

30 kGy 감마선 조사된 닭갈비의 안전성 평가

전영은 · 윤성복 · 김태근 · 강일준[†]

한림대학교 식품영양학과·생명과학과

Safety Evaluation of 30 kGy-Irradiated *Dakgalbi*

Young Eun Jeon, Xing Fu Yin, Tae-Keun Kim, and Il-Jun Kang[†]

Dept. of Food Science and Nutrition & Life Science, Hallym University, Gangwon 200-702, Korea

ABSTRACT The aim of this study was to determine the potential toxicity of gamma-irradiated *Dakgalbi* keeping in mind its future use as a space food. *Dakgalbi* was irradiated at a dose of 30 kGy at -20°C. AIN-93G was used as a control diet in the animal study. Both irradiated and non-irradiated *Dakgalbi* diets were administered to two groups of ICR mice (ten male and ten female mice per group) for 3 months. During the experimental period, we observed that the mice fed the 30 kGy-irradiated *Dakgalbi* did not show any changes in appearance, behavior, mortality, body weight, organ weight, or food consumption compared to the control mice group. In addition, all biochemical parameters of these mice, including hematology profiles, erythrocyte counts, and serum biochemical values, remained in the normal range. The histopathological examinations of liver and kidney tissues showed no significant differences between the control group and the group fed the 30 kGy-irradiated *Dakgalbi*. These results indicate that *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy did not cause any toxic effects in mice and therefore it can be considered as safe and hygienic space food.

Key words: *Dakgalbi*, gamma irradiation, toxicity, safety, space food

서 론

닭고기는 단백질 함량이 높고 쇠고기와 돼지고기에 비해 지방함량이 적으며 콜레스테롤 함량이 적은 식품으로 닭고기의 소비가 매년 증가하고 있다(1). 닭요리와 관련된 여러 가지 조리법이 생겨났으며 패스트푸드, 프랜차이즈 등 외식 산업으로도 발달하여 급속하게 늘어나고 있는 추세이다(2). 닭고기는 맛이 담백하고 먹기가 간편하며 가격이 부담스럽지 않아서 선호도가 높으며 다양한 조리법으로 반찬용, 간식용, 손님접대용 등으로 활용이 가능하여 앞으로도 꾸준한 소비가 증가할 것이다(3).

우리가 즐겨먹는 닭요리 중의 하나인 닭갈비는 1960년대 초 춘천의 한 음식점에서 돼지고기를 판매하던 부부가 돼지고기를 구하지 못하여 닭을 돼지갈비처럼 넓게 펴 손질하여 덩어리째 불에 구워 잘라 먹으면서 유래되었다(2). 1971년 닭갈비판이 개발되면서 넓적하게 각을 뜬 닭고기에 고추장, 간장, 마늘, 생강 등의 양념으로 하루 동안 재워 양념이 충분히 배게 한 후, 둥근 철판에 양념한 닭고기와 양배추, 고구마 등의 야채를 썰어 넣어 볶는 요리법으로 오늘날의 닭갈비가 탄생하였다(4). 춘천 닭갈비는 우리나라를 대표하는 향토 음식

중 하나로 많은 관광객들이 춘천으로 찾아와 즐기며(5), 외국 관광객에게도 선호도가 좋아 한식 음식의 세계화에도 기여할 수 있다(6).

닭고기는 출하된 후 40% 정도가 *Salmonella*에 의해 오염되어 있으며 바로 냉장보관 하여도 *Salmonella*와 같은 병원성 미생물에 오염 가능성이 높으므로 닭고기의 위생적인 문제를 해결해야 한다(7). 닭고기의 저장성 및 품질보존을 위하여 여러 연구가 진행되어 왔으며 그중 방사선 조사는 이러한 식중독균의 제거에 매우 효과적인 방법으로 알려지고 있다(8). 미국은 가금류의 오염균인 *Salmonella*, *E. coli*, *Campylobacter* 등의 생육을 억제하기 위하여 10 kGy 이하의 방사선 조사를 허용하고 있다(9). 하지만 소비자들은 방사선 조사식품에 대하여 부정적인 선입견을 가지고 있다. 만일 식품 중 방사선 조사식품과 아닌 식품을 선택할 기회가 주어진다면 조사식품은 사지 않을 것이라고 답하고 있다(10). 방사선 조사의 적용은 과일(11)의 성숙이나 채소의 발아를 지연시키고(12) 해충을 사멸(12), 농약의 대체 처리제로써 낮은 조사선량의 의한 방사선 조사를 허용하고 있으며, 이에 대한 부정적인 선입견을 바꾸기 위해 현재 많은 연구가 이루어지고 있다. 소비자들의 선입견을 바꾸기 위한 방법으로는 우주식품으로의 적용이 있다. 우주식품은 우주공간에서 우주인이 섭취할 수 있도록 만든 식품으로 이미 미국 등 우주개발 선진국에서는 다양하게 우주식품을 개발하여 우주인

