

감마선 조사계육의 아급성 독성평가

강일준[†] · 이영숙 · 이수정* · 육홍선** · 변명우**

한림대학교 생명과학부

*부천대학 식품영양과

**한국원자력연구소

Four-Week Oral Toxicity Study of Gamma Irradiated Chickens in Mice

Il-Jun Kang[†], Young-Sook Lee, Soo-Jeong Lee*, Hong-Sun Yook** and Myung-Woo Byun**

Division of Life Sciences, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Bucheon Collage, Bucheon 421-735, Korea

**Team for Radiation Food Science & Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon 305-600, Korea

Abstract

In order to evaluate their possible subacute toxicity, groups of 40 male and female ICR mice were given to the diet with chickens irradiated up to 30 kGy for four weeks. During the experimental periods, appearance, behavior, mortality, food and water consumption of mice fed irradiated chickens were not affected compared to the control. In urine analysis, hematological as well as in serum biochemical findings, no significant differences were found between the control (non-irradiated) and the irradiated chickens. Although minor changes in biochemical parameters were observed, they were in the normal range and were not dose dependent. Spotty necrosis was found in the male liver administered with 30 kGy irradiated chicken. However, it seems not related with gamma irradiation, because it lacks either the dose dependency and the secondary changes accompanied. Our results indicate that the adverse effect of gamma irradiated chicken can be observed at more than 30 kGy level.

Key words: gamma irradiation, chicken, subacute toxicity

서 론

1980년 FAO/IAEA/WHO의 조사식품의 안전성에 관한 합동전문가위원회(Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Food, FECFI)에서는 그 동안의 연구 결과를 바탕으로 10 kGy 이하로 감마선 조사된 식품은 어떠한 독성학적, 미생물학적 문제도 없다고 결론지었다(1). 1987년에는 가금류의 저장기간을 연장시키고 살모넬라에 의한 위험을 줄이기 위해 감마선 조사를 사용하여야 한다고 제안하는 청원이 미국 식품의약국에 제출되었다. 그 제출서 중 네덜란드에서 수행된 쥐를 대상으로 장기간, 개에서의 1년간의 연구결과 감마선조사 계육의 섭취에 따른 별다른 독성영향이 관찰되지 않았다(2). 이에 따라 미국 농무성(USDA), 식품안전 검사부(FSIS)에서는 가금육에 대하여 3 kGy의 상업적 조사를 승인하였고(3), 1993년 9월부터는 가금육에 대한 상업적 조사가 시작되어 Illinois에서는 감마선조사 닭고기가 소비자들에게 신속하게 판매되고 있다고 보고되고 있다(4). 또한 FDA에서는 육류의 미생물학적인

안전성을 확보하기 위하여 가금육뿐만 아니라 우육 및 돈육 등 감마선 조사된 육류의 유통을 허가하였다. 즉, 미국 FDA에서는 1997년 냉동육을 포함한 적색육에 대하여 미생물 살균을 목적으로 냉장육의 경우 최고 4.5 kGy, 냉동육의 경우 최고 7 kGy를 허가하였고, 돼지고기에 대해서는 선모층 제거를 위하여 1.0 kGy 이하의 방사선 조사를 허가하였다(5,6). 이는 미국에서 수출되는 육류 제품에 대해 수입국의 까다로운 위생검사를 극복하기 위해 취해진 조치로써 앞으로 국제 무역에 있어서 방사선 조사기술의 이용이 더욱 확대되리라 추정된다. 더구나 WTO 체제하에서의 국제무역에 있어 통과 기준이 되는 국제식품규격위원회(Codex) 법안에는 모든 식품류의 방사선 조사를 승인하고 있으며(7), 1998년 유엔기구 주최로 열린 제15차 식품조사기술 국제자문단회의(ICGFI)에서는 조사식품에 대한 선량제한 철폐를 제안하였고 KODEX에 대해서도 식품에 대한 고 선량 방사선조사 허용을 권고하였다.

