

감마선조사 새우젓의 유전독성학적 안전성평가

강일준 · 정차권 · 이영숙 · 오성훈* · 변명우**

한림대학교 생명과학부, *안산공과대학 식품공업과, **한국원자력연구소

Genotoxicological Safety of Gamma Irradiated Salted and Fermented Shrimp

Il-Jun Kang, Cha-Kwon Chung, Young-Sook Lee, Sung-Hoon Oh* and Myung-Woo Byun**

Division of Life Sciences, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea

*Department of Food Engineering, Ansan College of Technology, Ansan 425-792, Korea

**Team for Radiation Food Science & Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon 305-600, Korea

Abstract

Gamma irradiation at 20 kGy was applied to salted and fermented shrimps to evaluate its possible genotoxicity. The genotoxicity of irradiated salted and fermented shrimps was evaluated by *Salmonella typhimurium* reversion assay, chromosomal aberration test and *in vivo* micronucleus assay. The results were negative in the bacterial reversion assay with *S. typhimurium* TA98, TA100. No mutagenicity was detected in the assay both with and without metabolic activation. In chromosomal aberration tests with CHL cells and *in vivo* mouse micronucleus assay, no significant difference in the incidences of chromosomal aberration and micronuclei was observed between nonirradiated and 20 kGy-irradiated salted and fermented shrimps. These results indicate that salted and fermented shrimps irradiated at 20 kGy did not show any genotoxic effects under these experimental conditions.

Key words : gamma irradiation, salted and fermented shrimps, genotoxicity

서론

방사선 조사식품의 건전성에 관해서는 1980년 “평균 10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적으로 안전하며, 영양학적으로도 문제가 되지 않는다”고 결론을 지었다(1). 그러나 한편으로는 다양한 선량의 범위에서 몇몇 식품에서 관찰된 특정 성분의 함유량 감소나 특유한 방사선 분해물의 생성 유무로, 조사식품을 일반식품으로 사용하는 것에 대한 부적합성과 관련하여 찬반의

논란이 끊임없이 이어져왔다. 이에 대해 전문가들은 특정 영양소의 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 줄어들었다고 한다(2-4). 따라서, 현재 많은 국가들이 조사식품을 상업화하고 있으며, 조사식품의 실용화에 소비자의 신뢰를 단계적으로 쌓아가고 있는 동시에 정부차원에서 조사식품 품목을 추가시키는 노력을 더해가고 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

Corresponding author : Il-Jun Kang, Division of Life Sciences, Hallym University, 1 Okchon-Dong, Chunchon, 200-702, Korea
E-mail : ij kang@sun.hallym.ac.kr

있는 이점 때문에 향후 식품업계에서의 감마선 조사 활용은 점차 늘어날 것으로 기대된다(5).

한편, 젓갈은 현재까지 전승되어 온 전통 수산물식품으로서 그 종류가 145여종에 달하며, 우리의 식생활 문화에서 안정된 소비 수요를 유지하고 있다(6). 현재 우리나라에서 생산되고 있는 젓갈은 16,000톤 이상으로 이 중 새우젓이 차지하는 비율은 약 30% 정도로 중요한 위치를 점하고 있다(7). 그러나 현재 시중에 유통되고 있는 새우젓은 제조시기에 따라 다르기는 하나 젓갈 제조 시 부패 미생물의 생육을 방지하기 위해 과량의 염(약 25~40%)을 첨가하기 때문에 식염의 함량이 지나치게 높아 건강상 또는 현대인의 기호상 부응하기 어려운 실정에 있다(8). 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 식염함량을 낮추고 재래식 젓갈에 비하여 풍미 등 기호면에서 손색이 없는 저염 젓갈 제조에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 저염 젓갈은 유해 세균의 발육에 의한 위해 가능성이 있으므로 젓갈에 존재하는 유해가능 세균의 사멸이 필요하다(9). 현재까지 저자들은 고품질의 저염 새우젓을 개발하기 위하여 최적 숙성 직전에 방사선을 조사하여 숙성 중에 급격히 증가하는 미생물을 효과적으로 제어할 수 있는 제조방법을 제시한 바 있으며, 또한 이들의 미생물학적, 이화학적 안전성도 확인하였다(10,11).

