J. Fd Hyg. Safety 16(2), 133–138 (2001)

감마선 조사된 장류의 SOS Chromotest에 의한 독성학적 안전성 평가

육홍선 · 김동호 · 이주운 · 차보숙* · 변명우†
*한국원자력연구소 방사선 식품 · 생명공학기술개발팀, *수원여자대학 식품과학부*

Toxicological Safety of Gamma-Irradiated Korean Soybean Fermentation Foods by SOS Chromotest

Hong-Sun Yook, Dong-Ho Kim, Ju-Woon Lee, Bo-Sook Cha and Myung-Woo Byun†
Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Youseong Ku, Daejeon, Korea,
**Department of Food Science, Suwon Women's College, Suwon, Korea*

ABSTRACT – Toxicological safety on 20 kGy-gamma irradiated *Kanjang* (soy sauce), *Doenjang* (soybean paste), *Kochujang* (hot pepper paste) and *Chungkukjang* (soy paste) was determined by SOS Chromotest. As the strain of the SOS Chromotest, *Escherichia coli* PQ37 was used in the condition of presence or absence of an exogenous metabolizing system (S-9 mix). Water extract or organic solvent extract was prepared from samples, concentrated and tested by SOS Chromotest with S-9 mix or not. All irradiated samples were not different from non-irradiated one in the bacterial assay maintaining the below 1.5 of IF(induction factor) values in the adapted dose of 10,000 μg/assay. The results indicated that any mutagenicity was not observed in 20 kGy-irradiated traditional soybean fermented foods.

Key words □ Gamma irradiation, SOS Chromotest, *Kanjang*, *Doenjang*, *Kochujang*, *Chunkukjang*

오늘날 국가간 식량교역은 세계경제의 균형을 유지시켜 주며 그 시장은 날로 확대되고 있다. 각국은 국제식량교역에 있어서 안전을 극대화하기 위하여 공중보건법과 검역관리를 엄격히 다루고 있다. 그러므로 식량교역에 있어서 가장 어려움은 수출입 식품의 안전성, 즉 생물학적 및 화학적 측면에서의 안전성을 확보하는데 있는 것이며, 서로 상이한 무역국들의 규정을 포괄적으로 충족시킬 수 있는 식품가공 기술의 개발은 모든 국가들의 희망이라 할 수 있다. 최근 세계 각국에서 식품에 사용되는 보존제나 ethylene dibromide, ethylene oxide, methyl bromide 등의 훈증처리가 유해성분의 생성 및 잔류로 발암성 등 건강장해와 환경공해를 일으킬 수 있기 때문에 그 사용이 금지되거나 제한되고 있어 그 대체방안으로 관련 국제기구에서는 방사선 조사기술의 사용을 적극 검토하고 있다. 한편, 방사선을 조사한 식품의 건전성 혹은 안전성 문제는 이미 세계보건기구(WHO), 국제식량농업기구(FAO), 국제원자력기구(IAEA), 미국식품의약품국(FDA) 등 국제기관과 국제학술단체에서 식품의 보존·위생화 수단으로 그 건전성을 공인한 바 있다[1-7].

†Author to whom correspondence should be addressed.

한편, 우리나라의 전통식품인 장류제품은 보존 중에도 발효 과정에서 유래한 미생물의 작용이 계속되므로 제품의 보존 및 가공식품으로의 활용도가 제한되고 국내 유통뿐만 아니라 국제교역에서도 제품의 위생성과 안전성을 확보하기가 어려운 문제점이 있다. 이에 따라 우리나라의 장류제품을 비롯한 발효식품의 위생화를 위해 방사선 조사기술을 이용한 미생물학적 및 이화학적 연구결과[8-12]에 의하면 최적의 조사선량은 5~10 kGy로 이미 보고된 바 있다. 그러나, 지금까지 안전성 평가에 대한 결과는, Ames test를 이용한 방사선 조사에 의한 장류 물추출물의 연구결과[13] 변이원성이 없음이 확인되었으나 아직 미비한 것으로 사료되어지고 있다. 이러한 Ames test의 단점을 보완하기 위해 최근 이용이 급증하고 있는 SOS Chromotest는 *E. coli* PQ37을 자외선이나 유전독성 물질에 노출시키면 DNA 복제가 저해되어 유도되는 SOS response 중 생성되는 효소의 기질분해반응을 이용한 방법으로 흡광도를 측정하여 판정하므로 콜로니 계수시 주관적 편차가 배제되어 객관성이 유지되며, DNA 손상을 주는 유전독성물질의 검색에 편리하게 이용될 뿐만 아니라 아미노산 등 외적요인의 방해를 받지 않으며 활성물질 검색시 대상물질이 소량 사용되는 잇점이 있으며 Ames test와 90% 이상

