

구운 계란의 감마선 조사에 따른 미생물학적 유통기한 설정

김동호[†] · 송현파 · 이유석 · 차보숙¹ · 김병근 · 변명우
한국원자력연구소 방사선식품생명공학 기술개발팀,
¹수원여자대학 식품과학부

Effects of Gamma Irradiation on the Shelf Stability of Whole Baked Egg

Dong-Ho Kim[†], Hyun-Pa Song, You-Seok Lee, Bo-Suk Cha¹,
Byung-Keun Kim and Myung-Woo Byun

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

¹Department of Food Science, Suwon Woman's College, Suwon, 441-748, Korea

Abstract

The effects of gamma irradiation to improve the hygienic quality and microbiological shelf stability of whole baked egg were investigated by comparison with autoclaving process. The contamination levels of coliform, total aerobic bacteria and fungal group in a fresh egg were 10⁵ CFU/g, 10² CFU/g and 10¹ CFU/g, respectively. After baking process, total aerobic bacteria and fungi were not exceeded to 10¹ CFU/g. Also, coliform was not detected under the aseptic process. However, cell counts of the baked egg after packaging reached to 10⁴ CFU/g of total aerobic bacteria, 10¹ CFU/g of coliform, and 10² CFU/g of fungi. Therefore, it was assumed that microbial contamination of baked and packaged egg was mainly originated from an environmental uptake during packaging process. Microbiological shelf stability of the non sterilized control was about a week. Whereas, the baked eggs irradiated at more than 5 kGy were stable over 12 weeks at ambient condition as like those being autoclaved. Analytical texture profile was stable within 10 kGy, but it became hardened in the sample treated with autoclaving. About 67% of panelists identified a sensory difference between non-irradiated and 10 kGy-irradiated sample. The baked egg irradiated at 10 kGy and autoclaved had lower acceptability than the control or samples irradiated lower than 5 kGy. Therefore, it was considered that optimal irradiation dose for radiation sterilization of baked and packaged egg was 5 kGy. At that point, it was recommended that appropriate microbiological shelf-life was 12 weeks at ambient condition.

Key words : egg, shelf life, gamma irradiation

서 론

계란은 비교적 저렴한 비용으로 양질의 동물성 단백질을 제공해 줄 수 있는 경제적인 식량자원이다. 우리나라의 계란 생산량은 연간 약 50만 톤(약 80억 개) 내외로 집계되고 있으며(1) 생산량의 대부분은 가정에서의 조리과 식품산업에서의 가공원료로 소비된다. 계란의 시장현황은 그동안 지속적인 생산량의 증가와 소비정체로 수년간 가격의 하향 수준이 유지되고 있는 형편이며 최근에는 조류독감의 여파로 양계산업의 기반이 심각한 타격을 받는 상황이 발생하기도 하였다. 이러한 배경에서 관련 산업체 및 영농법인 등을 중

심으로 기능성 계란, 위생란, 유정란 등의 특화된 제품을 생산하여 양계산업의 부가가치를 높이려는 시도가 있으나 생란의 고급화 추세를 양계산업 전체로 확산시키기에는 어려움이 많은 것이 현실이다. 따라서 양계산업의 경제성을 높이기 위해서는 생란이나 식품원료로서의 1차가공 제품 중심의 기존 계란 소비시장과는 구별되는 새로운 시장을 창출하는 것이 중요하다. 이와 관련하여 핵가족화, 여성의 사회참여 증가, 주 5일제 근무의 확산과 같은 사회 환경 변화에 따라 점차 그 시장이 커지고 있는 ready to eat (RTE) 또는 ready to cook 형태의 계란 가공제품 개발이 그 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다(2).