따라서 본 연구에서는 새우젓의 위생화 및 저염제품화를 위한 감마선 조사기술의 이용 가능성과 이들의 안전성을 확보할 목적으로 실제 이용가능 선량보다 2배 높은 20 kGy의 감마선조사 새우젓의 유전독성학적 안전성 평가를 실시하였다.

재료 및 방법

시료 및 방사선 조사

실험에 사용한 새우젓은 전북 군산어시장에서 어획 즉시 빙장한 선도 좋은 젓새우를 구입하여 3%의 식염수로 깨끗이 세척하였다. 세척이 끝난 새우는 20%의 식염농도가 되도록 식염을 혼합하여 전보(8)와 같이 제조, 발효하여 사용하였다. 제조한 새우젓시료는 500 g씩 분취하여 polyethylene 비닐 팩에 포장한 후 한국원자력연구소의 Co-60 감마선조사시설을 이용하여 실온(12±1°C)에서 분당 70 Gy의 선량율로 20 kGy를 조사하였으

며, ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하여 총 흡수선량을 확인하였다. 총 흡수선량의 오차는 ±0.2 kGy이었다. 감마선 조사된 시료는 비조사구와 함께 냉장저장하면서 무균상태에서 homogenizer(polytron 294, Switzerland)로 균질화 한 다음 안전성 평가시험을 실시하였다.

복귀돌연변이 시험

시험에 사용된 균주는 *Salmonella typhimurium* LT2를 친주로 하는 *S. typhimurium* TA98, TA100로 국립보건안전연구원으로부터 분양 받아 계대 보존하여 사용하였다. 이들 균주는 사용에 앞서 histidine 요구성, crystal violet 감수성, ampicillin 내성, spontaneous 복귀변이 수등을 확인하였다. 이들 균주는 nutrient broth에 하룻밤 동안 배양하여 대수기(2×10^9 cells/mL) 상태에 이르도록 한 다음 배양액 0.1ml에, 시험물질(20 kGy 조사새우젓) 0.1ml, S-9 mixture(또는 0.2 M Na-Phosphate buffer) 0.5ml을 혼합하여 37°C에서 30분간 pre-incubation하였다. Histidine/biotin을 함유한 top agar 2.5ml을 가하여 minimal glucose agar배지에 부어 고화시킨 다음 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 복귀돌연변이 집락을 계수하였다. 양성대조물질로는 2-aminofluorene(2-AF), 2-nitrofluorene(2-NF), N-methyl-N'-nitrosoguanidine(MNNG)을 각 시험균주의 특성에 맞추어 사용하였다(12).

소핵시험

ICR 마우스(웅성; 5~6주령)를 사용하여 약 1주일간의 순화기간을 거친 후 시험물질(20 kGy 조사새우젓)을 투여하였다. 투여량은 예비시험으로부터 경구투여가 가능한 최고농도를 고용량으로 설정하였고, 이를 1/2로 희석하여 저용량으로 하였다. 시험최고 농도는 kg당 2,500mg이었으며, 검체 균질액을 24시간 간격으로 2회 경구투여하고, 마지막 투여 후 24시간이 경과한 후, Hayashi(13)의 방법에 준하여 acridine orange 용액 (0.5 mg/ml)을 slide glass에 도포하여 공기 중에 건조시킨 다음, 마우스의 골수로부터 채취한 혈액 약 5 μ l를 slide glass위에 떨어뜨리고 cover glass로 덮었다. 세포를 고정시킨 후 형광현미경 하에서 마우스 1 마리당 1,000개의 망상적혈구(reticulocyte; RET)를 관찰하여 그 중에서 초록색 형광을 띠는 소핵을 가진 망상적혈구 (micronucleated reticulocyte; MNRET)를 측정하여 소핵생성 빈도를 계산하였다.