이와 같이 육류의 방사선 조사는 일부 외국에서 이미 사용되고 있지만, 우리나라에서의 육류에 대한 사용 기준이 없

[†]Corresponding author. E-mail: ijkang@sun.hallym.ac.kr
Phone: 82-33-240-1478. Fax: 82-33-255-4787

이를 실용화하기 위해서는 방사선 조사선량이나 안전성 검토를 위한 다양한 형태의 연구가 선행되어야 하며, 나아가 고 선량 조사에 대비한 품질의 변화 및 안전성 평가에 대한 연구도 필요한 실정이다. 또한 방사선 조사는 저장 중에 발생할 수 있는 여러 가지 문제점을 개선할 수 있지만 조사 식품에 대한 소비자들의 안정성에 대한 부정적인 선입견이(8,9) 여전히 남아있으며, 방사선 조사식품에 대한 소비자들의 이러한 선입견을 불식시킬 수 있는 방법으로 실험에 의해 그 안전성을 검증하여 그 결과를 토대로 소비자들을 교육, 홍보하는 것이 중요할 것이다.

따라서 본 연구는 감마선조사 닭고기의 안전성을 검토할 목적으로 저 선량에서 최고 30 kGy까지 조사한 닭고기를 대상으로 아급성 독성평가를 수행하였다.

재료 및 방법

시료 및 감마선조사

실험에 사용한 계육은 경기도 여주 축협에서 가슴살부위를 구입하여 그 즉시 meat chopper(Model MN 22S, Fuji, Japan)로 갈아 500 g씩 분취하여 polyethylene 비닐 팩에 포장한 후 ice box에 담아 운송하여 감마선조사 시료로 사용하였다.

감마선 조사는 경기도 여주 그린피아 기술 주식회사에 설치되어 있는 상업적 다목적용 감마선조사시설(선원 570,000 Ci Co-60)을 사용하여 계육 시료를 ice box에 담아 시간당 0.7 kGy의 선량률로 3~30 kGy로 조사하였으며, ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하여 총 흡수선량을 확인하였다. 감마선 조사된 시료는 비조사 시료와 함께 동결건조기(Lab-conco, USA)를 사용하여 동결 건조시킨 후, 분말화한 다음 냉장 저장하면서 실험에 사용하였다.

실험동물

대한실험동물에서 분양 받은 암수 각각 3~4 주령의 ICR 마우스(specific pathogen free)를 사용하였으며 동물입수 후 약 1주일간의 순화기간을 거쳐 건강한 동물만을 실험에 사용하였다. 실험동물은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $55 \pm 5\%$, 조도 300~500 Lux로 12시간 자동 점·소등 장치가 설치되어 있으며, 여과된 공기가 양압으로 공급되는 무균 동물사육 시설에서 사육하였다. 동물은 순화 및 시험기간 중에 polycarbonate cage에 5마리씩 넣어 사육하였으며, 이 기간동안 물은 수돗물을 자유로이 공급하였고, 사료는 순화기간 중에는 삼양사의 분말사료를, 시험기간 중에는 본 분말사료에 동결 건조한 감마선조사 닭고기를 섞어 공급하였다.

시험군의 구성 및 투여량의 설정

순화기간 중에 건강하다고 판단된 동물의 체중을 측정하여 평균체중에 가까운 개체들이 골고루 들어가도록 무작위법으로 군을 분리하였으며, 군 분리는 각 군당 10마리로 하고 암수 각각 4개의 시험군으로 나누었다. 시험군은 30 kGy

고선량 투여군, 10 kGy 중간선량 투여군, 3 kGy 저선량 투여군 및 음성대조군(비조사 투여군)으로 구성하였다. 투여한 닭고기의 양은 한국인의 성인 1일 고기 섭취량을 300 g으로 산정하고, 이의 2배양을 계산하여 마우스 체중(g)당 하루에 10 mg의 닭고기가 섭취될 수 있도록 설정하였다. 이때 매주 2회 체중 및 사료섭취량을 측정하여 이를 근거로 하여 마우스 체중(g)당 하루에 10 mg의 닭고기가 섭취될 수 있도록 하였다.