계란을 이용한 ready to eat 제품은 쥬 계란, 구운 계란, 장조림, 계란말이, 계란 찜, 계란두부 등으로 구분할 수 있으나 아직까지 제품의 다양성이 부족한 실정이다. 계란 조리

[†]Corresponding author. E-mail : fungikim@kaeri.re.kr,
Phone : 82-42-868-8062, Fax : 82-42-868-8043

제품의 다양화가 어려운 가장 중요한 요인은 제품의 보존성이 제한되기 때문이다. 계란으로 가공한 RTE 제품은 수분이 높고 영양물질도 풍부하여 미생물이 성장하기 좋은 환경을 가지고 있다(3,4). 또한 계란의 난각에는 식중독의 주요 원인 미생물인 *Salmonella*와 여러 종류의 enteric bacteria가 분포하는데 조리나 가공과정 중에 이들 미생물에 의한 교차오염 및 2차 오염의 위험도가 크다(5-7). 따라서 계란을 이용한 RTE 제품의 상품성 확보를 위해서는 제품의 미생물 제어 및 보존 안정성에 관한 연구가 필요하다. 국내에는 전란 또는 생란의 1차 가공제품에 대한 보존안정성에 관한 연구결과(8)와 즉석식품 형태의 계란말이 등에 관한 결과(9)가 일부 보고 되고 있으나 아직 산업적으로 활용이 가능한 수준에는 이르지 못하고 있는 실정이다.

한편, 방사선 조사 기술은 미생물의 살균에 의한 식품 및 농산물의 부패방지와 여러 공중보건산물의 위생화에 매우 효과적인 방법으로 인정되어 이미 여러 분야에서 유용하게 이용되고 있으며 세계적으로 점차 그 이용범위가 확대되고 있다(10-12). 특히 방사선 조사 기술은 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질을 유지하면서도 미생물을 선택적으로 살균할 수 있고 포장상태에서도 살균처리가 가능하여 제조공정에서의 2차 오염을 방지할 수 있는 특성을 가지고 있으므로(13) 계란을 이용한 RTE 식품의 살균에 매우 유효할 것으로 예상된다. 계란 및 난 가공품에 대한 감마선 조사의 국내 연구로는 감마선 조사에 의한 계란의 알리지원성 제거에 관한 연구(14, 15)와 김밥에 첨가되는 계란말이의 살균(16)에 관한 연구 등이 보고되고 있으며 외국에서는 전란액의 감마선 살균에 관한 연구(17) 등이 보고되어 있다.

본 연구는 계란가공 RTE 식품 가운데 독특한 질감과 관능, 기능성 부여 등의 마케팅 개념으로 최근 소비자의 선호도가 높은 구운 계란을 포장하여 이를 각종 휴게시설, 학교, 자판기 등 상온유통 조건에서 유통시킬 수 있는 보존안정성을 확보하기 위한 목적으로 실시되었으며 감마선 조사와 고온 가압살균을 비교하여 상온보존 조건에서의 미생물 변화를 살펴보고 그에 따라 포장된 구운 계란의 적정 살균조건과 미생물학적 유통기한을 설정하였다.

재료 및 방법

구운 계란의 제조

구운 계란은 ㈜에그텍(Pocheon, Korea)의 시판 제품을 직접 실험에 사용하였다. 약 800°C로 가열된 맥반석으로부터 3 m 거리에 계란을 적재한 다음 적재함을 5분당 1회 회전시키면서 30분간 방치하여 구운 계란을 제조하였다. 이 때 계란 노른자 부위의 온도는 75°C 내외를 유지하였다. 계란을 굽기 전 생란의 무게는 87.2±4.6 g이었고 구운 계란은

79.4±4.1 g이었다. 구운 계란은 상온의 방냉실에서 약 40°C까지 냉각하여 PE 포장지에 밀봉 포장하여 실험에 사용하였다.

감마선 조사

포장된 구운 계란 제품을 각 조사선량에 따라 40개씩 준비하여 감마선을 조사하였다. 시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소의 선원 100,000 Ci, Co-60 감마선 조사시설(AECL, IR-79, Canada)을 이용하여 15°C의 실온에서 분당 70 Gy의 선량률로 각각 1, 2, 3, 5, 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량의 확인은 5 mm-diameter alanine dosimeter(Bruker Instruments, Rjeomstettem, Germany)를 사용하였고 총 흡수선량의 오차는 ±5% 이내로 하였다. 고온가압살균 시료는 포장된 구운계란 제품을 121°C의 autoclave에서 15분간 처리하여 준비하였다. 감마선 살균 시료, 고온가압 살균 시료, 비살균 대조군 시료를 25°C의 항온기에 3개월 동안 보존하면서 12주 간격으로 미생물의 성장과 기계적 물성의 변화를 측정하였다.