의 높은 상관성을 나타내므로 최근 이용이 증가되고 있다[14].

이에 따라 본 실험에서는 방사선 조사기술을 우리나라 전통 장류인 간장, 된장, 고추장, 청국장에 과량의 선량인 20 kGy로 적용시켰을 때 안전성 평가의 일환으로 *Escherichia* coli PQ37 균주를 이용한 SOS Chromotest를 수행한 결과를 보고한다.

재료 및 방법

시료, 방사선 조사 및 시험액 조제

시험시료인 간장, 된장, 고추장, 청국장은 보존료 혹은 가공처리를 하지 않은 적정 숙성기의 반제품을 P사에서 구입하여 사용하였으며, 각 시료는 polyethylene 포장지에 200 g씩 밀봉포장하여 감마선을 조사하였다.

시료의 방사선 조사는 한국원자력연구소내 감마선 조사시설(선원: Co-60, 10만 Ci)을 이용하여 실온에서 시간당 1 kGy의 선량율로 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 이 때 흡수선량을 확인하기 위하여 free radical dosimeter와

Table 1. Yields of water extraction and organic solvent extraction of non-irradiated and 20 kGy-gamma irradiated *Kanjang* (soy sauce), *Doenjang* (soybean paste), *Kochujang* (hot pepper paste) and *Chungkukjang* (soy paste)

Sample	Irradiation dose (kGy)			
	Water extraction (g/100g)[1]		Solvent[2] extraction (g/100g)	
	0 kGy	20 kGy	0 kGy	10 kGy
Kanjang	25.2	28.3	-	-
Doenjang	19.4	23.7	5.46	6.01
Kochujang	22.8	27.8	3.05	3.83
Chungkukjang	16.1	18.6	4.24	5.35

[1]dry basis
[2]Solvent; chloroform:methanol=2:1

Table 2. SOS induction in *E. coli* PQ37 by *Kanjang* in the absence and presence of an exogenous metabolizing system

Sample	μg/assay	S-9 mix	β-gal[1] (unit)	ap[2] (unit)	Ratio	IF[3]
D.W.		-	4.81	19.90	0.24	**1.00**
0 kGy	10000	-	4.54	19.85	0.24	**1.00**
	5000	-	4.10	18.71	0.22	**0.91**
	1250	-	5.21	22.64	0.23	**0.95**
	625	-	4.82	20.35	0.24	**0.98**
	323	-	4.54	19.90	0.23	**0.94**
20 kGy	10000	-	4.48	19.07	0.23	**0.97**
	5000	-	4.60	19.93	0.23	**0.95**
	1250	-	4.84	21.93	0.23	**0.94**
	625	-	4.86	21.30	0.24	**0.97**
	323	-	4.50	19.67	0.23	**0.95**
4-NQO[4]		-	15.64	12.88	1.21	**5.02**
D.W.		+	4.25	14.44	0.29	**1.00**
0 kGy	10000	+	3.73	13.00	0.29	**0.97**
	5000	+	4.92	16.02	0.31	**1.04**
	1250	+	4.78	15.14	0.32	**1.07**
	625	+	4.16	13.77	0.30	**1.02**
	323	+	4.46	15.48	0.29	**0.98**
20 kGy	10000	+	4.64	16.20	0.29	**0.97**
	5000	+	4.08	15.00	0.25	**0.92**
	1250	+	4.60	16.72	0.26	**0.93**
	625	+	4.86	13.77	0.35	**1.20**
	323	+	4.80	15.48	0.31	**1.05**
B(α)P[5]		+	14.04	13.75	1.02	**3.47**

