

감마선조사 쇠고기의 유전독성 및 급성독성학적 안전성평가

강일준 · 곽희진 · 이병훈* · 김광훈** · 변명우*** · 육홍선***

한림대학교 식품영양학과, *원광대학교 약학대학

그린피아기술 주식회사, *한국원자력연구소

Genotoxicological and Acute Toxicological Safeties of Gamma Irradiated Beef

Il-Jun Kang, Hee-Jin Kwak, Byung-Hoon Lee*, Kwang-Hoon Kim**,
Myung-Woo Byun*** and Hong-Sun Yook***

Department of Food Science and Nutrition, Hallym University

*College of Pharmacy, Wonkwang University

Greenpia Tech. Inc., *Korea Atomic Energy Research Institute

Abstract

Gamma irradiation at 5 kGy was applied to beefs for evaluation of their possible genotoxicity and acute oral toxicity. The genotoxicity of 5 kGy irradiated beef was evaluated by *Salmonella typhimurium* reversion assay and *in vivo* micronucleus assay using mouse bone marrow cells. The results were negative in the bacterial reversion assay with *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535, TA1537. Clastogenic effects were not shown in *in vivo* mouse micronucleus assay at 5 kGy dose tested. In an acute toxicity test, 5 kGy-irradiated beef was administrated orally at a dose level of 313 to 5,000 mg/kg, and then number of deaths, clinical signs, body weights, and pathological examinations were examined daily for 14 days post-administration. The results indicate that 5 kGy irradiated beef did not show any toxic effect on mice and oral LD₅₀ value was over 5,000 mg/kg on ICR mice.

Key words: gamma irradiation, beef, genotoxicity, acute toxicity

서 론

식품조사는 다양한 선량의 범위에서 몇몇 식품에서 관찰된 특정 성분의 합유량 감소나 특유한 방사선 분해물(unique radiolytic products: URP)의 생성 유무로, 조사식품을 일반식품으로 사용하는 것에 대한 부적합성과 관련하여 찬반의 논란이 끊임없이 이어져왔다. 그러나 특정영양소의 감소나 특유한 분해물이 생성되었다면 그것은 멸균처리 등과 같은 다른 식품보존방법으로부터 생기는 결과와 별 차이가 없는 것이며, 특히 냉동이나 진공상태에서의 조사와 같은 병행처리기술의 발달로 이러한 현상이 현저히 줄어들었다^(1,2). 따라서, 현재 많은 국가들이 조사식품을 그들의 시장에 공급하고 있으며, 조사식품의 사용에 소비자의 신뢰

를 단계적으로 쌓아가고 있는 동시에 정부차원에서 조사식품 품목을 추가시키는 사업을 활발히 증가시켜 나가고 있다. 또한 조사기술을 더욱 유효하고 효율적으로 개발하기 위한 대규모 연구계획의 추진활동도 적극적으로 이루어질 전망에 있으며, 더욱이 방사선 조사는 다양한 크기나 형태의 식품 보존에 이용될 수 있는 이점 때문에 향후 식품업계에서의 감마선 조사 활용은 점차 늘어날 것으로 기대된다⁽³⁾.

한편, 국민생활 수준의 향상으로 소득의 증가와 함께 우수한 단백질원인 육류는 식생활의 많은 부분을 차지하게되었으나, 신선 육류라 하더라도 부패균 및 병원성 세균에 의해 상당히 오염되어 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 사실은 식품의 양적 손실을 초래할뿐 아니라 인간의 건강에도 큰 위협을 가져오며, 그 결과 경제성 및 생산성 저하의 중요한 원인이 되고 있다고 1983년 FAO/WHO 합동 식품안전 전문위원회는 보고한 바 있다^(7,8). 동물성 식품은 비교적 높은 비율로

Corresponding author: Il-Jun Kang, Department of Food Science and Nutrition, Hallym University, 1 Okchon-Dong, Chunchon, Kangwon-Do 200-702, Korea