미생물 검사

미생물 검사 시료는 약 80 g의 구운 계란 1 pack에 동일 무게의 멸균수를 가하여 다시 포장하고 계란 전체를 으깨어 stomacher(BagMixer, Interscience, France)에서 30분간 균질화하여 제조하였다. 시료의 미생물 검사는 제조된 시험액을 연속 희석하여 각각 nutrient agar, EMB agar, potato dextrose agar 배지에 1 mL씩 pour plating하고, 각 미생물의 생육 적정온도에서 3일간 배양하여 생성된 colony의 수를 colony counter(Microcount 1008, IPI Inc., U.S.A.)로 계수하였다. 이때 각 미생물군은 Difco manual(18)에 따라 nutrient agar(37°C)에서 분리된 미생물은 total aerobic bacteria로, EMB agar(37°C)에서 분리된 미생물을 coliform bacteria로, PDA agar(25°C) 분리균주는 filamentous fungi group으로 구분하였다.

기계적 물성분석

구운 계란의 흰자 부위를 무작위로 1×1×1 cm로 절단한 다음 Texture Analyzer (TA. XT2i, SMS Co. LTD., England)를 이용하여 기계적 물성치를 측정하였다. 시료는 각 시험구별로 10회 반복 측정하였다. 물성의 측정조건은 전단력 측정용 probe를 이용하여 pre-test speed 1.5 mm/sec, test speed 2.0 mm/sec, post-test 2.0 mm/sec의 조건에서 50%의 변형률로 측정하였고 force-time curve의 양(+)의 영역에서 얻어지는 최대 힘을 maximum force of shear(N/m², 전단력)로, curve의 면적을 total work of shearing(N/m²·s⁻¹)으로 나타내었다.

관능검사

구운 계란의 관능검사는 감마선 조사 직후에 대조시료, 감마선 조사시료 및 고온가압 살균시료로 구분하여 실시하였다. 관능검사는 12 명의 훈련된 panel을 대상으로 대조시료와 감마선 조사, 또는 대조시료와 고온가압살균 시료의 관능적 차이를 구분하는 3점법에 의한 same-difference test와 각 시료의 맛, 향기, 색상, 조직감에 대한 선호도 검사를 병행하여 2회 반복 실시하였다. 관능평가 결과 및 모든 시험 결과는 ANOVA분석으로 처리한 후 Student-Newman-Keul's (SNK) 다중검정법을 이용하여 유의성($P < 0.05$)을 검증하였다 (19).

결과 및 고찰

구운 계란의 미생물 분포

구운 계란 제조과정 중 계란의 미생물 분포 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 계란을 굽기 전 생란의 일반세균 분포는 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g이었으며 대장균군은 10^2 CFU/g의 분포를, 곰팡이는 10^1 CFU/g의 분포를 나타내었다. 계란을 구운 직후의 구운 계란에서 대장균군은 검출되지 않았으며 일반세균과 곰팡이는 10^1 CFU/g 이하로 검출되었다. 이는 계란을 굽는 과정에서 계란과 접한 대기의 온도는 높으나 상대적으로 물에 삶는 것보다 열전도율이 낮아 내열성 미생물과 포자가 생존하여 나타난 결과로 사료된다. 한편, 구운 계란의 유통을 위하여 PE 포장지에 날개 포장을 실시한 이후의 제품에서 일반세균은 10^4 CFU/g으로, 대장균군은 10^1 CFU/g으로 곰팡이는 10^2 CFU/g으로 다시 증가하였다. 이러한 결과는 구운 계란 제품의 미생물 오염이 원료보다는 주로 포장과정 중 환경 및 작업자를 통한 2차 오염에 의하여 전이된때문으로 해석된다. 이는 ready to eat 식품의 가공과정 중 미생물

