

İŞINLAMANIN YUMURTA BEYAZININ KÖPÜK OLUŞTURMA ÖZELLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Mine Uygun Sarıbay*, Turhan Köseoğlu

Mine Uygun Sarıbay, Turhan Köseoğlu
TAEK, Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Ankara

Geliş tarihi / *Received*: 06.04.2012

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 03.09.2012

Kabul tarihi / *Accepted*: 28.09.2012

Özet

İşinlama teknolojisi, yumurta ve yumurta ürünlerinde patojen mikroorganizmaları yok ederek hijyenik kaliteyi sağlayan etkili bir teknolojidir ve birçok ülkede uygulanmaktadır. Yumurta akı, fırıncılık ürünlerinde özellikle pandispanya ve kek yapımında köpük oluşturma özelliği nedeniyle kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yumurta akı örnekleri üç farklı dozda işinlanmıştır (1, 2 ve 3 kGy). İşinlanmış ve işinlanmamış örneklerinin köpük hacmi, köpük yoğunluğu, köpük stabilitesi, pH, viskozite değerleri ve proteinlerin ikincil yapısındaki değişimler Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Azalan Tam Yansıma Spektroskopisi (ATR-FTIR) kullanılarak belirlenmiştir. İşinlamanın yumurta akının pH değerini etkilemediği görülmektedir. İşinlama ile köpük hacmi artarken, köpük yoğunluğu, köpük stabilitesi ve viskozite değerleri azalmıştır. İşinlama dozlarının proteinlerin ikincil yapısındaki değişimi gösteren α -sarmal ve β -düzlemsel tabakanın % alan değerlerine etkisi istatistik olarak önemsiz bulunmuştur ($P<0.01$).

Anahtar kelimeler: İşinlama, sıvı yumurta akı, köpük oluşturma özelliği

EFFECT OF IRRADIATION ON FOAMING ABILITY OF LIQUID EGG WHITE

Abstract

Irradiation is an effective technology to ensure the hygienic quality by eliminating pathogenic microorganisms on egg and egg products and applied in many countries. Liquid egg white is used in the preparation of bakery products especially cake and sponge cake due to foaming properties. In this study, liquid egg white samples were irradiated three different irradiation doses (1 kGy, 2 kGy and 3 kGy). Foaming volume, foaming stability, foaming density, viscosity, pH value of irradiated and unirradiated samples and the changes in secondary structure of proteins were determined by using Infrared Spectroscopy with Attenuated Total Reflectance (ATR-FTIR). Irradiation had no effect on the pH value of liquid egg white. While foaming volume increased with increase of irradiation dose, foaming density, foaming stability and viscosity values decreased. It was determined that effect of irradiation on area of % α -helix and β -sheet which shows the changes in protein secondary structure was found statistically insignificant ($P<0.01$).

Keywords: Irradiation, liquid egg white, foaming ability

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ m.sarıbay@gmail.com, ☎ (+90) 312 810 1737, 📠 (+90) 312 815 4307

