

감마선 조사된 난백 함유 Cake의 품질 특성

- 연구노트 -

이주운 · 서지현 · 김영호* · 최정미** · 육홍선*** · 안현주 · 변명우†

한국원자력연구소 방사선식품생명공학기술개발

*해전대학 호텔제과제빵과

**건양대학교 미용디자인학과

***충남대학교 식품영양학과

Quality Properties of Cakes Containing Gamma-Irradiated Egg White

Ju-Woon Lee, Ji-Hyun Seo, Young-Ho Kim*, Joung-Mi Choi**,
Hong-Sun Yook***, Hyun-Joo Ahn and Myung-Woo Byun†

Dept. of Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute,
Daejeon 305-600, Korea

*Dept. of Hotel Baking Technology, Hyejeon College, Hongsung 350-702, Korea

**Dept. of Fashion and Beauty Design Theraph, Konyang University, Nonsan 320-711, Korea

***Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

As a research on the practical approaches of gamma irradiation for the reduction of egg allergy, cakes including gamma-irradiated egg white were manufactured, and rheological characteristics and sensory qualities of the cakes were evaluated. Egg white was separated from whole egg and then gamma-irradiated with the absorbed dose of 10 or 20 kGy. White layer cake, pound cake and sponge cake were made with irradiated egg white and used to the subsequent experiments. Firmness of all samples containing irradiated egg white was higher than that of control. Retrogradation of pound and sponge cakes containing irradiated egg white was delayed, and the result showed that the usage of irradiated egg white was better at the point of rheological storage ability. Effects of irradiated egg white on the sensory quality were different depending onto the properties of each product. Radiation off-odor was observed in the all samples containing irradiated egg white. To maintain the sensory quality, adequate methods such as masking effects should be developed during manufacture.

Key words: egg allergy-reduced cakes, gamma irradiation, egg white

서 론

계란은 높은 영양가치를 가지는 중요한 식량 자원으로 이용되고 있으나 식품 알러지를 잘 일으키는 주요 식품군(1)이기도 하다. 계란 알러지는 성인보다는 유아나 소아에게서 빈번히 발생되므로 성장기 어린이의 균형적인 영양공급에 악영향을 끼치며, 원인 식품의 거부로 인한 편식 등을 유발하기도 한다(2,3). 계란 알러지를 억제 또는 저감화시키기 위해 단백질 분해효소를 이용하거나(4) 원인 물질을 분리하여 제거하는 방법(5) 등의 연구가 시도되었으나 실용적인 방법은 거의 전무한 실정이다.

한편, 방사선 조사기술을 이용한 계란의 주요 알러젠에 대한 구조변화 실험에서 상당히 긍정적인 결과를 얻을 수 있었다(6-10). 따라서 본 연구에서는 방사선 조사기술을 이용하여 계란의 알러지성을 감소시키기 위한 실증 연구의 일환으로 난백

에 감마선을 조사한 후 비교적 난백을 많이 함유하는 가공식품 중 cake를 제조하고 그 품질 특성을 관찰하였으며, 감마선 조사된 원료를 사용하여 생산한 최종제품의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

Cake 제조에 사용한 밀가루는 대한제분(주) 박력분 1급품을 사용하였다. 설탕은 대한제당(주) 제품을, 쇼트닝과 버터는 삼립유지(주) 제품을, 소금은 한주소금을, 유화제는 삼립웰가 SP를, baking powder는 오투기(주) 제품을, 탈지분유는 서울우유협동조합 탈지분유를, 물엿은 삼양사(주) 제품을 사용하였다. 제품 생산에 사용된 모든 분말 원료는 체(Standard Testing Sieve, No. 20, Aperture 850 µm)로 걸른 후 사용하였

†Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-42-868-8060, Fax: 82-42-868-8043

다. 계란은 지역시장으로부터 구입하여 난백과 난황을 분리하여 용기에 담아 밀봉한 후 냉장보관하였다.

난백에 대한 감마선 조사

난백에 대한 감마선 조사는 ^{60}Co 을 선원으로 하여 시간당 10 kGy의 선량율로 시료 10 kg이 10과 20 kGy의 흡수선량을 받도록 감마선 조사시설(IR-79, Nordion International Ltd., Ontario, Canada)에서 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 Fricke dosimetry(ceric/cerous dosimeter)(11)를 사용하였고, 흡수선량의 오차는 ± 0.1 kGy였다. 이때 조사실의 온도는 16°C였다. 조사 후 난백을 냉장보관하면서 cake 제조 실험에 사용하였다.