검사항목 및 시험방법

감마선조사 닭고기의 아급성독성 시험은 국립보건안전연구원 고시 제 94-3호 「의약품 등의 독성시험기준」 및 국립보건안전연구원 발행 「독성시험 표준작업 지침서」의 일반독성시험법(NISR/SOP/GTX)을 참조하였다(10).

일반상태 관찰: 투여기간 중 매일 1회 이상 생사의 확인과 일반상태의 유무를 관찰하고, 이상이 인정되는 경우에는 행동이상의 상태와 폐사 등의 임상증상을 관찰하였다. 폐사 시에는 부검을 실시하여 사망원인을 검사하도록 하였다.

체중, 사료섭취량 및 유수섭취량 측정: 모든 동물에 대하여 투여개시 직전에 1회, 투여개시 후 매주 2회씩, 그리고 부검시 각각 체중을 측정하였다. 또한 매주 2회 사육케이지 별로 1일간의 사료 섭취량 및 유수 섭취량을 측정하였다.

노검사: 처사 3일 전 대사 cage에서 노를 채취하여 Uropaper(Eiken Chem. Co., Japan)를 이용하여 노당, 노단백, 수소이온농도 및 잠혈(occult blood)을 측정하였다.

혈액학적 검사 및 혈청 생화학적 검사 최종일 투여후 ether 마취하에 후대정맥(Posterior vena cava)으로부터 채혈하였다. 혈액학적 검사는 혈액을 CBC bottle에 넣은 후 4시간 이내 적혈구수(RBC), 백혈구수(WBC), 혈소판수(PLT)를 coulter counter를 이용해 측정하였다. 혈청 생화학 검사는 채취한 혈액의 일부를 실온에 15분 정도 방치하여 응고시키고, 원심분리(3,000 rpm, 15 mm)하여 얻은 혈청에 대하여 alanine transaminase(ALT), aspartate transaminase(AST), 총 단백질(total protein), 당(glucose), 총 콜레스테롤(total cholesterol), 중성지방(triglyceride), 총 빌리루빈(total bilirubin), blood urea nitrogen(BUN), lactate dehydrogenase(LDH), 알부민, 요산(uric acid) 및 Ca 등을 자동혈청생화학 분석기(Spotchem 4710)를 사용하여 측정하였다.

병리조직학적 검사: 방혈 처사 후 모든 동물에 대해 내부장기의 형태, 크기, 색조, 정도 및 기타 병변 등의 육안적 소견을 관찰 기록하였으며, 모든 장기를 10% 중성 포르말린 액에 고정하였다. 조직학적 검사는 2주간 이상의 충분한 고정을 거친 폐, 간, 신장 등의 장기를 파라핀 포매기에 포매하여 microtome으로 4~5 μm 절편으로 만든 후, hematoxylin & eosin 염색을 하여 250배율로 관찰하였다.

통계처리

모든 실험에서 얻은 측정치의 통계학적 분석은 student's

t-test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

체중변화, 사료 및 음수 섭취량

실험동물에 있어서 감마선조사 닭고기를 4주간 투여하는 동안 육안적으로 별다른 이상이 없었으며, 전 시험군에서 폐사동물은 발생하지 않았다. 매주 2회씩 측정된 각 군의 체중변화를 살펴본 결과(Fig. 1), 감마선조사 닭고기를 4주간 투여한 모든 동물에서 대조군에 비해 체중증가율에 있어서 유의성 있는 변화는 관찰되지 않았다. 또한 음성 마우스의 사료 섭취량 및 음수 소비량에 있어서도 감마선조사 닭고기를 4주간 투여한 투여군은 대조군과 비교하여 유의한 차이가 없었다(Fig. 2).