병원균에 오염되고, 이것이 원인이 되어 모든 나라에 있어 식중독이 많이 발생하고 있으며 이러한 사실은 통계적으로도 증명되고 있다. 1990년대에 미국에서 햄버거와 닭고기에 의한 대규모 식중독 사건은 국민적 관심을 불러 일으켰으며, 최근 문제시되고 있는 쇠고기의 *E. coli* O157에 의한 식중독도 좋은 실례라 할 수 있다^(9,10). 따라서 생산시설의 낙후와 과학적인 위생처리의 부족으로 인한 공중위생상의 많은 문제점을 내포하고 있는 현실 속에서 소비자의 욕구를 충족시켜 주기 위해서는 1차적으로 생산과정의 개선이 요구되고 있으며 추가적으로는 육류를 위생적으로 저장할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다.

식육의 저장기간을 연장하기 위한 방법으로는 온도조절, 포장방법의 개선, 화학보존료의 처리 등이 있으나, 저온살균법으로 알려져 있는 방사선 살균법은 축산물의 병원성세균 및 기생충 퇴치를 위해 매우 효과적인 것으로 알려져 있다.

식육에서 원초적인 병원성세균 및 기생충에 의한 오염을 방지하는 것은 불가능하나 최종 포장의 단계에서의 방사선처리는 이들을 손쉽게 살균할 수 있으며, 방사선 조사에 의한 색조나 조직감의 변화 및 성분분열화 등을 고려하여 1~3 kGy의 방사선 조사를 추천하고 있다⁽¹¹⁻¹³⁾.

따라서 본 연구는 식육의 위생화를 위한 감마선조사기술의 이용가능성을 검토할 목적으로 쇠고기의 상품적 가치를 유지할 수 있는 최대 선량인 5 kGy 조사 쇠고기를 대상으로 단기검색법을 이용한 유전독성 시험 및 급성독성 시험을 통해 안전성 평가를 실시하였다.

재료 및 방법

시료

실험에 사용한 쇠고기는 서울시 마장동 우시장에서 우둔 부위의 살코기만을 구입하여 그 즉시 meat chopper (Model MN 22S, FUJI)로 갈아 500 g씩 분쇄하여 polyethylene 비닐 팩에 포장한 후 ice box에 담아 운송하여 감마선조사 시료로 사용하였다.

시료의 감마선 조사

감마선 조사는 경기도 여주 그린피아 기술 주식회사에 설치되어 있는 상업적 다목적용 감마선조사시설(선원 570,000 Ci Co-60)을 이용하여 쇠고기 시료를 ice box에 담아 시간당 0.7 kGy의 선량률로 5 kGy를 조사하였으며, ceric cerous dosimeter (U.S.A.)를 사용하여 총흡수선량을 확인하였다. 감마선 조사된 시료는 비조

사구와 함께 동결건조기(Labconco, U.S.A.)를 사용하여 동결건조시킨 후, 무균상태에서 분말화한 다음 냉장 저장하면서 안전성 평가시험에 사용하였다.

복귀돌연변이 시험

시험균주: 시험에 사용된 균주는 *Salmonella typhimurium* LT2를 친주로 하는 *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535, TA1537로, 이들 균주는 사용에 앞서 histidine 요구성, crystal violet 감수성, ampicillin 내성, spontaneous 복귀변이 수 등을 확인하였다.

S-9 mixture의 조제: 한림대학교 실험동물부에서 분양 받은 Sprague-Dawley 계 흰쥐(웅성; 6~8주령)에 Aroclor 1254를 500 mg/kg의 용량으로 1회 복강내 투여하여 4일째에 경추탈골에 의하여 도살한 후 간을 적출하였다. 적출한 간 중량의 3배량의 냉각한 0.15 M KCl용액을 넣어 균질화하고 9,000×g에서 10분간 원심 분리한 후 그 상층액을 S-9 fraction으로 하였으며, 이를 사용해 Maron과 Ames⁽¹⁴⁾의 방법에 따라 S-9 mixture를 조제하였다.

