

30 kGy 감마선 조사된 초코아이스크림의 안전성 평가

전영은 · 윤성복 · 정차권 · 강일준[†]
한림대학교 식품영양학과 · 한국영양연구소

Safety Evaluation of 30 kGy Irradiated Chocolate Ice Cream

Young Eun Jeon, Xing Fu Yin, Cha-Kwon Chung, and Il-Jun Kang[†]

Dept. of Food Science and Nutrition and The Korean Institute of Nutrition,
Hallym University, Gangwon 200-702, Korea

Abstract

This study was investigated the potential toxicity of gamma-irradiated chocolate ice cream for its future use in space. Chocolate ice cream was irradiated at a dose of 30 kGy at a temperature of -20°C . For the animal study, AIN-93G was used as a control diet and irradiated and non-irradiated chocolate ice cream diets were administered to male and female ICR mice (ten mice per group) for three months. During the experimental period, the group fed irradiated chocolate ice cream did not show any changes in appearance, behavior, mortality, body weight, organ weight, or food consumption compared to the control. Also, all biochemical parameters, including hematology profiles, erythrocyte counts, and serum biochemical values were in normal ranges. In histopathological examinations of liver and kidney tissues, there were no significant differences between the control group and the group fed irradiated chocolate ice cream. These results indicate that chocolate ice cream irradiated at 30 kGy did not cause any toxic effects and could be applied for the development of safe and hygienic space food.

Key words: chocolate ice cream, gamma irradiation, toxicity, safety, space food

서 론

아이스크림은 남녀노소 누구나 좋아하는 간식으로 사랑 받고 있으며 특히 우유 소비량이 높은 유제품중의 하나이다. 아이스크림에는 원유나 유가공품을 주원료로 하여 다른 식품 또는 식품첨가물 등을 넣어 얼려 굳힌 아이스크림과 먹는 물을 그대로 또는 이에 식품 또는 식품첨가물을 섞어 얼린 빙과류가 있다(1). 이러한 아이스크림은 제조과정 중 살균 및 저온저장으로 미생물로부터 안전하다는 인식이 있었으나, 1997년 미국 Dairy Fresh에서 생산한 아이스크림 일부에서 병원성 리스테리아균등이 검출되면서 아이스크림도 안전성에 크게 관심을 갖게 되었다(2). 특히 아이스크림 원료의 16% 이상을 구성하는 원유는 살균공정을 거치더라도 병원성 미생물이 원유에 생존할 가능성이 높기 때문에 완벽한 살균을 필요로 한다.

식품에 방사선 조사를 하는 경우는 식품 중 식중독균이나 기생충 등을 사멸하기 위해 사용하며 농산물 발아억제, 과일 숙성 지연, 특히 면역력이 약한 환자를 위한 무균 식품 등에 방사선 조사가 이루어지고 있다(3). 1921년 United

States Department of Agriculture에서 돼지의 선모충을 효과적으로 죽이는 것이 보고되면서부터 고선량 방사선 조사는 식품의 미생물을 죽이는데 사용되었다(4). 방사선 조사는 제품에 대해 온도의 영향을 주지 않기 때문에 포장된 후에도 방사선 처리로 인해 다시 오염이 되는 경우가 없어 식품의 살균에 가장 효과적이다(5).

1997년 FAO/IAEA/WHO에서는 고선량 방사선 조사 시험 결과 식품에 10 kGy 이상으로 방사선 조사를 실시하여도 안전하다는 연구결과를 냈으나 여전히 소비자들은 방사선 조사식품에 대하여 부정적인 선입견을 가지므로 꾸준한 연구를 통해 안전성을 입증시켜야 한다(6). 최근에는 비빔밥에 방사선 조사(7)를 하여 우주식품으로 개발된 바가 있으며 디저트인 초코아이스크림에 대한 우주식품 개발도 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 여러 종류의 아이스크림 중 우주식품개발을 위한 타깃으로 선정된 초코아이스크림의 안전성 조사를 입증하기 위하여 초코아이스크림을 완전 멸균할 수 있는 선량인 30 kGy 방사선 조사 초코아이스크림을 대상으로 3개월간 독성평가를 수행하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: ijkang@hallym.ac.kr
Phone: 82-33-248-2135, Fax: 82-33-255-4787