혈액학적 검사 및 혈청 생화학적 검사

감마선조사 닭고기를 4주간 투여한 자성 및 음성 마우스의 혈액학적 검사를 수행한 결과(Table 1), 백혈구수의 경우 혈액 1 L당 $11 \times 10^9 \sim 13 \times 10^9$ 의 수준으로 자성, 음성 마우스 모두 감마선조사 선량증가에 의한 유의적인 변화를 나타내지 않았다. 적혈구수에 있어서도 암수 마우스 모두 혈액 1 L당 $9 \times 10^{12} \sim 10 \times 10^{12}$ 의 수준으로 조사계육의 투여에 의한 영향은 없었다. 혈소판수는 혈액 1 L당 약 $400 \times 10^9 \sim 500 \times 10^9$ 의 수준으로 앞선 백혈구 및 적혈구수와 마찬가지로 자성, 음성

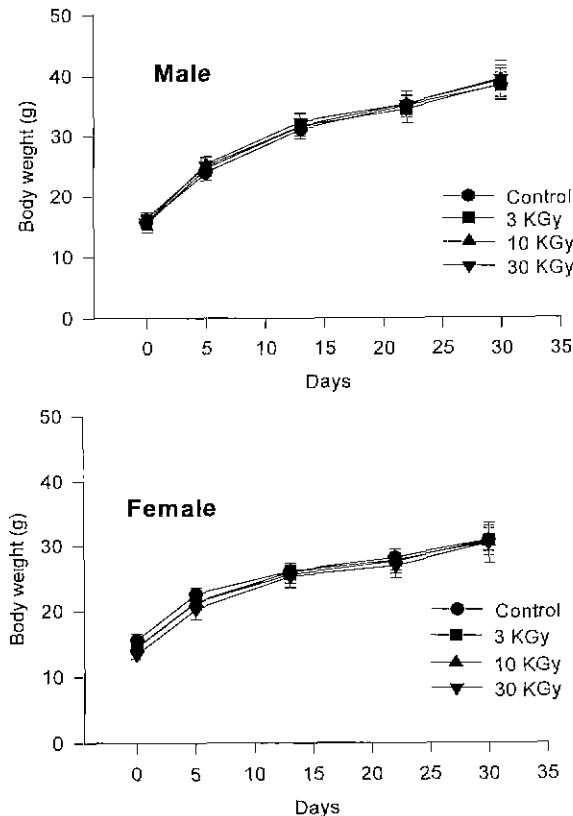


Fig. 1. Body weight changes in the ICR mice administered with irradiated chickens for 4 weeks.

