

키토산 코팅 및 감마선 조사에 의한 계란에 오염된 위해 미생물 제어 및 영양학적 특성 평가

김현주 · 윤혜정¹ · 정사무엘¹ · 정연국¹ · 함준상² · 진실¹ · 조철훈^{1,†}
중앙대학교 식품공학과, ¹충남대학교 동물자원생명과학과, ²국립축산과학원 축산물이용과

Effect of Combination of Chitosan Coating and Gamma Irradiation on the Foodborne Pathogen Reduction and Nutritional Properties of Chicken Egg

Hyun-Joo Kim, Hyejeong Yun¹, Samooel Jung¹, Yeonkuk Jung¹, Jun Sang Ham², Shil Jin¹ and Cheorun Jo^{1,†}

Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Republic of Korea

¹Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Republic of Korea

²Division of Quality Control and Utilization, National Institute of Animal Science, Suwon 441-706, Republic of Korea

ABSTRACT The effect of combination of chitosan coating and gamma irradiation on *Escherichia coli* inactivation and nutritional properties of shell egg was investigated. The *E. coli* inoculated on shell egg was not detected by 2 kGy of gamma irradiation at day 0 and/or chitosan coating (1%, pH 5.0) after 3 days of storage. There was no *E. coli* detected thereafter. In the contents of moisture, crude fat, crude protein, ash, retinol, phospholipid, and minerals, no difference was found by treatment combination. However, the contents of cholesterol and carotenoids were reduced by irradiation of 2 kGy ($P < 0.05$). Results suggest that the combination of gamma irradiation (2 kGy) and chitosan coating (1%) can be a good method to improve the safety and prolonged shelf-life of egg because of effective pathogen inactivation without significant adverse changes in nutritional quality.

(Key words : Gamma irradiation, chitosan-coating, egg, *E. coli*, nutritional quality)

서 론

계란은 식생활에서 매우 중요한 단백질 영양 공급원으로 서 비교적 생산이 용이하고 가공 방법이 다양하며 가격이 저렴하여 소비가 꾸준히 증가하고 있는 축산 식품 원료이다 (Yoo, 2003). 계란은 난각, 난각막, 난백 및 난황 등으로 구성 되어 있고, 무균 상태로 형성되나, 외부로 산란되는 과정에서 오염원에 노출되어 장외 세균인 *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* 등이 계란 껍질에 오염되는 것으로 알려져 있다(Hong et al., 2007; Kim et al., 2008). 장내 세균 중 *Salmonella*나 *E. coli*는 식중독을 일으키는 가장 일반적인 식중독 원인균이고, 이러한 박테리아는 구토와 설사를 유발하며, 특히 노약자에게 위험하다(Gast et al., 2005).

현재까지 계란의 살균 및 신선도 확보를 위해 살균제 또는 세척법이 이용되고 있다. 그러나 계란에 함유된 영양분은

미생물의 성장에 최적 조건을 가지고 있으므로 뜨거운 물과 염소를 이용하는 세척 과정 중 큐티클 층이 파괴된 계란은 미세균락에 비하여 저장 성이 오히려 더 급속히 떨어지게 된다 (Gast et al., 2005). 현재 이를 보완하기 위해 dextrin, sodium alginate 등 코팅 처리와 같은 방법 등(Farag et al., 1994; Hong et al., 2007)이 일부 보고되어 있으나 산업에 적용이 쉽지 않아, 계란의 품질 변화 없이 효과적으로 미생물을 제어할 수 있는 새로운 방법을 모색해야 하는 실정이다.

감마선 조사 기술은 미생물의 살균에 의한 식품 및 농축 수산물의 부패 방지와 여러 공중보건산물의 위생화에 매우 효과적인 방법으로 인정되어 세계적으로 점차 이용 범위가 확대되고 있다(FAO/IAEA/WHO, 1999). 또한 적정선량의 방사선 조사는 식품 고유의 품질을 유지하면서도 미생물을 선택적으로 살균할 수 있고 포장된 상태에서도 살균처리가 가능하여 제조 공정에서의 2차 오염을 방지할 수 있는 특성을

[†] To whom correspondence should be addressed : cheorun@cnu.ac.kr

가지고 있다(Thayer, 1994). 그러나 신선란 위생화에 대한 방사선 조사 연구는 그리 많지 않으며, 최근 Kim et al.(2008)은 계란 내 미생물을 제거하기 위해 3 kGy의 감마선 조사가 적절하다고 보고한 바 있다.

