J. Fd Hyg. Safety 15(4), 297–303 (2000)

감마선 조사된 장류 물추출 분획의 유전독성학적 안전성 평가

육홍선 · 이은미 · 김동호 · 이경행 · 이현자* · 이영남** · 변명우†
*한국원자력연구소 방사선 식품 · 생명공학기술개발팀, *국립한경대학교 가정학과*
***경희대학교 급식산업학과*

Genotoxicological Safety on Water-Soluble Fraction of Gamma Irradiated Korean Soybean Fermentation Foods

Hong-Sun Yook, Eun-Mi Lee, Dong-Ho Kim, Kyong-Haeng Lee, Hyun-Ja Lee*, Young Nam Lee and Myung-Woo Byun†**
Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Youseong Ku, Daejeon 305-353, Korea
**Department of Home Economics, Hankyong National University, Anseong 450-749, Korea*
***Department of Institutional Food Service, Kyunghee University, Seoul 130-701, Korea*

ABSTRACT – Gamma irradiation at 20 kGy was applied to *Kanjang* (soy sauce), *Doenjang* (soybean paste), *Kochujang* (hot pepper paste) and *Chungkukjang* for their possible genotoxicity. The genotoxicity of 20 kGy-irradiated samples was evaluated by *Salmonella typhimurium* reversion assay. The Salmonella tester strains included TA98, TA100, TA1535 and TA1537 in the absence and presence of an exogenous metabolizing system (S9 mix). All samples were negative in the bacterial reversion assay with *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535 and TA1537. The results indicated that 20 kGy of gamma irradiation on water-soluble fraction of *Kanjang, Doenjang, Kochujang* and *Chungkukjang* were not shown mutagenicity.

Key words □ Gamma irradiation, *Salmonella typhimurium, Kanjang, Doenjang, Kochujang, Chunkukjang*

최근 식품의 유통 및 국가간의 식량교역이 확대됨에 따라 각국은 식품의 안전성을 확보하기 위한 공중보건법과 검역관리 등을 엄격히 시행하고 있으며 점차 여러나라들의 규정을 포괄적으로 충족시킬 수 있는 공통 기준을 마련하고 있다. 식품의 안전성 문제는 생물학적, 화학적, 물리적 요인이 있으나 그 중에서도 식품 보존의 향상을 목적으로 한 화학보존료가 중요한 요인으로 지적되고 있다. 특히 식량자원과 가공식품의 화학보존료 또는 살균, 살충의 목적으로 널리 사용되었던 ethylene oxide, ethylene dibromide, methyl bromide 등의 약품들은 이미 유해성분의 생성, 잔류성, 발암성과 같은 보건상의 문제뿐 아니라 오존층의 고갈과 같은 환경문제를 유발시키는 것으로 알려져 그 사용이 점차 금지되거나 제한되고 있다. 따라서 이러한 화학 보존료를 대체할 수 있는 새로운 식품의 보존기술 개발이 필요한데 지금까지는 방사선 조사 방법이 가장 안전하고 유용한 기술로 평가되고 있다. 방사선을 조사한 식품의 건전성 문제는 이미 세계보건기구(WHO), 국제식량농업기구(FAO), 미국식품의약품국(FDA)등의 국제 기관과 국제학술단체에서 공인된 바 있으며 이를 기초로 그 적용범위도 급격히 확산되고 있는 추세이다.[1-5]

방사선 살균법은 감마선의 특징인 강력한 투과력에 의해 제품의 어떠한 완포장 형태라도 처리가 가능하여 살균처리 후 이차오염의 가능성이 없다. 또한 제품의 품온을 상승시키지 않는 냉온 살균법으로 가열처리가 불가능한 제품의 살균과 화학훈증제 처리와는 달리 유해성분의 잔류 및 독성이 없으며, 오염유기체의 살균, 살충이 확실하여 살균공정관리가 편리하고 정확하다는 것 등 많은 장점이 있다.[6,7]

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. 따라서 장류제품의 위생화에 방사선 조사기술을 적용할 경우 상당한 효과가 기

†Author to whom correspondence should be addressed.