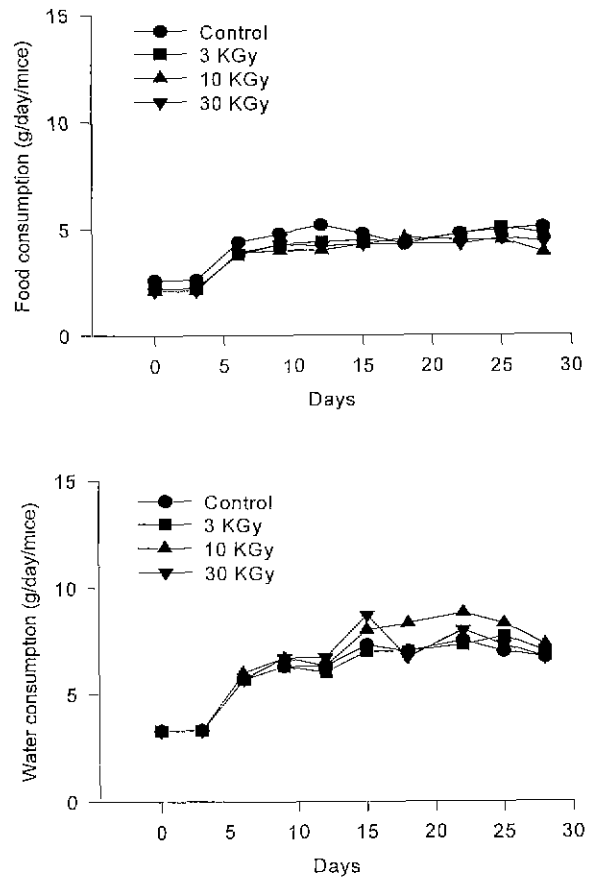


Fig. 2. Food and water consumption in the male ICR mice administered with irradiated chickens for 4 weeks.

Table 1. Hematological findings in the male and female ICR mice administered with irradiated chickens for 4 weeks

Sex	Dose	WBC ¹⁾ (10 ⁹ /L)	RBC ¹⁾ (10 ¹² /L)	Platelet (10 ⁹ /L)
Male	Control	10.9±3.1 ²⁾	9.2±1.2	375.0±43.0
	3 kGy	10.4±4.3	9.4±1.4	413.2±31.5
	10 kGy	11.9±5.2	10.1±0.7	408.4±24.9
	30 kGy	11.4±4.5	9.7±1.5	420.1±17.5
Female	Control	13.3±1.6	9.9±1.4	454.8±53.7
	3 kGy	10.8±4.8	9.8±1.2	462.1±64.6
	10 kGy	13.1±2.4	9.8±1.5	457.5±71.5
	30 kGy	12.9±4.2	9.9±1.2	447.6±51.3

¹⁾WBC: white blood corpuscles, RBC: red blood corpuscles
²⁾Mean±SD Values in the same row are not significantly different (p<0.01)

마우스 모두 감마선조사 계육의 투여에 의한 유의적인 변화를 나타내지 않았다. 따라서 감마선조사 닭고기의 투여는 혈액학적인 측면에서 문제를 야기하지 않음을 알 수 있었다.

Table 2와 3에는 감마선조사 닭고기를 4주간 투여한 마우스의 혈청 생화학적 검사 결과를 나타내었다. 음성 마우스의 경우 혈당치(Glu)가 3 kGy 투여군에서 약간 감소하였으나 유의성은 없었으며, BUN은 반대로 약간 증가하였으나 이 역시 유의적인 차이는 없었다. Total cholesterol(T-cho).

Table 2. Serum biochemical values in the male ICR mice administered with irradiated chickens for 4 weeks

Parameter ¹⁾	Control	3 kGy	10 kGy	30 kGy
Glu (mg/dL)	235.6 ± 37.6 ²⁾	217.8 ± 35.7	227.6 ± 41.2	247.1 ± 37.6
T-cho (mg/dL)	146.2 ± 12.5	148.2 ± 11.3	144.6 ± 8.2	147.4 ± 11.9
BUN (mg/dL)	45.7 ± 5.1	48.6 ± 4.2	45.9 ± 4.9	46.4 ± 4.6
T-Bil (mg/dL)	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
AST (U/L)	126.1 ± 2.9	126.2 ± 4.3	128.5 ± 7.5	126.9 ± 5.7
ALT (U/L)	32.8 ± 3.7	31.9 ± 6.2	31.0 ± 4.3	33.1 ± 6.8
T-Pro (g/dL)	5.7 ± 0.2	5.6 ± 0.3	5.7 ± 0.2	5.6 ± 0.3
TG (mg/dL)	212.4 ± 35.8	227.5 ± 42.3	207.5 ± 24.6	214.7 ± 40.1
LDH (U/L)	968.3 ± 314.6	1028.6 ± 348.7	979.5 ± 412.9	1024.3 ± 467.2
Ca (mg/dL)	10.0 ± 0.8	10.0 ± 0.5	10.1 ± 0.5	10.0 ± 0.7
Alb (g/dL)	2.8 ± 0.4	2.7 ± 0.1	2.8 ± 0.2	2.7 ± 0.3
UA (mg/dL)	2.8 ± 0.3	2.6 ± 0.5	2.7 ± 0.8	2.8 ± 0.5