GİRİŞ

Işınlama teknolojisi, ısı uygulamadan *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria* gibi kabuktan yumurtaya kontamine olmuş patojen mikroorganizmaları yok eden etkili bir prosestir. Soğuk pastörizasyon olarak adlandırılan ışınlama işlemi özellikle yumurta gibi sıcaklığa duyarlı proteinlere sahip gıdalar için uygun bir teknolojidir. Yapılan çalışmalarda, 3 kGy ışınlama dozunun yumurta ve yumurta ürünlerinin duysal ve fonksiyonel özelliklerinde önemli bir değişikliğe yol açmadan *Salmonella*'yı inaktive ettiği bildirilmiştir (1-11). Gıda sektöründe, fırıncılık ürünlerinin üretiminde özellikle kek ve pandispanya yapımında kullanılan yumurta akının köpük oluşturma özelliği, yumurta akı proteinlerinin önemli bir fonksiyonel özelliğidir (12). Işınlamanın, yumurta akının köpük hacmi üzerine etkisini gösteren birçok çalışma mevcuttur. Ancak bu çalışmalarda birbiri ile çelişen sonuçlar elde edilmiştir. Bazı çalışmalarda, ışınlamanın etkisiyle yüzey hidrofobitesini artıran proteinlerin köpük hacmini arttırdığı belirtilirken (13-16) diğer çalışmalarda, ışınlamanın proteinler üzerinde oluşturduğu oksidatif değişimler nedeniyle köpük hacmini azalttığı belirtilmektedir (19, 20). Bu amaçla, ışınlanmamış yumurta akı örnekleri ile üç farklı dozda (1, 2 ve 3 kGy) ışınlanan yumurta akı örneklerinin köpük hacmi, köpük yoğunluğu, köpük stabilitesi, pH, viskozimetre değerleri ve proteinlerin ikincil yapısındaki değişimler karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Sıvı yumurta akı örnekleri, Balıkesir ilinde bulunan ticari işletmeden temin edilmiştir. Örnekler, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde (SANAEM) faaliyet gösteren doz hızı 125 Gy/dakika olan Endüstriyel Gama Işınlama Tesisi'nde (SUST-60-1, Hungarian) oda sıcaklığında (20-22 °C), 2 kg'lık plastik bidonlarda, 1, 2 ve 3 kGy dozlarında ışınlanmıştır. Uygulanan ışınlama dozlarını tespit edebilmek amacıyla 0.1-3 kGy doz aralığında Harwell Gammachrome ve 1-30 kGy arasında ise Harwell Amber dozimetreleri kullanılmıştır (Harwell, UK). Işınlanmamış örnekler kontrol olarak ayrılmıştır.

Yöntem

Köpük hacmini belirlemek amacıyla 50 gram yumurta akı alınarak mikser (Beko, robokit 2154) yardımıyla maksimum hızda 3 dakika çırpılmış, oluşan köpüğün hacmi ölçülü silindir kullanılarak belirlenmiştir (19). Ölçülü silindirde bekletilen köpükten (30 dakika) ayrılan sıvı miktarı köpük stabilite değeri olarak kaydedilmiştir (19). Köpük yoğunluğu ise oluşan köpük hacminin, yumurta akı miktarına oranı şeklinde verilmiştir (19). pH değeri, pH metre yardımıyla oda sıcaklığına (20-22 °C) gelen örnekler seyreletme uygulanmadan, viskozimetre değerleri ise 4°C'ye soğutulmuş örneklerde viskozimetre kullanılarak belirlenmiştir. Işınlamanın protein yapısındaki etkisini incelemek amacıyla Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Azalan Tam Yansıma Spektroskopisi (ATR-FTIR) kullanılmıştır. Proteinlerin ikincil yapılarına gösteren α -sarmal ve β -düzlemsel tabaka'ya ait soğurma piklerinin % alan ortalamaları her bir örnek için 4 tekrarlı tarama yapılarak verilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yumurta akı, köpük oluşumunu sağlayan mükemmel bir ajandır. Çizelge 1'de ışınlama dozlarına bağlı olarak köpük hacmi, köpük yoğunluğu ve köpük stabilitesine ait değerler görülmektedir. Işınlama dozlarına bağlı olarak köpük hacmi artarken, köpük yoğunluğu ve köpükten ayrılan sıvının arttığı yani köpük stabilitesinin azaldığı görülmektedir. Kontrol örneğinde köpük hacmi 369 mL iken 3 kGy ışınlanmış örnekte 448 mL'ye yükseldiği, köpükten ayrılan sıvının da 5.6 mL iken 3 kGy sonunda 13.0 mL'ye yükseldiği görülmektedir. Köpük yoğunluğunun ise kontrol örneğinde 0.136 g/mL iken 3 kGy'de 0.112 g/mL olduğu görülmektedir. Köpük hacmi, köpük yoğunluğu ve köpük stabilitesi için kontrol ve 3 kGy ışınlanmış örneklerin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P <0.01). Yapılan çalışmalarda, 1-3 kGy arasında uygulanan düşük doz ışınlamanın, yumurta ve ürünlerinde köpüklenmeyi de içine alan fonksiyonel özellikleri geliştirdiği (13-16), ayrıca ışınlanmış yumurta akı proteinlerinden, ısı işlem görmüş yumurta akı proteinlerine göre % 47 daha az sıvı ayrıldığı, ışınlanmış yumurta akı proteinlerinin viskozitesinin