[1]β-gal; β-galactosidase
[2]ap; alkaline phosphatase
[3]IF; induction factor
[4]4-NQO; 4-nitroquinoline-N-oxide
[5]B(α)P; benzo(α)pyrene

ceric cerous dosimeter를 이용하였으며 조사 후 흡수선량 오차는 ±1.2 kGy 범위였다.

감마선 조사 및 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장을 시료무게의 3배에 해당하는 증류수 혹은 용매(chloroform: methanol=2:1)를 넣어 mixer로 3분간 균질화하고, shaking incubator에서 4°C, 20 rpm으로 24시간 동안 추출한 후 10,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 상층액을 취하였다. 이 조작을 3회 반복하여 얻은 상층액을 동결건조(SFDSF 12, Samwon freezing engineering co., Korea) 혹은 rotary vacuum evaporator(N-1, Eyela, Tokyo Rikakikai co., Japan)로 농축한 후 실험에 사용하였다.

돌연변이원성 시험

SOS Chromotest는 Quillardet와 Hofnung의 방법[14]에 준하여 수행되었다. 즉, L medium에 5×10^8 CFU/mL 농도로 배양된 종배양액을 2%(v/v)가 되도록 접종하여 37°C에서 약 2시간 진탕배양(5×10^4 CFU/mL) 하였다. 직접변이원의 경우 L medium으로 10배(v/v) 희석된 균 부유액을, 간접변이원의 경우 S-9 mix (B(a)P; 3%)에 10배(v/v) 희석된 균 부유액에 10배(v/v) 희석된 0.6 mL의 균 배양액을 분주하고 여기에 100 μg/assay의 시료를 혼합한 다음, 37°C에서 210 rpm으로 2시간 배양하였다. 이 때 첨가된 양성대조물질(돌연변이원)의 사용량은 dose response test를 실시하여 최적의 농도를 설정한 후 사용하였다.

시료 색소로 인한 흡수 spectrum의 영향을 차단하기 위하여 배양액을 4°C에서 7,000 rpm으로 15분간 원심분리하여 상층액을 제거한 후 잔사에 0.6 mL의 L medium을 현탁시켰다. 이 현탁액 0.2 mL를 취하여 Quillardet와 Hofnung의 방법[13]과 동일하게 각각의 효소 활성을 측정하였다. 활성단위는 흡광도 × 1,000/반응시간(min)으로 나타냈으며, R(ratio)값은 β-galactosidase unit/alkaline phosphatase unit로 계산하였고, R(0)값을 1로 정하였다. 유도지수(induction factor, IF)

Table 3. SOS induction in *E. coli* PQ37 by *Doenjang* in the absence and presence of an exogenous metabolizing system