키토산은 자연계에 풍부하게 존재하는 천연고분자인 키틴을 탈아세틸화하여 얻을 수 있는 biopolymer로서 고밀도의 양전하를 띤 선형의 polyelectrolyte 구조를 이루고 있으며, 그 물리화학적 특성에 의하여 항종양 활성, 면역 작용, 항암 작용, 항콜레스테롤 작용, 항균 활성 등 매우 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고되고 있으며(Asaoka, 1996; Nishimura 등, 1984), 동물의 면역력을 증가시키고, 생리기능을 활성화시켜 질 좋은 축산물의 생산에 기여한다(Yoo et al., 2006).

최근 Liu et al.(2009)의 보고에 따르면 계란에 키토산 코팅과 감마선 조사 병용처리를 하면 미생물을 효과적으로 제어하면서 기포 형성능과 유화력 등이 증가하고 난백의 점도가 감소하는 현상이 나타나 계란의 할란 공정이 용이해지고, 제빵산업에서 효과적으로 이용이 가능할 것이라고 발표하였다. 그러나 키토산 코팅과 감마선 조사 병용 처리가 계란에 함유된 일반 성분 및 영양학적 특성에 미치는 영향에 관한 연구는 여전히 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 계란의 위생화 및 저장성 연장을 위한 연구의 일환으로 키토산 코팅 및 감마선 조사 병용처리에 의한 계란에 오염된 위해 미생물 제어 및 이화학적, 영양학적 특성을 평가하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

실험에 사용된 계란은 26주령 Lohmann Brown 종의 산란계가 낳은 직후 공주 남산양계조합의 계란처리 가공장에서 가공된 후 특란, 1등급으로 판정된 것을 바로 다음날 사용하였다. 계란은 키토산 코팅처리구와 무처리구 각 45개씩 구분하였고, 조사선량별 각 15개로 하여 이를 3회 반복(총 270개)하였다.

2. 키토산 코팅

키토산(M.W. 40 kDa)은 근호화성(Seoul, Korea)에서 구입하여 사과식초(6%)로 1%(w/v) 키토산 용액을 제조한 후 6 N NaOH로 pH를 5.0으로 조정하여 사용하였다. 준비된 계란은 키토산 용액에 2분간 침지한 후 1시간 가량 fan(Hanil Electronics, Seoul, Korea)을 이용하여 건조하였다. 키토산 코팅이

끝난 계란은 15개 들이 종이 박스에 넣어 감마선 조사를 진행하였다.

3. 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소의 선원 11.1 PBq, Co-60 감마선 조사시설(AECL, IR-79, Canada)을 이용하여 15 °C의 실온에서 분당 10 kGy의 선량률로 각각 0 및 2 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

4. 항균 효과

키토산 및 감마선 조사 병용처리에 의한 위해 미생물 제어 효과를 알아보기 위하여 *Escherichia coli*를 접종한 후 7일 동안 실온에 저장하면서 관찰하였다. *E. coli*(KCTC 1682)를 tryptic soy broth에서 37 °C, 20시간 배양시켜 최종 10 Log CFU/mL의 균 배양액을 제조하였다. 키토산 처리한 계란과 처리하지 않은 계란을 70% 알콜로 표면을 닦은 후 균 배양액에 계란을 10분 동안 침지시킨 다음 멸균실에서 건조하였다. 건조된 계란은 상온, 냉장(4 °C) 및 드라이아이스 조건에서 14일간 저장하면서 항균 효과를 관찰하였다. 실험균의 분석은 계란난각을 분리하여 증류수 90 mL가 들어있는 멸균백에 넣어서 순차적으로 희석하여 tryptic soy agar 배지에 도말한 후 37 °C에서 48시간 배양한 후 형성된 집락수(CFU/g)를 계수하였다.

5. 일반 성분 분석

계란 난황 및 난백의 일반 성분 분석은 AOAC법(1984)에 따라 수분, 조단백질 및 조회분을 측정하였다.