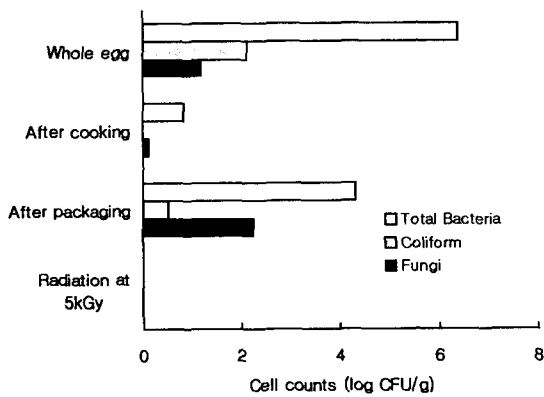


Fig. 1. Distribution of total aerobic bacteria, coliform and fungi in the whole baked egg during preparation process.

의 오염도를 평가한 대부분의 HACCP 시스템 연구결과(20)와 일치하는 것이다. 따라서 구운 계란의 포장유통을 위한 보존성의 확보를 위해서는 오염 미생물의 제거를 위한 적정 살균공정이 필요할 것으로 판단되었다.

구운 계란의 보존 중 미생물 성장

구운 계란의 감마선 살균처리 및 고온가압살균 처리 후 보존기간에 따른 일반 호기성 세균의 성장변화를 Fig. 2에 나타내었다. 미생물 실험을 위한 구운 계란은 상온유통을 전제로 25°C의 항온기에서 12주간 보존하였다. 대조구에서 10^4 CFU/g 수준으로 분포한 일반세균은 1 kGy의 감마선 조사에서 10^2 CFU/g으로, 2 kGy에서는 10^1 CFU/g으로 감소하였으며, 본 실험의 detection limit에서 3 kGy 이상에서는 일반세균이 검출되지 않았다. 한편, 구운 계란의 감마선 살균에서 일반세균의 감마선에 대한 감수성은 0~1 kGy에서는 0.54 kGy의 D_{10} 값을, 12 kGy에서는 1.08 kGy의 D_{10} 값을 나타내어(data not shown) 조사선량의 범위에 따라 다른 값을 나타내었다. 이는 구운 계란에 분포한 미생물이 서로 다른 방사선 감수성을 갖는 복합적인 microflora를 구성하고 있기 때문인 것으로 사료된다(21).

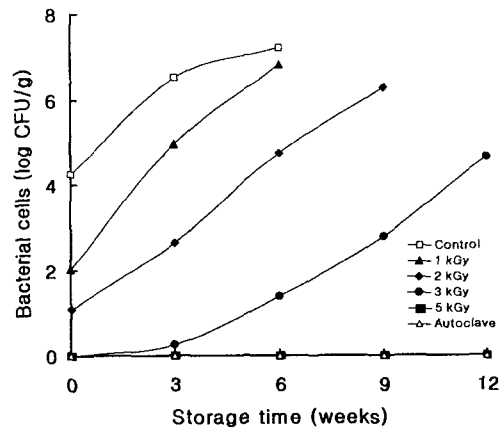


Fig. 2. Growth of total aerobic bacteria in gamma irradiated and autoclaved whole baked egg during storage at 25°C for 12 weeks.

살균처리를 하지 않은 대조구의 경우 보존 1주 후 10^5 CFU/g, 보존 2주 후에 10^6 CFU/g 수준까지 일반세균이 증식하였다. 구운 계란은 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g의 일반세균 밀도에서 외관적인 부패소견을 나타내었다. 일반세균은 주로 난백과 난각 접촉부위에서 조직연화 및 부패를 유발하였다. 1 kGy의 감마선을 조사한 시료는 감마선 조사에 의하여 10^2 CFU/g 수준으로 일반세균 밀도가 감소하였으나 보존 기간의 경과에 따라 미생물이 성장하면서 보존 34주 전후에 10^5 CFU/g 수준에 도달하여 부패소가 되는 것으로 나타났다. 감

마선 조사선량의 증가에 따라 부패 기준에 도달하는 시간은 점차 연장되어 2 kGy 조사 시료는 약 5주 전후, 3 kGy 조사 시료는 10주 전후까지 보존이 가능한 것으로 사료되었으며, 한편, 5 kGy 이상의 감마선을 조사한 시료와 고온 가압살균 처리를 한 시료는 12주의 보존기간 경과 후에도 일반세균이 검출되지 않았다.