Sample	μg/assay	S-9 mix	β-gal[1] (unit)	ap[2] (unit)	Ratio	IF[3]	S-9 mix	β-gal (unit)	ap (unit)	Ratio	IF
D.W.		-	2.00	9.70	0.21	**1.00**	+	3.73	15.69	0.24	**1.00**
0 kGy	10000	-	3.11	11.80	0.26	**1.28**	+	5.54	20.08	0.28	**1.16**
	5000	-	2.83	11.76	0.24	**1.17**	+	5.14	18.49	0.28	**1.17**
	1250	-	2.80	12.74	0.22	**1.07**	+	4.71	16.27	0.29	**1.22**
	625	-	2.55	12.15	0.21	**1.02**	+	4.39	17.26	0.25	**1.07**
	323	-	2.61	12.05	0.22	**1.05**	+	4.60	17.83	0.26	**1.08**
20 kGy	10000	-	3.37	13.10	0.26	**1.25**	+	5.18	21.64	0.24	**1.01**
	5000	-	2.84	13.34	0.21	**1.03**	+	5.40	19.85	0.27	**1.14**
	1250	-	2.36	9.97	0.24	**1.15**	+	4.94	19.48	0.25	**1.07**
	625	-	2.56	11.83	0.22	**1.05**	+	4.97	19.29	0.26	**1.08**
	323	-	2.62	12.19	0.21	**1.04**	+	4.54	17.82	0.25	**1.07**
DMSO		-	1.39	7.30	0.19	**1.00**	+	2.81	14.09	0.20	**1.00**
0 kGy	10000	-	1.69	8.30	0.20	**1.07**	+	3.76	18.70	0.20	**1.01**
	5000	-	2.01	8.63	0.23	**1.22**	+	3.56	17.63	0.20	**1.01**
	1250	-	1.79	8.54	0.21	**1.10**	+	2.79	13.88	0.20	**1.01**
	625	-	1.38	6.29	0.19	**1.15**	+	3.07	15.76	0.19	**1.09**
	323	-	1.46	6.21	0.19	**1.23**	+	3.73	17.15	0.22	**0.97**
20 kGy	10000	-	1.90	9.26	0.21	**1.08**	+	3.71	19.13	0.19	**0.99**
	5000	-	1.65	7.65	0.24	**1.13**	+	3.04	15.40	0.20	**0.97**
	1250	-	1.70	7.90	0.22	**1.13**	+	3.02	15.00	0.20	**1.01**
	625	-	1.57	7.32	0.20	**1.13**	+	3.05	14.30	0.21	**1.07**
	323	-	1.59	6.90	0.22	**1.21**	+	3.68	16.96	0.22	**1.09**
4-NQO[4]		-	15.25	13.75	1.837	**9.65**	-				
B(α)P[5]							+	12.68	15.60	0.83	**4.17**

[1]β-gal; β-galactosidase
[2]ap; alkaline phosphatase
[3]IF; induction factor
[4]4-NQO; 4-nitroquinoline-N-oxide
[5]B(α)P; benzo(α)pyrene

는 SOS 유전자의 유도정도를 나타내며, R(C)/R(0)로 계산하였고, R(C)값은 변이원 및 변이원과 시료를 첨가한 시험구의 ratio값이다. R(0)값은 변이원을 첨가하지 않은 농도의 ratio값이며, 음성 대조구 IF값은 1로 정하였다.

결과 및 고찰

장류 추출물의 수율

비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장의 물추출 분획 수율은 Table 1과 같다. 즉, 각각 25.2, 19.4, 22.8, 16.1 g/100 g 이었으며, 20 kGy로 감마선 조사된 시료는 각각 28.3, 23.7, 27.8, 18.6 g/100 g으로 감마선 조사에 의해 물 추출물의 수득율이 다소 증가됨을 알 수 있었다. 한편, 비조사된 된장, 고추장, 청국장의 용매추출 분획 수율은 각각 5.46, 3.05, 4.24 g/100 g 이었으며, 감마선 조사된 시료는 각각 6.01, 3.83, 5.35 g/100 g으로 감마선 조사에 의해 용매 추출물의 수득율도 다소 증가됨을 알 수 있었다. 이는 육 등[13]의 Ames test에서 감마선 조사에 의해 장류의 물 추출물의 수득율이 증가되었다는 결과와 Kim 등[15]의 감마선 조사에 의해 한방약재의 수득율이 증가되었다는 보고와 일치하였다.

SOS Chromotest에 의한 방사선 조사된 장류의 돌연변이 유발능

감마선 조사 및 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장의 현탁액을 첨가하였을 때 *E. coli* PQ37에 대한 돌연변이 유발능을 조사한 결과는 Table 2~5와 같다. 각 시험에서 음성대조군의 IF값은 1.5이하였으며 양성대조 화합물에 의해 IF값이 현저히 증가하여 본 실험이 적합하게 행하여졌음을 알 수 있었다.

