

방사선 조사 난백의 물리적, 기능적 특성

이 경 애[†] · 최 윤 정

순천향대학교 응용과학부 식품영양전공

Effects of irradiation on the physical and functional characteristics of egg whites

Kyong-Ae Lee · Yoon-Jung Choi

*School of Food Science and Nutrition, Division of Applied Science,
Soonchunhyang University, Asan, 337-745, Korea*

Abstract

Effects of irradiation on the physical and functional characteristics of egg whites were investigated. Fresh shell eggs were irradiated at 0, 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0kGy. Egg whites were separated from eggs kept at 30°C for 2hr. There was a considerable decrease in viscosity of egg whites with irradiation. Irradiation made egg whites darker and less greenish. The foaming properties including foaming ability and stability were examined. Irradiation led to increase in whipping power and decrease in drainage in an irradiation dose-dependent manner. These results showed that irradiated egg whites had good foaming ability and stability.

Key Words : egg white, irradiation, physical characteristics, foaming ability, foaming stability

[†]Corresponding author : School of Food Science and Nutrition, Division of Applied Science, Soonchunhyang University, Asan,

Tel : 043-530-1262(or 1257)

E-mail : kaelee@asan.sch.ac.kr

I. 서론

조사식품의 안전성과 영양학적 타당성은 Codex 표준규격에 의해 인정되었다(FAO/WHO 1984). 1980년대 후반에 그동안 식품 제조에 사용되어왔던 훈증제인 에틸렌옥사이드가 식품에 잔류되는 강력한 발암물질이라고 알려지게 되었다. 이에 따라 1991년 WHO에서는 에틸렌옥사이드의 사용금지를 권고하게 되었고, 방사선 조사기술을 대체수단으로 권장하였다. 이에 따라 선진 각국에서 기존의 화학제를 대신할 수 있는 대체물질로 각광받고 있다(변명우, 1997). 최근 식품교역의 확대에 따라 각 나라에서는 화학제에 대한 규제가 강화되고 있어 각 나라에서 실시되는 수입식품에 대한 엄격한 위생관리를 통과할 수 있는 효과적인 방법으로 생각되고 있다. 선진국과 개발도상국을 포함한 40여 개국에서 230여종의 식품에 대한 상업적 식품조사가 허용되었다. 국내에서도 1987년대부터 감자, 양파, 마늘 등의 신선 식품류와 건조식품, 어패류 분말 등 총 13개 식품 품목군에 대한 상업적 방사선 조사가 허가되어 있으며, 앞으로 더욱 확대될 전망이다(변명우, 1998; 변명우와 김경표, 1998; Loeharanu, 1998).

영국, 미국 등에서 *Salmonella enteritidis*에 오염된 달걀 섭취에 의한 식중독이 발생함에 따라 달걀의 감마선 조사가 식중독 억제에 효과적 방법으로 대두되었다. 프랑스에서는 1990년부터 달걀에 감마선 조사를 허용하고 있다(Imai, 1993). 달걀은 기포형성능, 유화성 등 다양한 기능적 특성을 나타낸다. 달걀에 방사선을 조사하면 난백 단백질의 분해, 난황막의 약화, 변색, 이취 생성과 같은 변화가 일어난다(Branka, 1989; Tung 등 1970). 방사선 조사에 민감한 달걀 성분은 난백 단백질로 특히 오브알부민이 조사에 가장 민감하다(Kume, 1994). 따라서 달걀의 방사선 조사는 난백의 여러 특성에 상당한 영향을 미칠 것으로 생각된다.

그러므로 본 연구는 조사 달걀의 특성이 조사 달걀의 이용도에 많은 영향을 미칠 것으로 생각되어 달걀에 0.5~3.0kGy의 방사선을 조사한 다음 방사선 조사에 민감한 난백을 분리하여 비조사 달걀에서 분리한 난백의 물리적, 기능적 특성과 비교·검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

달걀은 천안시 소재 양계장에서 산란 당일에 구입하여 방사선 조사에 이용하였다. 방사선 조사 달걀은 30°C에서 2시간 방치한 다음 난백을 분리하여 점도, pH, 색도, 기포형성력 및 안정성 검토에 사용하였다.