포유류의 배양세포를 이용한 염색체 이상 시험

Chinese hamster lung(CHL) fibroblast를 사용하여 20 kGy 조사새우젓의 염색체 이상시험을 실시하였다(14). 배지는 minimal essential medium에 fetal bovine serum을 5%되게 첨가하여 사용하였으며, 음성대조물질로는 시험물질의 용매인 phosphate buffered saline(pH 7.4)을, 양성대조물질로는 대사활성 조건하에서는 benzo(α)pyrene을 dimethylsulfoxide에 용해시켜 사용하였으며, 대사활성 부재 하에서는 mitomycin C를 멸균증류수에 용해시켜 사용하였다. 먼저 본 시험에 적용하기 위한 50% 증식 억제농도를 추정한 다음, 이 농도를 기준으로 공비 2로 3단계의 농도를 설정하여 본 실험을 하였다. 즉, S-9 mixture (20%, v/v), 시험물질 및 양성대조물질이 포함된 배양액으로 6시간 배양한 후 보통의 배양액으로 교환하여 16시간 동안 더 배양한 후 colcemid를 처리한 다음 0.05% trypsin-EDTA로 세포를 모아 염색체이상 시험을 위한 표본을 제작하였다. 염색체이상시험 결과의 판정은 광학 현미경하에서 1000배의 배율로 각 시험군당 100개의 잘 퍼진 분열 중기 상을 관찰한 다음 처리군에 대한 구조이상의 총 출현빈도를 음성(-): 5% 미만, 의양성(\pm): 5% 이상 10% 미만, 양성(+): 10% 이상의 기준에 따라 판정하였다.

결과 및 고찰

감마선조사 새우젓의 복귀돌연변이원성

S. typhimurium TA98과 TA100 균주의 복귀돌연변이 시험으로 감마선조사 새우젓(20 kGy)의 돌연변이원성을 검증하였다. 예비시험결과에 따라 시료는 10 mg/plate를 최고농도로 설정하여 본시험을 수행하였다. 즉, 새우젓 균질액의 농도에 의한 생장억제 농도를 찾아 50%의 균주생장억제를 나타내는 농도를 최고농도(10 mg/plate)로 하여 2배수로 희석하면서 시험을 실시하였다.

감마선 조사 및 비조사 새우젓의 균질액을 첨가하였을 때 *S. typhimurium* TA 98, TA100에 대한 복귀변이 집락수를 조사한 결과는 Table 1과 같다. Maron 등(12)에 의하면 자연 복귀돌연변이에 의한 음성대조군의 균주 집락수는 TA98의 경우 30~50개 정도, TA100은 120-200개 정도로 나타난다고 하여 본 시험의 음성대조군(0 mg/plate, D.W) 결과와 잘 일치함을 알 수 있었다.

또한 양성대조물질에 대한 복귀돌연변이 집락수가 현저하게 증가되어 나타남으로서 본 실험이 적합하게 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

Table 1. Salmonella typhimurium reversion assay with gamma irradiated salted and fermented shrimp

Test sample	Conc. (mg/plate)	S-9 mix	No. of His+ revertants per plate ¹⁾	
			TA98	TA100
0 kGy	10.0	+	36 \pm 2	104 \pm 16
	5.0	+	35 \pm 7	154 \pm 18
	1.0	+	42 \pm 8	126 \pm 11
	0.5	+	45 \pm 4	149 \pm 11
	0.1	+	33 \pm 9	130 \pm 2
	0	+	31 \pm 6	131 \pm 2
	10.0	-	39 \pm 3	112 \pm 11
	5.0	-	39 \pm 8	146 \pm 26
	1.0	-	43 \pm 3	131 \pm 13
	0.5	-	32 \pm 2	152 \pm 16
	0.1	-	38 \pm 3	164 \pm 14
	0	-	40 \pm 3	158 \pm 16
	20 kGy	10.0	+	46 \pm 6
5.0		+	37 \pm 8	122 \pm 25
1.0		+	41 \pm 12	161 \pm 9
0.5		+	43 \pm 6	135 \pm 17
0.1		+	39 \pm 16	142 \pm 11
0		+	41 \pm 14	128 \pm 17
10.0		-	42 \pm 3	129 \pm 12
5.0		-	41 \pm 8	131 \pm 16
1.0		-	37 \pm 3	127 \pm 13
0.5		-	40 \pm 13	148 \pm 18
0.1		-	44 \pm 4	124 \pm 14
0		-	40 \pm 7	116 \pm 15
2-AF ²⁾		0.01	+	2334 \pm 88*
2-NF	0.01	-	2648 \pm 311*	ne ³⁾
MNNG	0.01	-	ne	1088 \pm 34*

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

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

³⁾ Not examined.

* Significantly different from the control(p<0.01).

