

방사선 조사 난백이 엔젤 푸드 케이크의 특성에 미치는 영향

이경애 · 이윤진 · 양재승*
순천향대학교 응용과학부
*한국원자력연구소

Effects of irradiated egg white on the quality of angel food cake

Kyong-Ae Lee, Yoon-Jin Lee and Jae-Seung Yang

Division of Applied science of National Science, Soonchunhyang University, Asan, 337-600, Korea

*Korea Atomic Energy Research Institute, Food Irradiation Lab., Taejon, 305-353, Korea

Abstract

The quality of an angel food cake prepared with albumen of irradiated eggs was investigated. Fresh shell eggs were irradiated at various doses up to 3 kGy. Egg white from irradiated eggs decreased the specific gravity and increased the pH of cake batter. The specific volume and expansion ratio of the cake increased by the use of albumen from irradiated eggs. Egg white from irradiated eggs made the crust color of cake darker, more reddish and yellowish. The textural characteristics of the cake were also affected by irradiation. Irradiation caused a decrease in hardness, gumminess and brittleness and an increase in cohesiveness and springiness. Overall, egg white from irradiated eggs appeared to make an angel food cake softer than that of non-irradiated egg white.

Key word : angel food cake, irradiation, egg white, physical characteristics, textural characteristics

1. 서 론

식품의 방사선 조사는 발아·발근의 억제, 숙도 지연 등을 통한 저장성 향상을 목적으로 사용되어 왔다. 최근 식품 조사는 식품의 미생물학적 안정성 확보를 위한 HACCP의 중요한 수단으로 그 이용범위가 확대되고 있다¹⁾. 조사식품의 안전성과 영양학적 타당성은 Codex 표준규격에 의해 인정되었으며, FAO/IAEA/WHO등에서도 조사식품의 안전성을 보고하였다²⁾. 1981년 조미료와 향신료에 사용되는 훈증제인 에틸렌옥사이드가 식품에 잔류하는 강력한 발암물질임이 알려지면서, WHO는 이의 사용을 금지하는 대신 방사선 조사 기술을 이용하도록 권장하였다³⁾. 식품교역의 증가에 따라 각 국에서는 수입 식품에 대한 화학제의 규제가 강화되고 있다. 따라서 식품조사는 기존의 화학제를 대신하여 엄격한

위생관리를 통과할 수 있는 효과적인 방법으로서 그 이용이 더욱 확대될 전망이다.

식품조사는 1950년대에 미국과 소련을 중심으로 산업화되기 시작하였다. 1999년 IAEA 보고에 의하면 40여개 국에서 230여종의 식품군에 대한 방사선 조사가 허가되어 있다. 우리나라에서도 감자, 양파, 마늘 등의 신선식품류와 건조식육, 어패류 분말 등 총 13개 식품군에 대한 상업적 방사선 조사가 허가되어 있다⁴⁾. 달걀에 오염된 식중독균인 *Salmonella*의 제거에 식품조사가 매우 효과적인 방법으로 대두되면서, 1990년부터 프랑스에서는 방사선 조사(~4kGy)를 허용하고 있다⁵⁾.

달걀은 기포성, 유화성 등 다양한 기능적 특성을 나타낸다. 달걀의 난백은 난황에 비해 방사선 조사에 민감하여, 달걀에 방사선을 조사하면 오브알부민, 오보글로블린, 오보뮤신과 같은 난백 단백질의 구조적 변화가 일어난다^{6,7,8)}. 따라서 달걀의 방사선 조사는 난백의 여러 특성에 변화를 일으켜 향후 조사 달걀의 이용도에 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

본 연구는 0.5, 1.0, 2.0, 3.0kGy의 방사선을 조사

Corresponding author : Kyong-Ae Lee, Soonchunhyang University, Asan, Chungnam, 336-745, Korea
Tel : 041-530-1262
Fax : 041-530-1264
E-mail : kaelee@sch.ac.kr

한 달걀에서 난백을 분리한 다음, 난백의 기포성을 이용한 대표적 식품인 엔젤 푸드 케이크를 제조하여 물리적 특성과 텍스처 특성을 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크의 특성과 비교, 검토하였다.

II. 재료 및 방법

방사선 조사

달걀은 한국원자력연구소의 10만 Ci Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0kGy의 흡수선량($\pm 5.0\%$)이 되도록 방사선 조사를 실시하였다. 방사선 조사 달걀에서 난백을 분리하여 본 실험에 이용하였다.

엔젤 푸드 케이크의 제조

엔젤 푸드 케이크는 비조사 달걀의 난백을 사용한 대조군 케이크(C0)와 방사선 조사 달걀의 난백을 사용한 케이크(C1~C4)를 제조하여 시료로 이용하였다(Table 1). 엔젤 푸드 케이크의 재료 배합비는 난백 220g, 설탕 220g, 소금 1.1g, 밀가루(박력분) 89.1g, 바닐라향 0.8g이었다. 난백은 달걀을 30°C에서 2시간 방치한 다음 분리하여 엔젤 푸드 케이크의 제조에 사용하였다.