¹⁾Glu: glucose, T-cho: total cholesterol, BUN: blood urea nitrogen, T-Bil: total bilirubin, T-Pro: total protein, TG: triglyceride, LDH: lactate dehydrogenase, Alb: albumin, UA: uric acid

²⁾Mean ± SD. Values in the same row are not significantly different (p < 0.01).

Table 3. Serum biochemical values in the female ICR mice administered with irradiated chickens for 4 weeks

Parameter ¹⁾	Control	3 kGy	10 kGy	30 kGy
Glu (mg/dL)	218.6 ± 34.9 ²⁾	216.6 ± 27.6	209.5 ± 31.8	221.4 ± 32.4
T-cho (mg/dL)	98.6 ± 24.6	94.7 ± 21.9	97.4 ± 22.6	98.5 ± 27.6
BUN (mg/dL)	41.2 ± 4.6	40.6 ± 3.8	43.7 ± 4.8	41.7 ± 5.3
T-Bil (mg/dL)	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1
AST (U/L)	131.6 ± 4.2	129.6 ± 2.8	130.5 ± 3.4	131.1 ± 3.3
ALT (U/L)	31.5 ± 2.7	31.2 ± 2.1	30.8 ± 1.4	31.0 ± 1.5
T-Pro (g/dL)	5.5 ± 0.3	5.4 ± 0.3	5.5 ± 0.2	5.6 ± 0.3
TG (mg/dL)	151.2 ± 41.6	148.8 ± 42.1	152.5 ± 37.6	150.8 ± 35.4
LDH (U/L)	816.4 ± 234.6	872.7 ± 215.7	821.4 ± 176.8	834.1 ± 211.3
Ca (mg/dL)	10.1 ± 0.4	10.2 ± 0.5	10.2 ± 0.3	10.2 ± 0.2
Alb (g/dL)	2.9 ± 0.2	2.9 ± 0.3	2.9 ± 0.2	2.8 ± 0.3
UA (mg/dL)	2.4 ± 0.8	2.2 ± 0.4	2.0 ± 0.5	2.3 ± 0.7

¹⁾Glu: glucose, T-cho: total cholesterol, BUN: blood urea nitrogen, T-Bil: total bilirubin, T-Pro: total protein, TG: triglyceride, LDH: lactate dehydrogenase, Alb: albumin, UA: uric acid.

²⁾Mean ± SD. Values in the same row are not significantly different (p < 0.01).

total bilirubin(T-Bil), total protein(T-Pro)은 대조군과 비교해 조사 계육 투여군 모두 차이를 나타내지 않았으며, 그밖에 AST, ALT, total glyceride(TG), LDH, Ca, albumin(Alb), uric acid(UA)도 모든 시험군에서 정상범위를 나타내었다 (Table 2). 자성 마우스에서는 10 kGy 투여군에서 BUN이 약간 증가하였으나 이들 변화에는 유의성과 선량 의존성이 없으며, 그 밖의 모든 생화학적 수치는 음성 마우스와 마찬가지로 모두 생리적 정상 범위를 유지하였다(Table 3).

노검사

감마선조사 닭고기를 4주간 투여한 마우스의 뇨를 채취하여 뇨당, 뇨단백, 수소이온농도 및 잠혈(occult blood)을 측정 한 결과는 Table 4와 같다. 시험결과 감마선 조사선량 증가에 따라 초래되는 특이한 변화를 관찰할 수 없었다. 즉, 뇨당의 경우 모든 시험군에서 음성을 나타냈으며, 뇨 단백질의 경우 3 kGy 투여군에서만 30 mg/dL 이상이 10마리 음성마우스 중 1마리 관찰되었다. 또한 뇨의 pH의 경우 대부분이 6~7 범위의 정상 pH값을 나타냈으며, 잠혈에 있어서도 모두 음성을 나타내었다.