대되며 이미 김치,[8] 젓갈,[9] 고추장,[10] 쌈장,[11] 메주[12] 청국장 등의 보존에 대한 감마선 조사의 긍정적 효과가 보고된 바 있으나 아직까지 안전성 평가에 대한 결과는 제시되지 못하고 있다.

본 실험에서는 전통 장류의 저장성 향상을 위해 감마선 조사기술의 이용 가능성을 검토하고, 방사선 조사기술을 전통 장류인 간장, 된장, 고추장, 청국장에 고선량으로 적용시켰을 때의 유전독성학적 안전성 평가의 일환으로 *Salmonella typhimurium* 균주를 이용한 복귀돌연변이 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

시료 조제

시험시료인 간장, 된장, 고추장, 청국장은 보존료 혹은 가공처리를 하지 않은 적정 숙성기의 반제품을 P사에서 구입하여 사용하였으며 각 시료는 polyethylene 재질의 포장지에 100 g씩 밀봉포장하여 감마선을 조사하였다.

시료의 방사선 조사는 한국원자력연구소에 소재한 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 ceric cerous dosimeter를 이용하였다.

감마선 조사 및 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장을 시료무게의 3배에 해당하는 증류수를 넣어 mixer로 3분간 균질화하고, shaking incubator에서 4°C, 20 rpm으로 하룻밤 동안 추출한 후 10,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 상층액을 취하였다. 이 조작을 3회 반복하여 얻은 상층액을 동결건조한 후 실험에 사용하였다.

복귀 돌연변이 시험 및 균주

복귀 돌연변이 시험은 Maron과 Ames의 방법[13]에 준하여 실시하였다. 시험에 사용된 균주는 *Salmonella typhimurium* LT2를 친주로 하는 *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535, TA1537로, 이들 균주는 사용에 앞서 필요시, 균주의 유전자형 확인을 위해 histidine 요구성 여부, *uvr* B mutation 유지여부, R-factor 유지여부, *rfa* 돌연변이의 유지 여부, spontaneous revertant의 수 등을 확인하는 시험을 실시하였다.

본 시험에 사용된 균주는 Molecular Toxicology Inc. (Boone, NC, USA)에서 구입하여 형질을 확인한 후 한국화학연구소 안전성센터에서 계대 배양 중인 것을 시험에 사용하였다. 유전형질이 확인된 균주들을 nutrient broth (Oxoid Ltd., Hampshire, England)에 접종, 배양하여 현탁액 1 mL당 DMSO(dimethylsulfoxide)를 90 μL 가하여 냉동 보관용 시험관에 채워 드라이 아이스에서 동결시킨 후 약 -80°C 냉동고에 보관하면서 사용하였다. Master plate에 배양한 균주를 25 mL의 2.5% nutrient broth에 접종하여 37°C, 200rpm으로 약 10시간 진탕 배양(Vision Scientific Co., Korea) 한 후 시험에 사용하였다.

대사활성계(S9 mix)와 양성대조물질의 조제

간 균질액(S9 fraction)은 Maron과 Ames의 방법[13]에 따라 조제한 것(단백질함량 22.5 mg/mL 함유, Oriental Yeast Co., Lot No. 00042101, Tokyo, Japan)을 사용하였다. S9 mix는 상기 S9 fraction과 시판 cofactor(Wako Co., Lot No. 999902, Tokyo, Japan)로 조제하였다. S9 mix 1 mL중의 조성은 8 μmol $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, 33 μmol KCl, 5 μmol G-6-P, 4 μmol NADPH, 4 μmol NADH, 100 μmol sodium phosphate buffer(pH7.4) 및 45 μL S9 fraction으로 하여 단백질 함량을 1.6 mg/mL 되게 조제하였다. 처리 농도는 0.5 mL/plate로 하였으며, S9 mix의 활성은 2-AA의 돌연변이 유발로 확인하였다.