복귀돌연변이 시험: *S. typhimurium* 균주를 nutrient broth에 하룻밤 동안 배양하여 대수기(2×10^9 cells/mL)상태에 이르도록 한 배양액 0.1 mL에, 시험물질의 멸균증류수 혼탁액 0.1 mL, S-9 mixture(또는 0.2 M Na-Phosphate buffer) 0.5 mL을 혼합하여 37°C에서 30분간 pre-incubation 하였다. Histidine/biotin을 함유한 top agar 2.5 mL을 가하여 minimal glucose agar 배지에 부어 고화시킨 다음 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 복귀돌연변이 집락을 계수하였다. 양성대조물질로는 2-aminoanthracene (2-AA), 2-aminoanthracene (2AA)을 각 시험균주의 특성에 맞추어 사용하였다.

소핵시험

실험동물: 한림대학교 실험동물부에서 분양 받은 ICR 마우스(웅성; 5~6주령)를 사용하였으며, 동물 입수후 약 1주일간의 순화기간을 거쳐 건강한 동물만을 시험에 사용하였다. 실험동물은 온도 25±1°C, 습도 55±5%, 조도 300~500 Lux로 12시간 자동 점·소등 장치가 설치되어 있는 환경에서 사육하였으며, 삼양사의 마우스용 고형사료와 수돗물을 자유로이 공급하였다.

소핵시험: 시험물질 투여량은 혼탁하여 경구투여가 가능한 최고농도를 고용량으로 설정하였고, 이를 $\frac{1}{2}$ 로 희석하여 저용량으로 하였다. 시험최고 농도는 kg 당 2,500 mg이었으며, 검체 혼탁액을 24시간 간격으로 2회 경구투여하고, 마지막 투여 후 24시간이 경과

한 후, Hayashi⁽¹⁵⁾ 등의 방법에 따라 acridine orange 용액(0.5 mg/mL)을 slide glass에 도포하여 공기 중에 건조시키고, 마우스의 꼬리정맥으로부터 체취한 혈액 약 5 µL를 slide glass 위에 떨어뜨리고 cover glass로 덮었다. 세포가 고정된 후 형광현미경 하에서 마우스 1마리당 1,000개의 망상적혈구(reticulocyte; RET)를 관찰하여 그 중에서 초록색 형광을 띠는 소핵을 가진 망상적혈구(micronucleated reticulocyte; MNRET)를 측정하여 소핵생성 빈도를 계산하였다.

통계학적 평가: Hayashi⁽¹⁵⁾ 등의 방법에 따라 3단계의 통계처리법을 적용하여 결과를 분석하였다. 1단계에서는 Hayashi 등에 의해 축적되어진 음성 및 양성대조군에 대한 배경 data와 비교해 보았고, 2단계에서는 각 처리군의 MNPCE (micronucleated polychromatic erythrocyte) 출현빈도를 음성대조군의 비교자료로부터 추정하여 2항분포를 통하여 검정을 하였고 여기에서 유의한 차이를 나타내면 3단계로서 음성대조군과 시험물질처리군의 결과에 대해서 용량반응관계가 있는가를 Cochran Armitage 경향검정을 통하여 추정하였다(유의수준 0.05).

급성독성시험

실험동물: 실험동물로는 암수 각각 5~7 주령의 ICR 마우스를 사용하여 동물입수 후 약 1주일간의 순화기간을 거쳐 건강한 동물만을 실험에 사용하였다. 실험동물의 사육환경은 소책시험과 동일하게 하였다.