재료 및 방법

초코아이스크림 재료 및 제조 방법

초코아이스크림 제조를 위한 재료는 아이스크림분말 (Chocoicecream, Seogang Dairy Co, Sacheon, Korea), 설탕 (White sugar, Beksul, Inchon, Korea), 바니린과우더 (SK 2000, Shinkwang Food Co., Gimhae, Korea), 코코아분말 (Pure cocoa powder, Morinaga, Tokyo, Japan)을 시중에서 구입하여 사용하였다. 제조는 100°C에서 5분간 가열하여 살균된 물 2 L에 아이스크림분말 700 g(유지방분 18%, 유고형분 48%)과 코코아 분말 200 g, 설탕 100 g 및 바니린과우더 7 g을 5분간 균질화하고 4°C에서 1시간 동안 숙성한 후, 아이스크림 제조기(SS1-141T, SE-A Co., Incheon, Korea)를 이용하여 제조하였다. 동결 제조된 초코아이스크림은 알루미늄 복합 포장 용기(aluminum laminated with polyethylene, 10×15 cm² Al-LDPE, Sunkyung Co., Ltd., Seoul, Korea)에 넣어 감마선을 조사한 후 실험에 사용하였다.

감마선 조사

시료의 감마선 조사는 선원 11.1 PBq, Co-60 감마선 조사 시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Montreal, Canada)을 이용하였다. 이때 초코아이스크림의 감마선 조사 온도는 -20°C의 냉동상태에서 조사하였으며, 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 ICR 계열 마우스를 중앙실험동물(주)(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%, 환기 회수 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 동물실험은 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) 초코 아이스크림 투여군, 감마선 조사(30 kGy) 초코

아이스크림 투여군으로 구성하였다. 시료는 각각의 필수영양소들을 AIN-93G 규격에 맞게 혼합하여 pellet을 만들어 3개월간 자유로이 섭취시켰고, 필터와 유수 살균기를 이용하여 여과·살균된 정제수를 자유급식 시켰다. 초코 아이스크림의 일반성분 분석 결과, 탄수화물, 지방, 단백질 함량인 건 물량(dry basis) 기준으로 각각 65.58, 25.58, 8.84 g/100 g으로 확인되었으므로 초코 아이스크림 투여 시험군의 경우에는 casein, sucrose 및 soybean oil의 양을 감소시켜 총 열량을 동일하게 조성한 pellet을 만들어 사용하였다. 이때 초코 아이스크림의 투여량은 사람의 실제 섭취량보다 다소 높은 5%로 설정하여 안전성 평가를 실시하였다(Table 1).

일반증상 및 폐사의 관찰

초코 아이스크림 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 일주일간씩 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 각종 장기의 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, Wet-zlar, 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 코팅

Table 1. Formula of experimental diets

Ingredient	AIN-93G	Chocolate ice cream	
		0 kGy	30 kGy
Casein	200	195	195
Corn starch	397.5	397.5	397.5
Dextrose	132	132	132
Chocolate ice cream	0	50	50
Sucrose	100	65.7	65.7
Cellulose	50	50	50
Soybean oil	70	59.3	59.3
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 (g)	1,000	1,000	1,000
Total kcal	4,000	4,000	4,000

된 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 함량(mean corpuscular hemoglobin, MCH), 평균 헤모글로빈 농도(mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC), 적혈구 크기 분포 폭(red blood cell distribution width, RDW)도 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 30 kGy 조사 초코아이스크림의 급성독성이 나타나지 않았다. 따라서 초코아이스크림의 첨가량을 사료의 실제 소비량보다 다소 높은 5%로 설정하여 3개월간 독성시험을 실시하였다(Table 1).