daha stabil olduğu belirtilmiştir (17, 18). 2.37 ve 2.98 kGy ışınlanan yumurta akının köpük hacmini arttırdığı (13), ışınlama sonucunda viskozitedeki azalmanın, yüzey gerilimini azaltarak köpük oluşumunu arttırdığı belirtilmektedir (21).

Işınlama dozlarına bağlı olarak yumurta akının viskozimetre değerlerinin azaldığı görülmektedir (Çizelge 1). Kontrol grubunun viskozitesi 5.88 mPa/s iken 3 kGy ışınlanmış örneğin viskozitesi 4.54 mPa/s değerine düştüğü ve istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($P < 0.01$). Viskozitedeki azalma ışınlamanın yumurtada meydana getirdiği önemli bir fiziksel değişimdir. Yumurta akının jel yapısı bozularak daha sulu hale gelmektedir. Ayrıca viskozitenin azalmasına yumurta akının jel yapısını oluşturan ana protein ovamüsinden o-glikosid ayrılmasının neden olabileceği bildirilmiştir (19) ve ışınlama sonucu yumurta akının viskozitesinde azalma verilen literatür bilgileri ile uyumludur (16, 19, 20, 23, 28).

Örneklerin pH değerinin ışınlama dozlarından çok fazla etkilenmediği belirlenmiştir (Çizelge 1). Yapılan çalışmalarda da ışınlamanın, yumurta akının pH değerini etkilemediği belirtilmiştir (11, 16, 19).

Azalan Tam Yansıma Spektroskopisi (ATR-FTIR) ile ışınlama sonrası proteinlerde meydana gelen yapısal ve konformasyonel değişiklikleri hızlı bir şekilde inceleyebilmek mümkündür. FTIR spektroskopisinde, kızılötesi (infrared) ışın örneğe gönderilmekte, örnek tarafından soğurulan dalga boyu, kızılötesi spektrumu şeklinde görülmektedir

(25). Her kimyasal bileşiğin, kızılötesi spektrumunda karakteristik bir dizi soğurma bandı bulunmaktadır. Proteinlerin kızıl ötesi spektrumunda en iyi bilgi, 1600-1700 cm^{-1} aralığındaki amid I bandından sağlanmaktadır (29). Amid I bölgesinde α -sarmal ve β -düzlemsel tabakada gözlenen değişimler incelenebilmektedir (31). Proteinlerin ikincil yapısı; polipeptit zincirinin belirli bölgelerinde zincir içi/zincirler arası bağların oluşmasıyla ortaya çıkar ve polipeptit zincirinin periyodik uzaysal düzenlemesini gösterir. Proteinlerin ikincil yapısı temel olarak α -sarmal ve β -düzlemsel tabakadan oluşmaktadır. α -sarmal, polipeptit zincirindeki ardıl aminoasit kalıntılarının aynı sabit değerde bükülmesiyle oluşur ve en çok rastlanan ve stabil olan yapıdır. Bu stabilizasyon α -sarmal yapısında çok sayıda yer alan hidrojen bağları tarafından oluşturulmaktadır. β -düzlemsel tabaka ise polipeptit zincirlerinin birbiri üzerine tabakalar halinde bağlanması ile oluşur ve farklı polipeptit zincirindeki hidrojen bağları ile kararlılık sağlanır (30). İnfrared spektroskopisi, diğer tekniklere göre hidrojen bağlarında peptit, polipeptit ve protein yapısında meydana gelen yapısal değişimleri belirlemede diğer tekniklere göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir (26). Üç farklı dozda ışınlanmış yumurta akı örneklerinin ATR-FTIR kullanılarak elde edilen spektrumları (Şekil 1)'de gösterilmiştir. Elde edilen spektrumlarda değişme gözlenmemektedir. Çizelge 2'de verilen α -sarmal ve β -düzlemsel tabaka'nın % alan değerleri, OPUS (Optic Users Software) bilgisayar programı ile spektrumlardan α -sarmal için 1652 cm^{-1} , β -düzlemsel tabaka için 1630 cm^{-1} ve 1680 cm^{-1}