양성 대조물질로 sodium azide(SA, Sigma-Aldrich Cheme Gmbh, Inc., Steinheim, Germany)는 증류수에 용해하였으며, 4-nitroquinoline-1-oxide(4NQO, Sigma-Aldrich Cheme Gmbh, Inc., Steinheim, Germany), 9-aminoacridine(9-AA, Sigma-Aldrich Cheme Gmbh, Inc., Steinheim, Germany) 및 2-aminoanthracene(2-AA, Sigma-Aldrich Cheme Gmbh, Inc., Steinheim, Germany)는 증류수 또는 DMSO(Aldrich Chemical Co., Inc., Milwaukee, USA)에 용해하여 각 시험균주의 특성에 맞추어 사용하였다.

Plate의 제작, 배양 및 colony수 계수

시험물질의 처리는 각 농도군 당 2개 plate를 사용하여 direct plate incorporation 방법[8]으로 하였다. 복귀돌연변이 시험은 *S. typhimurium* 균주를 nutrient broth에 하룻밤 동안 배양하여 대수기(2×10^9 cells/mL)상태에 이르도록 한 배양액 0.1 mL에 시험물질의 멸균증류수 현탁액 0.1 mL, S-9 mixture(또는 0.2M Na-Phosphate buffer) 0.5 mL를 혼합하여 Histidine/biotin을 함유한 top agar 2.0 mL에 섞은 후 이를 minimal glucose agar배지에 부어 고화시킨 다음 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 복귀돌연변이 집락수를 계수하였다. 음성 대조군은 각 증류수 100 μL, 그리고 양성 대조군은 대사활성계 미적용시 SA, 4-NQO 및 9-AA를, 대사활성계 적용시 2-AA를 각각 100 μL씩 가하여 같은 방법으로 실시하였다. 시험결과는 각 농도군 당 3 plate로부터 얻은 colony수의 평균과 표준편차로 나타내었고 복귀돌연변이 colony수가 농도의존

성을 보이면서 용매대조군의 2배 이상인 경우를 양성으로 하였다. 또한 실험에 사용된 시료와 돌연변이 유발물질의 농도는 예비실험을 통해 결정하였다.

Table 1. Yield of concentrated extracts from 20 kGy-irradiated and nonirradiated samples

sample	Water soluble fraction (g/100 g)	
	20 kGy-irradiated sample	nonirradiated sample
Kanjang	26.0	24.8
Doenjang	21.2	18.6
Kochujang	24.1	21.4
Chungkukjang	17.3	15.3

결과 및 고찰

장류 추출물의 수율

감마선 조사 및 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장 물 추출 분획의 수율은 Table 1과 같다. 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장은 각각 24.8, 18.6, 21.4, 15.3 g/100 g 이었으나 감마선 조사된 시료는 26.0, 21.2, 24.1, 17.3 g/100 g 인 것으로 보아 감마선 조사에 의해 수득율이 다소 증가됨을 알 수 있었다. 이는 Kim 등[14]의 감마선 조사에 의해 한방약재의 수득율이 증가되었다는 보고와 일치하는 결과였다.

Ames test에 의한 방사선 조사된 장류의 돌연변이 유발능

Table 2. Revertant colonies in *S. typhimurium* reversion assay with water-soluble fraction of nonirradiated and 20 kGy-irradiated *Kanjang*