구운 계란의 감마선 살균처리 및 고온가압살균 처리 후 보존기간에 따른 곰팡이의 성장변화를 Fig. 3에 나타내었다. 대조구에서 10^2 CFU/g 수준으로 분포한 곰팡이는 1 kGy의 감마선 조사에서 10^1 CFU/g 으로, 23 kGy에서는 10^0 CFU/g 으로 감소하였다. 대조구 시료는 보존 3주 후 10^4 CFU/g 수준까지 곰팡이가 증식하였으며 $10^3 \sim 10^4$ CFU/g의 곰팡이 밀도에서 곰팡이의 생장이 외관으로 확인되었다. 이때 곰팡이의 생장은 대부분 계란의 기낭 부위에서 관찰되었다. 1 kGy의 감마선을 조사한 시료는 감마선 조사에 의하여 10^1 CFU/g 수준으로 곰팡이 밀도가 감소하였으나 보존 기간의 경과에 따라 보존 6주 전후에 10^3 CFU/g 수준에 도달하여 곰팡이 포자가 육안으로 확인되었다. 감마선 조사선량의 증가에 따라 부패 기준에 도달하는 시간은 점차 연장되어 2 kGy 조사 시료는 약 6주 전후, 3 kGy 조사 시료는 9주 전후까지 보존이 가능한 것으로 사료되었다. 한편, 5 kGy 이상의 감마선을 조사한 시료와 고온 가압살균 처리를 한 시료는 12주의 보존기간 경과 후에도 곰팡이가 검출되지 않아 무균상태가 유지되었음을 알 수 있었다. 따라서 감마선 조사를 이용한 구운 계란의 미생물 살균에는 5 kGy 이상의 선량이 필요할 것으로 사료되었다.

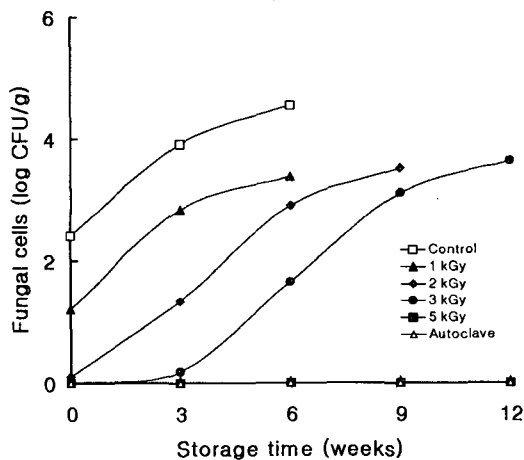


Fig. 3. Growth of fungi in gamma irradiated and autoclaved whole baked egg during storage at 25°C for 12 weeks.

구운 계란의 기계적 물성변화

구운 계란의 감마선 조사 직후 감마선 조사에 따른 기계적 물성 변화 측정결과를 Table 1에 나타내었다. Max force

of shear는 대조구와 10 kGy 이내의 감마선 조사구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 고온가압살균을 실시한 시료는 대조구에 비하여 25% 이상 유의적인 상승이 관찰되었다. Total work of shearing도 대조구와 10 kGy 이내의 감마선 조사구에서는 유의적인 차이가 없었으나 고온가압살균을 실시한 시료는 대조구에 비하여 30% 이상 유의적인 상승이 관찰되었다. Lee 등(22)은 계란의 알리지원성을 감소시키기 위한 난백의 감마선 조사 실험에서 생난백에 대한 감마선 조사는 난백의 점도를 감소시키나 이를 조리 또는 가공하였을 때 가열변성에 의한 hardness의 증가가 나타났다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서 이미 열변성을 받은 구운 계란에 대한 감마선 조사는 물성에 영향을 주지 않은 것으로 확인되었다. 한편, 보존기간의 경과에 따른 기계적 물성도 감마선 조사 직후와 차이가 관찰되지 않았다.