시험 전 기간 동안 대조군을 포함하여 모든 초코 아이스크림 투여군에서 사망동물은 관찰되지 않았다. 임상증상을 관찰한 결과, 대조군 및 초코아이스크림 비조사(0 kGy) 및 초코아이스크림 조사(30 kGy) 섭취군에 기인한 이상증상이 관찰되지 않았다.

30 kGy 감마선 조사된 초코아이스크림을 마우스에 투여한 후 각 군의 체중 변화와 사료 섭취량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 30 kGy 조사 초코아이스크림을 3개월간 투여한 모든 시험군에서 정상적인 체중증가가 관찰되었으며, 대조군 및 비조사 시료 투여군과 비교하여 체중증가량 및 식이섭취량 모두 30 kGy 감마선 조사에 따른 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 주요 장기에 미치는 영향을 조사하기 위해 부검한 후, 각 장기의 무게를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 모든 시험군의 암수 모두 유의성 있는 변화나 시험물질 투여로 인한 특이할 만한 부검소견은 관찰되지 않았으며 간장(liver), 비장(spleen), 신장(kidney), 폐(lung), 심장(heart)에서 유의적인 무게 증가나 감소는 관찰되지 않았다($p < 0.05$).

혈액학적 검사

초코아이스크림을 투여한 시험군의 혈액학적 검사를 수

Table 2. Effects of chocolate ice cream 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	34.81 ± 0.32 ^{NS}	53.69 ± 2.38 ^{NS}	0.32 ± 0.06 ^{NS}	3.90 ± 0.12 ^{NS}
	0 kGy	34.29 ± 0.65	55.74 ± 1.62	0.31 ± 0.05	3.82 ± 0.10
	30 kGy	33.68 ± 0.47	53.87 ± 1.81	0.31 ± 0.04	3.91 ± 0.08
Female	Control	27.64 ± 0.56 ^{NS}	55.55 ± 0.69 ^{NS}	0.42 ± 0.02 ^{NS}	3.77 ± 0.10 ^{NS}
	0 kGy	27.48 ± 0.51	56.37 ± 2.65	0.40 ± 0.02	3.79 ± 0.11
	30 kGy	27.54 ± 0.56	55.55 ± 1.65	0.39 ± 0.03	3.65 ± 0.10

Values are expressed as mean ± SEM (n=10).

^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test (column).

Table 3. Effects of chocolate ice cream 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	3.75 ± 0.06 ^{NS}	0.24 ± 0.01 ^{NS}	1.27 ± 0.01 ^{NS}	0.54 ± 0.02 ^{NS}	0.53 ± 0.01 ^{NS}
	0 kGy	3.71 ± 0.06	0.24 ± 0.01	1.24 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.54 ± 0.01
	30 kGy	3.63 ± 0.10	0.25 ± 0.01	1.25 ± 0.02	0.53 ± 0.01	0.52 ± 0.01
Female	Control	3.35 ± 0.05 ^{NS}	0.26 ± 0.01 ^{NS}	1.02 ± 0.02 ^{NS}	0.54 ± 0.02 ^{NS}	0.54 ± 0.02 ^{NS}
	0 kGy	3.40 ± 0.02	0.25 ± 0.01	1.03 ± 0.03	0.55 ± 0.01	0.52 ± 0.02
	30 kGy	3.37 ± 0.08	0.26 ± 0.01	1.02 ± 0.02	0.55 ± 0.01	0.52 ± 0.01

Values are expressed as mean ± SEM (n=10).

^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test (column).

Table 4. Hematology profiles of the male and female ICR mouse administered with chocolate ice cream irradiated at 30 kGy for 3 months (unit: k/ μ L)