난백은 전동거품기(Sunbeam, USA)로 1분 30초간 휘핑한 다음 설탕을 넣고 5분간 크리밍하였다. 밀가루, 소금, 바닐라향을 넣고 2분간 풀딩한 후, 반죽을 케이크 팬에 담고 미리 예열시킨 오븐에 넣어 180°C에서 45분간 구워 실온에서 2시간 방냉시켰다. 25°C에서 1일 방치한 후 색도 및 텍스처를 측정하였다.

엔젤 푸드 케이크의 물리적 특성

반죽의 비중 및 pH

반죽의 비중은 반죽이 완료된 직후 물 치환법을 이용하여 측정하였다. 이 때 물의 밀도는 1.000g/cm³로 가정하였다. 한편 반죽의 pH는 pH 미터로 측정하였다.

Table 1. Types of an angel food cake

Types of an angel food cake	Dosage (kGy)
C0	0.0
C1	0.5
C2	1.0
C3	2.0
C4	3.0

엔젤 푸드 케이크의 비용적

케이크의 비용적은 케이크의 부피에 대한 반죽 중량의 비로 산출하였다.

엔젤 푸드 케이크의 부피 및 팽화율

케이크의 부피는 종실법에 의해 측정하였다. 케이크의 팽화율은 케이크의 부피에 대한 반죽 부피의 비로 산출하였다. 반죽의 부피는 반죽 완료 즉시 측정하여 팽화율 산출에 이용하였다.

엔젤 푸드 케이크의 색도

엔젤 푸드 케이크의 색도는 분광색차계(Color technosystem, JS-555, Japan)를 이용하여 L값(lightness), a값(redness/greeness) 및 b값(yellowness/blueness)을 측정하였다.

엔젤 푸드 케이크의 텍스처 측정

케이크를 중심부에서 직경 4.5cm의 원통형으로 잘라 texture analyzer(Shimadzu, SM-500N-168, USA)를 이용하여 2회 압착 실험을 실시하였다.

통계처리

실험은 3회 반복 실시하여, 그 결과를 SPSS 통계 프로그램을 사용하여 분석하였다. 유의성은 유의수준 5%에서 분산분석, Duncan's multiple range test로 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

엔젤 푸드 케이크 반죽의 비중 및 pH

엔젤 푸드 케이크 반죽의 비중 및 pH를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 1kGy이상의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크 반죽의 비중은 비조사 달걀의 난백을 사용한 반죽의 비중(0.46)에 비해 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 조사선량이 비중에 영향을 주지는 않았다. 따라서 달걀에 1kGy이상의 방사선을 조사하면 난백의 기포형성능력이 커지는 것을 알 수 있었다. 달걀은 0.5kGy만 조사하여도 농후난백의 수양화가 일어나 난백이 매우 묽어지는 현상을 육안으로 관찰할 수 있었다. Lee 등⁹⁾은 달걀에 방사선을 조사하면 난백의 점도가 크게 감소한다고 보고하였다. 따라서 조사 달걀

Table 2. Specific gravities and pHs of an angel food cake batter with different doses

	Types of an angel food cake				
	C0	C1	C2	C3	C4
Specific gravity	0.46 ^a	0.44 ^{ab}	0.43 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b
pH	8.11 ^d	8.13 ^c	8.18 ^b	8.19 ^a	8.19 ^a

a, b, c, d : Means with different letters within the same row are significantly different($p < 0.05$).

에서 분리한 난백의 기포형성력 증가는 점도 감소와 관계있는 것으로 생각된다. pH는 1kGy 이상의 방사선을 조사한 달걀을 사용한 엔젤 푸드 케이크 반죽이 비조사 난백을 사용한 반죽에 비해 유의적으로 높았으며, 조사선량이 증가함에 따라 pH가 높아졌다($p < 0.05$). Cotterill 등¹⁰⁾은 달걀에 방사선을 조사하면 염기성 이온이 생성되어 pH가 증가한다고 보고하였다.

엔젤 푸드 케이크의 비용적, 부피 및 팽화율

엔젤 푸드 케이크의 부피, 비용적 및 팽화율을 검토하여 Table 3에 나타내었다. 방사선 조사 달걀의 난백을 이용한 엔젤 푸드 케이크(C1~C4)의 비용적은 비조사 달걀의 난백을 이용한 대조군 케이크(C0)의 비용적(3.03g/cc)보다 조금 높았으나 케이크간의 유의적 차이는 보이지 않았다. 팽화율은 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 대조군 케이크(1.31)에 비해 조금 높았으나 유의적 차이는 나타나지 않았다. 이와 같이 비용적과 팽화율이 케이크간에 유의적 차이를 보이지 않았으나, 달걀에 방사선을 조사하면 기포 안정성은 다소 증가하는 것으로 생각된다.

