

감마선조사에 의한 당귀와 알로에의 위생화 및 안전성 평가

강일준¹ · 이수용² · 이상준³ · 김광훈⁴ · 이병훈[#]

¹한림대학교 식품영양학과, ²한림대학교 환경·생명과학연구소
³강원대학교 농화학과, ⁴그린피아기술 주식회사, [#]원광대학교 약학대학

Hygienic Quality and Safety of Gamma Irradiated *Angelicae Gigantis Radix* and *Aloe*

Il-Jun Kang¹, Sooyong Lee², Sang-Jun Lee³, Kwang-Hoon Kim⁴ and Byung-Hoon Lee[#]

¹Department of Food Science and Nutrition, Hallym University

²Institute of Environment and Life Sciences, Hallym University

³Department of Agricultural Chemistry, Kangwon National University

⁴Greenpia Tech. Inc., [#]College of Pharmacy, Wonkwang University

(Received January 23, 1997)

(Accepted March 16, 1997)

ABSTRACT : Gamma irradiation was applied to *Angelicae gigantis radix* and *Aloe* to improve their hygienic quality. The effective dose of irradiation was 7 kGy in *Angelicae gigantis radix* and 5 kGy in *Aloe* for the sterilization of all contaminated microorganisms tested. After 8 months of storage at room temperature, no growth of microorganisms was observed in the irradiated products. The safety of these products were evaluated by *Salmonella typhimurium* reversion assay and *in vivo* micronucleus assay using mouse bone marrow cells. They were negative in the bacterial reversion assay with *S. typhimurium* TA 98, TA100, TA1535 and TA1537. In the *in vivo* mouse micronucleus assay, they did not show any clastogenic effect at all doses tested. These results indicate that the gamma irradiation of *Angelicae gigantis radix* at 12 kGy and of *Aloe* at 10 kGy have no genotoxic effects under these experimental conditions.

Key Words : Gamma irradiation, *Angelicae gigantis radix*, *Aloe*, Antimicrobial activity, *S. typhimurium* reversion assay, Micronucleus assay

I. 서 론

전 세계에서 생산되는 식량의 약 25-50%가 수확 후 세균 및 곰팡이에 의해 부패되거나 충해에 의해 손상되고 있다(WHO, 1988). 이를 통한 식량의 손실은 생산력 저하 등과 같은 경제적인 문제를 초래할 뿐 아니라, 오염된 식품을 섭취함으로써 발생하는 여러 종류의 급·만성질환은 국민 건강과 관련된 많은 사회적인 문제를 야기시켜왔다. 대표적인 예로 aflatoxin B1은 자연계에 널리 기생하는 곰팡이인 *Aspogillus flavus*가 내는 맹독소로서 지금까지 알려진 발암물질중 가장 강력한 간암유발물질의 하나이며, 저장된 옥수수 등 곡류에서 주로 검출되어 인간 및 가축의 건강에 심각한 문제를 가져다주는 물질로 알려져 있다(Brusick, 1994). 이와 같은 문제를 해결하기 위해 개발된 효과적인 식품저장기술로는 발효, 훈연, 건조, 염장, 냉장 등과 같

은 전통적인 방법, 보존제 등의 식품첨가물을 이용한 화학적 처리방법(Hugo, 1991) 그리고 일정한 양의 전리 방사선을 조사하는 식품조사 처리방법 등이 있다.

훈증처리나 보존제 등을 통한 저장방법은 유해성분에 의한 독성 및 발암성 등이 문제시되고, 식품첨가물에 대한 법규의 강화 등으로 그 사용이 세계적으로 점차 금지되거나 제한되고있는 반면, 방사선 조사에 의한 가공방법은 체계적인 연구를 통해 안전성이 입증되어가고 있으며 그 적용범위도 점차 넓어지고 있다(Katusin-Razem, *et al.*, 1989; Ahmed, *et al.*, 1995; Poole, *et al.*, 1994; Thayer and Boyd, 1995). 1980년 FAO/IAEA/WHO의 감마선 조사식품의 안전성에 관한 합동전문가위원회가 10 kGy 이하의 감마선조사식품은 안전성에 문제가 없다고 안전선언을 한 이래로 발암성을 가지는 ethylene oxide(EO) 등에 의한 가스훈연처리의 대체 방법으로 식품조사에 대한 기대가 세계적으로

높아지고 있으며(WHO, 1981) 1988년 12월 86개국이 참가하여 제네바에서 개최된 조사식품의 수용, 관리, 무역에 관한 국제회의에서는 식품조사에 대한 정확한 개념이 정립되었고, 그 안전성이 소비자에 받아들여지는 것이 무엇보다도 중요하며, 이를 위해서는 정확한 정보제공이 필요하다고 결론지었다(IAEA, 1989).