Sex	Group (μ g/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	6.41 \pm 2.79 ^{NS}	1.35 \pm 0.33 ^a	3.46 \pm 1.47 ^{NS}	0.15 \pm 0.11 ^{NS}	0.07 \pm 0.06 ^{NS}	0.05 \pm 0.07 ^{NS}
	0 kGy	3.68 \pm 1.51	1.10 \pm 0.42 ^{ab}	2.37 \pm 1.06	0.15 \pm 0.09	0.05 \pm 0.03	0.01 \pm 0.01
	30 kGy	4.79 \pm 3.22	0.70 \pm 0.21 ^b	3.12 \pm 2.14	0.10 \pm 0.08	0.04 \pm 0.05	0.01 \pm 0.01
Female	Control	3.16 \pm 1.18 ^{NS}	0.52 \pm 0.25 ^{NS}	1.91 \pm 1.01 ^{NS}	0.25 \pm 0.11 ^{NS}	0.06 \pm 0.02 ^{ab}	0.02 \pm 0.01 ^{NS}
	0 kGy	3.36 \pm 2.29	0.86 \pm 0.82	1.82 \pm 0.88	0.12 \pm 0.15	0.02 \pm 0.01 ^b	0.03 \pm 0.06
	30 kGy	5.01 \pm 3.16	1.05 \pm 0.71	3.03 \pm 1.72	0.20 \pm 0.11	0.08 \pm 0.05 ^a	0.04 \pm 0.03

Values are expressed as mean \pm SEM (n=5). ^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test (column). WBC, white blood cell; NE, neutrophil; LY, lymphocyte; MO, monocyte; EO, eosinophil; BA, basophil.

행한 결과를 Table 4에 나타내었다. 30 kGy 조사 초코아이스크림 투여군의 총 백혈구 수(WBC), 림프구(LY), 단핵구(MO), 호산구(EO) 및 호염구(BA)는 대조군과 비교하여 비조사 시료 투여군 및 30 kGy 감마선 조사 시료 투여군 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 단, 수컷의 경우 대조군과 30 kGy 조사 초코아이스크림 투여군 사이에 호중구(NE)의 수치가 유의적으로 낮았으나 이는 physiological range 범위(NE: 0.1~2.4 k/ μ L)에서 벗어나지 않는 수치이므로 독성에 기인한 결과는 아닌 것으로 판단된다.

적혈수 관련 수치에서 수컷의 경우 적혈구 수(RBC), 헤모글로빈(Hb), 혈중 적혈구 비율(HCT), 평균 적혈구 용적(MCV), 평균 헤모글로빈 함유량(MCH), 평균 헤모글로빈 농도(MCHC)는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 비조사 초코아이스크림 투여군의 적혈구 크기 분포폭(RDW)에서만 대조군과 유의적인 차이를 보였다(Table 5). 암컷의 경우도 비조사 초코아이스크림 투여군의 평균 헤모글로빈 함유량(MCH)을 제외하고는 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 본 분석 결과를 Wolford 등(8)이 제시한 실험동물의 혈액학적 기초자료에서 제시한 측정치(RDW: 12.4~27.0%, MCH: 12.1~19.3 pg)와 비교하였을 때 측정치가 모두 정상 범위 내에 속하였으므로, 비조사 초코아이스크림의 독성에 기인한 결과는 아닌 것으로 판단된다(Table 5).

혈청 생화학적 검사

30 kGy로 조사된 초코아이스크림을 3개월간 투여한 후 혈액생화학 측정기기를 이용하여 혈청을 분석한 결과 ALB, ALP, ALT, AST, BUN, CHOL, CREA, D-BIL, GLUC, TG, TP, T-BIL 모두 통계학적으로 유의적 차이를 나타내지 않았다(Table 6). 실험 결과 또한 모두 정상범위 내에 속하여 30 kGy 조사된 초코아이스크림은 혈청 생화학적인 측면에서 문제를 야기하지 않음을 확인할 수 있었다.

조직학적 검사

30 kGy로 감마선 조사된 초코아이스크림을 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. 간장의 경우 대조군, 비조사 시료 투여군 및 30 kGy 조사 시료 투여군 모두에서 염증, 괴사, bilirubin 침착 및 iron 침착 등의 병적인 변화를 보이지 않았고, 간장 세포의 구조도 모두 정상이었다(Fig. 1). 신장에서도 염증 및 괴사 등의 병적인 변화를 보이지 않았고, 면역학적 요인이나 독성 물질에 기인하는 괴사도 관찰되지 않았다(Fig. 2).