병리학적 조직검사

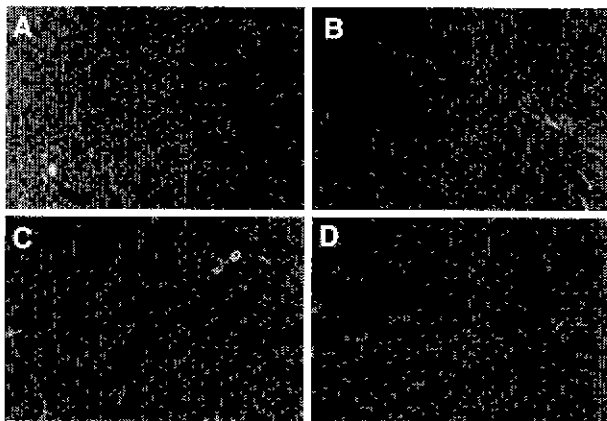
감마선조사 닭고기를 4주간 투여한 마우스의 병리학적 조

직검사를 위해 우선 장기를 육안으로 관찰한 결과, 모든 동물에서 내부장기의 형태, 크기, 색조, 경도 및 기타 병변 등의 육안적 소견을 관찰할 수 없었다. 감마선조사 닭고기를 4주간 투여한 마우스의 간, 신장 및 폐의 병리조직학적 검사결과, 간에서는 모든 군에서 염증, 괴사, bilirubin 침착, iron 침착 등의 병적인 변화를 보이지 않았고 간세포의 구조도 변화를 보이지 않았다. 수컷 마우스의 고용량 투여군에서 호중구 침윤을 동반한 spotty necrosis가 1예 발견되었으나 이것이 시험물질의 투여에 기인한다고 판단할 만한 2차적인 변화는 관찰되지 않았다(Fig 3) 신장에서도 염증, 괴사 등의 병적인 변화를 보이지 않았고 신장세포도 정상적인 구조를 유지하고 있었다. 면역학적 요인이나 독성물질에 기인하는 사구체 및 신세관의 괴사도 관찰되지 않았고 세관세포들이 잘 밀집되어 있어 부종도 없음이 확인되었다. 폐에서도 염증이나 섬유화된 변화가 발견되지 않았고 폐포의 구조도 정상으로 유지되어 있었다.

이상의 아급성독성시험 결과, 감마선조사 닭고기의 투여는 어떠한 유의할 만한 변화를 초래하지 않음을 알 수 있었다. 이는 최고 58 kGy의 감마선조사 닭고기를 투여한 만성독성시험, 최기형성시험, 음성치사시험, 반성열성시험, Ames 시험 등에서 조사계육을 투여한 모든 동물에서 감마선 조사

Table 4. Urinalysis in the male and female ICR mice administered with irradiated chickens for 4 weeks

Sex	Male				Female			
	Control	3 kGy	10 kGy	30 kGy	Control	3 kGy	10 kGy	30 kGy
No. of animal	10	10	10	10	10	10	10	10
Glucose	-	10	10	10	10	10	10	10
	-	-	-	-	-	-	-	-
Protein	trace	10	9	10	10	10	10	10
	+30	-	1	0	-	-	-	-
pH	6~7	9	10	9	10	9	9	10
	7~8	1	-	1	-	1	1	-
Occult	-	10	10	10	10	10	10	10
Blood	+	-	-	-	-	-	-	-

**Fig. 3.** Histopathological examination of the liver in the ICR mice administered with irradiated chickens for 4 weeks. (A) male control group (B) male 30 kGy treatment group. (C) female control group. (D) female 30 kGy treatment group → : spotty necrosis. H&E staining ($\times 250$).