Test material	Dose. (μg/plate)	S-9	Gamma irradiation[1]	No. of revertant colonies (His+) per plate			
				TA98	TA100	TA1535	TA1537
Kanjang	10,000	-	-	36 ± 6	174 ± 11	24 ± 5	9 ± 2
	5,000	-	-	33 ± 4	164 ± 4	23 ± 2	10 ± 3
	2,500	-	-	29 ± 3	173 ± 8	23 ± 5	6 ± 1
	1,250	-	-	30 ± 2	157 ± 13	20 ± 4	7 ± 1
	625	-	-	28 ± 1	143 ± 17	21 ± 3	6 ± 2
	10,000	-	+	30 ± 7	164 ± 13	26 ± 1	12 ± 2
	5,000	-	+	29 ± 2	154 ± 18	21 ± 6	8 ± 2
	2,500	-	+	31 ± 4	163 ± 3	14 ± 1	12 ± 3
	1,250	-	+	26 ± 1	167 ± 5	26 ± 3	9 ± 2
	625	-	+	32 ± 3	155 ± 6	16 ± 4	8 ± 1
	10,000	+	-	36 ± 5	142 ± 12	15 ± 5	12 ± 1
	5,000	+	-	34 ± 3	155 ± 10	24 ± 4	9 ± 2
	2,500	+	-	39 ± 7	143 ± 9	17 ± 8	12 ± 7
	1,250	+	-	32 ± 9	174 ± 11	19 ± 3	11 ± 2
	625	+	-	35 ± 2	159 ± 19	20 ± 5	10 ± 6
	10,000	+	+	38 ± 5	137 ± 19	26 ± 0	8 ± 3
	5,000	+	+	37 ± 8	159 ± 27	29 ± 7	9 ± 6
	2,500	+	+	36 ± 5	155 ± 34	19 ± 6	11 ± 2
	1,250	+	+	38 ± 3	147 ± 29	21 ± 6	12 ± 7
	625	+	+	31 ± 7	143 ± 25	17 ± 3	10 ± 3
H_2O		-		33 ± 2	161 ± 18	20 ± 1	7 ± 1
4NQO[2]	0.5	-		339 ± 46			
SA[3]	0.5	-			395 ± 62	231 ± 51	
9-AA[4]	50	-					723 ± 101
2-AA[5]	0.4	+		149 ± 26	193 ± 31		
	2	+				187 ± 4	90 ± 5

[1]Irradiation(20 kGy of Co-60 gamma-ray) was treated to the test material before extraction.
Each value represents the mean ± SD of three plates and expressed of revertant colonies per plate.
[2]4-Nitroquinoline-1-oxide (4NQO), [3]Sodium azide (SA), [4]9-Aminoacridine (9-AA) and [5]2-Aminoanthracene (2-AA) were used as positive controls for the corresponding strains.

Table 3. Revertant colonies in *S. typhimurium* reversion assay with water-soluble fraction of nonirradiated and 20 kGy-irradiated *Doenjang*

Test material	Dose. (μg/plate)	S-9	Gamma Irradiation[1)]	No. of revertant colonies (His+) per plate			
				TA98	TA100	TA1535	TA1537
Doenjang	10,000	-	-	39 ± 4	172 ± 18	25 ± 7	7 ± 2
	5,000	-	-	40 ± 1	184 ± 6	23 ± 4	9 ± 2
	2,500	-	-	35 ± 1	167 ± 14	26 ± 6	10 ± 3
	1,250	-	-	33 ± 5	142 ± 7	22 ± 5	8 ± 1
	625	-	-	28 ± 2	166 ± 3	23 ± 1	7 ± 2
	10,000	-	+	40 ± 6	167 ± 7	25 ± 10	8 ± 1
	5,000	-	+	38 ± 2	214 ± 9	26 ± 6	14 ± 1
	2,500	-	+	35 ± 5	179 ± 12	19 ± 8	10 ± 4
	1,250	-	+	36 ± 4	201 ± 25	23 ± 4	5 ± 2
	625	-	+	37 ± 3	165 ± 2	21 ± 5	6 ± 1
	10,000	+	-	41 ± 3	196 ± 12	28 ± 4	11 ± 2
	5,000	+	-	43 ± 2	184 ± 9	29 ± 3	6 ± 3
	2,500	+	-	31 ± 5	157 ± 17	23 ± 4	9 ± 4
	1,250	+	-	43 ± 7	185 ± 5	26 ± 7	8 ± 2
	625	+	-	46 ± 4	169 ± 4	31 ± 5	9 ± 3
	10,000	+	+	44 ± 6	194 ± 16	32 ± 3	14 ± 2
	5,000	+	+	34 ± 3	184 ± 15	24 ± 2	13 ± 1
	2,500	+	+	36 ± 7	155 ± 18	23 ± 1	15 ± 3
	1,250	+	+	26 ± 5	175 ± 22	27 ± 4	12 ± 2
	625	+	+	38 ± 9	184 ± 13	25 ± 2	13 ± 5
H_2O		-		32 ± 4	147 ± 32	18 ± 5	7 ± 6
4NQO[2)]	0.5	-		423 ± 46			
SA[3)]	0.5	-			365 ± 62	312 ± 51	
9-AA[4)]	50	-					723 ± 101
2-AA[5)]	0.4	+		236 ± 31	276 ± 44		
	2	+				645 ± 37	137 ± 21