감마선 조사에 의한 난백의 점도 및 가열 후 경도 변화

감마선 조사된 난백이 cake의 제조에 미치는 영향을 판단하기 위해 점도 변화를 관찰하였다. 시료 16 mL을 측정용 ULA 40Y jacket에 담아 실온(20°C)에서 1시간 방치한 후 ULA spindle을 이용하여 spindle speed를 250 rpm으로 고정된 후 Brookfield 점도계(DV-II, Brookfield Engineering Labs, Inc., Stoughton, MA, USA)를 사용하여 점도를 10회 이상 측정하여 평균값을 나타내었다.

점도 측정 후 난백을 100 mL 비이커에 80 mL 담아 80°C로 고정된 water bath에서 15분간 가열처리한 후 실온(20°C)에서 2시간 방냉하고 texture analyzer(TA XT2i, Stable Micro Systems Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 경도(hardness)를 측정하였다. 측정은 P/2 cylindrical probe를 이용하였으며, 측정 조건은 pre-test speed 2 mm/s, test speed 3 mm/s, post-test speed 2 mm/s였으며, 25%의 변형률로 압착하였다.

Cake의 제조

Cake 제조를 위한 원료 배합비는 Table 1과 같다. Pound

Table 1. Formula of pound cake, white layer cake, and sponge cake

Ingredient	Content of ingredient (g)		
	Pound cake	White Layer cake	Sponge cake
Cake flour (14% mb)	800	600	500
Sugar	640	720	650
Butter	480	-	-
Shortening	160	360	-
Salt	8	12	5
Emulsifier	16	18	25
Water	160	348	-
Non fat dry milk	16	36	-
Baking powder	16	18	2.5
Egg yolk	230	-	324
Egg white ¹⁾	410	516	576
Cream of tartar	-	3	-
Soy oil	-	-	150

¹⁾Egg white for treatments was separated from whole egg and irradiated at 10 kGy of absorbed dose prior to addition and that for control was used without irradiation.

cake를 제조하기 위해 호바터 믹서기(NVM2-14, Daeyung Bakery Machinery Ind. Co., Ltd, Seoul, Korea)를 이용하여 버터, 쇼트닝, 소금, 설탕, 유화제를 넣고 크림상태로 만든 후 계란을 조금씩 넣으면서 부드러운 크림을 만들고 물은 조금씩 넣으면서 섞었다. 체친 베이킹파우더, 박력분, 탈지분유를 반죽 온도 23°C, 반죽비중 0.75 ± 0.05 되게 반죽을 마무리하여 팬(ϕ 20 cm×5.5 cm×7 cm)에 팬닝하여 200°C 오븐(FDO-7104A, Daeyung Bakery Machinery Ind. Co., Ltd)에서 30분간 굽기를 하였다. White layer cake의 제조는 호바터 믹서기를 이용하여 쇼트닝을 부드럽게 하여 소금, 설탕, 유화제를 넣고 적당한 크림상태로 만든 후, 흰자와 주석영을 조금씩 첨가하면서 부드러운 크림상태로 만들었다. 전체 물 분량 중 1/2를 크림상태의 혼합물에 조금씩 넣으면서 저속, 중속으로 혼합하고, 베이킹파우더, 박력분, 탈지분유를 가볍게 섞어 나머지 물을 넣고 혼합하여 부드러운 반죽을 만들었다. 반죽온도 23°C, 비중 0.8 ± 0.05 로 조정하였으며, 반죽은 원형 팬(ϕ 24 cm×4 cm)에 550 g panning한 후 오븐에서 190°C로 25분간 굽기를 하였다. Sponge cake는 호바터 믹서기를 이용하여 대두유를 제외한 설탕, 계란, 유화제, baking powder, 소금을 전부 믹서볼에 넣고 반죽의 비중이 0.35정도 되게 거품을 형성시킨 후 대두유를 첨가하여 반죽의 비중이 0.45정도 되게 하였다. 반죽은 원형 팬에 400 g panning한 후 오븐에서 180°C로 20분간 굽기를 하였다.