이상의 결과를 종합하여 볼 때 30 kGy로 조사된 초코아이스크림을 3개월간 암수 마우스에 섭취시켜도 독성이 없는

Table 5. Erythrocyte values in the male and female ICR mouse administered orally with chocolate ice cream irradiated at 30 kGy for 3 months

Sex	Group	RBC (M/ μ L)	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	9.47 \pm 0.48 ^{NS}	12.07 \pm 0.43 ^{NS}	51.73 \pm 1.42 ^{NS}	57.70 \pm 0.86 ^{NS}	13.40 \pm 0.15 ^{NS}	23.47 \pm 0.09 ^{NS}	14.60 \pm 0.15 ^b
	0 kGy	9.78 \pm 0.53	11.53 \pm 0.47	52.30 \pm 0.83	58.07 \pm 1.07	12.97 \pm 0.20	23.47 \pm 0.09	15.23 \pm 0.18 ^a
	30 kGy	9.90 \pm 0.21	11.57 \pm 0.65	52.67 \pm 1.16	56.40 \pm 1.66	13.03 \pm 0.35	23.27 \pm 0.12	15.03 \pm 0.12 ^{ab}
Female	Control	9.41 \pm 0.40 ^{NS}	11.73 \pm 0.96 ^{NS}	48.67 \pm 2.48 ^{NS}	54.37 \pm 1.48 ^{NS}	12.80 \pm 0.10 ^b	23.30 \pm 0.52 ^{NS}	15.73 \pm 0.24 ^{NS}
	0 kGy	9.98 \pm 0.12	12.27 \pm 1.15	47.70 \pm 2.25	53.30 \pm 1.42	13.97 \pm 0.17 ^a	23.77 \pm 0.29	16.37 \pm 0.38
	30 kGy	9.25 \pm 0.41	11.57 \pm 0.65	48.30 \pm 2.21	54.27 \pm 0.92	12.97 \pm 0.12 ^b	23.80 \pm 0.10	16.47 \pm 0.55

Values are expressed as mean \pm SEM (n=10).

^{NS}Not significant at 5% level by Duncan's multiple range test (column).

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.

Table 6. Serum biochemical values in the male and female ICR mouse administered orally with chocolate ice cream 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±15	100±70	190±130	30±10	130±35
	Control	3.61±0.15 ^{NS}	115.70±10.61 ^{NS}	42.70±6.30 ^{NS}	121.63±11.81 ^{NS}	25.20±1.33 ^{NS}	93.36±11.66 ^{NS}
	0 kGy	3.68±0.03	115.94±15.46	42.25±3.01	122.43±4.05	25.04±1.61	93.37±4.16
	30 kGy	3.60±0.04	115.86±12.56	42.45±0.74	120.73±6.21	24.98±2.19	93.39±13.35
Female	Physiological range	—	50±17	60±50	130±65	25±9	92±26
	Control	3.65±0.14 ^{NS}	91.63±1.50 ^{NS}	34.20±3.19 ^{NS}	134.20±13.13 ^{NS}	18.93±1.86 ^{NS}	145.20±4.37 ^{NS}
	0 kGy	3.67±0.05	91.69±2.18	35.92±4.53	134.44±12.59	19.17±3.88	144.32±12.57
	30 kGy	3.65±0.08	91.15±7.28	34.62±1.89	133.40±11.67	18.70±2.04	145.15±14.77
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	0.5±0.3	—	90±30	104±38	5.2±1.0	0.4±0.2
	Control	0.46±0.03 ^{NS}	0.34±0.01 ^{NS}	68.94±4.91 ^{NS}	95.11±2.42 ^{NS}	4.98±0.05 ^{NS}	0.46±0.03 ^{NS}
	0 kGy	0.46±0.02	0.33±0.04	68.21±2.04	96.75±7.03	4.98±0.19	0.45±0.05
	30 kGy	0.46±0.03	0.33±0.03	68.77±5.34	96.74±3.79	4.94±0.24	0.45±0.03
Female	Physiological range	0.5±0.3	—	106±40	71±28	5.2±2.5	0.4±0.2
	Control	0.46±0.05 ^{NS}	0.40±0.05 ^{NS}	90.20±10.31 ^{NS}	117.48±4.59 ^{NS}	4.68±0.10 ^{NS}	0.47±0.01 ^{NS}
	0 kGy	0.46±0.01	0.38±0.03	92.20±4.83	114.32±6.47	4.67±0.31	0.47±0.05
	30 kGy	0.46±0.01	0.40±0.03	90.81±0.63	118.82±10.57	4.70±0.20	0.47±0.02