감마선 조사된 새우젓(20 kGy)에 대한 실험결과를 살펴보면 우선 대사활성 부재시의 경우, 시험적용 농도인 0.1~10 mg/plate의 범위에서 복귀변이 집락수가 40개(TA98) 및 130개(TA100) 전후로 농도 의존적인 증가 혹은 감소를 보이지 않았으며 음성대조군(0 mg/plate,

D.W.)과 비교해서도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 대사활성계를 도입한 즉 S-9mixture를 가한 상태에서 복귀돌연변이 시험을 수행한 결과에서도 감마선 조사된 새우젓(20 kGy)은 각각의 시험적용 농도에서 복귀변이 집락수의 증가를 보이지 않았다.

일반적으로 돌연변이원성의 판정은 음성대조군 복귀변이 집락수의 2배 이상인 경우를 양성으로 한다(15). 예를 들어 TA98의 양성대조물질로 사용한 2-AF 및 2-NF는 각각 50배 이상의 복귀변이 집락수의 증가를 보여 강한 돌연변이원성을 나타낸 반면, 시험물질로 사용한 20 kGy조사 새우젓은 전 시험적용농도에서 복귀변이를 유발하지 않는 것으로 보아 γ 선 조사에 의한 직접적 또는 간접적 돌연변이원성이 없는 것으로 판단되었다.

감마선조사 새우젓의 소핵 유발능

소핵은 polychromatic erythrocytes에서 관찰되는 과립 즉 Howell-Jolly body로 혈액학자들에 의해 알려졌으며 염색체 상해와 관련되어 세포핵으로부터 나오는 것으로 생각되고 있다. 인위적인 소핵유발은 감마선이나 fast neutron으로 조사된 콩의 뿌리에서 관찰되었으며 그후 유전독성학적 안전성을 검색하기 위하여 설치류의 골수에서 소핵형성 시험이 이용되기 시작하였다. 소핵시험은 clastogen뿐만 아니라 spindle 형성에 영향을 주는 물질도 검색할 수 있는 유전독성의 좋은 지표이며, 돌연변이성 물질을 쉽고 빨리 검색할 수 있는 방법으로 보고되고 있다(16).

In vivo 시험으로 ICR 마우스의 망상적혈구를 이용하여 감마선 조사된 새우젓(20 kGy)의 소핵형성 시험을 수행한 결과는 Table 2와 같다. 본 시험에서도 감마선 조사 새우젓(20 kGy)는 전 시험용량 단계를 걸쳐 소핵을 가진 망상적혈구의 출현율이 음성대조군과 유의한 차이를 나타내지 않았다. 즉, γ 선 조사새우젓(20 kGy)을 시험동물 kg당 1,250-2,500 mg의 범위로 경구투여한 결과 1000개의 망상적혈구중 형성된 소핵은 약 3~4개로 용매 대조군(D.W.)에 비해 소핵발현 빈도가 증가하지 않아, 소핵 형성을 유발시키지 않음을 알 수 있었다. 한편 양성대조물질로 사용한 mitomycin C는 소핵수가 현저히 증가한 27.6개의 소핵빈도를 보여 본 시험이 적합하게 행하여졌음을 알 수 있었다.

Table 2. Frequency of micronuclei from marrow in mice treated with irradiated salted and fermented shrimp¹⁾

Test sample	Dose (mg/kg)	No. of mice tested	MNRET/1,000 RET ²⁾
D.W.		5	3.2 ± 0.9
20 kGy	2,500	5	3.5 ± 1.3
	1,250	5	3.8 ± 0.7
MMC ³⁾	0.5	5	27.6 ± 3.8*

¹⁾ Each value represents the mean ± SD of three plates.

²⁾ MNRET: micronucleated reticulocyte; RET: reticulocyte.

³⁾ Mitomycin C(positive control).

* Significantly different from the control(p<0.01).

감마선조사 새우젓의 염색체이상 유발능

염색체 이상시험은 변이원물질을 검색하기 위한 수단으로 가장 먼저 채택되는 시험법의 하나로 보편적으로 *in vitro*법이 많이 사용되고 있다. 이 시험법은 1970년대 초 schmid에 의하여 제창되어 그 동안 많은 발전을 거듭하였으며 기존의 많은 화학물질에 대하여 실시되어 기초자료가 풍부하고 실험의 재현성도 인정받고 있는 시험법이다(17). 본 연구에서는 보편적으로 사용되고 있는 Chinese hamster lung(CHL) fibroblast 세포를 대상으로 하여 감마선 조사 새우젓(20 kGy)의 유전독성을 평가하였다.