식품에 대한 감마선조사는 살균, 살충, 발아억제, 신선도 유지, 저장기간 연장 등을 목적으로 하며 현재 37개국에서 이를 허가하였고, 이중 25개국이 상업적 규모로 본 기술을 실용화하고 있다. 특히 식품조사에 대해 보수적이었던 영국에서도 약초 및 향신료에 대한 EO 처리 허용기간을 1991년 1월 1일로 종료시키고, 1991년 2월 13일 이후부터 과실류, 구근류, 향신료, 조미료, 생선, 어패류 및 닭고기를 일정 선량까지 조사할 수 있도록 허용하면서 조사식품의 수출입을 허가한 바 있다(IAEA, 1991). 또한 미국 농무성 식품안전검사부에서는 가금육에 대하여 식인성 질병예방을 위하여 1.5-3 kGy의 상업적 조사를 승인하였고(FDA, 1990), Florida의 식품조사 시설에서는 1992년 1월부터 양파, 토마토, 딸기, 오렌지 주스, 버섯 등의 신선 농산물을 대상으로 상업적 조사가 계속되어 조사식품의 시장이 확대되고 있다(Marcotte, 1992; Psczola, 1992).

이처럼 방사선 조사에 의한 식품저장방법이 점차 보편화 됨에 따라 이를 통해 가공된 식품의 안전성에 관한 문제가 계속 제기되고있다. 본 연구에서는 식품의 위생화를 위한 방사선 조사기술의 이용가능성을 검토할 목적으로 한방약재류 및 건강보조식품 중에서 많이 사용되고있는 당귀와 알로에를 대상으로 감마선 조사에 의한 미생물 오염 억제능을 측정하였고 단기검색법을 이용한 유전독성시험을 통하여 이들 시료의 안전성을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시 료

본 연구에 사용한 시료 중 당귀는 1995년도 강원도 농촌진흥원으로부터 수확된 것을 구입하였으며, 알로에 분말은 K식품에서 제조된 것을 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 감마선 조사

시료를 선원 570,000 Ci, ^{60}Co 감마선 조사시설(그린

피아 기술 주식회사 소재)을 이용하여 실온에서 시간당 0.7 kGy의 선량률로 3 kGy-12 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사하였다. 시료의 감마선 조사시, 흡수선량의 오차를 줄이기 위하여 원통형 PVC 용기($\text{Ø}5 \times \text{H}8 \text{ cm}$)를 사용하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였고, 이때 총 흡수선량의 오차는 5% 내외였다. 감마선 조사시료는 비조사 대조시료와 함께 원통형 PVC 용기에 담긴 상태로 실온에 보관하면서 실험에 사용하였다.

3. 미생물 생육시험

각 시료 5 g에 멸균수 95 ml를 가하여 30분간 교반한 뒤 그중 0.2 ml를 취하여 미생물 생육시험을 하였다. American Public Health Association의 표준방법 Speck, 1976)에 따라 호기성 전 세균은 plate count agar를 사용하여 30°C에서 1-2일간 배양한 후 집락을 계수 하였으며, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar를 사용하여 멸균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조절한 후 평판법으로 25°C에서 5-6일간 배양한 후 형성된 집락을 측정하였다(Speck, 1976). 대장균군은 desoxycholate agar를 사용해 pour plate method(Harrigan and McCance, 1976)로 37°C에서 1-2일간 배양한 후 적색의 집락을 계수 하였다.