엔젤 푸드 케이크의 색도

엔젤 푸드 케이크의 표면 및 내부의 색도는 Table 4에 나타내었다. 표면의 색도는 L, a, b값이 케이크간에 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). L값은 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 낮았으며, 3kGy의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크의 L값이 가장 낮았다. 그러나 1kGy이상의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크간의 유의적 차이는 나타나지 않았다. a값은 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 1kGy 이상의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크간의 유의적 차이는 나타나지 않았다. b값은 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케

Table 3. Specific volumes and expansion ratios of an angel food cake batter with different doses

	Types of an angel food cake				
	C0	C1	C2	C3	C4
Specific volume(g/cc)	3.03	3.03	3.02	3.04	3.06
Expansion ratio	1.31	1.32	1.30	1.34	1.37

Table 4. Color values of an angel food cake

		Types of an angel food cake				
		C-0	C-1	C-2	C-3	C-4
Crust	L	70.2 ^a	70.4 ^a	67.0 ^a	66.7 ^a	66.1 ^a
	a	6.8 ^b	7.4 ^b	8.1 ^a	8.5 ^a	8.3 ^a
	b	24.5 ^c	25.1 ^{bc}	25.8 ^b	26.5 ^{ab}	27.2 ^a
Crumb	L	82.1 ^a	81.8 ^a	81.9 ^a	82.1 ^a	81.1 ^a
	a	-1.9 ^b	-1.9 ^b	-1.0 ^a	-1.1 ^a	-0.9 ^a
	b	17.8 ^{ab}	17.4 ^b	18.3 ^{ab}	19.2 ^{ab}	19.6 ^a

a, b, c : Means with different letters within the same row are significantly different($p < 0.05$).

이크에 비해 높았으며, 3kGy의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 가장 높은 b값을 나타내었다. 이와 같이 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크는 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 명도는 감소하고 적색도와 황색도가 높아져, 갈색화 반응이 증가한 것을 알 수 있었다. Reidle 등¹¹⁾은 케이크는 당의 카라멜화와 아미노카보닐 반응에 의해 착색된다고 보고하였다. 반죽의 pH는 케이크의 착색정도에 영향을 주어 pH가 높을수록 당의 카라멜화와 아미노카보닐 반응에 의한 착색이 용이하다고 한다¹²⁾. Table 2에 나타낸 것과 같이 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크 반죽의 pH가 대조군보다 높아 엔젤 푸드 케이크의 갈색화 반응이 증가된 것으로 생각된다. 한편 내부의 색도는 표면에 비해 케이크간의 차이가 크지 않았으며, b값만이 유의적 차이를 나타내었다($p < 0.05$). b값은 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 높았으며, 3kGy의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 가장 높은 b값을 나타내었다. 내부의 색도에 비해 케이크간의 차이가 크지 않았던 것은 표면과 내부의 온도 차이 때문으로 생각된다.

엔젤 푸드 케이크의 텍스처 특성

엔젤 푸드 케이크의 텍스처 특성은 Table 5에 나타내었다. 견고성, 응집성, 탄력성, 검성, 부서짐성

Table 5. Textural characteristics of an angel food cake

	Types of an angel food cake				
	C0	C1	C2	C3	C4
Hardness	309.3 ^a	261.8 ^{ab}	235.0 ^b	224.8 ^b	220.5 ^b
Cohesiveness	65.8 ^c	66.5 ^{bc}	68.3 ^{ab}	69.4 ^a	70.4 ^a
Springiness	73.6 ^c	77.6 ^b	78.3 ^b	79.5 ^{ab}	81.6 ^a
Gumminess	510.2 ^a	434.6 ^b	367.6 ^{bc}	332.2 ^c	329.9 ^c
Brittleness	364.8 ^a	321.0 ^{ab}	290.0 ^b	274.5 ^b	273.7 ^b

a, b, c : Means with different letters within the same row are significantly different($p < 0.05$).

등이 케이크간에 유의적 차이를 보였다($p<0.05$). 견고성은 1kGy 이상의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 낮았다. 이는 조사 달걀의 난백이 기포 형성력과 기포 안정성이 높기 때문에 생각된다. 엔젤 푸드 케이크의 견고성은 조사선량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 조사 달걀의 난백을 사용한 케이크간의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 검성은 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크가 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 낮았으며, 3kGy를 조사한 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크의 검성이 가장 낮았다. 따라서 조사 달걀의 난백을 사용하면 더 부드러운 엔젤 푸드 케이크가 만들어짐을 알 수 있었다. 한편 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크는 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 응집성과 탄력성은 증가하고 부서짐성은 감소하였다. 조사 달걀의 난백이 엔젤 푸드 케이크의 텍스처 특성에 차이를 나타내므로 관능적 특성에도 많은 영향을 줄 것으로 생각되어 이에 대한 자세한 검토가 필요하다고 생각된다. 케이크의 견고성, 검성, 씹힘성은 입안 촉감과 유의적 상관관계가 있다고 한다¹³⁾.