에 의한 영향은 검지되지 않았다는 연구보고와 일치하는 결과를 나타내었다(11-15). 따라서 감마선조사 닭고기를 한국인의 성인 1일 고기섭취량의 2배에 해당하는 양으로 4주간 마우스에 투여한 경우 무 영향권은 시험한 최고 용량인 30 kGy 이상으로 추정된다.

요 약

3 kGy, 10 kGy, 30 kGy의 선량이 되도록 감마선을 조사한 닭고기를 4주간 ICR 마우스에 경구 투여하였을 때 나타나는 독성을 평가한 결과, 시험기간 동안 시험물질 투여에 의한 임상증상이나 폐사동물은 나타나지 않았으며 체중 변화, 사료 및 음수 섭취량도 대조군에 비해 차이를 보이지 않았다. 혈액학적 검사 및 뇨 검사에서도 모든 시험군은 정상적인 결과를 나타내었다. 혈청학적 검사에서 감마선조사 닭고기를 투여한 일부 군에서 약간의 변화를 보였으나 선량 의존성

이 결여되어 있고 모두 생리적 정상범위를 벗어나지 않았다. 병리학적 검사에서 육안적 검사를 한 결과 어떠한 유의할 만한 병변도 관찰하지 못하였다. 병리조직학적 검사결과 수컷 마우스의 고선량(30 kGy) 투여군에서 호중구 침윤을 동반한 spotty necrosis가 1예 발견되었으나 이것이 시험물질의 투여에 기인한다고 판단할 만한 2차적인 변화는 관찰되지 않았다. 따라서 감마선조사 닭고기를 한국인의 성인 1일 고기섭취량의 2배에 해당하는 양으로 4주간 마우스에 투여한 경우 무 영향권은 시험한 최고 용량인 30 kGy 이상으로 추정된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. WHO : Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee, Geneva, WHO technical report series, No. 659 (1981)
2. CAST Ionizing energy in food processing and pest control : I. Wholesomeness of food treated with ionizing energy, Ames, IA, Council for Agricultural Science and Technology. Report No. 109, ISSN 0194-4088 (1986)
3. Food and Drug Administration : Irradiation of poultry. Federal register, 55, 18538 (1990)
4. USDA/FSIS : Status of Food Irradiation Activities in the USA, A.III. Newsletter No 27, 137 (1993)
5. IAEA : Clearance of item by country. Intl Atomic Energy Agency, Vienna, Austria (1997)
6. Adams, P. : Where's the beef? An update on meat irradiation in the USA. *Radiat Phys Chem.*, 57, 231-238 (2000)
7. FAO : Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of food. Codex Alimentarius Commission, Rome, Italy (1984)
8. Bruhn, C. : Consumer attitudes and market response to irradiated food *J Food Protect.*, 58, 175-182 (1995)
9. ICGFI : Summary report on eleventh meeting of the international consultative group on food irradiation. Denpasar, Bali, Indonesia, 2-4 November (1994)
10. 국립보건안전연구원 : 독성시험 표준작업지침서 (1993)
11. Anon. Safety evaluation of 35 kinds of irradiated human foods. *Chinese Medical Journal*, 100, 715-718 (1987)
12. Diehl, J.F. : *Safety of Irradiated Foods*. Marcel Dekker, Inc., New York (1990)
13. Raltech Scientific Services : Irradiated sterilized chicken meat; a chronic toxicity and reproductive performance study in beagle dogs. Unpublished document, FDA docket No. 84F-0230 (1982)
14. Raltech Scientific Services : Mouse bioassay of irradiated chicken. Unpublished document, available on microfiche from National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, VA 22161, USA (1983)
15. Thayer, D.W. : Toxicology studies of irradiated-sterilized chicken. *J. Food Protect.*, 50, 278-288 (1987)

(2000년 10월 5일 접수)