

고선량 감마선 조사가 신선란의 저장 중 이화학적 특성에 미치는 영향

문선애 · 송경빈*

충남대학교 식품공학과

초 록 : 고선량 감마선 조사에 의한 계란의 저장 중 품질 변화를 측정하기 위해 신선란을 ^{60}Co 를 이용하여 조사 선량을 0, 1, 5, 10, 30 kGy로 하여 조사한 후 30일간 저장 실험을 수행하였다. 조사된 계란의 품질 변화는 난황계수, 난황 색깔, 난백 pH, 난백 점도, 계란 중량, 난백 단백질의 SDS-PAGE 패턴, circular dichroism(CD), fluorescence spectroscopy 등을 측정함으로써 살펴보았다. 저장기간 중 난황계수는 감마선 조사된 계란과 대조구 모두 감소하는 경향을 보였는데 선량이 증가할수록 난황계수는 감소하였고 10 kGy와 30 kGy 등 고선량으로 조사된 계란에서 난황계수가 일시적으로 증가하는 현상을 보였다. 난황 색깔은 선량이 증가함에 따라 밝은 노란색을 나타냈으나 저장 기간 동안 큰 차이는 나타나지 않았다. 난백 점도는 선량이 증가할수록 감소하였고 저장 중 점도가 감소하는 현상을 보였으며 조사된 계란의 난백 pH가 대조구에 비해 높았고 저장 중 pH는 증가를 보였다. 저장 중 난중 감소율은 증가하였고 선량별 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 난백 단백질의 SDS-PAGE 패턴은 조사 선량이 증가할수록 단백질의 변화가 컸는데 10 kGy 이상 고선량 조사에서는 저분자화 뿐만 아니라 고분자화 패턴도 보였다. CD와 fluorescence spectroscopy 결과 또한 감마선조사에 의한 단백질의 2차, 3차구조 변화를 보였다. 본 연구의 결과는 계란의 감마선조사에 있어 품질 유지를 위해서는 선량 범위에 있어 보다 신중을 기해야 한다는 것을 시사한다. (2000년 7월 8일 접수, 2000년 9월 18일 수리)

서 론

계란은 단일 식품으로서 그 영양적 가치가 매우 크기 때문에 우리 식생활에서 차지하는 비중이 크다. 계란은 9.5% 껍질, 63% 난백, 그리고 27.5% 난황으로 이루어져 있는데 자체적으로 큐티클 같은 미생물 방어 기능이 있어 보존성이 다른 식품에 비해 높으나 취급 부주의로 인해 식중독의 원인 식품이 되기도 하는데 특히 *salmonella* 감염에 의한 식중독은 세계적으로 문제가 되고 있다. 이런 식중독 원인 미생물의 생육을 억제하기 위해 계란의 경우 chitosan coating¹⁾이나 세척조건²⁾에 관한 연구 등이 있어 왔다.

계란의 감마선조사는 식중독 균의 제거에 매우 효과적인 방법으로 연구되었는데 감마선 조사가 이취를 발생시키고 난황막을 약하게 하며 또한 난황 색택을 흐리게 하여 난백의 점도를 감소시키는 등 계란 품질을 저하시킨다는 연구^{3,4)}와 저 선량에서의 감마선조사는 계란 단백질의 기능적 특성이나 계란의 향미에 중요한 영향을 주지 않는다는 보고⁵⁾도 있다. Wong 등⁶⁾은 감마선조사가 가열 멸균에 비해 열에 의한 변성을 줄이고 난백의 기능성은 유지시키면서 미생물의 생육은 억제한다고 보고한 바 있다. 현재 계란 분말의 경우 10 kGy까지 허용하는 등 감마선조사가 허용되어 실용화되고 있는데 sensory property의 변화없이 *salmonella*를 불활성화 시키기 위한 최적의 선량을 찾기 위한 연구도 있었으며^{7,8)} 또한 Hwang⁹⁾은 신선란에 대한 저선량 감마선 조사에 의해 생성된 hydrocarbon의 측정을

위해 gas chromatography를 이용한 결과 조사되지 않은 시료에서 측정되지 않은 hydrocarbon이 검출되었다고 보고하였다.