Received 20 May 2013; Accepted 27 May 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: ijkang@hallym.ac.kr, Phone: 82-33-248-2135

에게 공급하고 있다. 우주식품이 갖춰야 할 조건으로는 일반 음식에 포함되어 있는 식중독균, 발효균, 유산균 등이 위협적인 존재로 변화하기 때문에 완전한 무균상태로 보관되어야 한다(13). 10 kGy 이상의 고선량 조사는 환자식이나 우주식품과 같은 완전 멸균을 요하는 식품을 제조하는데 유용한 기술로(14) 방사선 식품과 우주식품은 같은 의미로 사용해도 무방할 것이다. 미항공우주국(NASA)은 우주비행사들을 위한 식품의 살균으로 방사선 조사선량을 44 kGy로 허가하였다(15). 최근에는 비빔밥에 방사선 조사를 하여 우주식품으로 개발된 바가 있으며 디저트인 초코아이스크림에 대한 우주식품 개발도 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 닭고기 요리 중 많은 사람들이 선호하는 닭갈비를 선택하여 우주식품의 안전성을 검토할 목적으로 완전 멸균할 수 있는 선량인 30 kGy 방사선 조사된 닭갈비를 ICR 마우스에 3개월간 섭취시킨 다음 안전성 평가를 수행하였다.

재료 및 방법

닭갈비 재료 및 제조 방법

본 연구에 사용한 닭고기는 하림(chicken leg, Harim Co., Iksan, Korea)에서 뼈를 제거한 상태로 제공받아 사용하였다. 양념장(sauce)에 사용한 재료인 고추장(태양초, CJ 제일제당, 인천, 경기도), 간장(몽고진간장, 몽고, 부천, 경기도), 다진 마늘(다담, CJ 제일제당), 요리당(백설, CJ 제일제당), 설탕(백설, CJ 제일제당), 카레가루(순카레분, 오투기, 광주, 전남), 강황가루(강황, 오투기)를 구매하여 사용하였다.

닭갈비의 제조는 닭고기(chicken leg, Harim Co)를 소스에 염지시켜 가열하였으며, 소스 재료 구성은 Table 1에 나타내었다. 제조된 소스는 12시간 동안 4°C에서 숙성시켜 닭고기와 4:1 비율로 섞어 잘 버무린 후 2시간 동안 4°C에서 염지하였다. 염지된 닭고기는 꼬치에 꽂은 후 꼬치기계(Dae il Co., Seoul, Korea)를 이용하여 숯불을 사용해 닭갈비의 중심온도가 70°C가 된 후 12분 동안 가열처리 하였다. 조리된 닭갈비는 알루미늄 복합 포장지(aluminum laminated with polyethylene, 10×15 cm² Al-LDPE, Sunkyung Co., Ltd., Seoul, Korea)에 넣고 진공포장기(Leepack, Hanguk

Electronic, Incheon, Korea)를 이용하여 300 mmHg로 진공포장하였다.

감마선 조사

시료의 감마선 조사는 선원 11.1 PBq, Co-60 감마선 조사시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Montreal, Canada)을 이용하였으며, 이때 감마선 조사 온도는 -20°C의 냉동상태에서 조사하였고 냉동상태를 유지할 수 있도록 드라이아이스가 담긴 상자(35×40×10 mm)에 시료와 함께 넣은 후, 30 kGy의 흡수선량(10 kGy/h)이 되도록 조사하였다. 조사 후 총 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(Oeric cerous dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템(Kishor and Reinhard, 1995)은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

실험동물 및 사육환경

실험동물은 5주령의 특정병원체 부재(specific pathogen free)의 ICR계열 마우스를 중앙실험동물(주)(Jung-Ang Lab. Animal, Inc., Seoul, Korea)로부터 구입하였다. 7일간의 검역 및 순화과정을 거친 뒤 체중감소가 없는 건강한 동물을 선별하여 시험에 사용하였다. 실험동물은 온도 20.9~22.6°C, 상대습도 45~55%, 환기회수 및 방식 10~15회/시간, 전배기방식, 조명시간 12시간(08:00~20:00) 및 조도 150~300 Lux로 설정된 사육환경에서 폴리카보네이트 사육상자(278×420×200 mm, ㈜쓰리사인, 금산)에 5마리씩 수용하였다. 본 실험은 한림대학교 동물실험윤리위원회의 승인(승인번호: hallym 2011-31-1)을 받아 수행하였다.