4. 복귀돌연변이 시험

1) 시험균주

시험에 사용한 균주는 *Salmonella typhimurium* LT2를 친주로 하는 *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535, TA1537로 미국 캘리포니아 대학의 Dr. Ames로부터 입수하였다. 이들 균주는 사용에 앞서 histidine 요구성, crystal violet 감수성, ampicillin 내성, 자발복귀변이 빈도 등을 확인 한 후 사용하였다.

2) S-9 mixture의 조제

한림대학교 실험동물부에서 분양 받은 Sprague-Dawley계 흰쥐(웅성; 6-8주령)에 Aroclor 1254를 500 mg/kg의 용량으로 1회 복강 내 투여하여 4일째에 경추 탈골에 의하여 도살한 후 간을 적출 하였다. 적출한 간 중량의 3배량의 냉각한 0.15 M KCl용액을 넣어 균질화하고 9,000 g에서 10분간 원심분리하여 그 상층액을 S-9 분획으로 하였으며, 이를 이용해 Maron과 Ames의 방법에 따라 S9 mixture를 조제하였다(Maron and Ames, 1983).

3) 복귀돌연변이시험

S. typhimurium 균주를 nutrient broth에 하룻밤 동안 배양하여 대수기(2×10^9 cells/ml) 상태에 이르도록 한 배양액 0.1 ml에, 시험물질의 DMSO현탁액 0.1 ml, S-9 mixture(혹은, 0.2 M phosphate buffer) 0.5 ml을 혼합하여 37°C에서 30분간 preincubation 하였다. Histidine/biotin을 함유한 top agar 2.5 ml을 가하여 minimal glucose agar배지에 부어 고화시키고 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 복귀돌연변이 집락을 계수 하였다(Maron and Ames, 1983). 양성대조물질로는 2-aminofluorene(2AF)와 2-aminoanthracene(2AA)을 각 시험균주의 특성에 맞추어 사용하였다.

5. 소핵시험

1) 실험동물

한림대학교 실험동물부에서 분양 받은 ICR 마우스(웅성; 5-6주령)를 사용하였으며, 동물 입수후 약 1주일 간의 순화기간을 거쳐 건강한 동물만을 시험에 사용하였다. 실험동물은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $55 \pm 5\%$, 조도 300-500 Lux로 12시간 자동 점·소등 장치가 설치되어있는 환경에서 사육하였으며 삼양사의 마우스용 고형사료와 수돗물을 자유로이 공급하였다.

2) 소핵시험

투여량은 검체를 현탁하여 경구투여가 가능한 최고 농도를 고용량으로 설정하였고 이를 1/2로 희석하여 저용량으로 하였다. 검체 현탁액을 24시간 간격으로 2회 경구투여 하고, 마지막 투여 후 24시간이 경과한 후, Schmid(1975)의 방법에 따라 골수세포 표본을 제작하였다. 광학현미경하에서 마우스 1 개체당 1000개의 적혈구에서 다염성적혈구(polychromatic erythrocyte; PCE)와 정염성적혈구(normochromatic erythrocyte; NCE)의 비를 구하고 다시 1000개의 다염성적혈구 중에서 소핵을 갖는 다염성적혈구(micronucleated polychromatic erythrocyte; MNPCE)의 출현빈도를 구하였다.

3) 통계학적 평가

Hayashi등의 방법(1991)에 따라 3단계의 통계처리법을 적용하여 결과를 분석하였다. 1단계에서는 Hayashi 등에 의해 보고된 음성 및 양성대조군에 대한 결과와 비교해 보았고, 2단계에서는 각 처리군의 MNPCE 출현빈도를 음성대조군의 비교자료로부터 추정하여 이항분포를 통하여 검정을 하였으며, 여기에서 유의한

차이를 나타내면 3단계로서 음성대조군과 시험물질처리군의 결과에 대해서 용량반응관계가 있는가를 Cochran Armitage 경향검정을 통하여 추정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시료의 미생물 오염도와 감마선 살균효과