Cake의 경도 측정

감마선 조사된 난백을 함유한 cake의 저장기간에 따른 경도(firmness)측정은 TA XT2i Texture analyser(SMS Co. Ltd., England)를 이용하였고 측정 조건은 American Association of Cereal Chemists(12) standard method에 따랐으며, 측정 후 얻어진 force(g)-time(s) curve로부터 average curve를 구한 후 texture expert software system으로 25% strain point의 경도를 구하였다(13).

관능적 품질 평가

각각 제조된 cake에 대한 관능평가는 Civille과 Szczesniak의 방법(14)을 사용하여 제빵기술자를 포함한 미리 훈련된 12명의 panel 요원을 구성하여 각 실험구별로 외관(color), 향기(odor), 맛(taste), 조직감(texture) 그리고 전체적인 기호도(overall acceptance)에 대하여 각각 7점 만점으로 평점하고 그 평균치를 구하여 비교하였다. 평점표에서 7점은 아주 우수(very good)하고, 1점은 가장 열악(very poor)한 품질 상태를 나타내는 것으로 하였다.

결과 평가 및 통계처리

각 항목에 대해 동일한 실험을 5회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들을 SAS[®] software(15)에서 프로그램된 general linear model procedures, least square 평균값을 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

감마선 조사에 의한 난백의 점도 및 가열 후 경도 변화

감마선 조사에 의해 난백의 점도는 급격히 감소하는 것으로 나타났으나 가열 후 경도는 오히려 증가하는 것으로 나타났다 (Table 2). 감마선 조사된 난백의 점도가 감소하는 것은 난백 단백질 중 ovomucoid의 변성에서, 특히 carbohydrate 부분의 부분적 파괴가 난백의 점도를 감소시켜 발생되는 것으로 사료된다. 이 결과는 Lee 등(6)의 보고와 일치하였다. 일반적으로 carbohydrate에 대한 방사선 조사는 구조를 파괴하고 소편화하여 전체적인 물성을 감소시킨다(16). 그러나, 난백의 경우와 같이 단백질과 혼합된 상태에서 감마선 조사에 의한 경도의 증가는 아직까지 보고되어 있지 않아 이 부분에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것이다.

Cake의 경도

감마선 조사된 난백을 함유한 cake의 경도는 Table 3과 같다. Cake의 경도는 난백의 함유량과 경도에 영향을 미치는 설탕, butter와 shortening의 첨가량에 의존하며 차이를 나타내었다. 즉, white layer cake의 경우 난백만이 첨가되어 제조되

는 특성으로 다른 cake보다 높은 경도를 나타내었고, pound cake과 sponge cake의 순으로 경도가 감소하였다. 10 kGy와 20 kGy로 감마선을 조사한 난백을 첨가하여 제조한 모든 제품에서 경도가 높은 것이 관찰되었다. 저장 중 cake의 경화를 조사하기 위해 저장 5일째 시료의 경도를 측정하였을 때, 감마선 조사 난백을 함유한 pound cake와 sponge cake의 경도 증가는 비조사 난백을 함유한 시료보다 오히려 적게 증가하였다. 감마선 조사된 난백을 함유한 시료의 경화가 지연되는 결과는 저장성 측면에서 비조사 난백을 함유한 시료보다 cake의 노화가 천천히 일어나는 것으로 판단하였다(17). 그러나, white layer cake에서는 모든 처리구의 경도가 비슷하게 증가하는 것으로 나타나서 white layer cake의 경우 감마선 조사된 난백이 저장 중 경도의 변화에 미치는 영향은 없는 것으로 판단되었다.

감마선 조사 후 가열처리한 난백의 경도가 더 큰 것은 조사 난백을 함유한 cake의 경도가 대조구보다 높게 나타나는 것을 설명할 수 있는 자료이다(Table 2). 조사된 난백을 함유한 cake의 경도가 상대적으로 높은 것은 조사 후 변성된 구성단백질과 carbohydrate에 의한 상호작용에 의해 증가하는 것으로 사료된다.