Çizelge 1. Işınlanmamış (kontrol) ve ışınlanmış yumurta akının pH, viskozite, köpük hacmi, köpük yoğunluğu ve köpük stabilite değerleri

Table 1. pH, viscosity, foam volume, foam density and foam stability values of irradiated and unirradiated (control) egg white

Işınlama dozları Irradiation dose (kGy)	pH ^a	Viskozite ^e Viscosity (mPa/s)	Köpük hacmi ^f Foam volume (mL)	Köpük yoğunluğu Foam density (g/mL) ^g	Köpük stabilitesi ^h Foam stability (mL)
0	8.87 ^a ± 0.03	5.88 ^a ± 0.04	369 ^a ± 9	0.136 ^a ± 0.004	5.6 ^a ± 1.1
1	8.77 ^b ± 0.02	4.97 ^b ± 0.01	411 ^b ± 9	0.122 ^b ± 0.003	8.2 ^b ± 0.8
2	8.74 ^{bc} ± 0.01	4.63 ^c ± 0.09	430 ^c ± 8	0.116 ^c ± 0.002	12.2 ^b ± 0.8
3	8.80 ^c ± 0.01	4.54 ^d ± 0.02	448 ^d ± 10	0.112 ^c ± 0.002	13.0 ^c ± 1.0

Aynı sütunda farklı üstel harf taşıyan ortalamalar (a-d) birbirinden farklıdır ($P < 0.01$).

Means with different superscripts within the same column are significantly different ($P < 0.01$).

^a viskozite ve pH değerleri için n =3,

n=3 for viscosity and pH

^f köpük hacmi, köpük yoğunluğu ve köpük stabilitesi için n=5

n=5 for foam volume, foam density, and foam stability

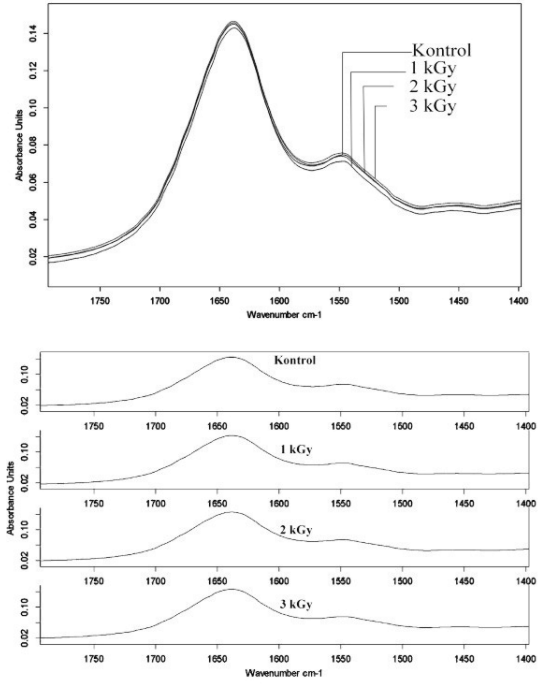
frekans değerleri kullanılarak hesaplatılmıştır. Işınlanmış ve ışınlanmamış yumurta akı örneklerinin α -sarmal ile β -düzlemsel tabakanın % alan değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur ($P < 0.01$). Yapılan çalışmalarda, 2 ve 16 kGy dozlarında ışınlanmış yumurta akı tozunun, α -sarmal'dan tesadüfi kıvrımlara kadar ikincil yapılarında çok küçük değişimler olduğunu, 2 kGy'de α -sarmal ve β -düzlemsel tabaka'nın % değerlerinde değişme olmadığını, 16 kGy'de ise çok az değişmeye neden olduğu bildirilmiştir (27). 1.5 kGy ışınlama dozunun, yumurta akı proteinlerinin sadece %1'inde topaklaşmaya (agregasyona) neden olduğu bildirilmiştir (22). 0.5-5 kGy dozları arasında ışınlanan yumurta akında ise yüksek molekülülü proteinlerde çok az degradasyon olduğu ancak yumurta akı proteinlerinin büyük kısmını oluşturan albüminde hiçbir değişikliğe yol açmadığı belirlenmiştir (23).