Table 1. Effects of gamma irradiation and autoclaving treatment on the texture profile of whole baked egg

Sample	Max force of shear (N/mm)	Total work of shearing (N/mms)
Control	0.143 ± 0.031 ^b	0.463 ± 0.052 ^b
Gamma Irradiation	1 kGy	0.135 ± 0.033 ^b
	2 kGy	0.138 ± 0.011 ^b
	3 kGy	0.147 ± 0.014 ^b
	5 kGy	0.139 ± 0.026 ^b
	10 kGy	0.148 ± 0.018 ^b
Autoclaving	0.191 ± 0.035 ^a	0.672 ± 0.068 ^a

^{ab} Different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

구운 계란의 관능검사

구운 계란의 감마선 살균 및 고온가압살균 처리에 따른 관능평가 결과를 Table 2에 나타내었다. Same-difference test 결과(Table 2-A) 대조구와 5 kGy 선량 이내의 감마선 조사 시료 간에는 유의적인 차이가 없는 것으로 확인되었으나 대조구와 10 kGy 감마선 조사 시료는 panel의 66.7%가, 대조구와 고온가압살균 처리 시료는 91.7%가 차이를 구분하였다. 문답 결과 10 kGy 감마선 조사 시료는 냄새의 차이가, 고온가압살균 시료는 물성의 차이가 구분 요인인 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 각 제품의 선호도 평가(Table 2-B)에서도 확인되었는데 색, 향, 질감, 맛 모두에서 대조구와 15 kGy 감마선 조사 시료의 선호도에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 10 kGy 감마선 조사 시료는 향과 맛에서, 고온가압살균 시료는 질감에서 상대적으로 낮은 선호도를 나타내었다($P < 0.05$). 따라서 구운 계란의 감마선 조사는 5 kGy 이내의 선량에서 실시하는 것이 바람직한 것으로 사료되었다.

Table 2. The effect of gamma irradiation and autoclaving treatment on the sensory characteristics of whole baked egg

Same-difference test		Samples vs control			
		3 kGy	5 kGy	10 kGy	autoclaving
Correct	(No. of panels)	9	8	16	22
Incorrect	(No. of panels)	15	16	8	2

Acceptance test	Samples				
	Control	3 kGy	5 kGy	10 kGy	autoclaving
Color	3.58	3.67	3.46	3.63	3.42
Flavor	4.04 ^a	4.13 ^a	3.92 ^a	3.59 ^b	3.96 ^a
Texture	3.79 ^a	3.83 ^a	3.71 ^a	3.67 ^a	3.17 ^b
Taste	3.92 ^a	3.96 ^a	3.83 ^a	3.38 ^b	3.50a ^b