2. 방사선 조사

달걀은 난각이 있는 상태로 폴리에틸렌 필름으로 포장한 다음, 한국원자력연구소의 10만 Ci Co-60 감마선 조사 시설을 이용하여 흡수선량 0.5, 1.0, 2.0, 3.0kGy가 되도록 방사선을 조사하였다. 흡수선량은 ceric cerous dosimetry 시스템을 이용하여 확인하였다. 방사선 조사 달걀에서 난백을 분리하여 실험에 사용하였다.

3. 물리적 특성

1) 점도

난백의 점도는 Brookfield viscometer(DV-III+, Brookfield Co., U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. Spindle은 LV1을 이용하여 100rpm에서 측정하였다. 농후난백과 수양난백은 homogenizer(Biohomogenizer M 133/1281-0, Biospec Products., Inc., Switzerland)로 골고루 혼합하여 점도 측정에 이용하였다.

2) pH

난백의 pH는 pH 미터(Ino Lab pH level 2, Wissenschaftlich Technische Werkstätten, Germany)를 이용하여 측정하였다. 달걀에서 난백을 분리한 다음 알끈을 제거하였다. 농후난백과 수양난백은 homogenizer(Biohomogenizer M 133/1281-0, Biospec Products., Inc., Switzerland)로 골고루 혼합한 후 pH를 측정하였다.

3) 색도

난백의 색도는 분광색차계(Color Techno System, JS-555, Japan)를 이용하여 L, a 및 b값을 측정하였다.

4. 기포 형성력 및 안정성의 측정

난백의 기포 형성력 및 안정성은 Philips 등(1997)의 방법에 따라 측정하였다. 난백과 동량의 증류수를 혼합한 다음 15분간 휘핑하여 기포를 형성시켰다. 이 기포를 이용하여 기포 형성력과 안정성을 다음과 같이 측정하였다. 기포 형성력은 난백과 동량의 증류수를 잘 섞은 혼합액 100ml의 무게(A)와 형성된 기포 100ml의 무게(B)를 이용하여 다음과 같이 overrun(%)을 산출하였다. 한편 기포 안정성은 기포를 실온에서 30분 방치한 다음 생성된 유리액량(ml)을 측정하였다.

$$\text{overrun}(\%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

5. 통계처리

실험은 3회 반복 실시하였으며 실험결과는 SPSS통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 유의성은 분산분석, Duncan multiple range test로 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 난백의 점도

난백의 점도를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 방사선을 조사하지 않은 달걀에서 분리한 대조군 난백의 점도는 22.8cp로 가장 높았다. 난백의 점도는 방사선을 조사함에 따라 감소하였다. 조사 난백의 점도는 조사선량이 가장 낮은 0.5kGy에서 급격히 감소하였으며 이 후 완만한 감소를 보였다. 조사선량 0.5kGy인 난백의 점도는

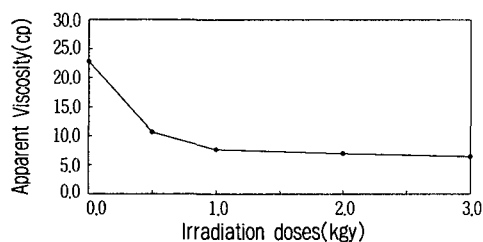


Fig. 1. Apparent viscosity of irradiated egg white with different doses

10.6cp로 대조군 난백의 1/2정도로 감소하였다. Ma 등(1990)은 방사선을 조사하면 오보뮤신의 분해가 일어나 난백의 점도가 감소한다고 하였다. Wong 등(1996)은 조사 난백의 점도가 저온살균 난백보다 낮은 것은 난백 단백질이 분해되었기 때문이라고 하였다. 비조사 및 조사 달걀을 할란하여 난백의 상태를 비교한 결과(Fig. 2), 비조사 달걀의 난백은 농후난백과 수양난백을 뚜렷이 구분할 수 있었으며 가장 적게 퍼진 상태를 보였다. 그러나 조사 달걀의 난백은 조사선량이 가장 낮은 0.5kGy에서도 농후난백과 수양난백을 구분할 수 없이 넓게 퍼져 있었으며, 조사선량별 차이는 나타나지 않았다.