6. 영양학적 특성 평가

1) 아미노산 함량

아미노산 측정은 균질화된 난백과 난황 시료 1 g을 취하여 6 N HCl 40 mL를 가하고 110 °C에서 24시간 가수분해하였다. HCl을 제거하기 위해 rotary evaporator(Eyela, Japan)로 농축 후 잔류물을 증류수로 3회 세척한 후 농축하고 여과지(Toyo, No. 5B)로 여과하였다. 여과액을 증류수로 50 mL로 만든 후 아미노산 분석기(Hitachi L- 8500A, Japan)로 분석하였다. Cysteine과 methionine은 HCl 첨가전에 안정액(85%

formic acid 45 mL + 30% H₂O₂ 5 mL) 20 mL를 가하여 cysteine acid와 methionine sulfone으로 변환시켰다.

2) 콜레스테롤 함량

콜레스테롤 함량은 Folch 법(1957)을 이용하여 chloroform : methanol(2 : 1) 용매로 난황의 지방을 추출한 후 1 N ethanolic KOH 50 mL를 첨가하고 80 °C에서 1시간 검화하였다. 냉각 후 10% NaCl 50 mL를 첨가하고 hexane을 이용하여 콜레스테롤을 추출하였다. Sodium sulfate를 소량 첨가하여 수분을 제거하고 35 °C에서 evaporator를 이용하여 진공 농축한 다음 chloroform으로 다시 추출하여 기체크로마토그래프(Agilent GC 6890, Palo Alto, CA, USA)에 Mass Selective Detector를 장착하여 측정하였다. Split inlet(split ratio, 70:1)으로 HP50-MS capillary column (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)으로 분리하였으며 오븐의 온도는 180 °C에서 5분간 정치한 후 280 °C까지 5 °C/min으로 승온시켜 20분간 정치하였다. Carrier gas는 He을 사용하여 0.7 mL/min으로 하였다. 사용된 internal standard는 5 α-cholestane이었으며 측정된 피크의 면적(GC-MS Chemstation software, Rev. A. 08. 03., Agilent Technology)과 internal standard의 면적 비율을 이용하여 최종 콜레스테롤 함량을 계산하였다.

3) Retinol 정량

Retinol(vitamin A)의 정량은 우선 시료 2 g을 균질화한 후 BHT 1 g/L를 함유한 ethanol 5 mL와 포화 KOH 용액 1 mL를 넣고 70 °C에서 3분간 가온하여 retinyl ester를 retinol 형태로 전환시켰다. 실온까지 시료 용액을 냉각한 후 0.1% BHT를 함유한 hexane으로 적어도 3번 이상 hexane 층이 무색이 될 때까지 추출하고, 추출된 용액은 질소가스로 용매를 제거한 후 Reverse Phase HPLC로 분석하였다. HPLC의 이동상으로는 acetonitrile : tetrahydrofuran:methanol : 1% ammonium acetate (80:10:6:4, v/v)를 사용하였고, 여기에 0.1% BHT와 0.05% triethylamine을 산화 방지를 위해 첨가하였다. HPLC 칼럼은 C₁₈(Rainin, Woburn, MA, USA)으로 3 cm × 22.6 mm에 5 μm particle size를 이용하였고, Photodiode Array Detector(Shimadzu Scientific Instruments, Inc., Columbia, MD, USA)와 UV detector를 함께 사용하였으며, 실온에서 측정하였다. 표준 물질과의 retention time을 비교하여 peak의 면적으로 retinol의 함량을 계산하였다.

4) 인지질 함량

총 조인지질 함량 분석은 난황 시료와 ethanol을 1:3(v/v)

비율로 혼합하고 균질화한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(Union 32R, Hanil Co., Ltd., Korea)하였다. 여과지로 상층액을 회수하여 농축하고 50 mL의 acetone으로 세척한 후 다시 여과지로 여과하여 침전물, 즉 아세톤 불용물질을 제한값을 측정하여 인지질의 % 함량으로 계산하였다.