시험군의 구성 및 투여량의 설정: 국립보건안전연구원 독성시험 표준작업지침서⁽¹⁶⁾에 따라 순화기간 중에 건강하다고 판단된 동물의 체중을 측정하여 평균 체중에 가까운 개체들이 골고루 들어가도록 무작위법으로 군 분리를 하여, 각 군당 동물수는 10마리로 하고 암수 각각 6개의 시험군으로 나누었다. 개체식별은 피모색소 마킹법과 tag 표시법으로 하였다. 투여량의 설정은 검체의 예상 1일 섭취용량을 계산하여 이를 기준으로 고용량군, 중간용량군 그리고 저용량군 등으로 나누고 1개의 대조군을 설정하였다. 시험물질의 투여량은 체중 100 g당 1 mL이 되도록 증류수에 녹여 용시 조제하였고, 투여 직전 체중에 따라 산출한 투여량을 경구투여기를 이용하여 1회 경구투여 하였다.

임상증상 및 폐사의 관찰: 모든 시험동물에 대해 투여 당일에는 투여 후 6시간 동안 매 시간마다 관찰하며 투여 익일부터 14일까지는 1일 1회씩 동물의 일반 상태변화, 종독증상 및 사망여부를 관찰하였다.

체중변화: 시험에 사용한 모든 시험동물에 대해 시험기간동안 3회 체중측정을 하여 변화를 관찰하

였다.

부검: 시험 종료 후 동물을 경추탈골하여 치사시킨 후 외관 및 내부장기의 이상 유무를 육안으로 상세히 관찰하였다. 관찰항목으로는 외피, 구강, 눈, 외이 등을 검색하고 내부장기에 대하여 장기의 형태, 크기, 색조, 경도 및 기타 병변 등의 육안적 소견을 관찰 기록하였다.

결과 및 고찰

감마선조사 우육의 복귀돌연변이 시험

예비시험결과에 따라 모든 시료는 8.3 mg/plate를 최고농도로 설정하여 본시험을 수행하였다. 이는 용매인 멀균증류수에 혼탁하여 본시험을 수행하는데 있어서 적용 가능한 최고농도로써, 그 이상의 농도에서는 혼탁액의 점도로 인한 조작상의 문제가 있었고, 결과 판독시 plate에서 복귀변이집락과 구별이 어렵게 되는 등의 문제를 배제시킬 수 있는 농도로써 이와 같은 농도를 본 시험에 적용하였다.

감마선 조사 및 비조사 쇠고기의 혼탁액을 첨가하였을 때 *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535 및 TA1537에 대한 복귀변이 집락수를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 우선 대사활성 부재시의 경우, γ선으로 조사한 우육은 모든 시험군주에서 시험적용 농도인 0.1~8.3 mg/plate의 범위에서 복귀변이 집락수의 농도 의존적인 증가 혹은 감소를 보이지 않았으며 용매 대조군과 비교해서도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 고농도 군에서 약간의 집락수가 감소한 것은 시험물질의 입자들에 의한 집락형성의 방해에 기인하는 것으로 추정되며 이와 같은 현상은 γ선 조사시료와 대조시료 모두에서 나타났다. 대사활성계를 도입한 즉 S-9mixture를 가한 상태에서 이들 시험물질에 대해 *S. typhimurium*를 이용한 복귀돌연변이 시험을 수행한 결과에서도 시험한 모든 검체는 각각의 시험적용 농도에서 복귀변이 집락수의 증가를 보이지 않았다.

일반적으로 돌연변이원성의 판정은 음성대조군 복귀변이 집락수의 2배 이상인 경우를 양성으로 하므로 본 실험의 조사한 쇠고기 및 조사하지 않은 시험물질에 대하여 전 시험적용농도에서 복귀변이를 유발하지 않는 것으로 보아 γ선 조사에 의한 돌연변이원성은 없는 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과는 초파리를 이용한 쇠고기의 변이원성시험에서 감마선 조사가 돌연변이를 유발하지 않았다는 Mittie⁽¹⁷⁾의 실험과도 잘 일치하였다.