관능적 품질

감마선 조사된 난백을 함유한 cake의 관능평가 결과는 Table 4와 같다. White layer cake의 경우 20 kGy의 난백을 함유하였을 때, 향기와 조직감이 낮은 점수를 받았고, 전체적인 기호도 또한 낮게 평가되었으나 통계적인 유의성은 나타나지 않았다. Pound cake에서는 감마선 조사된 난백을 함유한 cake의 관능적 품질이 대조구에 비해 낮게 평가되었고, 단지 조직감 평가에서 처리구가 다소 높은 점수를 얻었다. Sponge cake은

Table 2. Viscosity of gamma-irradiated egg white and hardness of irradiated and heated egg white

	Viscosity (cP)	Hardness (g)
Control	4.2 ^{ad1)}	74.5 ^c
10 kGy	1.6 ^b	115.7 ^b
20 kGy	1.1 ^c	132.8 ^a

¹⁾Means (n=5) of scores followed by different letters in same column are significantly different (p<0.05).

Table 3. Determination of firmness on cakes containing gamma-irradiated egg white during storage at 20°C (unit: g)

Sample	White layer cake		Pound cake		Sponge cake	
	0 day	5 day	0 day	5 day	0 day	5 day
Control	1,102.86 ^{c1)}	1,487.77 ^b	789.54 ^b	1350.52 ^a	367.74 ^c	523.32 ^b
10 kGy	1,425.09 ^b	1,843.65 ^a	771.43 ^b	1140.63 ^b	426.46 ^b	486.46 ^c
20 kGy	1,664.49 ^a	1,998.80 ^a	906.73 ^a	1107.29 ^b	470.92 ^a	559.80 ^a

¹⁾Means (n = 5) of scores followed by different letters in same column are significantly different (p<0.05).

Table 4. Sensory characteristic of cakes prepared with gamma-irradiated egg white

Samples		Sensory parameters				
		Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptance
White cake	Control	4.9 ^{ns1)}	4.8 ^{a2)}	4.7 ^{ns}	4.6 ^b	4.9 ^{ns}
	10 kGy	5.1 ^{ns}	4.5 ^b	4.6 ^{ns}	4.9 ^a	4.9 ^{ns}
	20 kGy	5.0 ^{ns}	4.6 ^b	4.5 ^{ns}	4.5 ^b	4.8 ^{ns}
Pound cake	Control	5.1 ^a	5.1 ^a	5.1 ^b	4.9 ^b	5.3 ^b
	10 kGy	4.9 ^b	4.5 ^b	5.0 ^b	4.8 ^b	4.4 ^a
	20 kGy	4.7 ^b	4.5 ^b	4.7 ^a	5.1 ^a	4.5 ^a
Sponge cake	Control	4.4 ^c	4.9 ^a	4.4	4.8 ^b	4.7 ^{ns}
	10 kGy	5.2 ^a	4.6 ^b	4.5	5.1 ^a	4.8 ^{ns}
	20 kGy	4.9 ^b	4.6 ^b	4.5	4.9 ^b	4.9 ^{ns}

¹⁾No significant differences.

²⁾Means (n = 12) of sensory scores followed by different letters in same column are significantly different (p<0.05).

향기 항목을 제외한 모든 항목에서 감마선 조사된 난백을 함유한 처리구들이 대조구보다 높은 점수를 받았다. 감마선 조사된 난백이 cake의 관능적 품질에 미치는 영향은 제품의 특성에 따라 다르게 나타나는 것을 알 수 있었고, 흡수선량에 의한 차이는 나타나지 않아 조사처리에 따른 차이를 명확히 이해할 수는 없었다. 일반적으로 방사선이 조사된 난백은 단백질의 분해로 인해 방사선 불쾌취(off-odor)가 발생하게 된다(18). 이때 불쾌취는 황을 함유한 peptide 분해산물이 휘발성 화합물을 형성하여 나타나게 되는데 이 물질들의 발생은 흡수선량에 의존하여 증가하는 경향을 나타낸다(19,20). 평가에 참여한 관능요원들은 방사선 불쾌취에 대한 사전 교육으로 불쾌취를 인지할 수 있게 교육을 받아 조사에 의한 불쾌취를 구분할 수 있었다. 이 결과에서 볼 때, 감마선 조사기술을 이용하여 계란 알러지가 감소된 제빵 제조시 관능적인 품질을 유지하기 위해서는 적절한 향료의 첨가가 고려되어야 한다고 판단되었다.