시험군의 구성 및 시험물질의 투여

무작위법으로 암수 각 10마리씩 3개 군으로 나누었다. 즉 AIN-93G 식이를 기본으로 투여한 대조군과 감마선 비조사(0 kGy) 닭갈비 투여군, 감마선 조사(30 kGy) 닭갈비 투여군으로 구성하였다. 사료는 각각의 필수영양소들을 AIN-93G 규격에 맞게 혼합하여 pellet를 만들어 3개월간 자유로이 섭취시켰고, 필터와 유수 살균기를 이용하여 여과·살균된 정제수를 자유급식 시켰다. 닭갈비의 일반성분 분석 결과, 탄수화물, 지방, 단백질 함량이 건물량(dry basis) 기준으로 각각 15.18, 21.14, 63.69 g/100 g으로 확인되었으므로 닭갈비 투여 시험군의 경우에는 닭갈비를 투여하는 대신 AIN-93G 식이를 기본으로 casein, corn starch 및 soybean oil의 양을 감소시켜 총 열량을 동일하게 조성한 pellet를 만들어 사용하였다. 이때 닭갈비의 투여량은 사람의 일일 닭고기 섭취량을 참고하여 10%로 설정하여 안전성 평가를 실시하였다(Table 2).

Table 1. Recipe of Dakgalbi sauce

Ingredients	Ratio (%)
Red pepper paste	45
Water	22.5
Corn syrup	10
Garlic	5
Soy sauce	5
Sugar	5
Ginger	4
Tumeric powder	2.5
Curry powder	1
Sum	100.0

Table 2. Formula of experimental diets

Ingredients	AIN-93G	<i>Dakgalbi</i> (0 kGy)	<i>Dakgalbi</i> (30 kGy)
Casein	200	136.5	136.5
Corn starch	397.5	382.6	382.6
Dextrose	132	132	132
<i>Dakgalbi</i>	0	100	100
Sucrose	100	100	100
Cellulose	50	50	50
Soybean oil	70	48.8	48.8
Mineral mix	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10
TBHQ	0.014	0.014	0.014
L-cystine	3	3	3
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5
Total	1,000	1,000	1,000
Total kcal	4,000	4,000	4,000

일반증상 및 폐사의 관찰

닭갈비 투여 시작일부터 90일까지는 매일 3회 모든 동물에 대해 일정한 시간에 일반 증상 및 중독 증상, 사망의 유무를 관찰하였다. 동물의 체중도 투여개시 전부터 투여 후 90일까지 매주 1회 측정하였다. 사료 섭취량을 사료의 공급량과 잔량을 매주 1회 측정하여 통계분석 하였다.

동물의 부검, 장기무게 및 조직학적 검사

사육이 끝난 실험동물을 12시간 동안 절식시키고 에테르로 마취시킨 후 혈액을 채취한 다음 간, 비장, 신장, 폐, 심장을 즉시 적출하고 육안으로 각종장기의 소견을 관찰하였다. 적출한 장기를 생리식염수로 세척하고 여과지로 표면의 수분을 제거한 다음 무게를 측정하였다. 조직학적 검사를 위하여 간과 신장을 4% 파라포름알데하이드 용액에 고정시킨 후, 일반적인 조직처리과정을 거쳐 파라핀 포매를 하였다. 포매된 각 조직은 마이크로톰(Lecia RM2255, Lecia, Wetzlar, Germany)으로 7 µm 박절한 후 hematoxylin & eosin 염색을 실시하여 광학현미경(Axio-imager M1, Carlzeiss, Niedersachsen, Germany)으로 관찰하였다.

혈액학적 검사

부검당일에 cardiac puncture를 통해 EDTA-2K가 코팅된 튜브(Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA)에 채취한 후 자동혈구계측장치(HEMA VET 950, Drew Inc., Cumbria, UK)를 이용하여 총 백혈구 수(white blood cell, WBC), 호중구(neutrophil, NE), 림프구(lymphocyte, LY), 단핵구(monocyte, MO), 호산구(eosinophil, EO), 호염구(basophil, BA) 수를 측정하였다. 나아가 총 적혈구 수(red blood cell, RBC), 헤모글로빈 함량(hemoglobin, Hb), 혈중 적혈구 비율(hematocrit, HCT), 평균 적혈구 용적(mean corpuscular volume, MCV), 평균 헤모글로빈 함유량(mean corpuscular hemoglobin, MCH), 평균 헤모글로빈 농도

(mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC), 적혈구 크기 분포폭(red blood cell distribution width, RDW)을 측정하였다.

혈청 생화학적 검사

부검 당일 채취된 혈액에서 분리한 혈청을 혈액생화학 분석기기(KoneLab 20, Thermo Fisher Scientific, Waltham, Finland)를 이용하여 albumin(ALB), alkaline phosphatase(ALP), alanine aminotransferase(ALT), aspartate aminotransferase(AST), blood urea nitrogen(BUN), cholesterol(CHOL), creatinine(CREA), bilirubin direct (D-BIL), glucose(GLUC), triglycerides(TG), total protein(TP), total bilirubin(T-BIL)을 측정하였다.