방사능 조사에 의한 미생물 오염 억제능 시험에서 대조검체로 사용한 비조사 당귀의 경우, 호기성 전 세균이 4.0×10^6 CFU/g, 곰팡이가 5.0×10^4 CFU/g, 대장균 군이 1.0×10^6 CFU/g를 나타내어 호기성 전 세균과 식품위생지표 세균인 대장균군의 오염이 심각함을 알 수 있었다. 알로에의 경우에도 호기성 전 세균이 1.0×10^4 CFU/g, 곰팡이가 2.0×10^2 CFU/g, 대장균 군이 5.0×10^2 CFU/g 을 나타내어(Table 1), 현재 저장 유통되는 제품은 상당량의 미생물에 오염되어 있어 장기 안전저장 및 우수한 품질의 가공제품을 생산하기 위해서는 적절한 살균처리방법 등이 절실히 요구됨을 알 수 있었다. 한편, 각 시료의 위생화를 위해 오염유기체에 대한 감마선조사의 살균효과를 살펴본 결과, 당귀의 경우 6 kGy의 선량에서 대장균 군과 곰팡이의 생육을 저해시킬 수 있었으나, 호기성 전 세균은 여전히 검출되어, 그이상의 선량이 요구되었으며, 7 kGy이상에서 모든 미생물들이 검출한계 이하로 사멸됨을 알 수 있었다. 알로에의 경우에는 5 kGy의 감마선 조사에 의해 모든 오염 유기체가 사멸되었다(Table 1).

감마선 조사된 시료를 상온에서 각각 저장하면서 장기저장시험을 실시한 결과, 당귀와 알로에의 비조사 시료는 모두 초기 오염도보다 높거나 유사한 수준으로 계속 오염유기체가 검출되었으나 위생화 살균선량으로 조사된 시료는 저장 8개월까지 전혀 오염유기체가 검출되지 않았다(Table 2).

농가에서의 당귀의 건조방법은 주로 일광노천 건조에 의존하고 있으며, 건조 후에는 보통 마대에 담아 저장하고 있다. 이에 따라 저장 중 대기 환경조건에 의한 흡습 및 탈습, 해충 및 미생물, 특히 곰팡이류의 발생 등으로 품질의 열화와 비위생화를 초래하며, 특히 미생물의 높은 오염은 식품가공의 부원료로 사용시 최종 제품의 미생물학적 안정성에 큰 영향을 줄 수도 있다. 한편, 알로에의 미생물 오염은 생산지에서 수확, 건조 후 분말화공정, 저장, 가공 유통 중에 주로 일어난다. 따라서 감마선 조사는 저장, 유통중 오염유기체의 생육에 의한 품질열화를 방지할 수 있으며, 또한 식품위생상 크게 문제시되는 화학약품처리의 대체방법으로

Table 1. Antimicrobial effects of gamma irradiation in *Angelicae gigantis radix* and Aloe

Microorganisms ^a	Irradiation dose (kGy)						
	0	1.0	2.0	3.0	5.0	6.0	7.0
<i>Angelicae gigantis radix</i>							
Total bacteria	4.0×10^6	5.6×10^5	6.4×10^4	5.8×10^3	8.4×10^2	2.5×10^2	nd ^b
Yeast & mold	5.0×10^4	4.8×10^3	2.8×10^2	nd	nd	nd	nd
Coliforms	1.0×10^6	2.5×10^5	5.7×10^4	3.3×10^3	5.4×10^2	nd	nd
Aloe							
Total bacteria	1.0×10^4	7.3×10^3	8.4×10^2	1.5×10^2	nd	nd	nd
Yeast & mold	2.0×10^2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Coliforms	5.0×10^2	nd	nd	nd	nd	nd	nd

a. Numbers of microorganisms are expressed as CFU/g sample.

b. nd: not detected.

Table 2. Effects of gamma irradiation on the growth of microorganisms during storage at room temperature