요 약

감마선 조사기술을 이용하여 계란의 알러지성을 감소시키기 위한 실증 연구의 일환으로 감마선 조사된 난백을 함유한 cake의 물성학적, 관능적 품질을 평가하였다. 전란에서 난백을 분리한 후 10과 20 kGy의 흡수선량을 받도록 감마선을 조사하였다. 감마선 조사된 난백을 첨가한 white layer cake, pound cake와 sponge cake를 제조하여 시험하였다. 10과 20 kGy로 조사한 난백을 첨가하여 제조한 모든 제품에서 경도가 높은 것이 관찰되었다. 저장 중 감마선 조사된 난백을 함유한 pound cake와 sponge cake의 노화가 지연되어 물성학적 저장성 측면에서 더 우수한 것으로 나타났다. 감마선 조사된 난백이 cake의 관능적 품질에 미치는 영향은 제품의 특성에 따라 다르게 나타났고, 모든 처리구에서 방사선 불쾌취(off-odor)가 관찰되어서 제품 제조시 관능적인 품질을 유지하기 위한 적절한 방법이 이용되어야 할 것이다.

문 헌

- Breneman JC. 1978. *Basis of Food Allergy*. C. C. Thomas, Springfield, p 18-36.
- Hefle SL. 1996. The chemistry and biology of food allergens. *Food Technol* 50(3): 86-92.
- David TJ. 1993. *Food and food additive intolerance in childhood*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p 157-159.
- Matsuda T, Tsuruta K, Nakabe Y, Nakamura R. 1985. Reduction of ovomucoid immunogenic activity on peptic fragmentation and heat denaturation. *Agric Biol Chem* 49: 2237-2241.
- Yunginger JW. 1997. Food antigens. In *Food allergy: adverse reactions to food and food additives*. Blackwell Scientific Publications, Boston. p 50-53.
- Lee YK, Matsuhashi S, Kume T. 1999. Change in carbohydrates of chicken and quail ovomucoids by gamma radiation. *Radiat Phys Chem* 54: 285-290.
- Kume T, Ishii T, Matsuda T. 1994. Immunochemical identification of irradiated chicken eggs. *J Sci Food Agric* 65: 1-4.
- Kume T, Matsuda T. 1995. Changes in structural and antigenic properties of proteins by radiation. *Radiat Phys Chem* 46: 225-231.
- Kim MJ, Lee JW, Yook HS, Lee SY, Kim MC, Byun MW. 2002. Changes in the antigenic and immunoglobulin E-binding properties of hen's egg albumin with the combination of heat and gamma radiation treatment. *J Food Prot* 65: 1192-1195.
- Lee JW, Lee KY, Yook HS, Lee SY, Kim HY, Byun MW. 2002. Allergenicity of hen's ovomucoid gamma-irradiated and heated under different pH conditions. *J Food Prot* 65: 1196-1199.
- Holm NW, Berry RJ. 1970. *Manual on Radiation Dosimetry*. Marcel Dekker Inc., New York.
- AACC. 1985. *Approved method*. The Association of American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn. Sec. 74-09.
- Hwang JK, Kim JT, Cho SJ, Kim CJ. 1995. Characteristics of water soluble fractions of wheat bran treated with various thermal processes. *Korean J Food Sci Technol* 27: 934-938.
- Civille GV, Szczesniak AS. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. *J Tex Stud* 6: 19-28.
- SAS. 1988. *SAS/STAT: User's Guide*. 6th edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Ferreira LFS, Del Mastro NL. 1998. Rheological changes in irradiated chicken eggs. *Radiat Phys Chem* 52: 59-62.
- Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. 2000. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from *Ascidian (Halocynthia roretzi)* tunic. *Korean J Food Sci Technol* 32: 387-395.
- Bazer JC, Roberts T. 1955. Nature of undesirable odors formed by gamma irradiation of beef. *J Agric Food Chem* 3: 64-69.
- Jo C. 1999. Lipid oxidation and production of off-odor in irradiated meat. *PhD Thesis*. Iowa Univ., Iowa, USA.
- Filali-mouhim A, Audette M, St-louis M, Thauvette L, Denoroy L, Penin F, Chen X, Rouleau N, Le Caer JP, Rossier J, Potier M, Le Maire M. 1997. Lysozyme fragmentation induced by γ -radiolysis. *Int J Radiat Biol* 72: 63-70.

(2002년 12월 11일 접수; 2003년 2월 19일 채택)