먼저 대사활성 부재시의 경우, 감마선 조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장의 물 또는 용매분획 추출물의 SOS Chromotest 결과, 시험적용 농도인 10,000 μg/assay 까지의 농도

Table 4. SOS induction in *E. coli* PQ37 by *Kochujang* in the absence and presence of an exogenous metabolizing system

Sample	μg/assay	S-9 mix	β-gal[1] (unit)	ap[2] (unit)	Ratio	IF[3]	S-9 mix	β-gal (unit)	ap (unit)	Ratio	IF
D.W.		-	3.57	20.51	0.17	**1.00**	+	5.15	17.52	0.29	**1.00**
0 kGy	10000	-	4.67	20.00	0.23	**1.34**	+	5.89	19.65	0.30	**1.02**
	5000	-	5.29	20.47	0.21	**1.23**	+	5.12	19.13	0.32	**1.09**
	1250	-	4.29	20.10	0.21	**1.22**	+	5.84	18.78	0.31	**1.05**
	625	-	4.57	20.28	0.23	**1.29**	+	5.26	19.80	0.27	**0.90**
	323	-	4.87	20.86	0.23	**1.34**	+	5.02	17.87	0.28	**1.06**
20 kGy	10000	-	4.93	20.67	0.23	**1.31**	+	5.40	17.96	0.30	**1.02**
	5000	-	4.64	21.15	0.22	**1.26**	+	5.72	18.92	0.30	**1.03**
	1250	-	4.53	20.47	0.22	**1.27**	+	5.50	19.12	0.29	**0.98**
	625	-	4.39	19.44	0.23	**1.30**	+	5.36	18.99	0.28	**0.96**
	323	-	4.76	21.31	0.22	**1.28**	+	4.88	17.64	0.28	**0.94**
DMSO		-	2.05	10.39	0.20	**1.00**	+	3.47	15.17	0.23	**1.00**
0 kGy	10000	-	3.00	12.33	0.24	**1.23**	+	4.48	18.82	0.24	**1.04**
	5000	-	3.29	12.80	0.26	**1.30**	+	3.22	13.23	0.24	**1.06**
	1250	-	3.06	12.54	0.24	**1.24**	+	3.67	15.90	0.23	**1.01**
	625	-	2.81	12.47	0.23	**1.14**	+	4.18	15.22	0.27	**1.20**
	323	-	2.57	11.45	0.22	**1.13**	+	4.88	16.85	0.29	**1.27**
20 kGy	10000	-	3.47	13.40	0.26	**1.31**	+	4.16	17.26	0.24	**1.05**
	5000	-	3.21	12.27	0.26	**1.32**	+	2.76	11.00	0.25	**1.10**
	1250	-	3.23	13.27	0.24	**1.23**	+	3.52	13.53	0.26	**1.14**
	625	-	3.22	12.67	0.25	**1.29**	+	4.02	16.02	0.25	**1.10**
	323	-	3.27	13.07	0.25	**1.27**	+	3.84	15.97	0.24	**1.05**
4-NQO[4]		-	10.33	11.64	0.89	**4.49**	-				
B(α)P[5]							+	10.20	15.50	0.66	**2.88**

[1] β-gal; β-galactosidase
[2] ap; alkaline phosphatase
[3] IF; induction factor
[4] 4-NQO; 4-nitroquinoline-N-oxide
[5] B(α)P; benzo(α)pyrene

Table 5. SOS induction in *E. coli* PQ37 by *Chungkukjang* in the absence and presence of an exogenous metabolizing system