[1)]Irradiation (20 kGy of Co-60 gamma-ray) was treated to the test material before extraction.
Each value represents the mean ± SD of three plates and expressed of revertant colonies per plate.
[2)]4-Nitroquinoline-1-oxide (4NQO), [3)]Sodium azide (SA), [4)]9-Aminoacridine (9-AA) and [5)]2-Aminoanthracene (2-AA) were used as positive controls for the corresponding strains.

Table 4. Revertant colonies in *S. typhimurium* reversion assay with water-soluble fraction of nonirradiated and 20 kGy-irradiated *Kochujang*

Test material	Dose. (μg/plate)	S-9	Gamma Irradiation[1)]	No. of revertant colonies (His+) per plate			
				TA98	TA100	TA1535	TA1537
Kochujang	10,000	-	-	38 ± 5	172 ± 13	29 ± 8	7 ± 1
	5,000	-	-	37 ± 5	170 ± 5	25 ± 4	4 ± 2
	2,500	-	-	29 ± 8	153 ± 12	20 ± 8	12 ± 3
	1,250	-	-	36 ± 13	144 ± 10	19 ± 6	8 ± 1
	625	-	-	34 ± 4	164 ± 2	13 ± 3	6 ± 1
	10,000	-	+	35 ± 2	171 ± 8	24 ± 4	10 ± 3
	5,000	-	+	37 ± 6	168 ± 5	30 ± 11	5 ± 2
	2,500	-	+	38 ± 5	157 ± 14	20 ± 9	8 ± 3
	1,250	-	+	36 ± 7	141 ± 6	17 ± 3	7 ± 1
	625	-	+	21 ± 10	142 ± 11	18 ± 4	5 ± 2

Table 4. Continued

Test material	Dose. (μg/plate)	S-9	Gamma Irradiation[1)]	No. of revertant colonies (His+) per plate			
				TA98	TA100	TA1535	TA1537
Kochujang	10,000	+	-	38 ± 3	167 ± 1	29 ± 2	9 ± 2
	5,000	+	-	35 ± 2	184 ± 7	34 ± 4	8 ± 3
	2,500	+	-	33 ± 4	149 ± 9	25 ± 1	6 ± 4
	1,250	+	-	29 ± 2	184 ± 10	27 ± 4	3 ± 4
	625	+	-	28 ± 3	157 ± 7	24 ± 2	7 ± 2
	10,000	+	+	30 ± 4	166 ± 4	23 ± 3	8 ± 3
	5,000	+	+	38 ± 5	172 ± 7	22 ± 3	7 ± 5
	2,500	+	+	30 ± 2	166 ± 3	16 ± 1	8 ± 2
	1,250	+	+	28 ± 2	17 ± 12	25 ± 2	4 ± 3
	625	+	+	37 ± 5	188 ± 10	27 ± 5	6 ± 1
H_2O		-		22 ± 5	138 ± 27	12 ± 3	5 ± 1
4NQO[2)]	0.5	-		512 ± 36			
SA[3)]	0.5	-			437 ± 52	472 ± 48	
9-AA[4)]	50	-					627 ± 84
2-AA[5)]	0.4	+		356 ± 42	474 ± 28		
	2	+				337 ± 58	638 ± 85

[1)]Irradiation (20 kGy of Co-60 gamma-ray) was treated to the test material before extraction.
Each value represents the mean ± SD of three plates and expressed of revertant colonies per plate.
[2)]4-Nitroquinoline-1-oxide (4NQO), [3)]Sodium azide (SA), [4)]9-Aminoacridine (9-AA) and [5)]2-Aminoanthracene (2-AA) were used as positive controls for the corresponding strains.