본 연구에서는 기존 연구되었던 4 kGy 이하 저선량 조사나 액체 계란 또는 계란 분말의 경우와 달리 신선란을 대상으로 하여 고선량 감마선 조사가 계란의 품질에 미치는 영향을 보다 더 체계적으로 연구하기 위하여 30 kGy 까지 고선량 감마선조사를 한 후 저장 중 난황계수, 난황 색깔, 난백 점도, 난백 pH, 계란 중량의 변화, 난백 단백질의 SDS-PAGE 패턴, circular dichroism(CD), fluorescence spectroscopy 등을 측정하여 이화학적 변화를 연구하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 계란은 충청남도 연산 농장에서 생산된 신선란을 사용하였다.

감마선 조사

감마선 조사는 계란을 난좌에 넣고 밀봉한 후 ^{60}Co 감마선 조사시설(Type IR-79, Nordion International Inc., Ontario, Canada)을 이용하여 대기하의 실온상태에서 신선란을 1, 5, 10, 30 kGy의 총 흡수선량이 되도록 선원으로부터 거리를 달리하여 조사하였다.

계란 저장

신선란의 선량별 감마선 조사 후 4°C에서 30일 동안 저장하면서 그 변화를 측정하였다.

찾는말 : shell eggs, γ -irradiation, physicochemical properties

*연락처 : Tel : 82-42-821-6723; Fax : 82-42-825-2664

E-mail : kbsong@cnu.ac.kr

난황계수 (Yolk Index, Y.I.)

수평의 유리면 위에 계란을 조심스럽게 할란하고 일정시간 동안 계란의 내용물이 퍼지기를 기다린 후 난고측정기 (Mitutoyo, Japan)로 난황의 높이를 재고 난황의 직경을 측정하여 난황계수를 다음과 같은 식에 의하여 3 반복 실험 후 평균값을 구하였다.

$$Y.I. = \text{난황높이} / \text{난황직경}$$

난황 색깔 (Yolk Color)

난황의 색택은 색차계 (Color Techno Corporation, JX-777, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였고 3 반복 실험 후 평균값을 계산하였다.

난백 점도

난황과 난백을 분리한 후 난백을 30 ml tube에 담아 viscometer (Brookfield, Model DV-1, U.S.A)를 이용하여 점도를 측정하였다. 이때 항온수조를 사용하여 온도를 4°C로 유지시켰다.

난백 pH

난황과 난백을 분리하여 난백을 균질화한 후 pH meter를 사용하여 측정하였다.

중량변화

저장기간 중 계란의 중량변화를 측정하였고 3 반복 실험 후 평균값을 사용하였다.

SDS-PAGE

SDS-PAGE는 Laemmli의 방법¹⁰⁾에 따라 실시하였는데 separating gel의 acrylamide 농도는 12.5%, stacking gel의 acrylamide 농도는 5%를 사용하였다. 전기영동용 시료는 감마선 조사된 계란으로부터 난백을 분리한 후 포화 (NH₄)₂SO₄를 첨가한 후 원심분리(14,000×g, 30 min)한 침전물을 투석, 동결 건조한 후 얻어진 난백 단백질을 사용하였다.

Circular dichroism(CD) Spectroscopy

감마선 조사된 계란의 난백 단백질의 이차구조를 분석하기 위하여 spectropolarimeter(JASCO J-720, Japan)를 이용하여 25 °C에서 CD 연구를 기존 보고된 방법^{11,12)}에 따라 수행하였다. CD spectrum은 1 mm pathlength cell을 사용하여 5회 반복하여 측정하였고 얻어진 spectrum은 polynomial fitting curve를 이용하여 smoothing 하였으며 molar ellipticity(deg · Cm² · dmol⁻¹)로 나타냈다.

Fluorescence spectroscopy

Spectrofluorometer(JASCO-FP 750, Japan)를 사용하여 감마선 조사된 난백 단백질의 시료를 280 nm에서 여기(excitation)하고 emission intensity를 측정하였다.

통계처리

실험한 data를 SAS program¹³⁾을 이용하여 Duncan's multiple range test에 의하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