통계처리

이상의 실험에서 얻어진 결과는 Statistical Package for Social Sciences 10.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 one way ANOVA 분석을 하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $P < 0.05$ 수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

체중 변화, 사료섭취량 및 장기 무게

최대 2 g/kg으로 공비 3으로 급성독성시험을 시험한 결과, 모든 용량에서 급성독성이 나타나지 않아 하루에 한 끼 닭갈비를 먹는 것으로 설정하고 사료 내 닭갈비의 첨가 함량을 10%로 하여 3개월간 독성시험을 실시하였다(Table 2). 시험 전 기간 동안 모든 투여군에서 사망동물은 관찰되지 않았으며, 임상증상을 관찰한 결과 비조사(0 kGy) 닭갈비 및 고선량(30 kGy) 조사 닭갈비 섭취에 기인한 이상증상을 관찰되지 않았다.

30 kGy 감마선 조사된 닭갈비를 마우스에 투여한 후 각군의 체중변화와 사료 섭취량을 Table 3에 나타내었다. 30 kGy 감마선 조사된 닭갈비를 마우스에 투여한 수컷 동물 시험군에서 정상적인 체중증가가 관찰되었다. 암컷동물의 최종 체중량의 경우 대조군과 비교해 볼 때 유의적인 증가를 보였으나, 방사선 조사에 의한 변화는 관찰되지 않았다. 대조군 및 비조사 시료 투여군과 비교하여 닭갈비 방사선 조사 투여에 의한 체중증가량 및 식이섭취량은 암수 모두 통계적 유의성을 나타내지 않았다. 주요 장기에 미치는 영향을 조사하기 위해 부검한 후, 각 장기의 무게를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 암수 모든 개체의 장기에서 유의성 있는 변화나 시험물질 투여로 인한 특이할 만한 부검소견은 관찰되지 않았다. 각 장기의 무게를 살펴보면 간장(liver), 비장(spleen), 신장(kidney), 폐(lung), 심장(heart)에서 유의적인 무게 증가나 감소는 관찰되지 않았다($P < 0.05$).

Table 3. Effects of *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy on body weights and food consumption of ICR mouse

Sex	Group	Initial body weights (g)	Final body weights (g)	Body weight gain (g/day)	Food Intake (g/day)
Male	Control	34.30±0.63 ^{NS}	59.90±1.92 ^{NS}	0.22±0.05 ^{NS}	4.40±0.21 ^{NS}
	0 kGy	34.32±0.79	60.35±1.66	0.31±0.05	4.59±0.26
	30 kGy	34.10±0.75	59.09±1.96	0.31±0.06	5.13±0.31
Female	Control	27.57±0.58 ^{NS}	44.97±0.93 ^c	0.35±0.03 ^{NS}	4.16±0.19 ^{NS}
	0 kGy	27.56±0.57	63.13±1.40 ^b	0.40±0.07	4.39±0.17
	30 kGy	27.64±0.54	70.07±1.44 ^a	0.40±0.05	4.27±0.12

Values are expressed as mean±SEM (n=10). Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level. ^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Effects of *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy on the organ weight of ICR mouse (unit: g/100 g BW)

Sex	Group	Liver	Spleen	Kidney	Lung	Heart
Male	Control	3.73±0.08 ^{NS}	0.26±0.01 ^{NS}	1.24±0.02 ^{NS}	0.57±0.02 ^{NS}	0.54±0.01 ^{NS}
	0 kGy	3.74±0.05	0.26±0.02	1.25±0.03	0.59±0.02	0.53±0.01
	30 kGy	3.74±0.03	0.26±0.01	1.26±0.01	0.57±0.00	0.52±0.01
Female	Control	3.72±0.15 ^{NS}	0.27±0.02 ^{NS}	0.98±0.11 ^{NS}	0.55±0.00 ^{NS}	0.36±0.01 ^{NS}
	0 kGy	3.42±0.13	0.26±0.00	1.00±0.11	0.54±0.02	0.37±0.00
	30 kGy	3.54±0.16	0.27±0.01	1.00±0.05	0.56±0.01	0.36±0.00

Values are expressed as mean±SEM (n=10). ^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test.

혈액학적 검사

30 kGy로 감마선 조사된 닭갈비를 3개월간 투여한 암수 마우스의 혈액학적 검사를 Table 5와 6에 나타내었다.