2. 난백의 pH 및 색도

난백의 pH 변화를 측정하여 Table 1에 나타내었다. 난백의 pH는 방사선 조사에 관계없이 비슷한 값을 나타내었다. Cotterill 등(1979)은 달걀에 방사선을 조사하면 염기성 이온이 생성되어 pH가 증가한다고 하였으나, 본 실험에서는 pH 증가가 관찰되지 않았다.

Table 1. pHs of irradiated egg white with different doses.

Irradiation dose (kGy)	pH
0.0	8.92 ^a
0.5	8.96 ^a
1.0	8.96 ^a
2.0	8.98 ^a
3.0	8.96 ^a

Means with different letters within the same column are significantly different (p<0.05).

조사 난백의 색도 변화를 측정하여 Table 2에 나타내었다. L값은 대조군 난백이 조사 달걀의 난백에 비해 높았다(p<0.05). 달걀에 방사선을 조사하면 난백의 L값은 조사선량에 의존적으로 감소하여, 조사선량 3kGy인 난백의 L값이 가장 낮았다. 난백의 점도가 낮아졌음에도 불구하고 L값이 증가한 것은 당질이 조사에 의해 변화되었기 때문으로 생각된다. a값은 방사선 조사 달걀의 난백이 대조군 난백에 비해 낮았으며, 조사선량 3kGy일 때 가장 낮은 a값을 나타냈다(p<0.05). 난백은

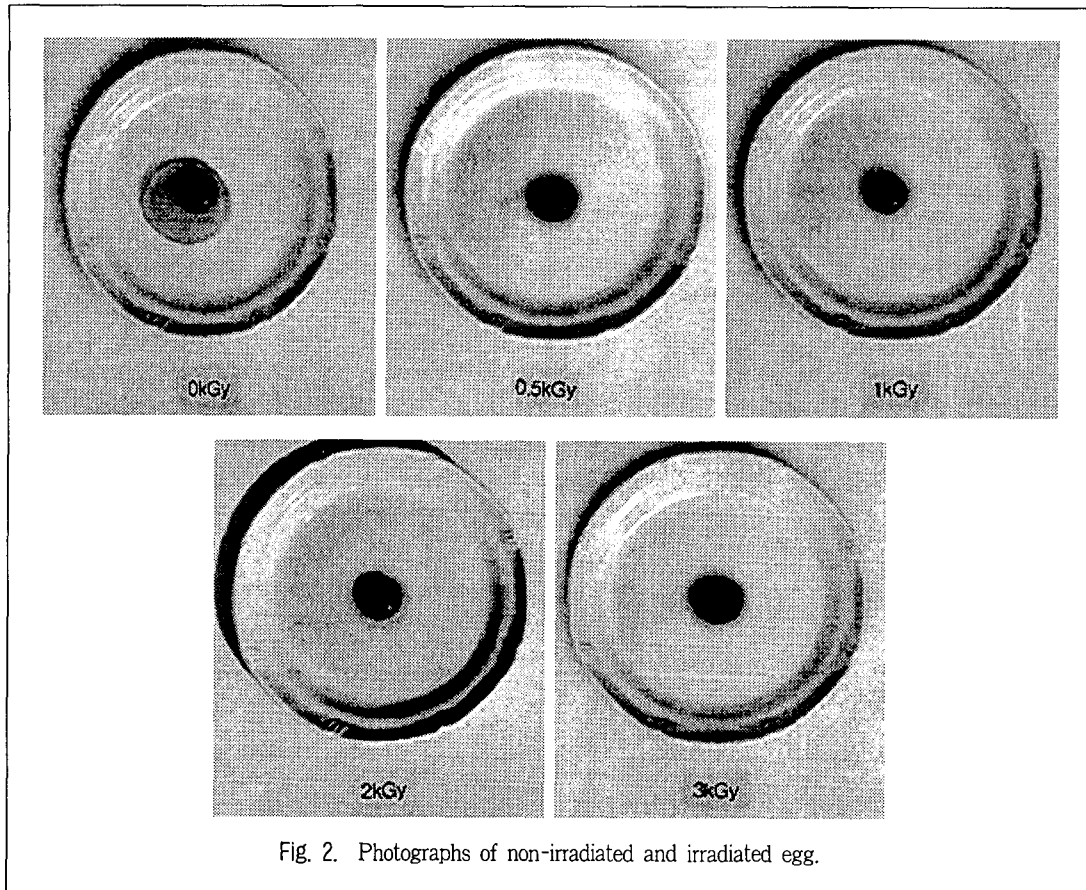


Fig. 2. Photographs of non-irradiated and irradiated egg.