난황계수의 변화

신선한 계란의 난황계수는 보통 0.4 이상으로서 만일 0.25 이하가 되면 할란 시 난황이 쉽게 터지는데, 저장 중 난황계수의 감소는 난황막이 약해져 난백의 수분이 난황으로 이동하여 난황의 높이는 낮아지고 직경이 커짐에 따라 난황막이 파열되어 결국 난황과 난백이 혼합되게 된다.¹⁴⁾ Fig. 1은 0~30 kGy의 흡수선량으로 조사된 신선란의 난황계수를 저장 30일 동안 측정 한 결과로 선량이 증가함에 따라 난황계수의 뚜렷한 감소 경향을 보였다. 특히 신선란의 난황계수가 0.52인 반면 고선량 조사된 계란의 경우 0.23~0.3의 값을 보였다. 또한 10 kGy로 조사된 신선란은 저장 기간이 증가함에 따라 일정하게 난황계수의 증가를 보였고 30 kGy에서도 처음 10일까지는 증가하다가 감소하였는데 이런 현상은 고선량의 감마선 조사에 의한 것으로 난황 lipoprotein이 aggregation되어 점도가 증가됨에 그 원인이 있는 것으로 보여진다. 그러나 이러한 일시적인 난황계수의 증가 현상도 점차 난황막의 약화로 인해 일정 기간 후에는 난황막이 터지면서 난황계수가 낮아지는 경향을 보였다. 따라서 30 kGy 고선량 조사는 계란의 품질에 심각한 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

난황 색깔의 변화

난황의 색소는 lipoprotein의 형태로 대부분 지용성 물질 카

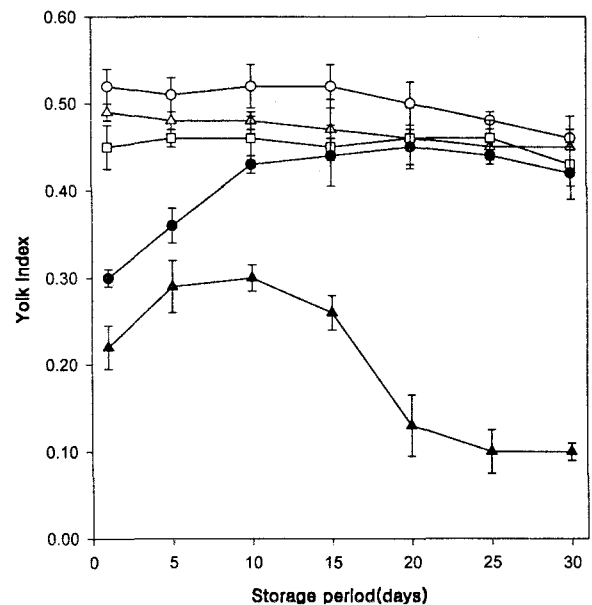


Fig. 1. The change of yolk index of irradiated shell eggs during storage. -○-, 0 kGy; -△-, 1 kGy; -□-, 5 kGy; -●-, 10 kGy; -▲-, 30 kGy.

Table 1. The change of yolk color of irradiated shell eggs during storage

storage period (days)	0 kGy			1 kGy			5 kGy			10 kGy			30 kGy		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	22.55 ^{Bd}	10.4 ^{Ac}	56.6 ^{Cd}	21.6 ^{Bc}	9.46 ^{ABd}	54.8 ^{Cc}	32.8 ^{Aab}	8.6 ^{Ba}	68.2 ^{Aa}	33.7 ^{Aa}	3.7 ^{Cb}	67.8 ^{Aa}	33.2 ^{Ab}	-5.3 ^{Db}	58.5 ^{Bc}
7	28.8 ^{Abc}	15.0 ^{Aa}	65.5 ^{Abc}	30.4 ^{Ab}	14.6 ^{Aa}	67.4 ^{Ab}	28.8 ^{Ac}	9.2 ^{Ba}	63.8 ^{Ab}	31.8 ^{Aab}	4.9 ^{Ca}	65.7 ^{Aab}	30.2 ^{Ac}	-2.6 ^{Da}	57.9 ^{Bc}
14	34.6 ^{ABa}	13.8 ^{Aab}	72.3 ^{Aa}	34.4 ^{ABa}	11.8 ^{Bc}	71.2 ^{Aa}	35.1 ^{Aa}	6.0 ^{Cc}	70.2 ^{Aa}	30.6 ^{Bb}	4.9 ^{Ca}	64.0 ^{Bb}	33.6 ^{ABb}	-2.85 ^{Da}	60.73 ^{Bb}
17	27.0 ^{Cc}	13.3 ^{Ab}	62.6 ^{Cc}	29.7 ^{Bb}	13.0 ^{Ab}	66.2 ^{Bb}	34.9 ^{Aa}	6.9 ^{Bbc}	70.3 ^{Aa}	29.5 ^{Bb}	4.9 ^{Ca}	62.9 ^{Cb}	30.7 ^{Bc}	-2.4 ^{Da}	58.7 ^{Dc}
23	32.1 ^{BCab}	14.1 ^{Aab}	69.5 ^{Aab}	29.9 ^{Cb}	13.5 ^{Aa}	66.6 ^{ABCb}	34.0 ^{Ba}	7.5 ^{Bb}	69.3 ^{ABa}	31.3 ^{BCab}	4.4 ^{Cab}	64.7 ^{Cab}	38.8 ^{Aa}	-5.1 ^{Db}	65.9 ^{BCa}
30	29.2 ^{Bbc}	15.0 ^{Aa}	66 ^{Ac}	30.1 ^{ABb}	12.3 ^{Bbc}	66.2 ^{Ab}	29.8 ^{ABbc}	7.5 ^{Cb}	64.0 ^{Ab}	30.7 ^{ABab}	4.6 ^{Dab}	63.1 ^{Ab}	32.2 ^{Abc}	-2.2 ^{Ea}	60.2 ^{Bb}