Irradiation dose	Microorganisms ^a	Storage period (months)				
		0	1	2	4	8
<i>Angelicae gigantis radix</i>						
0 kGy	Total bacteria	4.0×10^6	4.6×10^6	3.4×10^6	4.5×10^6	8.0×10^6
	Yeast & mold	5.0×10^4	2.7×10^4	5.0×10^4	1.2×10^4	3.0×10^4
	Coliforms	1.0×10^6	2.1×10^6	3.0×10^6	4.0×10^6	2.0×10^6
6 kGy	Total bacteria	2.5×10^2	3.2×10^2	1.0×10^2	1.2×10^2	1.0×10^2
	Yeast & mold	nd ^b	nd	nd	nd	nd
	Coliforms	nd	nd	nd	nd	nd
7 kGy	Total bacteria	nd	nd	nd	nd	nd
	Yeast & mold	nd	nd	nd	nd	nd
	Coliforms	nd	nd	nd	nd	nd
Aloe						
0 kGy	Total bacteria	1.0×10^4	3.5×10^4	3.0×10^4	2.5×10^4	8.0×10^3
	Yeast & mold	2.0×10^2	3.0×10^2	2.0×10^2	2.1×10^2	3.0×10^2
	Coliforms	5.0×10^2	2.7×10^2	4.8×10^2	4.8×10^2	2.0×10^2
6 kGy	Total bacteria	1.5×10^2	1.2×10^2	1.0×10^2	1.5×10^2	1.0×10^2
	Yeast & mold	nd	nd	nd	nd	nd
	Coliforms	nd	nd	nd	nd	nd
7 kGy	Total bacteria	nd	nd	nd	nd	nd
	Yeast & mold	nd	nd	nd	nd	nd
	Coliforms	nd	nd	nd	nd	nd

a. Numbers of microorganisms are expressed as CFU/g sample.

b. nd: not detected.

도 활용될 것으로 사료된다.

2. 유전독성학적 안전성 평가

복귀돌연변이시험에서 당귀와 알로에의 최고농도는 20 mg/plate로 설정하였으며 이는 검체를 DMSO에 현탁하는데 있어서 적용 가능한 최고농도로써, 그 이상의 농도에서는 현탁액의 점도로 인한 조작상의 문제가 있었고, 결과 판독시 plate에서 복귀변이집락과 구별이 불가능하였다. 12 kGy와 10 kGy의 감마선으로 각각 조사한 당귀 및 알로에는 전 농도범위에서 용매대조군과 비교하여 유의한 복귀변이집락수의 증가를 보이지 않았다. 다만 당귀의 경우에는 감마선을 조사한 검체

20 mg/plate에서 TA98에 세포독성을 나타내었으나 그 외의 농도 및 시험균주에서는 세포독성을 보이지 않았다. 한편 감마선을 조사하지 않은 당귀 및 알로에는 시험물질이 미생물로 오염되어 본 시험을 수행할 수 없었으므로 당귀의 TA98에 대한 세포독성이 방사선 조사에 의한 것인지는 확인할 수 없었다(Table 3, 4). 방사선조사 당귀 및 알로에의 소핵시험 결과는 Table 5에 나타내었다. 시험적용 용량인 2,500-1,250 mg/kg의 범위에서 감마선 조사로 처리된 당귀 및 알로에를 투여한 군에서는 조사하지 않은 시료를 투여한 군에 비해 유의성 있는 소핵의 증가를 유발하지 않았으며 PCE와 NCE의 비는 모두 정상수준으로 나타났다.

방사선 조사식품의 안전성을 평가하는데 있어서 복

Table 3. Mutagenic effects of *Angelicae gigantis radix* irradiated with gamma ray at a dose of 12 kGy

Conc. (mg/plate)	S-9	Irradiation	No. of His+ revertants per plate ^a			
			TA98	TA100	TA1535	TA1537
20	+	+	21±6*	106±12	23±5	21±5
6.7	+	+	41±7	122±1	23±9	18±5
2.2	+	+	38±2	146±7	25±7	18±4
0.7	+	+	42±5	150±4	24±2	24±5
0.2	+	+	41±10	139±4	25±4	20±7
0	+	+	46±5	148±9	27±1	19±2
2-AF ^b (0.01)	+		1314±58	1118±84	95±17	ne ^c
2-AA (0.002)	+		ne	ne	ne	107±6
20	-	+	44±3	188±4	22±5	13±2
6.7	-	+	37±10	178±12	23±2	10±3
2.2	-	+	37±1	196±18	15±3	12±3
0.7	-	+	29±3	183±13	17±3	17±8
0.2	-	+	32±2	174±20	18±2	14±2
0	-	+	37±1	185±6	17±1	16±3
2-NF (0.01)	-		2647±408	ne	ne	ne
MNNG (0.01)	-		ne	3751±260	ne	ne
SAZ (0.0005)	-		ne	ne	128±10	ne
9-AA (0.08)	-		ne	ne	ne	586±21

a. Numbers represent the mean SD of three plates

b. 2-AF, 2-aminofluorene; 2-AA, 2-aminoanthracene; 2-NF, 2-nitrofluorene; MNNG, N-methy-N'-nitro-N-nitrosoguanidine; SAZ, sodium azide; 9-AA, 9-aminoacridine were used as positive controls for the corresponding strains.