요 약

조사 달걀의 난백이 엔젤 푸드 케이크의 물리적 특성 및 텍스처 특성에 미치는 영향을 비교, 검토하였다. 엔젤 푸드 케이크 반죽의 비중은 1kGy 이상의 방사선을 조사한 달걀의 난백을 사용함에 따라 유의적으로 낮아졌다($p<0.05$). 조사 달걀의 난백을 사용하면 엔젤 푸드 케이크의 비용적과 팽화율이 조금 증가하는 경향을 보였으나 케이크간에 유의적 차이는 나타나지 않았다. 엔젤 푸드 케이크의 표면 색도는 내부의 색에 비해 케이크 간에 큰 차이를 나타내었으며, L 및 a, b값이 케이크간에 유의적 차이를 보였다($p<0.05$). 조사 달걀의 난백을 사용하면 엔젤 푸드 케이크의 명도는 낮아지고 적색도와 황색도는 높아져 갈색화 반응이 증가했음을 알 수 있었다. 엔젤 푸드 케이크의 텍스처 특성을 검토한 결과, 견고성, 응집성, 탄력성, 검성, 부서짐성 등이 케이크간에 유의적 차이를 나타내었다($p<0.05$). 조사 달걀의 난백을 사용하면 엔젤 푸드 케이크의 견고성과 검성이 감소하여 더 부드러운 엔젤 푸드 케

이크가 만들어짐을 알 수 있었다. 한편 조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크는 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크에 비해 응집성과 탄력성은 증가하였고 부서짐성은 감소하였다.

이와 같이 엔젤 푸드 케이크의 제조에 조사 달걀의 난백을 사용하면 케이크의 색도, 텍스처 특성이 비조사 달걀의 난백을 사용한 엔젤 푸드 케이크의 특성과 차이를 나타내었다. 이러한 차이는 관능적 특성에 영향을 주게 되므로 방사선 조사 달걀을 케이크 제조에 이용하기 위해서는 관능적 특성에 대한 검토가 실시되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Locharanu, P. : 식품조사 기술의 세계적인 발전 현황과 이용 실태, 식품과학과 산업 31(2) : 11-17, 1988.
- IAEA : Food irradiation newsletter, Vienna, September, 1987.
- 변명우 : 식품산업에서 방사선 조사 기술의 이용과 전망, 식품과학과 산업, 30(1) : 89-100, 1997.
- 변명우 : 식품 조사 기술의 국내 연구 현황, 식품과학과 산업, 1(2) : 19-24, 1998.
- Imai, C., Kurihara, K. and Umezawa, T. Eggs and salmonella, New Food Indust. Japan, 35 : 81-85, 1993.
- Branka, K-R., Dusan, R., Stejepan, M., Vlado, M., Nada, K-S., and Nada, K. : Chemical and organoleptic properties of irradiated dried whole egg and egg yolk, J Food Prot., 52(11) : 781-786, 1993.
- Tung, M.A., Richareds, J.F., Morrison, B.C., and Watson, E.L. : Rheology of fresh, aged and gamma-irradiated egg white, J Food Sci., 35 : 872-877, 1970.
- Lee, K.A., Choi, Y.J., and Yang, J.S. : Enzyme-linked immunosorbent assay for identification of irradiated eggs, J Korean Soc. Foos Sci. Nutri., 29(6) : 1030-1034, 2000.
- Lee, K.A., and Choi, Y.J., : Effect of irradiation on the physical and functional characteristics of egg white, Korean J Human Ecol., 4(1) : 62-67, 2001.
- Cotterill, O.J., and Glauent, J.L. : Nutrient values for linear liquid/frozen, and dehydrated eggs derived by linear regression analysis and conversion factors, Poultry Sci., 58 : 131-137, 1979.
- Reidle, M.A., and Klein, B.P. : Effect of soy or field flour substitution on physical characteristics of chemically leavened quick bread, Cereal Chem., 60 : 367-370, 1983.
- Bower, J. : Food theory and applications, 2nd ed., MacMillan, p.326, 1992.
- Kawasome, S., and Yamamoto, Y. : Effect of butter content on the texture of sponge cakes, J Home Econ. Japan, 41 : 71-75, 1990.

(2001년 10월 30일 접수, 2001년 12월 28일 채택)