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

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

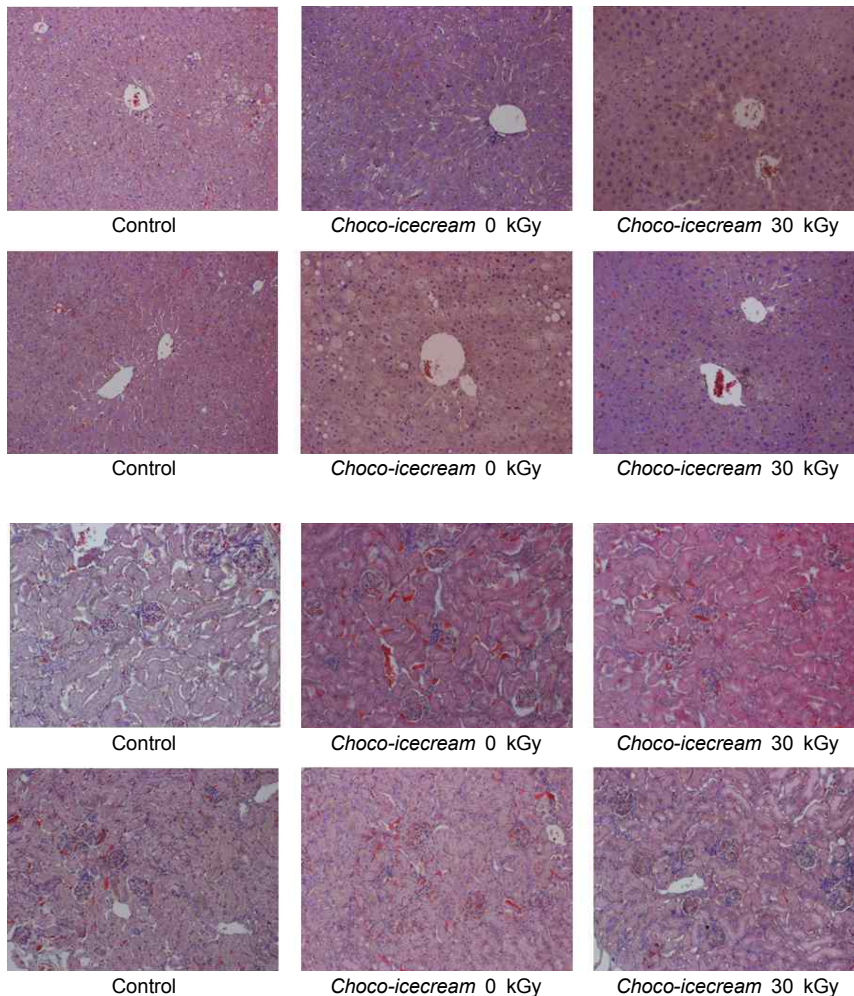


Fig. 1. Histopathological examination of the liver of ICR mouse administered with chocolate ice cream irradiated at 30 kGy for 3 months, ×200. (A) male, (B) female.