5) Carotenoid 함량

난황의 총 carotenoid 함량은 분광 분석법을 이용하였다. 난황 시료 5 g을 Folch의 방법으로 지방을 추출, 농축한 후 0.3 g의 지방을 2 mL의 hexane으로 녹인 후 450 nm에서 spectrophotometer(DU[®]530, Beckman Instruments Inc., Fullerton, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정된 흡광도에 extinction coefficient를 이용하여 총 carotenoid 함량을 계산하였다.

6) 무기물 함량

무기물의 경우, 난황과 난백 시료를 모두 사용하였고, 시료 0.1 g을 65% suprapure nitric acid(10 mL)와 섞어 Microwave Digestion System(MARS 5, CEM, Co., Matthews, NC, USA)을 이용하여 1,200 W, 150 psi, 150 °C에서 30분간 전처리하였다. 전처리된 시료(5 mL)는 증류수 5 mL를 넣고 Optima 4300 DV Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer(ICP-OES, PerkinElmer Instruments, Norwalk, NJ, USA)를 이용하여 주요 무기물의 함량을 측정하였다. 표준 시료(Quality Control Standard 21) 100 μg/mL로 계산된 값을 이용하여 WinLab 32 Instrument Control Software(Perkin Elmer Instruments, Norwalk, NJ, USA)로 무기물 함량을 계산하였다.

7. 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들에 대한 통계 처리는 SAS(SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 One-way ANOVA를 실시하여 군간의 유의차를 검정하였고, 사후 검정으로는 Duncan's multiple range test($P < 0.05$)로 평균값간 유의차를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 항균 효과

키토산 코팅과 감마선 조사 병용처리한 계란에 *E. coli*를 접종한 결과 키토산 코팅 유무와 상관없이 방사선 조사(2 kGy)에 의해 검출 한계 이하 수준으로 감소하였다(Table 1). 비조사구의 경우 실온 저장에 따라 키토산 코팅한 시료는 저장

Table 1. Effect of chitosan coating and irradiation on the number of *Escherichia coli* (Log CFU/mL) inoculated on egg shell during storage at room temperature for 7 days

Chitosan coating	Irradiation dose (kGy)	Storage (day)			SEM
		0	3	7	
None	0	3.32 ^{ax}	2.14 ^{bx}	2.37 ^{bx}	0.08
	2.0	ND ^{ly+}	ND ^y	ND ^y	-
	SEM	0.80	0.04	0.02	
Coated	0	3.53 ^{ax}	ND ^b	ND ^b	0.16
	2.0	ND ^y	ND	ND	-
	SEM	0.48	-	-	

^{a,b}Means with different superscripts within a row are significantly different at $P < 0.05$.

^{x,y}Means with different superscripts within a column are significantly different at $P < 0.05$.

^lViable cell was not detected at a detection limit < 101 .

3일 후 *E. coli*가 검출 한계 이하 수준으로 감소한 반면, 코팅하지 않은 시료는 저장 7일 후에도 2.37 Log CFU/g 수준을 보였다. 이는 키토산 코팅과 감마선 조사 병용처리한 계란에 *Salmonella* Typhimurium을 접종하였을 때 미생물이 효과적으로 제어하였다는 연구 결과와 같은 양상을 보였다(Liu et al., 2009). 이상의 결과는 키토산의 양이온성 아미노기가 미생물 세포벽과 결합함으로써 세포막의 투과성을 증대시켜 항균 활성이 나타나는 것으로 판단된다(Sudarshan et al., 1992). 또한 키토산 코팅을 하지 않은 시료의 경우에도 저장 기간 동안 미생물 수가 약간 감소한 것을 확인할 수 있었는데 이는 계란 난각이 미생물의 증식에 매우 어려운 환경이기 때문으로 생각된다(Liu et al., 2009).

2. 일반 성분

키토산 코팅과 감마선 조사 병용처리한 계란의 수분, 조단백질 및 조회분의 함량은 난백 및 난황 모두에서 차이를 나타내지 않았다(Table 2). 수분 함량은 난백이 난황보다 높았고, 조회분 및 조단백질은 난황이 난백보다 그 함량이 높았다($P < 0.05$). 계란은 일반적으로 수분 함량이 난백의 경우 약 85%, 난황은 약 55% 정도로 알려져 있다(Imai and Nanba, 1989). 이는 본 연구 결과와 약간의 차이를 보였는데, 이것은 닭의 품종, 사양 조건, 급여 사료 등의 차이에서 기인하는 결과로 사료된다(Yang et al., 2008).