^{a,b} Different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

요 약

난 가공식품인 구운 계란의 포장유통을 목적으로 구운 계란 제조과정 중의 미생물 오염도를 평가하였으며 미생물 살균방법으로 감마선 조사와 고온가압살균법을 비교하여 제품의 보존 안정성 및 유효 유통기한 확보를 위한 살균 기준을 설정하였다. PE 포장지에 날개 포장한 구운 계란의 미생물 오염도는 일반세균 $>10^4$ CFU/g, 대장균군 $<10^1$ CFU/g, 곰팡이 포자 $>10^2$ CFU/g 수준이었으며 대부분의 미생물은 제품 포장과정에서의 2차 오염에 의하여 오염되는 것으로 확인되었다. 살균처리를 하지 않은 대조구의 보존성은 상온에서 1주일 이하였으며 121°C에서 15분간 처리한 고온가압살균 제품과 5 kGy 이상의 감마선을 조사한 제품은 미생물학적으로 상온에서 3개월 이상의 유통기한을 확보하였다. 10 kGy 이하의 감마선 조사는 구운 계란의 기계적 물성에 영향을 미치지 않았으나 고온가압살균 처리한 구운계란은 조직이 단단해지는 경향을 나타내었다. 관능평가 결과 5 kGy 이하의 감마선을 조사한 구운 계란은 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 10 kGy의 감마선을 조사한 시료는 향과 맛에서, 고온가압살균 시료는 질감에서 다소 낮은 선호도를 나타내었다. 이상의 결과로 구운 계란의 상온 장기유통을 위한 감마선 조사는 5 kGy가, 적당하며 유통기한은 상온 3개월이 적정할 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업에 의하여 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 농림부 (2003) 통계로 보는 세계속의 한국농업, p.23
2. 김재욱 (1995) 난가공산업의 발전방향. 현대양계, 9, 58-62
3. Himmack, T.S., Sherrod, P.S., Bruce, V.R., June, G.A., Satchell, F.B. and Andrews, W.H. (1993) Growth of *Salmonella enteritidis* in grade A eggs during prolonged storage. *Poult. Sci.*, 72, 373-377
4. Theron, H., Venter, P. and Lues, J.F.R. (2003) Bacterial growth on chicken eggs in various storage environments. *Food Research International*, 36, 969-975
5. Jang, K.I., Park, J.H. and Kim, K.Y. (1999) Studies on *Salmonella enteritidis* contamination in chicken egg using confocal scanning laser microscopy. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31, 771-777
6. Jones, F.T., Rives, D.V. and Carey, J.B. (1995) *Salmonella* contamination in commercial eggs and an egg production facility. *Poult. Sci.*, 74, 753-757
7. Gast, R.K. and Beard, C.W. (1992) Detection and enumeration of *Salmonella enteritidis* in fresh and stored egg laid by experimentally infected hens. *J. Food Prot.*, 55, 152-156
8. Lee, S.H., No, H.K. and Jeong, Y.H. (1996) Effect of chitosan coating on quality of egg during storage (in Korea). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 25, 288-293
9. Kim, J.W., Kim, H.C. and Hur J.W. (1998) Quality changes of egg products during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 1480-1483
10. FAO/IAEA/WHO Study Group. (1999). High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. In WHO technical report series 890. World Health Organization, Geneva. p.49-77
11. Byun, M.W. (1997). Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Science and Industry*, 30, 89-100.
12. Grant, I.R. and Patterson, M.F. (1992) Sensitivity of foodborne pathogens to irradiation in the components of a chilled ready meal. *Food Microbiology*, 9, 95-103
13. Thayer, D.W. (1994) Wholesomeness of irradiated foods. *Food Technol.*, 48, 58-67
14. Kim, M.J., Lee, J.W., Yook, H.S., Lee, S.Y., Kim, M.C. and Byun, M.W. (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

15. Lee, J.W., Lee, K.Y., Yook, H.S., Lee, S.Y., Kim, H.Y. and Byun, M.W. (2002) Allergenicity of hen's ovomucoid gamma-irradiated and heated under different pH conditions. *J. Food Prot.*, 65, 1196-1199
16. Kim, D.H., Song, H.P., Kim, J.K., Kim, J.O., Lee, H.J. and Byun, M.W. (2003) Determination of microbial contamination in the process of rice rolled in dried laver and improvement of shelf-life by gamma irradiation. *J. Korean Soc., Food Sci. Nutr.*, 32, 991-996
17. Li, F., Gu, Y. and Chen D. (2000) Study on radiation preservation of frozen egg liquid. *Radation Physics Chem.*, 57, 341-343
18. Difco Laboratories. 1984. *Difco manual*. 10th ed. Detroit, Michigan, USA.
19. SAS. 1989. *SAS User's Guide*. SAS Institute, Inc, Cary, NC, USA.
20. Kwak, T.K., Kim, S.H., Park, S.J., Cho, Y.S. and Choi, E.H. (1996) The improvement of the sanitary production and distribution practices for packaged meals (Kimbab) marketed in convenience stores using hazard analysis critical control point (HACCP) system. *J. Fd. Hyg. Safety*, 11, 177-187
21. FAO/IAEA/WHO Study Group. (1999) High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. In WHO technical report series 890. World Health Organization, Geneva. p.49-77.
22. Lee, J.W., Seo, J.H., Kim, Y.H., Choi, J.M., Yook, H.S., Ahn, H.J. and Byun, M.W. (2003) Quality properties of cakes containing gamma-irradiated egg white. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.*, 32, 311-314

(접수 2004년 7월 19일, 채택 2004년 8월 27일)