30 kGy 조사 닭갈비 투여군의 총 백혈구수(WBC), 호중구(NE), 림프구(LY), 호산구(EO) 및 호염구(BA)는 대조군과 비교하여 비조사 시료 투여군 및 30 kGy 조사 시료 투여군 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았으며 단핵구(MO)가 대조군과 30 kGy 조사 닭갈비 투여군과 유의적인 차이를 보였으나 이는 physiological range(MO: 0.0~0.4 k/μL)에서 벗어나지 않는 수치이므로 독성에 기인한 결과는 아닌 것으로 판단된다(Table 5). 또한 적혈구(RBC), 적혈구 크기 분포폭(RDW)는 유의적인 차이가 없었으나 비조사군에서는 유의적인 차이를 보였다. 이는 Wolford 등(16)이 제시한 실험동물의 혈액학적 기초자료에서 제시한 측정치(RBC: 6.36~9.42 M/μL, RDW: 12.4~27.0%)와 비교하였을 때 측

정치가 모두 정상범위 내 또는 근접하게 속하였으므로, 닭갈비 및 감마선 조사 닭갈비의 독성에 기인한 결과는 아닌 것으로 판단된다(Table 6). 헤모글로빈(Hb), 혈중 적혈구 비율(HCT), 평균 적혈구 용적(MCV), 평균 헤모글로빈 함유량(MCH), 평균 헤모글로빈 농도(MCHC)에서는 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 암컷의 경우 대조군과 비교하여 조사군과 비조사군은 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 6).

혈청생화학학적 검사

30 kGy로 조사된 닭갈비를 3개월간 투여한 후 혈청생화학 측정기기를 이용하여 혈청을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 수컷동물에서 BUN과 CREA에서 대조군과 감마선 조사군은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 비조사군에서 유의적인 차이를 보였다. 이는 Wolford 등(16)이 제시한 실

Table 5. Hematology profiles of the male and female ICR mouse administered with *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy for 3 months (unit: k/μL)

Sex	Group (μg/g/day)	WBC	NE	LY	MO	EO	BA
	Physiological range	1.8~10.7	0.1~2.4	0.9~9.3	0.0~0.4	0.0~0.2	0.0~0.2
Male	Control	3.35±0.90 ^{NS}	0.72±0.28 ^{NS}	2.38±0.75 ^{NS}	0.06±0.05 ^b	0.02±0.02 ^{NS}	0.01±0.01 ^{NS}
	0 kGy	2.90±0.82	1.06±0.33	1.69±0.58	0.09±0.04 ^{ab}	0.05±0.05	0.01±0.01
	30 kGy	4.23±2.34	1.41±0.84	3.42±2.14	0.14±0.07 ^a	0.05±0.04	0.01±0.01
Female	Control	3.80±1.59 ^{NS}	0.74±0.41 ^{NS}	2.65±1.27 ^{NS}	0.14±0.08 ^{NS}	0.08±0.06 ^{NS}	0.03±0.03 ^{NS}
	0 kGy	4.98±3.34	0.96±0.55	3.13±2.57	0.24±0.12	0.06±0.02	0.04±0.02
	30 kGy	2.80±0.62	0.62±0.34	1.85±0.26	0.24±0.08	0.07±0.04	0.02±0.02

Values are expressed as mean±SEM (n=5). Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level. ^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test.

WBC, white blood cell; NE, neutrophil; LY, lymphocyte; MO, monocyte; EO, eosinophil; BA, basophil.

Table 6. Erythrocyte and thrombocyte values in the male and female ICR mouse administered with *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy for 3 months

Sex	Group (µg/g/day)	RBC (M/µL)	Hb (g/dL)	HCT (%)	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)	RDW (%)
Physiological range		6.36~9.42	11.0~15.1	35.1~55.4	45.4~60.3	12.1~19.3	20.2~34.2	12.4~27.0
Male	Control	9.70±0.30 ^a	13.60±0.31 ^{NS}	55.30±1.35 ^{NS}	52.33±0.64 ^{NS}	13.83±0.09 ^{NS}	25.40±0.60 ^{NS}	17.10±0.15 ^a
	0 kGy	8.02±0.32 ^b	13.17±0.20	51.93±1.07	52.33±0.67	13.60±0.15	25.67±0.15	15.80±0.20 ^b
	30 kGy	9.79±0.19 ^a	13.33±0.13	52.57±2.07	50.80±0.36	13.83±0.09	25.40±1.03	16.97±0.27 ^a
Female	Control	9.70±0.23 ^{NS}	13.95±0.13 ^{NS}	50.10±0.31 ^{NS}	51.93±1.49 ^{NS}	14.83±0.09 ^{NS}	27.10±0.68 ^{NS}	16.67±0.28 ^{NS}
	0 kGy	9.54±0.14	13.57±0.30	50.23±0.78	51.53±1.45	14.15±0.35	26.00±0.48	16.80±0.25
	30 kGy	9.46±0.48	13.37±0.22	49.87±0.15	52.80±1.70	14.80±0.21	27.50±0.51	17.00±0.59

Values are expressed as mean±SEM (n=5). Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level. ^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test.