3. 영양학적 특성

키토산 코팅 및 감마선 조사 처리한 계란의 아미노산 함량 변화는 Table 3에 제시하였다. 아미노산 총량은 코팅하지 않은 시료의 경우 비조사군은 15.09%, 조사군은 15.16%로 나타났으며, 키토산 코팅한 시료의 경우 비조사군은 11.67%, 조사군은 12.30%로 나타났다. 전체적으로 키토산 처리구가 아미노산 함량이 낮은 것으로 나타났으며, 감마선 조사에 의한 유의적인 차이는 없는 것으로 나타나, 감마선 조사에 의해 난황 및 난백의 아미노산의 함량이 감소하거나 차이가 없었다는 이전 연구와 일치하는 경향을 보였다(Badr, 2006).

키토산 코팅 및 감마선 조사에 의한 계란의 콜레스테롤, 인지질, carotenoid, retinol 및 무기질 함량 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 키토산 코팅은 난황의 콜레스테롤 함량이나 carotenoid 함량 변화에 영향이 없었으나, 감마선 조사는 콜레스테롤과 carotenoid 함량을 유의적으로 감소시키는 결과를 얻었다. 콜레스테롤 함량의 경우, 코팅 무처리구에서는 방사선 조사에 의해 다소 감소되나 유의차를 보이지 않았으나, 키토산 코팅 후 감마선 조사한 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 현대인의 식생활을 비추어볼 때 포화지방산과 콜레스테롤 섭취가 문제가 되면서 계란 내 함유된 콜레스테롤

Table 2. Proximate composition of the shell egg treated by the combination of chitosan coating and irradiation

	Egg white				Egg yolk			
	Irradiation dose (kGy)	Moisture (%)	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Irradiation dose (kGy)	Moisture (%)	Crude ash (%)	Crude protein (%)
None	0	85.71	0.62	9.97	0	44.34	1.85	15.47
	2	86.07	0.48	11.26	2	47.64	1.44	16.76
Coated	0	81.63	0.55	10.16	0	53.30	1.64	15.66
	2	80.61	0.60	10.74	2	50.47	1.78	16.24
	SEM	2.09	0.08	0.71	SEM	5.05	0.24	0.71

Table 3. Amino acid composition (%) of the shell egg by the combination of chitosan coating and irradiation

Amino acid	None		Coated		SEM
	0 kGy	2 kGy	0 kGy	2 kGy	
Cystein	0.31 ^b	0.32 ^{ab}	0.33 ^{ab}	0.35 ^a	0.01
Methionine	0.44	0.46	0.41	0.45	0.02
Aspartic acid	1.49 ^a	1.49 ^a	1.21 ^c	1.28 ^b	0.01
Threonine	0.80 ^a	0.80 ^a	0.54 ^c	0.57 ^b	0.02
Serine	1.28 ^a	1.29 ^a	0.82 ^c	0.87 ^b	0.01
Glutaminc acid	1.93 ^a	1.91 ^a	1.59 ^b	1.69 ^b	0.06
Glycine	0.48 ^a	0.48 ^a	0.41 ^c	0.43 ^b	0.01
Alanine	0.81 ^a	0.83 ^a	0.69 ^c	0.74 ^b	0.02
Valine	0.85 ^a	0.86 ^a	0.75 ^b	0.78 ^b	0.01
Isoleucine	0.72 ^a	0.71 ^a	0.58 ^b	0.60 ^b	0.01
Leucine	1.51 ^a	1.51 ^a	1.10 ^b	1.15 ^b	0.05
Tyrosine	0.57 ^a	0.58 ^a	0.39 ^b	0.40 ^b	0.02
Phenylalanine	0.69 ^b	0.70 ^{ab}	0.70 ^{ab}	0.74 ^a	0.01
Lysine	1.11 ^a	1.11 ^a	0.80 ^b	0.84 ^b	0.02
Histidine	0.33 ^a	0.33 ^a	0.23 ^c	0.24 ^b	0.01
Arginine	1.07 ^a	1.07 ^a	0.66 ^c	0.69 ^b	0.01
Proline	0.70 ^a	0.71 ^a	0.46 ^c	0.48 ^b	0.01
Total	15.09	15.16	11.67	12.30	

^{a-c}Different letters within the same row differ significantly ($P < 0.05$).