Çizelge 2. Işınlanmamış (kontrol) ve ışınlanmış yumurta akında α -sarmal ve β -düzlemsel tabakanın % alan değerleri (n= 4)

Table 2. % area values of α -heliks and β -sheet of irradiated and unirradiated (control) egg white

Işınlama dozları Irradiation dose (kGy)	α -sarmal α -helix (%)	β -düzlemsel tabaka β -sheet (%)
0	41.231 \pm 0.095	43.583 \pm 0.195
1	41.867 \pm 0.356	44.170 \pm 0.631
2	41.487 \pm 0.334	43.777 \pm 0.200
3	41.118 \pm 0.537	44.138 \pm 0.283

Sonuç olarak, uygulanan ışınlama dozlarının, pH değerlerini etkilemediği, proteinlerin yapısında değişikliğe yol açmadan yumurta akının köpük hacmini arttırdığı ve viskozitesinde azalmaya neden olduğu ve köpük stabilitesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 1. Işınlanmamış (kontrol) ve ışınlanmış yumurta akının ATR-FTIR spektrumları

Figure 1. ATR-FTIR spectra of irradiated and unirradiated (control) egg white

KAYNAKLAR

1. Anon. 2000. Irradiation in the production, processing and handling of food. In FDA Federal Register, 65 (141), 45280-45282.
2. Farkas J, Mohacsi-Farkas C. 2011. History and future of food irradiation. *Trends Food Sci Tech*, 22, 121-126.
3. Bakalinov S, Tsvetkova E, Bakalinova T, Tsvetkov T, Kaloyanov N, Grigorova S, Alxiev V. 2008. Characterization of freeze-dried egg melange long stored after irradiation. *Radiat Phys Chem*, 77 (1), 58-63.