^{a-c}Means within each column with different superscripts are significantly different.

^{A-E}Means within each row with different superscripts are significantly different.

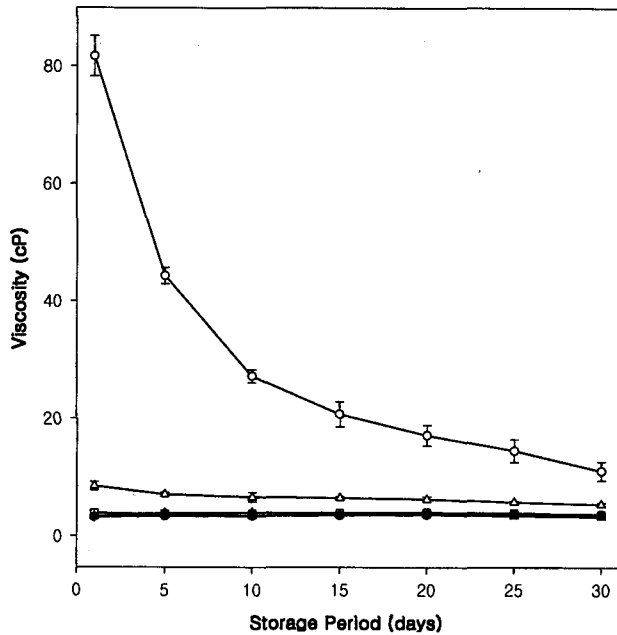


Fig. 2. The change of albumen viscosity of irradiated shell eggs during storage. -○-, 0 kGy; -△-, 1 kGy; -□-, 5 kGy; -●-, 10 kGy; -▲-, 30 kGy.

로티노이드로 이루어져 있는데 주성분은 크산토펜과 소량의 카로틴이며 사료성분 중 항산화제나 지방함량에 의해 영향을 많이 받는다.¹⁴⁾ 감마선 조사 직후 선량이 증가함에 따라 주황색에서 밝은 황색으로 변화됨을 육안으로 확인할 수 있었으며 Table 1은 신선란의 선량별 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값의 저장 중 변화를 나타낸 것으로 L값의 증가, a값의 감소를 확인할 수 있었는데 모든 선량에서 대체적으로 저장기간이 증가함에 따라 L값의 증가, a값의 감소, b값의 증가 경향을 보였다. 이러한 결과는 감마선 조사에 의한 난황 색깔의 변화, 특히 카로티노이드의 파괴에 의한 것으로 저장 중 이러한 색깔의 변화 결과는 문헌의 보고와 일치하였다.^{7,15)}

난백의 점도 변화

난백의 점도는 저장 중 난백의 수양화에 따라 점도가 감소하는데 점도는 식품의 조직에 미치는 중요한 인자이다. Ma 등^{7,16)}은 저장 중 난백 점도의 감소는 난백의 ovomucin의 파괴에 따른 것으로 보고한 바 있다. Fig. 2는 감마선 조사된 신선