저하를 위한 지속적인 연구가 필요하다는 의견(Chee, 2004)에 비추어 볼 때, 적정선량의 감마선 조사는 효과적이라고 사료된다. 다만 산소의 존재 하에서는 방사선 조사가 지방내 콜레스테롤의 산화를 촉진시킨다는 연구 결과(Ahn et al., 2001)가 있으므로 계란 난황의 콜레스테롤 함량 저하와 함께 콜레스테롤 산화 물질(cholesterol oxidation products)에 대한 추가적인 확인 작업이 필요하다고 본다.

Carotenoid 함량 측정 결과, 키토산 코팅 유무에 관계없이 감마선 조사선량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다(Table 4). Carotenoid는 감마선 조사에 의해 민감하게 반응하여 함량에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며(WHO, 1994), 이는 Badr(2005)의 연구 결과와도 일치하였다. 이 현상은 방사선 조사에 의해 난황색이 연해진다는 연구 결과와 또한 일치한다(Liu et al., 2009).

인지질의 함량은 감마선 조사에 의해 약간 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었으며, 뼈 등의 골격 강화에 도움을 주는 retinol(Shin et al., 2008)과 난각질에 가장 큰 영향을 미치는 무기물(Ca, Fe, Mg, Zn)의 함량 역시 변화가 없었다(Table 4).

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 키토산 코팅(1%)과 감마선 조사(2 kGy) 병용 처리는 계란의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있으며, 영양학적 성분 변화에 큰 영향을 끼치지 않아 향후 계란의 위생화 및 저장성 연장을 위해 산업적으로 적용이 가능할 것이라고 판단된다.

적 요

본 연구는 계란의 위생화 및 저장성 연장에 관한 연구의 일환으로 키토산 코팅 및 감마선 조사 병용처리에 의한 계란에 오염된 위해 미생물 제어 및 영양학적 특성을 평가하였다. 키토산 코팅과 감마선 조사 병용처리한 계란에 *E. coli*를 접종한 결과 2 kGy 방사선 조사에 의해 검출한계 이하 수준으로 감소하였으며, 키토산 코팅시 3일 후부터 검출되지 않았다. 수분, 조단백질 및 조회분 등 일반 성분은 난백 및 난황 모두에서 차이를 나타내지 않았으며, retinol, 인지질과 미량 원소의 함량도 처리에 따른 차이가 없었다. 난황의 콜레스테롤 및 carotenoid의 함량은 키토산 코팅 유무와 상관없이 방사선 조사에 의해 그 함량이 감소하였다($P < 0.05$). 따라서 키토산 코팅(1%)과 감마선 조사(2 kGy) 병용처리하는 계란의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있으며, 영양학적 성분 변화에 큰 영향을 끼치지 않아, 향후 계란의 위생화 및 저장성 연장을 위해 산업적으로 적용이 가능할 것이라고 판단된다.

(색인어 : 감마선 조사, 키토산 코팅, 계란, 대장균, 영양학적 품질)

사 사

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사를 드립니다.

인용문헌

Ahn DU, Nam KC, Du M, Jo C 2001 Effect of irradiation

Table 4. Contents of cholesterol, phospholipid, carotenoid, retinol, and minerals in the shell egg treated by the combination of chitosan coating and irradiation

	None		Coated		SEM	
	0 kGy	2 kGy	0 kGy	2 kGy		
Total cholesterol (mg/g)	5.16 ^{ab}	5.01 ^{bc}	5.30 ^a	4.86 ^c	0.04	
Total phospholipid (%)	9.5	8.0	8.1	7.3	1.08	
Total carotenoid (μ g/g)	15.35 ^a	10.57 ^b	16.11 ^a	9.41 ^b	0.65	
Retinol (μ g/g)	1.12	0.74	0.85	0.80	0.16	
Egg yolk	Ca (μ g/g)	961.90	1,002.55	1,004.25	952.50	85.30
	Fe (μ g/g)	54.80	48.55	58.50	47.20	6.41
	Mg (μ g/g)	78.40	80.70	80.30	78.05	2.49
	Zn (μ g/g)	10.35	7.85	8.60	7.35	2.70
Egg white	Ca (μ g/g)	59.85	69.55	77.10	96.00	9.37
	Fe (μ g/g)	20.05	17.20	0.65	1.30	13.20
	Mg (μ g/g)	82.45	89.70	87.05	94.85	4.65