RBC, red blood cell; Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration; RDW, red blood cell distribution width.

협동물의 혈액학적 기초자료에서 제시한 측정치(BUN: 20~40 mg/dL, CREA: 0.2~08 mg/dL)와 비교하였을 때 측정치가 모두 정상범위 내에 속하였으므로, 닭갈비 및 감마선 조사 닭갈비의 독성에 기인한 결과는 아닌 것으로 판단된다. 알부민, ALP, ALT, AST, 콜레스테롤, bilirubin direct, 포도당, 중성지방, 총 단백질, 총 빌리루빈 모두 통계학적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 암컷동물의 경우 대조군과 비교하여 감마선 조사군과 비조사군은 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 30 kGy 조사 닭갈비는 혈청 생화학적인 측면에서 문제를 야기하지 않음을 확인할 수 있었다(Table 7).

조직학적 검사

30 kGy로 감마선 조사된 닭갈비를 투여한 암수 마우스의 병리학적 조직검사 결과를 Fig. 1과 2에 나타내었다. 병리학적 조직검사를 위해 우선 장기를 육안으로 관찰한 결과 모든 동물에서 장기의 형태, 크기, 색조, 경도 및 기타 병변 등의 육안적 이상 소견을 관찰할 수 없었다. 이에 따라 간장 및 신장을 채취하여 4% 포르말린에 고정 후 조직을 관찰하였다. 간의 경우 대조군, 비조사 시료 투여군 및 30 kGy 조사 시료 투여군 모두에서 염증, 괴사, bilirubin 침착 및 iron 침착 등의 병적인 변화를 보이지 않았고, 간세포의 구조도 모두 정상이었다(Fig. 1). 신장에서도 염증 및 괴사 등의 병적인 변화를 보이지 않았고, 면역학적 요인이나 독성 물질에

Table 7. Serum biochemical values in the male and female ICR mouse administered with *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy for 3 months

Sex	Group	ALB (g/dL)	ALP (U/L)	ALT (U/L)	AST (U/L)	BUN (mg/dL)	CHOL (mg/dL)
Male	Physiological range	—	70.00±15	100±70	190.00±130	30.00±10	130.00±35
	Control	3.45±0.07 ^{NS}	74.46±4.40 ^{NS}	36.83±2.04 ^{NS}	143.69±5.02 ^{NS}	22.81±3.69 ^b	158.19±3.08 ^{NS}
	0 kGy	3.40±0.23	75.67±1.20	37.57±4.51	141.42±6.65	32.63±2.67 ^a	158.71±2.92
	30 kGy	3.51±0.19	75.96±8.19	36.08±7.86	142.88±1.30	22.06±2.38 ^b	159.50±5.78
Female	Physiological range	—	50.00±17	60.00±50	130.00±65	25.00±9	92.00±26
	Control	2.61±0.72 ^{NS}	60.21±4.51 ^{NS}	37.78±3.14 ^{NS}	88.13±7.40 ^{NS}	21.27±4.46 ^{NS}	84.77±7.63 ^{NS}
	0 kGy	3.01±0.46	60.04±5.02	42.99±5.08	89.44±0.71	20.01±3.44	88.49±9.78
	30 kGy	2.67±0.25	59.98±8.96	37.61±4.84	88.72±6.50	20.02±2.41	85.58±9.80
Sex	Group	CREA (mg/dL)	D-BIL (mg/dL)	GLUC (mg/dL)	TG (mg/dL)	TP (g/dL)	T-BIL (mg/dL)
Male	Physiological range	0.50±0.3	—	90.00±30	104.00±38	5.20±1.0	0.40±0.2
	Control	0.44±0.01 ^b	0.32±0.01 ^{NS}	114.26±6.74 ^{NS}	108.41±4.71 ^{NS}	4.58±0.05 ^{NS}	0.46±0.01 ^{NS}
	0 kGy	0.54±0.01 ^a	0.35±0.03	115.02±2.73	109.99±10.57	4.43±0.13	0.47±0.07
	30 kGy	0.46±0.01 ^b	0.30±0.01	118.99±6.28	108.06±11.44	4.56±0.56	0.45±0.03
Female	Physiological range	0.50±0.3	—	106.00±40	71.00±28	5.20±2.5	0.40±0.2
	Control	0.44±0.02 ^{NS}	0.32±0.00 ^{NS}	85.69±4.53 ^{NS}	97.95±8.09 ^{NS}	3.64±0.59 ^{NS}	0.38±0.01 ^{NS}
	0 kGy	0.44±0.05	0.34±0.04	89.47±9.98	99.55±13.99	3.84±0.64	0.40±0.03
	30 kGy	0.42±0.01	0.31±0.03	85.51±11.89	97.62±9.78	3.54±0.34	0.37±0.01

Values are expressed as mean±SEM (n=5). Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level. ^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test.