Table 2. Color values of irradiated egg white with different doses.

Irradiation doses (kGy)	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾
0.0	86.0 ^a	-2.7 ^a	22.3 ^a
0.5	85.3 ^a	-2.2 ^a	21.4 ^a
1.0	84.3 ^{ab}	-1.9 ^{ab}	22.8 ^a
2.0	80.6 ^{bc}	-1.4 ^{bc}	23.9 ^a
3.0	79.3 ^c	-1.2 ^c	23.9 ^a

Means with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

1) : lightness, 2) : + redness, - greeness, 3) : + yellowness, - blueness

리보플라빈에 의해 녹색의 형광을 나타낸다. 방사선 조사시 생성되는 자유 라디칼에 의해 리보플라빈이 산화되면서 녹색도가 감소한 것으로 생각된다. b값은 난백간에 유의적 차이를 보이지 않았다. 따라서 방사선을 조사하면 난백의 명도와 녹색도가 감소함을 알 수 있었다.

3. 난백의 기포 형성력 및 안정성

조사 난백의 기포 형성력 및 안정성을 검토하여 Table 3에 나타내었다. 기포 형성력은 overrun으로, 기포 안정성은 기포를 30분 동안 방치할 때 유리되는 액량(ml)으로 나타내었다.

조사 달걀의 난백은 비조사 달걀의 난백에 비해 overrun이 증가하였으며($p < 0.05$), 조사선량이 높아짐에

Table 3. Foaming properties of irradiated egg white with different doses.

Irradiation dose (kGy)	Overrun (%)	Form drainage (ml)
0.0	631.3d	44.4a
0.5	846.8cd	43.2a
1.0	922.3b	36.8b
2.0	1096.8bc	30.2c
3.0	1085.7ab	26.9c

Means with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

따라 overrun이 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 방사선 조사 난백은 비조사 난백에 비해 우수한 기포 형성능을 나타내었으며, 조사선량이 높아지면 기포 형성능도 증가하였다. 조사선량 3kGy인 난백의 overrun은 비조사 달걀의 난백에 비해 1.7배 정도 높았다. Clarke 등(1992)은 방사선 조사시 일어나는 난백 단백질의 2차구조 변화가 난백의 기능성에 영향을 미친다고 하였다. 한편 조사 난백의 유리액량은 비조사 난백에 비해 낮았으며, 1kGy 이상의 방사선을 조사한 난백의 유리액량은 비조사 난백과 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). 유리액량은 조사선량 증가에 따라 감소하여, 조사선량 3kGy인 난백의 유리액량은 26.9ml로 가장 적었으며 비조사 난백에 비해 40% 정도 감소를 보였다. 유리액량이 적을수록 기포 안정성이 높아지므로, 조사난백은 비조사 난백에 비해 좋은 기포 안정성을 나타낼 수 있었으며, 기포 안정성은 조사선량에 의존적으로 증가하였다. 따라서 방사선 조사에 의한 기포 형성력과 안정성이 조사선량에 의존적으로 증가함을 알 수 있었다. Ma 등(1990)은 단백질 거품의 형성과 안정성은 계면에서 단백질의 부분적 변성과 풀어짐에 의하므로 오브알부민의 입체 구조 변화가 거품 형성능과 안정성을 향상시켰다고 보고하였다. 이경애 등(2000)은 달걀의 방사선 조사에 의해 오브알부민이 분해되었으며, 조사선량이 높을수록 더 많은 분해가 일어났다고 하였다. 따라서 방사선 조사에 가장 민감한 단백질인 오브알부민의 분해가 난백의 기포 형성력 및 안정성 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다.

IV. 요약

달걀에 0.5~3.0kGy의 방사선을 조사한 다음 난백을 분리하여 비조사 및 조사 난백의 물리적, 기능적 특성을 비교·검토하였다. 방사선 조사 달걀을 30°C에서 2시간 방치한 다음 난백을 분리하여 실험재료로 사용하였다.