Table 5. Revertant colonies in *S. typhimurium* reversion assay with water-soluble fraction of nonirradiated and 20 kGy-irradiated *Chungkukjang*

Test material	Dose. (μg/plate)	S-9	Gamma Irradiation[1)]	No. of revertant colonies (His+) per plate			
				TA98	TA100	TA1535	TA1537
Chung-kukjang	10,000	-	-	39 ± 3	170 ± 12	30 ± 5	12 ± 2
	5,000	-	-	40 ± 8	161 ± 11	29 ± 7	5 ± 1
	2,500	-	-	41 ± 6	186 ± 6	27 ± 3	8 ± 2
	1,250	-	-	38 ± 1	159 ± 2	22 ± 3	7 ± 1
	625	-	-	34 ± 7	162 ± 3	20 ± 2	6 ± 2
	10,000	-	+	42 ± 7	175 ± 3	28 ± 4	6 ± 2
	5,000	-	+	43 ± 2	183 ± 5	26 ± 3	5 ± 1
	2,500	-	+	38 ± 4	213 ± 1	30 ± 1	7 ± 2
	1,250	-	+	41 ± 2	132 ± 11	25 ± 5	7 ± 2
	625	-	+	33 ± 8	151 ± 12	25 ± 2	8 ± 1
	10,000	+	-	39 ± 3	182 ± 13	27 ± 9	6 ± 2
	5,000	+	-	42 ± 2	157 ± 7	39 ± 10	13 ± 5
	2,500	+	-	43 ± 3	149 ± 15	31 ± 5	9 ± 4
	1,250	+	-	42 ± 6	175 ± 9	32 ± 9	8 ± 6
	625	+	-	31 ± 4	177 ± 12	28 ± 11	9 ± 3
	10,000	+	+	41 ± 5	178 ± 6	33 ± 12	10 ± 3
	5,000	+	+	44 ± 2	154 ± 12	32 ± 6	11 ± 5
	2,500	+	+	40 ± 7	180 ± 6	31 ± 4	8 ± 6
	1,250	+	+	35 ± 3	143 ± 4	27 ± 11	7 ± 2
	625	+	+	38 ± 6	159 ± 7	37 ± 3	8 ± 6

Table 5. Continued

Test material	Dose. (μg/plate)	S-9	Gamma Irradiation[1)]	No. of revertant colonies (His+) per plate			
				TA98	TA100	TA1535	TA1537
H_2O		-		35 ± 4	178 ± 8	22 ± 5	4 ± 2
4NQO[2)]	0.5	-		267 ± 63			
SA[3)]	0.5	-			379 ± 48	468 ± 49	
9-AA[4)]	50	-					612 ± 85
2-AA[5)]	0.4	+		279 ± 37	365 ± 25		
	2	+				384 ± 53	578 ± 75

[1)]Irradiation (20 kGy of Co-60 gamma-ray) was treated to the test material before extraction.
Each value represents the mean ± SD of three plates and expressed of revertant colonies per plate.
[2)]4-Nitroquinoline-1-oxide (4NQO), [3)]Sodium azide (SA), [4)]9-Aminoacridine (9-AA) and [5)]2-Aminoanthracene (2-AA) were used as positive controls for the corresponding strains.