Sample	μg/assay	S-9 mix	β-gal[1](unit)	ap[2] (unit)	Ratio	IF[3]	S-9 mix	β-gal (unit)	ap (unit)	Ratio	IF
D.W.		-	3.47	14.47	0.24	**1.00**	+	2.54	9.55	0.27	**1.00**
0 kGy	10000	-	6.33	23.89	0.27	**1.11**	+	4.72	16.00	0.27	**1.12**
	5000	-	5.47	20.61	0.27	**1.11**	+	4.01	15.36	0.26	**0.98**
	1250	-	4.87	17.49	0.28	**1.16**	+	3.91	15.41	0.25	**0.96**
	625	-	4.47	17.47	0.26	**1.07**	+	3.93	14.83	0.27	**1.00**
	323	-	4.47	17.80	0.25	**1.05**	+	3.30	14.37	0.23	**0.87**
20 kGy	10000	-	6.67	21.80	0.31	**1.28**	+	4.29	16.44	0.26	**0.98**
	5000	-	5.80	20.47	0.28	**1.18**	+	4.06	15.61	0.26	**0.98**
	1250	-	5.13	21.80	0.24	**0.98**	+	3.37	15.52	0.24	**0.91**
	625	-	4.47	17.40	0.26	**1.07**	+	3.67	14.57	0.25	**0.95**
	323	-	4.07	17.13	0.24	**0.99**	+	3.18	13.67	0.23	**0.88**
DMSO		-	2.07	15.60	0.13	**1.00**	+	2.51	10.55	0.24	**1.00**
0 kGy	10000	-	2.87	16.80	0.17	**1.29**	+	3.31	14.88	0.22	**0.94**
	5000	-	3.00	18.20	0.16	**1.24**	+	3.05	13.10	0.23	**0.98**
	1250	-	3.07	18.80	0.16	**1.23**	+	2.64	12.57	0.21	**0.89**
	625	-	2.80	18.70	0.15	**1.13**	+	2.61	10.89	0.24	**1.00**
	323	-	2.60	17.20	0.15	**1.14**	+	2.60	10.79	0.24	**1.01**
20 kGy	10000	-	3.33	19.00	0.18	**1.32**	+	3.10	13.29	0.23	**0.99**
	5000	-	3.20	19.40	0.16	**1.25**	+	2.59	12.84	0.20	**0.85**
	1250	-	3.27	18.70	0.17	**1.32**	+	2.60	11.60	0.22	**0.94**
	625	-	3.20	19.00	0.17	**1.27**	+	2.53	10.57	0.24	**1.00**
	323	-	3.27	18.60	0.18	**1.33**	+	2.69	10.64	0.25	**1.05**
4-NQO[4]		-	14.45	17.50	0.86	**6.49**	-				
B(α)P[5]							+	16.20	10.30	1.57	**8.77**

[1]β-gal; β-galactosidase
[2]ap; alkaline phosphatase
[3]IF; induction factor
[4]4-NQO; 4-nitroquinoline-N-oxide
[5]B(α)P; benzo(α)pyrene

에서 대조구와 유사한 범위의 IF값을 나타내었다. 또 대사활성계를 도입한 즉 S-9 mixture를 첨가한 상태에서도 각각의 시험적용 농도에서 대조구와 방사선 조사구 모두 1.5이하의 유사한 IF값을 보였다. 전체적으로 IF값은 농도 의존적인 증가 혹은 감소를 보이지 않았으며 방사선 조사구의 경우 비조사 대조구와 비교해서도 차이를 보이지 않았다. 한편, 간장이나 된장보다 고추장이나 청국장을 첨가하였을 때 더 높은 IF값을 보였는데 이는 남은 색소에 의한 결과로 사료되었다. 감마선 조사된 장류의 SOS Chromotest 실험결과 감마선 조사한 시료 및 비조사 시료에 대하여 전 시험적용농도에서 돌연변이를 유발하지 않는 것으로 보아 감마선 조사에 의한 돌연변이원성은 없는 것으로 판단되었으며, 따라서 고선량으로 감마선 조사된 장류가 직접변이원이나 간접변이원으로 작용하지 않음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 방사선 조사된 장류의 Ames test에서 돌연변이원성이 없었다는 보고[13]와 같은 결과를 나타내었고, 국내에서 수행된 방사선 조사된 백삼분말[15], 홍삼분말[16], 쇠고기[17], 생약재[18] 등이 유전독성학적 안전성 평가에서 안전성이 입증되었다는 보고와도 잘 일치하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