예비독성시험을 수행한 결과 독성을 나타내지 않아, 적용가능한 최고 농도인 5 mg/mL를 시험적용 최고농도로 설정하여 염색체 이상시험을 실시하였다. 즉 Chinese hamster lung (CHL) fibroblast 세포배양에서 50%의 세포 증식 억제를 보인 농도를 최고농도로 설정하여, 염색분체 결손(ctg), 염색분체 절단(ctb), 염색분체 교환(cte), 염색체 결손(csg), 염색체 절단(csb) 및 염색체 교환(cse)의 염색체 이상유무를 측정하였다. 시험적용 농도는 5, 2.5, 1.25 mg/mL 3단계이었으며, 모든 시험농도에서 감마선 조사 새우젓(20 kGy)은 5% 미만의 염색체이상 유발능을 나타내었다(Table 3). CHL세포의 경우 통상 자연발생의 염색체이상을 가진 세포 출현율은 3%를 초과하는 일이 거의 없으므로 5%미만의 염색체이상 평균 출현율을 음성으로 판정한다(14). 따라서 감마선 조사 새우젓(20 kGy)은 5% 미만의 염색체이상 출현능을 보여 대사활성 존재(S9 사용)및 부재하(S9 미사용)에서 본 시험물질은 염색체 이상을 나타내지 않는 것으로 판정되었다(Table 3). 한편, 음성대조군으로 사용한 PBS는 2%의 염색체 이상 유발능을 나타내었으며, 기지의 염색체이상 유발물질을 사용한 양성대조군에서 대사활성 부재하의

mitomycin C는 27%, 대사활성법의 benzo(a)pyrene은 23%의 염색체이상 유발율을 나타내어 일반적인 CHL세포에서의 시험결과와 일치하였다. Renner 등(18)도 마우스와 랫드를 이용한 골수의 염색체이상, 소핵, 골수 및 정원세포에서 조사식품은 자매염색체교환을 일으키지 않았다고 보고하고 있다.

Table 3. Results of chromosomal aberration tests with irradiated salted and fermented shrimp using a Chinese hamster lung cell line

Treatment	Concentration (μg/mL)	With(+) or without(-) S-9 mixture	Frequencies of aberrant cells ⁴⁾						total	
			ctg	ctb	cte	csg	csb	cse		
PBS ¹⁾	-	-	2	0	0	0	0	0	98	100
20 kGy	5000	-	3	0	0	0	0	0	97	100
	2500	-	1	0	0	0	0	0	99	100
	1250	-	2	0	0	0	0	0	98	100
MMC ²⁾	0.2	-	13	5	5	3	1	0	73	100
PES	-	+	2	0	0	0	0	0	98	100
	5000	+	1	2	0	0	0	0	97	100
	2500	+	2	0	0	0	0	0	98	100
	1250	+	1	0	0	0	0	0	99	100
B(a)p ³⁾	50	+	11	6	2	3	1	0	77	100

¹⁾ Phosphate buffered saline(negative control).

²⁾ Mitomycin C(positive control).

³⁾ Benzo(a)pyrene(positive control).

⁴⁾ ctg: chromatid gap, ctb: chromatid breakage, cte: chromatid exchange, csg: chromosome gap, csb: chromosome breakage, cse: chromosome exchange, nor: normal.

이상과 같이 감마선 조사 새우젓(20 kGy)은 대표적인 *in vitro* 유전독성시험인 *Salmonella typhimurium* 복귀돌연변이 시험 및 염색체이상시험에서 음성을 나타내었고, *in vivo* 유전독성학적 측면에서도 안전하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 방사선 조사식품의 안전성을 평가하는데 있어 복귀돌연변이시험, 염색체 이상시험 및 소핵시험만으로 결론을 내리기에는 부족하지만 본 연구 결과는 장기 독성연구를 수행하기 위한 기초연구로 활용되리라 생각된다.