Table 1. Mutagenic effects of gamma irradiated beef at 5 kGy

Test sample	Conc. (mg/plate)	S-9mix	No. of His+ revertants per plate ¹⁾			
			TA98	TA100	TA1535	TA1537
beef (0 kGy)	8.3	+	8±1 ^a	154±15	51±15	8±0
	2.8	+	20±1	140±3	71±0	7±1
	0.9	+	15±3	165±1	38±7	13±6
	0.3	+	25±1	128±9	39±3	13±1
	0.1	+	33±9	134±0	30±3	9±8
	0	+	31±4	131±2	51±3	13±0
	8.3	-	14±2	149±4	25±8	5±1
	2.8	-	21±16	136±10	21±4	3±1
	0.9	-	24±9	150±4	32±13	7±1
	0.3	-	23±8	134±4	38±3	10±1
beef (5 kGy)	0.1	-	28±2	116±6	32±1	13±1
	0	-	22±8	187±12	21±4	11±3
	8.3	+	9±6	209±18	27±12	9±4
	2.8	+	30±11	179±4	37±1	14±8
	0.9	+	22±4	150±4	52±13	6±1
	0.3	+	36±4	145±12	60±15	10±1
	0.1	+	39±16	126±14	63±18	9±5
	0	+	31±4	118±17	51±3	8±1
	8.3	-	19±1	195±24	25±6	5±0
	2.8	-	26±5	142±21	33±2	4±0
2-AA ²⁾	0.9	-	24±1	148±13	25±1	5±1
	0.3	-	39±11	154±10	36±2	11±1
	0.1	-	25±1	136±7	21±1	11±1
	0	-	27±5	129±20	21±4	11±3
	0.01	+	2334±88	1467±167	ne ³⁾	ne
	0.002	+	ne	ne	252±11	210±18
2-NF	0.01	-	1474±31	ne	ne	ne
MNNG	0.01	-	ne	1088±34	798±167	ne
9-AA	0.08	-	ne	ne	ne	882±105

¹⁾Each value represents the mean±SD of three plates and expressed of revertant colonies per plate.

²⁾2-AF, 2-Aminofluorene; 2AA, 2-Aminoanthracene; 2-NF, 2-Nitrofluorene; MNNG, N-methyl-N'-nitrosoguanidine; 9-AA, 9-Aminoacridine were used as positive controls for the corresponding strains.

³⁾ne, not examined.

*significantly different from the control.

설치류 망상적혈구를 이용한 염색체 이상검증

In vivo 시험으로 설치류 망상적혈구를 이용하여 감마선 조사된 쇠고기의 염색체 이상 시험을 수행한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Frequency of micronuclei from marrow in mice treated with 5 kGy-irradiated beef⁴⁾

Test compound	Dose (mg/plate)	No. of mice tested	MNRET/1,000 RET ⁵⁾
D.W.		5	3.1±1.4
Beef (5 kGy)	2,500	5	3.4±0.8
	1,250	5	4.2±1.9
MMC ³⁾	0.5	5	26.4±4.9

⁴⁾Each value represents the mean±SD of three plates.

⁵⁾MNRET, micronucleated reticulocyte; RET, reticulocyte.

³⁾MMC, mitomycin C.

γ선으로 조사한 모든 시험군은 전시험용량 단계를 걸쳐 소핵을 가진 망상적혈구의 출현율이 음성대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다. 즉, γ선으로 조사된 쇠고기는 시험적용 용량인 1250~2500 mg/plate의 범위에서 용매대조군에 비해 소핵발현 빈도가 증가하지 않아, 소핵 형성을 유발시키지 않음을 알 수 있었다. 따라서, 감마선조사는 본 실험조건 하에서 변이원으로서 작용하지 않았음을 확인하였다. Renner 등⁽¹⁸⁾도 마우스와 랙드를 이용한 골수의 염색체이상, 소핵, 골수 및 정원세포에서 조사식품은 자매염색분체교환을 일으키지 않았다고 보고하고 있다.