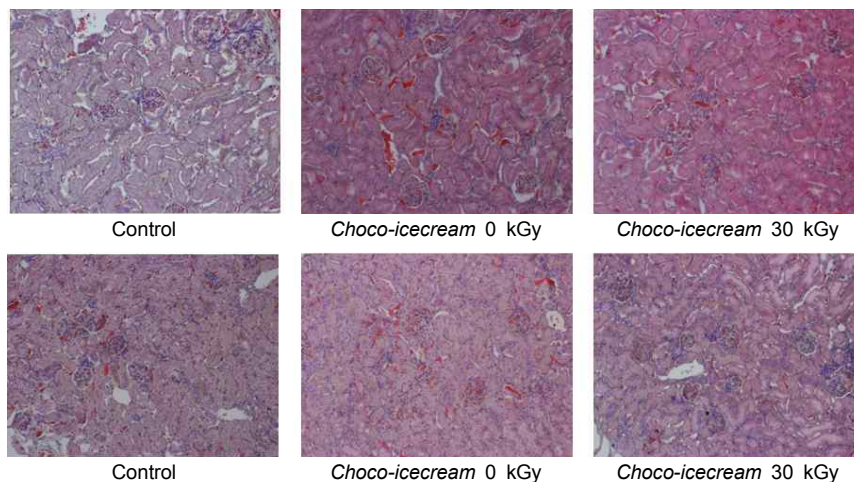


Fig. 2. Histopathological examination of the kidney of ICR mouse administered chocolate ice cream irradiated at 30 kGy for 3 months, ×200. (A) male, (B) female.

것으로 나타났다. 이는 감마선 조사(5 kGy, 10 kGy)한 아이스크림과 우유 한계투여용량으로 단회투여독성 시험결과, 독성이 관찰되지 않는다는 연구결과와도 잘 일치하였다(9). 감마선조사로 아이스크림의 미생물학적 안전성 확보할 수 있다는 연구결과(10)를 바탕으로 30 kGy 감마선 조사한 초코아이스크림은 향후 무균포장제품을 요구하는 우주식품뿐만 아니라 무균식이 요구되는 환자나 면역력이 약한 어린이에게 적용 가능할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 초코아이스크림의 안전성을 확보하기 위해서 30 kGy 조사된 초코아이스크림을 ICR 마우스에 90일간 섭취시킨 다음 독성평가를 수행하였다. 비 조사 시료 및 30 kGy 조사 초코아이스크림을 암수 마우스에 투여를 한 결과 시험기간 동안 시험 물질에 의한 임상증상이나 폐사 동물을 나타나지 않았으며, 체중변화, 사료섭취량 및 주요 장기 무게도 대조군에 비해 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 초코아이스크림은 암수 마우스에 3개월간 섭취시켜도 본 시험조건에서 독성이 없는 것으로 판명되었다.

감사의 글

이 논문은 농림수산식품부 농림수산식품기술기획평가원

고부가가치식품개발사업 위탁연구에 의하여 연구되었으며 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Han SH. 2005. *Ice cream*. Yoohan Publishing Co., Seoul, Korea. p 27.
2. Gwon YI, Jung YH. 2002. Ice cream of hygienic test report. The Korea Consumer Agency Test report. 02-10. p 1-6.
3. Lee DU, Cho SD, Yoon EK, Kim GH. 2012. Safe intake methods of milk and milk products. *Safe Food* 7: 20-25.
4. Tauxe RV. 2001. Food safety and irradiation: protecting the public from foodborne infections. *Emerg Infect Dis* 7: 516-521.
5. Farkas J. 2006. Irradiation for better foods. *Trends Food Sci Technol* 17: 148-152.
6. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group, WHO. 1999. High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. WHO Technical Report Series No. 890, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
7. Park JN, Kim JK, Choi DB, Kim JH, Song BS, Lee JW, Kang IJ. 2011. Toxicity evaluation of 30 kGy irradiated dried space *bibimbap* for ythree months. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 956-961.
8. 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.
9. Lee HJ, Choi HJ, Han SK, Koo BC, Shin MS, Ham JS, Jo C, Lee WK. 2006. Single dose toxicity study of gamma irradiated milk and ice cream in SD rats. *J Vet Med Biotechnol* 7: 21-26.
10. Kim HJ, Jo C, Kim DS, Yook HS, Byun MW. 2005. Microbiological contamination of ice cream commercially available in Korea and its irradiation effect. *J Anim Sci & Technol* 47: 867-876.

(2013년 2월 18일 접수; 2013년 3월 18일 채택)