감마선 조사 및 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장의 현탁액을 첨가하였을 때 *Salmonella typhimurium* TA98, 100, 1535 및 1537에 대한 복귀변이 집락수를 조사한 결과는 Table 2~5와 같다. 감마선 조사 및 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장의 예비시험결과에 따라 모든 시료는 10,000 μg/plate를 최고 농도로 설정하여 실험을 수행하였고, 시험에 사용한 4개 균주의 생균수는 흡광도에 의한 측정 결과 $1.0\sim1.8\times10^9$/mL로 적정 수준이었다. 각 시험에서 음성대조군의 복귀 돌연변이 집락수는 문헌치[13)]의 범위 이내였으며 양성대조 화합물에 의해 복귀돌연변이 집락수가 현저히 증가하여 본 실험이 적합하게 행하여졌음을 알 수 있었다. 먼저 대사활성 부재시의 경우, 감마선 조사한 간장, 된장, 고추장, 청국장의 물분획 추출물은 모든 시험균주에서 시험적용 농도인 10,000 μg/plate 까지의 농도에서 복귀변이 집락수의 농도 의존적인 증가 혹은 감소를 보이지 않았으며 용매대조구와 비교해서도 차이를 보이지 않았다. 한편, 고농도구에서 약간의 집락수가 감소한 것은 시험물질의 입자들에 의한 집락형성의 방해에 기인하는 것으로 생각되며 이와 같은 현상은 감마선 조사시료와 대조시료 모두에게서 나타났다.

대사활성계를 도입한 즉 S-9 mixture를 첨가한 상태에서도 역시 이들 시험물질에 대해 *S. typhimurium*을 이용한 복귀돌연변이 시험을 수행한 결과 각각의 시험적용농도에서 복귀변이 집락수의 증가를 보이지 않았다.

일반적으로 돌연변이원성의 판정은 음성대조구 복귀변이 집락수의 2배 이상인 경우를 양성으로 하므로 본 실험의 감마선 조사한 시료 및 조사하지 않은 시료에 대하여 전 시험적용농도에서 복귀변이를 유발하지 않는 것으로 보아 감마선 조사에 의한 돌연변이원성은 없는 것으로 판단되었다. 따라서 고선량으로 감마선 조사된 장류가 직접변이원이나 간접변이원으로 작용하지 않음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 유전독성학적 변이원성시험에서 쇠고기의 감마선 조사가 돌연변이를 유발하지 않았다는 Mittler[15)]와 강 등[16)]의 결과와 감마선 조사한 생약재가 유전독성학적으로 안전하다는 조 등[17)]의 보고와도 잘 일치하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

국문요약

우리나라 전통 장류인 간장, 된장, 고추장, 청국장의 위생화를 위한 방사선 조사기술의 이용 가능성을 검토할 목적으로 방사선 조사를 실시한 후 유전독성학적 안전성 실험의 일환으로 Ames test를 실시하였다. 감마선 조사 및 비조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장 물추출 분획의 *Salmonella typhimurium* TA98, TA100, TA1535 및 TA1537에 대한 복귀변이 집락수를 조사한 결과, 대사활성계 도입 및 부재시 모두, 모든 시험균주에서 시험적용 농도인 10,000 μg/plate까지의 농도에서 복귀변이 집락수의 농도 의존적인 증가 혹은 감소를 보이지 않아 20 kGy의 고선량 감마선 조사된 간장, 된장, 고추장, 청국장은 돌연변이원성이 없는 것을 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 regula- ting 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. Maron, D.M. and Ames, B.N.: Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **113**, 173-215 (1983).
14. Kim, M.J., Yook, H.S. and Byun, M.W.: Effects of gamma irradiation on microbial contamination and extraction yields of Korean medicinal herbs, *Radiation Physics and Chemistry*, **57**, 55-58 (2000).
15. Mittler, S.: Failure of irradiated beef and ham to induce genetic aberrations in drosophila. Int. *J. Radiation Biology,* **35**, 583-588 (1979).
16. 강일준, 곽희진, 이병훈, 김광훈, 변명우, 육홍선: 감마선조사 쇠고기의 유전독성 및 급성독성학적 안전성평가. 한국식품영양과학회지, **30**, 775-780 (1998).
17. 조성기, 육홍선, 변명우: 복귀돌연변이시험을 이용한 감마선조사 생약재의 안전성에 관한 유전독성학적 평가, 한국식품영양과학회지, **26**, 958-964 (1997).