방사선조사 우육의 금성독성시험

약 5~7주령의 ICR 마우스에 시험물질인 5 kGy 우

Table 3. Mortality and clinical signs in ICR mice orally treated with 5 kGy-irradiated beef

Sex	Dose (mg/kg)	No. of Animals	Hours						& Days after treatment												Mor- tality	Clinical signs	
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
♂	5000	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD ^{b)}
	2500	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	1250	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	625	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	313	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
♀	5000	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	2500	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	1250	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	625	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	313	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD
	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/5	NAD

^{b)}NAD: no abnormalities detected.

Table 4. Body weights in ICR mice orally treated with 5 kGy irradiated beef

Sex	Dose (mg/kg)	Body weight (g)		
		0 day	7 day	14 day
Male	5000	26.8±0.8 ^a	32.8±1.5	35.7±1.7
	2500	27.9±0.7	34.1±2.2	37.7±3.17
	1250	27.1±0.5	32.7±1.2	37.1±1.48
	625	27.1±1.8	34.3±2.3	37.4±3.1
	313	27.2±1.1	34.2±0.6	36.6±0.9
	0	26.8±0.8	32.6±0.8	34.4±1.3
Female	5000	23.0±0.7	25.6±1.7	29.4±3.1
	2500	23.0±1.1	24.6±0.7	28.4±1.8
	1250	24.2±0.9	28.0±1.4	29.7±2.0
	625	25.7±0.8	29.6±1.1	32.0±1.6
	313	23.6±0.6	26.7±0.5	28.7±0.8
	0	24.0±0.3	27.8±0.7	29.2±1.3

^asignificantly different from the control.

육을 투여 가능 최고 용량인 5,000 mg/kg으로 하고 공비를 2로 하여 5용량군을 경구 투여한 결과, 시험 전 기간을 통하여 마우스 암수 모두에서 폐사동물은 관찰되지 않았다(Table 3). 또한 시험물질 투여 후, 본 시험물질에 의한다고 생각되는 특이적인 임상증상도 관찰되지 않았다(Table 3). 체중측정 결과, 조사우육(5 kGy)을 투여한 자성 및 웅성마우스의 체중변화는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 투여 용량군간의 체중변화는 용량의존성을 나타내지 않았다(Table 4).

실험종료시 모든 장기에 대한 육안적 병변을 관찰한 결과에서도, 마우스 암수 모두에서 본 시험물질의 투여에 기인한다고 사료되는 이상 증후를 관찰하지 못하였다(Table 5).

이상과 같이 시험물질인 5 kGy 조사우육의 마우스

Table 5. Incidence of necropsy findings in ICR mice orally treated with 5 kGy irradiated beef

Sex	Dose (mg/kg)	No. of Animals	Ob- servations	Frequency
♂	5000	5	NGL ^{b)}	5/5
	2500	5	NGL	5/5
	1250	5	NGL	5/5
	625	5	NGL	5/5
	313	5	NGL	5/5
	5000	5	NGL	5/5
♀	2500	5	NGL	5/5
	1250	5	NGL	5/5
	625	5	NGL	5/5
	313	5	NGL	5/5

^{b)}NGL: no gross lesion.

에 대한 급성경구 독성시험에서 상기의 일반상태, 체중변화 및 부검소견 등에는 별다른 독성이 관찰되지 않았으며, 최대투여 가능 용량인 5,000 mg/kg에서도 사망한 예가 없었다. 따라서, 마우스에 대한 5 kGy 조사우육의 경구 LD₅₀값은 투여 가능 최대용량인 5,000 mg/kg body weight 이상으로 평가되었다. 본 시험 결과는 장기독성연구를 수행하기 위한 좋은 기초연구가 될 것으로 사료된다.