요 약

새우젓의 위생화 및 저염제품화를 위한 감마선조사기술의 이용 가능성과 이들의 안전성을 확보할 목적으로 실제 이용선량보다 2배 높은 20 kGy의 감마선조사 새우젓의 유전독성학적 안전성 평가를 실시하였다. 감마

선 조사 및 비조사 새우젓의 *S. typhimurium* TA 98, TA100에 대한 복귀변이 집락수를 조사한 결과, 대사활성계 도입 및 부재시 모두 시험적용 농도인 0.1-10 mg/plate의 범위에서 복귀변이 집락수의 농도 의존적인 증가 혹은 감소를 보이지 않아 감마선 조사 새우젓(20 kGy)는 돌연변이원성이 없는 것으로 판단되었다. 또한, 설치류 망상적혈구를 이용하여 감마선 조사된 새우젓의 소핵 형성시험을 수행한 결과, 감마선 조사 새우젓은 시험적용 용량인 1250-2500 mg/kg의 범위에서 소핵을 가진 망상적혈구의 출현율이 음성대조군과 유의한 차이를 나타내지 않아 소핵을 유발하지 않음을 확인하였다. 포유류 배양세포를 이용한 염색체 이상시험에서도 감마선 조사새우젓(20 kGy)은 시험적용 용량에서 염색체이상 유발능이 5% 미만이었다.

감사의 말

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. WHO (1981) Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee on the wholesomeness of irradiated food. Technical Report Series, 659-682
2. Hugo, W.B. (1991) A brief history of heat and chemical preservation and disinfection. *J. applied bacteriology*, 71, 9-18
3. Taub, I.A., Halliday, J.W. and Sevilla, M.D. (1979) Chemical reactions in proteins irradiated at subfreezing temperatures. *Adv. Chem. Ser.*, 180, 109-140
4. Diehl, J.F. (1990) Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker, Inc., New York
5. Urbain, W.M. (1986) Food irradiation. Academic Press, Inc., New York
6. Kim, Y.M. (1996) Processing technique and quality control of fermented seafood. *Bull. Food Technol.*, 9, 65-86
7. Agriculture and fishery annual statistical report (1996)

- Ministry of Agriculture and Forstry
8. Lee, K.H., Ahn, H.J., Lee, C.H., Kim, J.G., Shin, M.G. and Byun, M.W. (2000) Effects of gamma irradiation on quality in the processing of low salted and fermented shrimp. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 430-436
 9. Hur, S.H. (1996) Critical review on the microbiological standardization of salt-fermented fish product. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **25**, 885-891
 10. Lee, K.H., Ahn, H.J., Lee, C.H., Kim, Y.J. and Byun, M.W. (2000) Changes of chemical properties in processing of low salted and fermented shrimp using gamma irradiation immediately before optimum fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **32**, 1051-1057
 11. Ahn, H.J., Lee, C.H., Lee, K.H., Kim, J.H., Cha, B.S. and Byun, M.W. (2000) Processing of low salted and fermented shrimp using gamma irradiation before optimum fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **32**, 1107-1113
 12. Maron, D.M. and Ames, B.N. (1983) Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **113**, 173-215
 13. Hayashi, M. (1991) The micronucleus test. Scientist Press, Inc., Tokyo
 14. Koyama, H., Utakoji, T. and Ono, T. (1970) A new cell line derived from newborn Chinese hamster lung tissue. *Gann*, **61**, 161-167
 15. Ames, B. N., J. McCann and E. Yamasaki (1975) Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella*/mammalian-microsome mutagenicity test. *Mutation Res.*, **31**, 347-364
 16. Hayashi, M., Yoshimura, I., Sofuni, T. and Ishidate, M. Jr. (1989) A procedure for data analysis of the rodent micronucleus test involving a historical control. *Environ Mol Muagen*, **13**, 347-356
 17. Wakata, A. and Sasaki, M.S. (1987) Measurement of micronuclei by cytokinesis-block method in cultured Chinese hamster cells: Comparison with types and rates of chromosome aberrations. *Mutation Res.*, **190**, 51-57
 18. Renner, H.W. (1977) Chromosome studies on bone marrow cells of Chinese hamsters fed a radiosterilized diet. *Toxicology*, **8**, 213-222
-
- (접수 2001년 4월 21일)