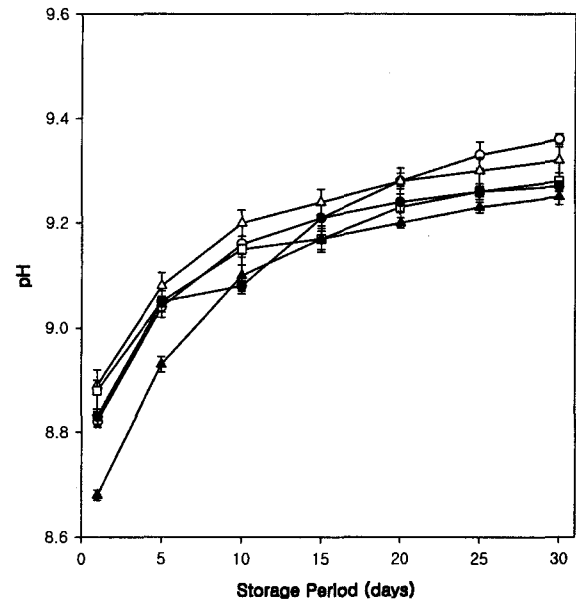


Fig. 3. The change of albumen pH of irradiated shell eggs during storage. -○-, 0 kGy; -△-, 1 kGy; -□-, 5 kGy; -●-, 10 kGy; -▲-, 30 kGy.

란의 저장 중 난백의 점도 변화를 나타낸 것으로 감마선조사에 의한 ovomucin의 파괴에 의해 점도가 처음부터 많이 감소하여 대조구에 비해 현저히 낮은 값을 보여주었는데 조사 선량이 증가할수록 비례적으로 감소했다. 상대적으로 저장 초기에 높은 점도를 가진 대조구의 경우는 가장 큰 변화를 보였으나 조사된 난백의 경우에는 초기에 낮은 점도를 가져서 저장 중 변화를 거의 보이지 않았다.

난백 pH의 변화

신선란의 난백 pH는 약 7.6~8.5로 저장 온도에 따라 증가 속도는 다르나 저장 중 약 9.7까지 증가한다.¹⁷⁾ 본 연구에서는 저장 30일 후 모든 처리구에서 pH가 9.2~9.3까지 증가하였다. 저장 중 난백의 pH 증가는 계란의 기공을 통한 CO₂의 손실에서 주로 야기되는데¹⁷⁾ 특히 계란은 또한 염기성 아미노산을 많이 함유하고 있어 감마선 조사에 의해 유리 염기성 아미노산이 증가하게 되어 pH가 증가한다고 보고된 바도 있다.¹⁸⁾ Fig. 3은 감마선 조사된 신선란의 저장 중 pH의 변화를 나타낸 것으로 조사 후 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy에서 대조구에 비해 높았으며 30

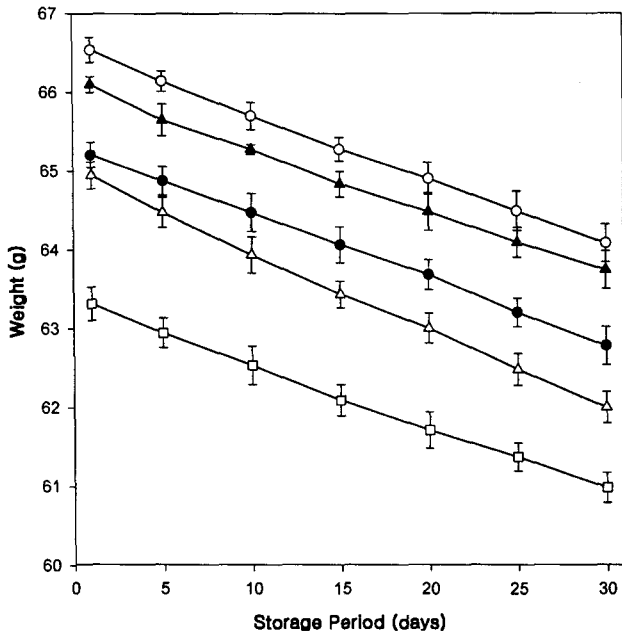


Fig. 4. The weight loss of irradiated shell eggs during storage. -○-, 0 kGy; -△-, 1 kGy; -□-, 5 kGy; -●-, 10 kGy; -▲-, 30 kGy.

