenmelidir.

Çizelge 3: Işınlama dozu ve paketlenme koşullarının köftelerde +4 C’de depolama sırasında *L. monocytogenes* sayısı üzerine etkileri

Gün	HAVA				MAP			
	0kGy	0,75kGy	1,5kGy	3kGy	0kGy	0,75kGy	1,5kGy	3kGy
1	6,17±0,03 ^{az}	4,08±0,05 ^{ax}	2,34±0,02 ^{dz}	0	6,17±0,01 ^{az}	4,65±0,13 ^{bx}	2,54±0,04 ^{dz}	0
7	6,38±0,00 ^{ay}	4,23±0,13 ^{ax}	2,61±0,06 ^{dy}	0	6,33±0,01 ^{ay}	4,71±0,08 ^{bx}	2,86±0,03 ^{dy}	0
14	6,62±0,04 ^{ax}	4,76±0,01 ^{aw}	3,15±0,05 ^{ax}	0	6,54±0,03 ^{ax}	5,23±0,04 ^{bw}	3,43±0,08 ^{dx}	0
21	6,95±0,04 ^{aw}	5,04±0,04 ^{aw}	3,54±0,04 ^{aw}	0	6,87±0,02 ^{aw}	5,42±0,02 ^{bw}	3,82±0,02 ^{dw}	0

Aynı satırda farklı harflerle (a, b, c ve d) gösterilen değerler istatistiksel farkı göstermektedir (p<0.05).

Aynı kolonda farklı harflerle (w, x ve y) gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

Teşekkürler

Bu çalışma TÜBİTAK ve İTÜ Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Örnekler Gamma-Pak Işınlama tesisinde ışınlanmıştır. Paketleme materyalleri Koroza Ambalaj San. Ve Tic. A.Ş’ den temin edilmiştir. *Listeria* ve *Salmonella* kültürleri Prof. Dr. Necla Aran’dan temin edilmiştir.

Kaynaklar

1. Blake P, Toomey K, Swinger, G. 1996. Interstate *Escherichiae coli* O157:H7 infection outbreak associated with a fast-food hamburger chain, Georgia and Tennessee, 1995. American Journal of Epidemiology 143 (11): 340-340 Suppl. S.
2. Chirinos RRO, Vizeu DM, Destro MT, Franco BDGM, Landgraf M. 2002. Inactivation of *Escherichiae coli* O157:H7 in hamburgers by gamma irradiation. Brazilian Journal of Microbiology, 33: 53-56
3. Lee JW, Park KS, Kim JG, Byun MW. 2005. Combined effects of gamma irradiation and rosemary extracts on the shelf life of a ready to eat hamburger steaks, Radiation Physics and Chemistry, 72: 49-56.
4. Lee M, Sebranek JG, Olson DG, Dickson JS. 1996. Irradiation and packaging of fresh meat and poultry, Journal of Food Protection, 59: 62-72.
5. Monk JD, Larry RB, Doyle MP. 1995. Irradiation inactivation of food-borne microorganisms. Journal of Food Protection, 58: 197-208.
6. Thayer DW, Boyd G. 1999. Irradiation and modified atmosphere packaging for the control of *Listeria monocytogenes* on turkey meat. Journal of Food Protection, 62: 1136-1142.
7. Thayer DW, Boyd G, Fox JR, Lakritz L, Hampson JW. 1995. Variations in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with suspending meat. Journal of Food Science, 60: 63-67.
8. Wu VCH, Fung DY. 2001. Evaluation of thin agar layer method for recovery of heat injured foodborne pathogens. Journal of Food Science, 66:580-583.