ALB, albumin; ALP, alkaline phosphate; ALT, alanine transferase; AST, aspartate aminotransferase; BUN, blood urea nitrogen; CHOL, cholesterol; CREA, creatinine; D-BIL, bilirubin direct; GLUC, glucose; TG, triglycerides; TP, total protein; T-BIL, bilirubin total.

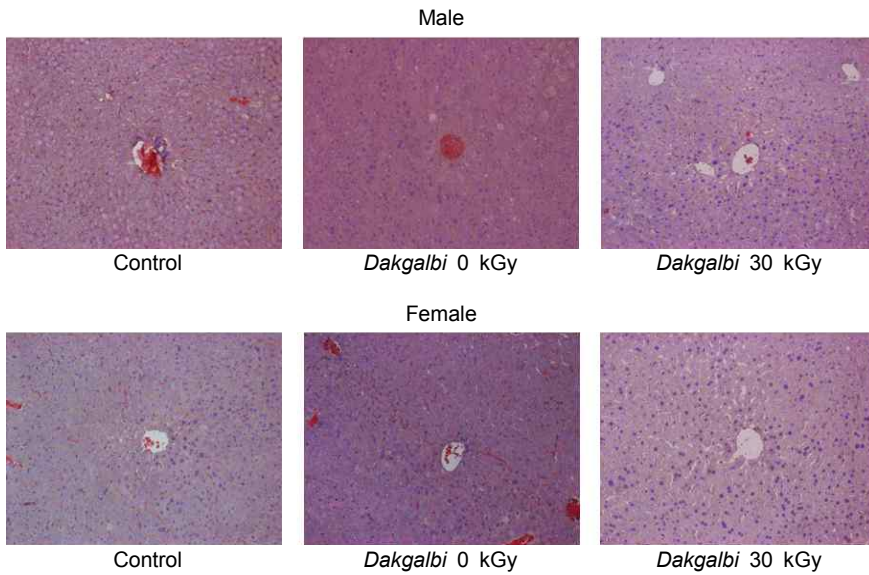


Fig. 1. Histopathological examination of the liver of ICR mouse administered with *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy for 3 months, $\times 20$.

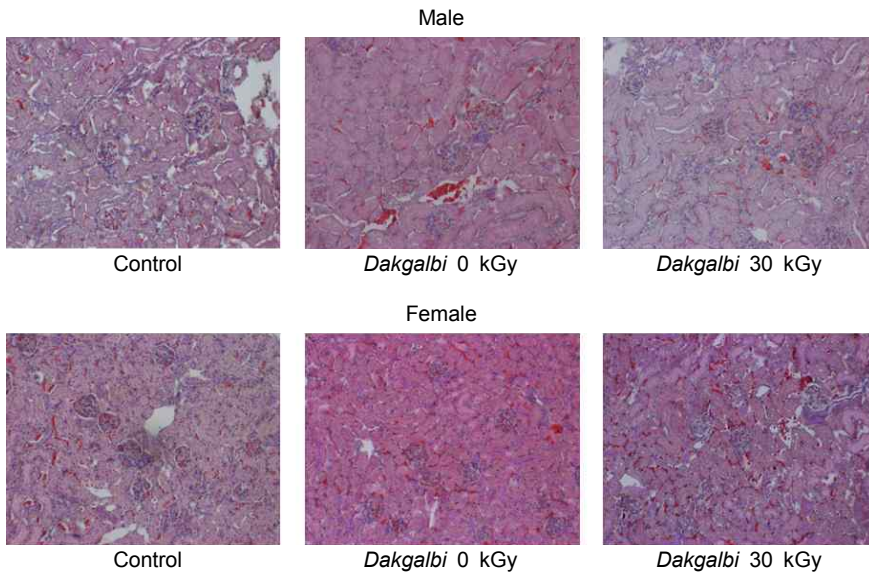


Fig. 2. Histopathological examination of the kidney of ICR mouse administered *Dakgalbi* irradiated at 30 kGy for 3 months, $\times 20$.

기인하는 괴사도 관찰되지 않았다(Fig. 2).

이상의 결과를 종합하여 볼 때 우주식품으로 30 kGy로 조사된 닭갈비를 가지고 안전성 평가를 실시한 결과 독성이 없음을 확인하였다. 닭고기의 미생물학적 유전독성학적 안전성 평가를 실시한 결과 7 kGy 이상의 조사로 모든 오염미생물이 완전히 사멸되었고 돌연변이원성이 없으며 소핵을 유발하지 않아 유전독성학적 측면에서의 안전성이 확인된 바 있는 논문(17) 과도 일치하였다. 식품에 방사선을 조사한 식품이라 하면 소비자들은 방사선조사식품과 방사선오염식품을 혼동하는 경우가 많다. 방사선 조사된 식품의 안전성과 타당성에 대한 연구결과는 충분히 많이 나와 있으나 소비자의 이해가 부족한 상태에서 막연하게 원자력 발전과 핵무기 등과 연계하는 생각하는 경우가 대다수이다. 이미 방사선조사식품은 환자용 무균식(18), 우주인 식품(19), 돼지고기, 생선 등 기생충 사멸(12) 등으로 활용되고 있으나 방사선

식품에 대한 정보와 안전성에 대해 모르는 상태가 많기 때문에 안전성에 대한 적극적인 홍보가 우선이라고 생각된다.