^{a-c}Different letters within the same row differ significantly ($P < 0.05$).

and packaging conditions after cooking on the formation of cholesterol and lipid oxidation products in meats during storage. Meat Sci 57:413-418.

AOAC 1984 Official Methods of Analysis of AOAC International, fourteenth ed. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, VA.

Asaoka K 1996 Chito-Chitosanp The Choice Food Supplement for over 10,000 Physicians in Japan. Vantage Press, Inc.

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.

Chee KM 2004 Perspective on modifying fatty acid composition and cholesterol content of eggs. Korean J Poult Sci 31: 61-71.

FAO/IAEA/WHO 1999 High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. pp 49-77. In WHO technical report series 890. World Health Organization, Geneva.

Farag RS, Daw Z, Shallah MA, Ebtesam AM 1994 Biochemical and microbial studies on the efficiency of some coating materials for egg preservation. Int J Food Sci Nutr 45:263-273.

Folch J, Less M, Sloane-Stanley GM 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal

tissues. J Biol Chem 226:497-509.

Gast RK, Holt PS, Murase T 2005 Penetration of *Salmonella enteritidis* and *Salmonella heidelberg* into egg yolks in an *in vitro* contamination model. Poult Sci 84:621-625.

Hong W, Jeong Y, Ahn Y 2007 Effects of a sodium alginate coating on egg quality during storage. J East Asian Soc Dietary Life 17:822-826.

Imai C, Nanba E 1989 Knowledge of Eggs. Saiwaishobo, Tokyo, Japan.

Kim DH, Ahn HJ, Yook HS, Kim MJ, Sohn CB, Byun MW 2000 Quality properties of gamma irradiated *Samjang*, seasoned soybean paste during storage. Korean J Food Sci Technol 32:396-401.

Kim DH, Yun HJ, Song HP, Lim BR, Jo C 2008 Isolation of egg-contaminating bacteria and evaluation of bacterial radiation sensitivity. Korean J Food Preserv 15:774-781.

Liu XD, Jang A, Kim DH, Lee BD, Lee M, Jo C 2009 Effect of combination of chitosan coating and irradiation on physicochemical and functional properties of chicken egg during room temperature storage. Radiat Phys Chem 78:585-587.

Nishimura K, Nishimura S, Nishi N, Saiki L, Tokura S, Azuma I 1984 Immunological activity of chitin and its derivatives. Vaccine 2:93-99.

- Shin SO, Chi JH, Chen YJ, Yoo JS, Kim HJ, Wang W, Huang Y, Kim IH 2008 Effects of mineral-and vitamin-enhanced supplementation on egg production, egg quality and concentration of calcium and phosphorus in serum of spent laying hens. *Korean J Poult Sci* 35:21-27.
- Sudarshan NR, Hoover DG, Knorr D 1992 Antibacterial action of chitosan. *Food Biotechnol* 6:257-272.
- Thayer DW 1994 Wholesomeness of irradiated foods. *Food Technol* 48:58-67.
- WHO 1994 Safety and nutritional adequacy of irradiated food. pp 135-143 Geneva: World Health Organization.
- Yang SJ, Jung IC, Moon YH 2008 Effects of feeding citrus byproducts on nutritional properties of Korean native chicken eggs. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:841-846.
- Yoo JS, Kim JD, Cho JH, Chen YJ, Kim HJ, Min BJ, Kang DK, Kim IH 2006 The effect of natural mineral complex and chitosan supplementation on egg production and characteristics in laying hens. *Korean J Poult Sci* 33:309-316.
- Yoo YM 2003 Changes in quality of eggs with storage temperature and time. *Monthly Poultry* 3:119-124.
- (접수: 2010. 2. 22, 수정: 2010. 3. 10, 채택: 2010. 3. 10)