국문요약

우리나라 전통 장류의 위생화와 저장 · 유통안정성 확보를 위해 20 kGy 감마선 조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장의 독성학적 안전성을 SOS Chromotest로 측정하였다. 대사활성계(S-9 mix) 존재 유무의 조건하에서 *Escherichia coli* PQ37을 SOS Chromotest 균주로 사용하였다. 시료는 물추출물, 용매추출물을 준비한 후 농축하여 S-9 mix를 첨가하거나 첨가하지 않은 조건에서 SOS Chromotest에 사용하였다. 결과적으로 10,000 μg/assay의 투여 농도에서 1.5 이하의 IF값을 유지했으며 조사된 모든 시료는 비조사구와 차이가 없었고, 20 kGy로 조사된 전통장류에서 어떠한 돌연변이원성도 발견되지 않았음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. WHO: Wholesomeness of irradiated food. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. *Tech. Rep.*, 651. World Health Org., Geneva (1981).
2. Codex Alimentarius Commission: Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. CAC/VOL. XV, FAO, Rome (1984).
3. WHO: Global health situation and projections estimates. World Health Organization, Geneva (1992).
4. WHO: Review of the safety and nutritional adequacy of irradiated food, WHO/HPP/FOS/92.2 (1992).
5. ICGFI: Summary report, Eleventh Meeting of the International Consultative Group on Food Irradiation. 2-4 Nov. 1994, FAO/IAEA/WHO (1994).
6. Byun, M.W.: Application of irradiation techniques to food industry. *Radioisotope News*, **9**, 32-37 (1994).
7. Roberts T. and Unnevehr L.: New approaches to regulating food safety. *Food Rev.*, **17**, 2-8 (1994).
8. 차보숙, 김우정, 변명우, 권중호, 조한옥: 김치의 저장성 연장을 위한 Gamma선 조사. 한국식품과학회지, *21*, 109-119 (1989).
9. 김동호, 김재훈, 육홍선, 안현주, 김정옥, 손천배, 변명우: 감마선 조사된 저염 오징어젓갈 발효의 미생물균총 특성. 한국식품과학회지, **31**, 1619-1627 (1999).
10. 김문숙, 오진아, 김인원, 신동화, 한민수: 방사선 조사 고추장의 발효 특성. 한국식품과학회지, **30**, 934-940 (1998).
11. 김동호, 안현주, 육홍선, 김미정, 손천배, 변명우: 감마선 조사된 쌈장의 보존 중 품질특성. 한국식품과학회지, **32**, 396-401 (2000).
12. 김동호, 이경행, 육홍선, 김재훈, 신명곤, 변명우: 감마선 조사된 개량메주의 보존 중 품질특성. 한국식품과학회지, **32**, 640-645 (2000)
13. 육홍선, 이은미, 김동호, 이경행, 이현자, 이영남, 변명우: 감마선 조사된 장류 물추출 분획의 유전독성학적 안전성 평가. 한국식품위생안전성학회지, **15**, 297-303 (2000).
14. Quillardet, P. and Hofnung, M.: The SOS Chromotest, a colorimetric bacterial assay for genotoxins: procedures. *Mutation Res.*, **147**, 65-78 (1985).
15. 하광원, 정해관, 오혜영, 허옥순, 손수정, 한의식, 정성철, 최부영, 김영미, 김필선, 문화희: 방사선조사 인삼의 유전독성에 관한 연구. 한국식품위생·안전성학회지, **9**, 67-74 (1994).
16. 조성기, 육홍선, 변명우: 감마선 조사 홍삼의 안전성에 관한 유전독성학적 연구. 한국영양식량학회지, **25**, 491-496 (1996).
17. 강일준, 곽희진, 이병훈, 김광훈, 변명우, 육홍선: 감마선조사 쇠고기의 유전독성 및 급성독성학적 안전성평가. 한국식품영양과학회지, **30**, 775-780 (1998).
18. 조성기, 육홍선, 변명우: 복귀돌연변이시험을 이용한 감마선 조사 생약재의 안전성에 관한 유전독성학적 평가. 한국식품영양과학회지, **26**, 958-964 (1997).