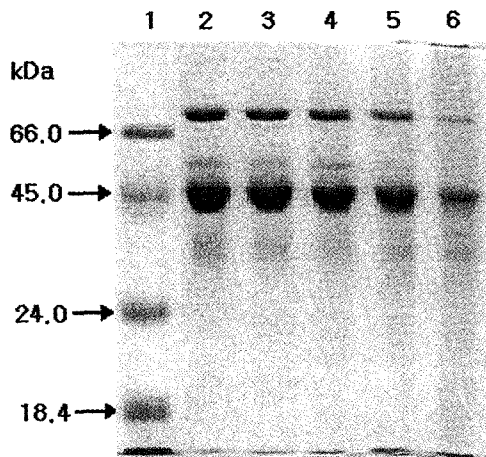


Fig. 5. SDS-PAGE profile of the egg white proteins of irradiated shell eggs. Molecular weight markers (1); 0 kGy (2); 1 kGy (3); 5 kGy (4); 10 kGy (5); 30 kGy (6)

kGy의 고선량에서는 pH가 다소 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 30 kGy 선량에서는 단백질 내 cross linking 등이 일어나 좀더 높은 분자량의 중합체로 전환되어 pH가 낮아진 것으로 사료된다. 그러나 저장 중 pH 변화에 있어서는 모든 조사 선량의 난백 pH가 대조구와 같이 증가 경향을 보였는데 이러한 결과는 다른 연구 결과와 동일하였다.^{7,15,16)}

계란 중량의 변화

계란 중량의 감소는 저장 중 계란 내 수분이 난각막의 세공을 통해 증발함으로써 일어나는 것으로 감마선조사 후 조사된 계란이 전반적으로 대조구와 비교해서 다소 중량 감소를 보였으나 저장 중 중량 감소율은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 모든 선량의 계란에서 시간이 경과함에 따라 일정한 비율로 난중 감

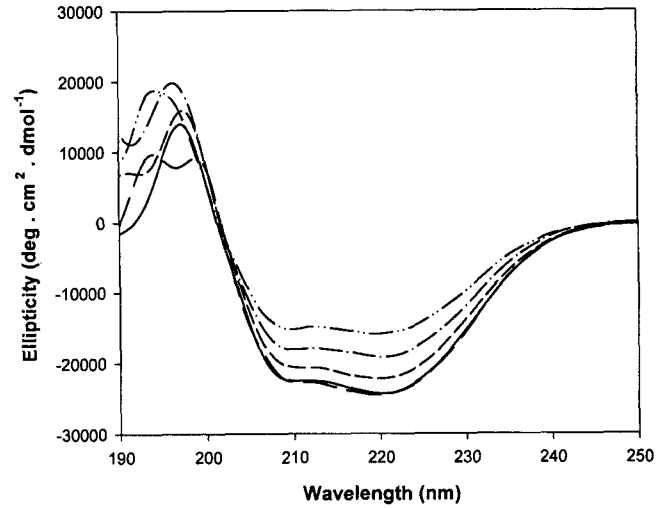


Fig. 6. CD spectra of the egg white proteins of irradiated shell eggs. The protein concentration was 0.013%. —, 0 kGy; - - -, 1 kGy; ---, 5 kGy; - · - ·, 10 kGy; - · - · - ·, 30 kGy.

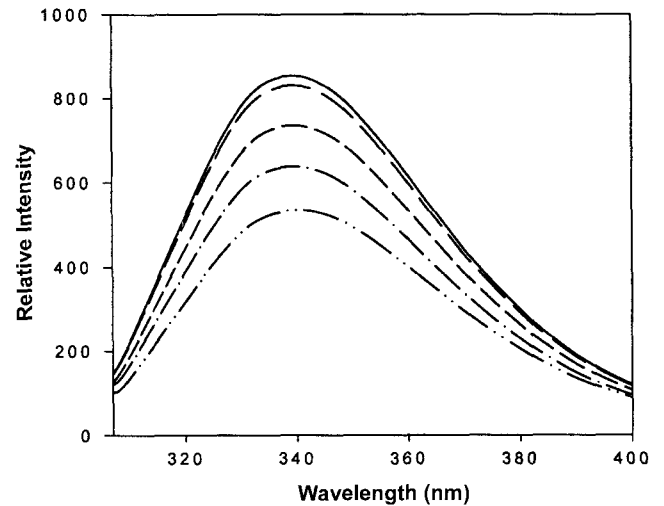


Fig. 7. Fluorescence emission spectra of the egg white proteins of irradiated shell eggs. The protein concentration was 0.03%. —, 0 kGy; - - -, 1 kGy; ---, 5 kGy; - · - ·, 10 kGy; - · - · - ·, 30 kGy.

소를 보여 최종 3% 내외의 중량 감소를 보였으나 선량에 따른 중량 감소 정도에 있어 차이는 없었다. 일반적으로 계란의 저장 중 중량 감소 정도는 저장 온도, 습도, 난각의 porosity 등에 따라 다른데 본 실험의 결과는 주어진 동일한 온도, 습도 조건에서 저장된 계란에 대하여 감마선 조사가 난각의 porosity에 영향을 주지 않음을 보여주었다.