요 약

본 연구에서는 닭갈비의 우주식품으로서 안전성을 확보하기 위하여 30 kGy 조사된 닭갈비를 ICR 마우스에 3개월간 섭취시킨 다음 안전성평가를 수행하였다. 비조사 시료 및 30 kGy 조사 닭갈비를 암수 마우스에 투여를 한 결과 시험기간 동안 시험물질에 의한 임상증상이나 폐사 동물이 나타나지 않았으며, 체중변화, 사료섭취량 및 주요 장기무게도 대조군과 차이를 보이지 않았다. 혈액학적 검사 및 혈청학적 검사 모두 정상적인 수치를 나타내었다. 병리조직학적 검사 역시 간 및 신장 모두 정상적인 구조를 유지하고 있었으며 염증, 괴사 등의 유의할만한 병적 변화도 관찰되지 않았다.

따라서 30 kGy로 감마선 조사된 닭갈비는 암수 마우스에 3개월간 섭취시켜도 본 시험조건에서는 독성이 없는 것으로 판명되었다.

REFERENCES

1. Lee KA, Kim MJ. 2004. Physico-chemical properties of irradiated chicken. *Korean J Human Ecology* 13: 91-96.
2. Kim KB, Woo HM, Choi SK. 2011. Quality characteristics of *dak-galbi* sauce containing various amounts of tomatoes. *Korean J Culinary Res* 17: 193-205.
3. Park HS. 2002. A study on consumption patterns of chicken meat in the market. *Korean Food Marketing Assoc* 19: 127-163.
4. Hwang IJ. 1994. Sociocultural meanings of consumption of the local cuisine: The case of the Chuncheon chicken rib. *Korean Culture Anthropol* 26: 69-93.
5. Lee SK, Kim HJ, Kang SM, Choi WH, Muhlisin, Ahn BK, Kim CJ, Kang CW. 2011. Quality comparison of Chuncheon Dakgalbi made with ross broilers, hy-line brown chicks and white mini broilers meat. *Korean J Poult Sci* 38: 113-119.
6. Cho JO, Song KS, Chae BS. 2009. The study of brand strategic globalization in Korean traditional food. *J Hotel & Resort* 8: 105-121.
7. Lee MK, Kim JG, Byun MW, Kwon JH, Cho HO. 1985. Cooking qualities in gamma-irradiated chicken. *J Korean Soc Food Nutr* 14: 151-156.
8. FAO/WHO. 1984. *Codex general standard for irradiated foods*. Codex alimentarius commission, Rome, Italy. Vol 15, p 10-15.
9. FDA. 1986. Irradiation in the productions, processing and handling of food. *Fed Regist* 51: 13376-13399.
10. Food Marketing Institute. 2002. Trends in the United States: Consumer Attitudes & the Supermarket. Food Marketing Institute, Arlington, VA, USA.
11. WHO. 1991. Food Irradiation – A technique for preserving and improving the safety of food. Geneva, Switzerland.
12. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, IAEA. 2006. International database on insect disinfestation and sterilization (IDIDAS). Vienna, Austria.
13. Heighdelbaugh ND. 1966. Space flight feeding concepts: characteristics, concepts for improvement and public health implications. *JAVMA* 149: 1662-1671.
14. Farkas J. 1998. Irradiation as a method for decontaminating food: A review. *Int J Food Microbiol* 44: 189-204.
15. Lee HJ. 2008. Food irradiation and safety. *Kor J Vet Publ Hlth* 32: 19-28.
16. Wolford ST, Schroer RA, Gohs FX, Gallo PP, Brodeck M, Falk HB, Ruhren R. 1986. Reference range data base for serum chemistry and hematology values in laboratory animals. *J Toxicol Environ Health* 18: 161-188.
17. Kwak HJ, Lee SO, Jung IC. 2002. Irradiation of chicken for the improvement of hygiene. *Korean J Culinary Res* 8: 249-257.
18. Josephson ES, Peterson MS. 1983. *Preservation of food by ionizing radiation*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p 97.
19. ICGFI. 1994. Summary report on eleventh meeting of the international consultative group on food irradiation. Denpasar, Bali, Indonesia.