요 약

우육의 위생화를 위한 방사선 조사기술의 이용 가능성을 검토할 목적으로 방사선 조사 쇠고기(5 kGy)를 대상으로 유전독성 및 급성독성 시험을 통한 안전성 평가를 실시하였다. 감마선 조사 및 비조사 쇠고기 혼탁액의 *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535 및 TA1537에 대한 복귀변이 집락수를 조사한 결과, 대사

활성계 도입 및 부재시 모두, 모든 시험군주에서 시험 적용 농도인 0.1~8.3 mg/plate의 범위에서 복귀변이 집락수의 농도 의존적인 증가 혹은 감소를 보이지 않아 감마선 조사 쇠고기(5 kGy)는 돌연변이원성이 없는 것으로 판단되었다. 또한, 설치류 망상적혈구를 이용하여 감마선 조사된 쇠고기의 염색체 이상 시험을 수행한 결과, 감마선 조사 쇠고기는 시험적용 용량인 1250~2500 mg/plate의 범위에서 소핵을 가진 망상적혈구의 출현율이 음성대조군과 유의한 차이를 나타내지 않아 소핵을 유발하지 않음을 확인하였다. 조사 우육의 금성독성시험 시험결과, 전 기간을 통하여 마우스 암수 모두에서 조사우육(5 kGy)의 경구투여시 폐사동물은 관찰되지 않았으며, 체중변화도 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 마우스와 랙트 암수 모두에서 본 시험물질에 의한다고 생각되는 어떠한 임상증상이나 유의할만한 병변도 관찰되지 않았다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 과학기술처 원자력 연구개발과제의 일부이며 지원에 감사드립니다.

문 헌

- WHO: *Food irradiation*. A technique for preserving and improving the safety of food. Geneva, World Health Organization (1988)
- Hugo, W.B.: A brief history of heat and chemical preservation and disinfection. *J. Applied Bacteriology*, **71**, 9-18 (1991)
- Taub, I.A., Halliday, J.W. and Sevilla, M.D.: Chemical reactions in proteins irradiated at subfreezing temperatures. *Adv. Chem. Ser.*, **180**, 109-140 (1979)
- Diehl, J.F.: *Safety of Irradiated Foods*. Marcel Dekker, Inc., New York (1990)

- Grant, I.R. and Patterson, M.F.: Effect of irradiation and modified atmosphere packing on the microbiological and sensory quality of pork stored at refrigeration temperatures. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **26**, 507-519 (1991)
- Urbain, W.M.: *Food irradiation*. Academic Press, Inc., New York (1986)
- Smith, J.L.: Foodborne toxoplasmosis. *J. Food Safety*, **12**, 15-57 (1991)
- WHO: The role of food safety in health and development. Report of a Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Safety (1984)
- Doyle, M.P. and Schoeni, J.L.: Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from retail fresh meats and poultry. *Appl. Environ. Microbiol.*, **53**, 2394-2396 (1987)
- Ahmed, N.M., Conner, D.E. and Huffman, D.L.: Heat-resistance of *Escherichia coli* O157:H7 in meat and poultry as affected by product composition. *J. Food Sci.*, **60**, 606-610 (1995)
- Thayer, D.W. and Boyd, G.: Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 in meats by gamma irradiation. *Appl. Environ. Microbiol.*, **59**, 1030-1034 (1993)
- Thayer, D.W.: Extending shelf-life of poultry and red meat by irradiation processing. *J. Food Prot.*, **56**, 831-833 (1993)
- Shay, B.J., Egan, A.F. and Wills, P.A.: The use of irradiation for extending the storage life of fresh and processed meats. *Food Technol. Aust.*, **40**, 310-313 (1988)
- Maron, D.M. and Ames, B.N.: Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **113**, 173-215 (1983)
- Hayashi, M.: The micronucleus test. *Scientist*, Tokyo (1991)
- 국립보건안전연구원: 독성시험 표준작업지침서 (1993)
- Mittler, S.: Failure of irradiated beef and ham to induce genetic aberrations in drosophila. *Int. J. Radia. Biol.*, **35**, 583-588 (1979)
- Renner, H.W.: Chromosome studies on bone marrow cells of Chinese hamsters fed a radiosterilized diet. *Toxicology*, **8**, 213-222 (1977)

(1998년 5월 7일 접수)