SDS-PAGE 패턴의 변화

감마선조사에 의한 단백질의 대표적인 변화로는 peptide bond의 분해나 중합 등을 들 수 있는데 Fig. 5는 조사된 신선란의 난백 단백질의 SDS-PAGE 패턴을 비교한 것으로 난백 단백질의 54%를 차지하는 45 kDa의 ovalbumin과 12%의 76 kDa의 ovotransferrin 주요 band가 관찰되는 등 난백 단백질의 대표적인 SDS-PAGE 패턴을 보여주었는데 감마선 조사 선량의 증가와 더불어 단백질의 저분자화가 일어났으며 특히 30 kGy 고선

량 조사에서는 고분자화 현상도 같이 보였는데 이러한 결과는 다른 연구들^{19,22)}에서 보고된 바와 같이 감마선 조사에 의해 생성된 산소 라디칼에 의해 단백질의 구조 및 분자량 분포에 영향을 미쳐 저분자화 및 고분자화를 보여 주는 것이다.

CD spectroscopy

SDS-PAGE에서 보여 주듯이 난백 단백질의 주요 성분인 ovalbumin에 의해 난백 단백질의 CD spectrum은 대표적인 α -helix 구조 pattern을 보였다(Fig. 6). 221 nm와 207 nm에서 negative minimum ellipticity value를 갖고 있는데 감마선 조사에 의해 ellipticity value들이 선량에 비례하여 각각 줄어드는 경향을 보였다. 특히 α -helix 함량의 기준이 되는 221 nm에서의 ellipticity value가 조사되지 않은 시료가 -24263인데 비하여 30 kGy에서는 -15741로 감소되었다. 이러한 감마선조사에 의한 단백질의 2차구조 변화에 관한 연구 결과는 다른 단백질들을 이용한 선행 연구^{21,22)}에서 뚜렷이 관찰되어 왔다.

Fluorescence spectroscopy

난백 단백질의 3차구조에 감마선조사가 어떤 영향을 끼치는 것을 조사하기 위하여 spectrofluorometer를 이용하여 280 nm에서 여기 시킨 후 emission intensity를 측정할 결과 emission maximum은 모든 시료에서 339 nm에서 peak를 보였고(Fig. 7), 또한 조사 선량이 증가함에 따라 emission intensity가 감소하는 것을 보였는데 이것은 Trp과 Tyr residue 주위의 환경 변화에 따른 것으로 감마선조사가 단백질의 3차구조에 영향끼친 것을 시사하며 다른 연구 결과²²⁾에서도 관찰되었다.

결론적으로 30 kGy까지의 고선량 감마선조사 후 계란의 저장 중 이화학적 특성의 변화를 관찰한 결과, 계란에 대한 감마선조사는 salmonella 등 미생물학적 오염을 줄여 계란이나 계란 가공 제품의 안전성을 높이는 장점이 있으나 본 연구 결과에서 본 바와 같이 계란 저장 중 일어나는 이화학적 변화인 난황 색깔, 점도의 변화 등 바람직하지 않은 면도 있어 조사 선량의 크기에 있어 보다 신중한 고려가 필요하다고 할 수 있다.

참고문헌

1. Lee, S., No, H. and Jeong Y. (1996) Effect of chitosan coating on quality of egg during storage. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* **25**, 288-293.
2. Jeon, G., Park, Y. and Yoo, I. (1993) Factors affecting shelf-life of washed shell eggs. *Kor. J. Poult. Sci.* **20**, 33-41.
3. Parson, R. W. and Stadelman, W. J. (1957) Ionizing radiation of fresh shell eggs. *Poult. Sci.* **36**, 319-325.
4. Tung, M. A., Watson, E. L. and Richards, J. F. (1970) Rheology of fresh, aged and gamma-irradiated egg white. *J. Food Sci.* **35**, 872-874.
5. Rauch, W. (1971) Influence of ionizing radiation on egg quality. *Archiv fur Geflugelkunde* **35**, 112-115.
6. Wong, Y. C., Herald, T. J. and Hachmeister, K. A. (1996) Comparison between irradiated and thermally pasteurized liquid