점도는 방사선을 조사하지 않은 대조군 난백이 가장 높았다. 조사 난백의 점도는 조사선량이 가장 낮은 0.5kGy에서 급격히 감소하였으며 이 후 완만한 감소를 보였다. 달걀을 할란하여 난백의 상태를 비교한 결과, 대조군 난백은 농후난백과 수양난백의 구분이 뚜렷했으나, 조사 난백은 구별할 수 없었다.

난백의 pH는 방사선 조사의 영향을 받지 않았다. 한편 색도는 방사선 조사에 따라 명도와 녹색도가 낮아졌다($p < 0.05$).

난백의 기포형성력은 overrun으로 측정하였는데, 조사 난백은 대조군에 비해 overrun이 증가하였다($p < 0.05$). 조사선량 3kGy인 난백의 overrun은 대조군 난백에 비해 1.7배 정도 높았다. 난백의 기포 안정성은 기포를 30분 방치하는 동안 유리되는 액량으로 검토하였다. 유리액량은 대조군 난백이 가장 많았다($p < 0.05$). 조사 난백의 유리액량은 조사선량이 증가함에 따라 감소하였다.

참고 문헌

- 권중호, 정형욱(1978). Food Irradiation의 과학적 근거와 연구과제, *식품과학과 산업*, 32(7): 35.
- 변명우(1997). 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망, *식품과학과 산업*, 30(1): 89-100.
- 변명우(1998). 식품조사 기술의 국내 연구 현황, *식품과학과 산업*, 31(2): 19-24.
- 변명우, 김경표(1998). 방사선 조사식품에 대한 미국의 최근 동향, *식품산업과 영양*, 3(3): 30-32.
- 이경애, 최윤정, 양재승(2000). 효소면역측정법에 의한 방사선 조사 계란의 검출, *한국식품영양과학회지*, 29(6): 1030-1034.
- Loaharanu, P(1998). 식품조사기술의 세계적인 발전 현황과 이용 실태, *식품과학과 산업*, 31(2): 11-18.
- Branka, K-R., Dusan, R., Stjepan, M., Vlado, M.,

- Nada, K-S., Nada, M.(1989). Chemical and organoleptic properties of irradiated dried whole egg and egg yolk, *J Food Prot.*, 52(11): 781-786.
8. Clark, D.C., Kiss, I.F., Wilde, P.J., Wilson, D.R.(1992). The effect of irradiation on the functional properties of spray-dried egg white protein, *Food Hydrocolloids*, 5: 541-548.
9. Cotterill, O. J., Glauent, J. L.(1979). Nutrient values for linear liquid/frozen, and dehydrated eggs derived by linear regression analysis and conversion factors, *Poultry Sci.*, 58: 131-137.
10. FAO/WHO(1984). Codex general standard for irradiated foods. Codes alimentarius commission, Vol 15. Rome, Italy.
11. Imai, C., Kurihara, K., Umezawa, T.(1993). Eggs and salmonella, *New Food Indust. Jpn.*, 35: 81-85.
12. Kume, T.(1994). Immunochemical identification of irradiated chicken eggs, *J. Sci. Food Agri.*, 65: 1-4.
13. Ma, C. Y., Harwalker, V. R., Poste, L. M., Sahasrabudhe, M. R., Chambers, J. R., O'Hara, K. P. T.(1990). Gamma irradiation of shell egg. International and sensory quality, physicochemical characteristics, and functional properties, *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 23: 226-232.
14. Phillips, L.G., German, J.B., Foegeding, E.A., Harwalkar, A., Kilara, B.A., Lewis, B.A., Mangino, M.E., Morr, C.V., Regenstein, J.M., Smith, D.M., and Kinsella, J.E.(1990). Standardized procedure for measuring foaming properties of three proteins, a collaborative study, *J. Food Sci.*, 55(5): 1441-1444.
15. Tung, M.A., Richareds, J.F., Morrison, B.C., Watson, E.L.(1970). Rheology of fresh, aged and gamma-irradiated egg white, *J Food Sci.*, 35: 872-877.
16. Wong, Y.C., Herald, T.J., Hachmeister, K.A.(1996). Comparison between irradiation and thermally pasteurized liquid egg whites on functional, physical, and microbiological properties, *Poultry Sci.*, 75: 803-808.