4. Alvarez I, Niemira BA, Fan X, Sommers CH. 2006. *Food Irradiation Research and Technology*. Sommers CH and Fan X (Ed.), Chapter 12, Blackwell Publishing, First Edition, USA, 336 p.
5. Alvarez I, Niemira BA, Fan X, Sommers CH. 2006. Inactivation of Salmonella serovars in liquid whole egg by heat following irradiation treatments. *J Food Protect*, 69 (9), 2066-2074.
6. Alvarez I, Niemira BA, Fan X, Sommers CH. 2007a. Inactivation of *Salmonella enteritidis* and *Salmonella seftenberg* in liquid whole egg using generally recognized as safe additives, ionizing radiation, and heat. *J Food Protect*, 70(6), 1402-1409.
7. Alvarez I, Niemira BA, Fan X, Sommers CH. 2007b. Modelling the irradiation followed by heat inactivation of *Salmonella* inoculated in liquid whole egg. *J Food Sci*, 72 (5), 145-152.
8. Serrano LE, Murano EA, Shenoy K, Olson DG. 1997. D values of *Salmonella enteritidis* isolates and quality attributes of shell eggs and liquid whole eggs treated with irradiation. *Poult Sci*, 76 (1), 202-206.
9. Verde SC, Tenreiro R, Botelho MT. 2004. Sanitation of chicken eggs by ionizing radiation: HACCP and inactivation studies. *Radiat Phys Chem*, 71 (1-2), 27-31.
10. Tellez IG, Trejo RM, Sanchez RE, Ceniceros RM, Luna QP, Zazua P, Hargis BM. 1995. Effect of gamma irradiation on commercial eggs experimentally inoculated with *Salmonella serovar Enteritidis*. *Radiat Phys Chem*, 46 (4-6), 789-792.
11. Badr HM. 2006. Effect of gamma radiation and cold storage on chemical and organoleptic properties and microbiological status of liquid egg white and yolk. *Food Chem*, 97, 285-293.
12. Linden G, Lorient D. 1999. *New Ingredients in Food Processing*. Woodhead Publishing, UK, 383 p.
13. Ma CY, Harwalkar VR, Poste LM and Sahasrabudhe MR. 1992. Effect of gamma irradiation on the physicochemical and functional properties of frozen liquid egg products. *Int J Food*, 26 (4), 247-254.
14. Ma CY. 1996. Effects of gamma irradiation on physicochemical and functional properties of eggs and egg products. *Radiat Phys Chem*, 48 (3), 375.
15. Huang S, Herald TJ, Mueller DD. 1997. Effect of electron beam irradiation on physical, physicochemical and functional properties of liquid egg yolk during frozen storage. *Poult Sci*, 76, 1607-1615.
16. Song H, Kim B, Choe J, Jung S, Kim K, Kim D, Jo C. 2009. Improvement of foaming ability of egg white product by irradiation and its application. *Radiat Phys and Chem*, 78 (3), 217-221.
17. Wong YC, Herald TJ, Hachmeister KA. 1996. Comparison between irradiated and thermally pasteurized liquid egg white on functional, physical and microbiological properties. *Poult Sci*, 75, 803-808.
18. Wong PYY, Kitts DD. 2003. Physicochemical and functional properties of shell eggs following electron beam irradiation. *Sci Food Agr*, 83 (1), 44-52.
19. Min BR, Nam KC, Lee EJ, Ko GY, Trampel DW, Ahn DU. 2005. Effect of irradiation on quality attributes and functional properties of yolk and white. *Poult Sci*, 84, 1791-1796.
20. Arvanitoyannis IS. 2010. *Irradiation of Food Commodities*. Academic press in imprint of Elsevier, First edition, 710 p.
21. Yang SC, Baldwin RE, 1995. *Egg Science and Technology*. 4th. Edition, Food Products Press, New York. 654 p.
22. Hajos G, Kiss I, Halasz A. 1990. Chemical changes of proteins of irradiated egg-white. *Radiat Phys Chem*, 36 (5), 639-643.
23. Pinto P, Riberio R, Cabo Verde S, Lima MG, Dinis M, Santana A, Botelho ML. 2004. Sanitation of chicken eggs by ionizing radiation: functional and nutritional assessment. *Radiat Phys Chem*, 71, 33-36.
24. Haris IP, Severcan F. 1999. FTIR spectroscopic characterization of protein structure in aqueous and non aqueous media. *J. of Mol. Catal B: Enzymatic*, 7, 207-221.

25. Kong J, Yu S. 2007. Fourier Transform Infrared spectroscopy analysis of protein secondary structure. *Acta Biochim Biophys Sin*, 39 (8), 549-559.
26. Gradadolnik J. 2002. A FTIR Investigation of protein conformation. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*. 21 (1), 23-24.
27. Clark DC, Kiss IF, Wilde PJ, Wilson DR. 1992. The effect of irradiation on the functional properties of spray-dried egg white protein. *Food Hydrocolloids*, 5, 541-548.
28. Al Bachir M, Zeinou R. 2006. Effect of gamma irradiation on some characteristics of shell eggs and mayonnaise prepared from irradiated eggs. *J Food Saf*, 26, 348-360.
29. Damian G, Canpean V. 2005 conformational changes of bovine hemoglobin at different pH values, studied by atr ftir spectroscopy. *Romanian J. Biophys*, 15 (1-4), 67-72.
30. Saldamlı İ. 1998. *Gıda kimyası*. 1. Baskı, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 527 s.
31. Haris PI, Severcan F. 1999. FTIR spectroscopic characterization of protein structure in aqueous and non-aqueous media. *J. Mol Catal B. Enzym*, 7, 207-221.