- egg whites on functional, physical, and microbiological properties. *Poult. Sci.* **75**, 803-808.
7. Ma, C. Y., Sahasrabudhe, M. R., Poste, L. M., Harwalker, V. R. and Chambers, J. R. (1990) Gamma-irradiation of shell eggs: Internal and sensory quality, physicochemical characteristics, and functional property. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* **23**, 226-232.
8. Serrano, L. E., Murano, E. A., Shenoy, K. and Olson, D. G. (1997) D Values of Salmonella enteritidis isolates and quality attributes of shell eggs and liquid whole eggs treated with irradiation. *Poult. Sci.* **76**, 202-205.
9. Hwang, K. T. (1999) Hydrocarbons detected in irradiated shell eggs during storage. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **76**, 1183-1187.
10. Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. *Nature* **227**, 680-685.
11. Lee, M. J. and Song, K. B. (1997) Purification of streptodornase from *Streptococcus equisimilis* and its DNA-induced conformational change. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* **230**, 13-15.
12. Cho, Y. and Song, K. B. (1997) Effect of chaotropic salt on the secondary structure of pig skin gelatin. *Biosci. Biotech. Biochem.* **61**, 1194-1195.
13. SAS Institute Inc. (1985) SAS user's guide. SAS Institute Inc., NC, U.S.A.
14. Stadelman, W. J. and Cotterrill, O. J. (1977) Egg Science and Technology, 2nd Ed., The AVI Publishing Co., CO, U.S.A.
15. Huang, T.J., Herald, D. D. and Mueller, (1997) Effect of electron beam irradiation on physical, physicochemical, and functional properties of liquid egg yolk during frozen storage. *Poult. Sci.* **76**, 1607-1615.
16. Ma, C. Y., Harwalker, V. R., Poste, L. M. and Saharabudhe, M. R. (1993) Effect of gamma irradiation on the physicochemical and functional properties of frozen liquid egg products. *Food Research Int.* **26**, 247-254.
17. Heath, J. L. (1977) Chemical and related osmotic changes in egg albumen during storage. *Poult. Sci.* **56**, 822-828.
18. Cotterill, O. J. and Glauert, J. L. (1979) Nutrient values for shell, liquid/frozen, and dehydrated eggs derived by linear regression analysis and conversion factors. *Poult. Sci.* **58**, 131-134.
19. Lim, S., Yook, H., Yoon, H., Kim, Y. and Byun, M. (1998) Effect of gamma irradiation on egg white protein. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 291-295.
20. Cho, Y., Yang, J. and Song, K. B. (1999) Effect of ascorbic acid and protein concentration on the molecular weight profile of BSA and β -lactoglobulin by γ -irradiation. *Food Research Int.* **32**, 515-519.
21. Cho, Y. and Song, K. B. (1999) Effect of γ -irradiation on the physicochemical properties of soy protein isolate and whey protein concentrate. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **31**, 1488-1494.
22. Cho, Y. and Song, K. B. (2000) Effect of γ -irradiation on the molecular properties of BSA and β -lactoglobulin. *J. Biochem. Mol. Biol.* **33**, 133-137.

Effect of High Dose γ -irradiation on the Physicochemical Properties of Shell Eggs during Storage

Sunae Moon and Kyung Bin Song*(*Department of Food Science & Technology, Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea*)

Abstract : To determine the quality change of the irradiated eggs during storage, fresh shell eggs were irradiated using ^{60}Co at 0, 1, 5, 10, 30 kGy and stored for 30 days. The yolk index, color, pH, viscosity, egg weight, and SDS-PAGE profile of the irradiated eggs were examined. During storage, yolk index values of the irradiated eggs and the control were decreased and the increase of dose decreased yolk index. However, the yolk index values were increased temporarily at 10 kGy and 30 kGy. The yolk color had a bright yellow with increases in dose level and there was no significant change during storage. The albumen viscosities were decreased with increases in dosage and were decreased during storage. Also, the albumen pH values of the irradiated eggs were higher than that of the control and were increased during storage. The weight losses of eggs were increased during storage and there were no significant changes by dose level. SDS-PAGE profile of the egg white proteins of the shell eggs showed the change in molecular weight distribution and had aggregation pattern as well as degradation. CD and fluorescence spectroscopy study showed changes in the secondary and tertiary structure of egg white proteins by γ -irradiation. Therefore, this study clearly indicates that irradiation dose of eggs should be appropriate to prevent the loss of egg qualities.

Key words : shell eggs, γ -irradiation, physicochemical properties

*Corresponding author