c. ne, not examined

*significantly different from the control (p<0.05)

Table 4. Mutagenic effects of *Aloe* irradiated with gamma ray at a dose of 10 kGy

Conc. (mg/plate)	S-9	Irradiation	No. of His+ revertants per plate ^a			
			TA98	TA100	TA1535	TA1537
20	+	+	30±7	126±14	22±7	28±6
6.7	+	+	30±5	124±11	16±3	19±5
2.2	+	+	23±4	108±13	25±3	20±9
0.7	+	+	27±4	110±4	19±2	18±6
0.2	+	+	37±6	109±7	25±8	18±6
0	+	+	45±3	115±19	25±5	19±2
2-AF ^b (0.01)	+		1314±58	1118±84	95±17	ne ^c
2-AA (0.002)	+		ne	ne	ne	107±6
20	-	+	31±3	235±10	21±2	48±9
6.7	-	+	25±3	219±11	16±2	40±13
2.2	-	+	27±2	182±28	13±7	36±5
0.7	-	+	39±8	164±6	11±2	35±4
0.2	-	+	31±3	136±11	10±2	37±6
0	-	+	33±4	203±19	19±1	42±3
2-NF (0.01)	-		2647±408	ne	ne	ne
MNNG (0.01)	-		ne	3751±260	ne	ne
SAZ (0.0005)	-		ne	ne	128±10	ne
9-AA (0.08)	-		ne	ne	ne	586±21

a. Numbers represent the mean SD of three plates

b. 2-AF, 2-aminofluorene; 2-AA, 2-aminoanthracene; 2-NF, 2-nitrofluorene; MNNG, N-methy-N'-nitro-N-nitrosoguanidine; SAZ, sodium azide; 9-AA, 9-aminoacridine were used as positive controls for the corresponding strains.

c. ne, not examined

귀돌연변이 시험과 소핵시험만으로는 유전독성에 대한 결론을 내리기에 부족하지만 이 두 가지 시험방법의 조합이 유전독성물질을 스크리닝하는데 있어서 감

도와 선택성이 매우 높은 방법으로 평가받고 있으므로 (Adler, *et al.*, 1989) 본 연구결과는 장기독성연구를 수행하기 위한 기초연구결과로서의 가치가 있다고 사료

Table 5. Frequency of micronuclei in PCEs from bone marrow in mice treated with *Angelicae gigantis radix* or Aloe irradiated with gamma ray

Treatment ^a	Dose (mg/kg)	No. of mice tested	MNPCE/1000 PCE ^b (Mean ± SD)	PCE/PCE+NCE (Mean ± SD)
D.W.		5	2.0 ± 0.8	0.52 ± 0.01
<i>Angelicae gigantis radix</i> (12 kGy)	2500	5	1.6 ± 0.8	0.45 ± 0.02
	1250	5	1.7 ± 0.6	0.53 ± 0.02
Aloe (10 kGy)	2500	5	1.5 ± 1.0	0.51 ± 0.01
	1250	5	1.5 ± 1.0	0.53 ± 0.01
MMC ^c	0.05	5	14.4 ± 3.5	0.56 ± 0.01

a. Animals were treated twice with each compound 24hrs apart. The preparation and staining of bone marrow cells were carried out at 24hrs after the last treatment.

b. MNPCE : Micronucleated polychromatic erythrocytes; PCE : Polychromatic erythrocytes; NCE : normochromatic erythrocytes

c. MMC: mitomycin C

되며 이와 같은 조사식품들의 안전성 평가는 앞으로도 계속해서 체계적으로 이루어져야할 것이다.

감사의 말씀

본 연구는 농림부 농림수산특정연구과제의 일부이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Adler, I.D., Ashby, J. and Wuergler, F.E. (1989): Screening for possible human carcinogens and mutagens: a symposium report, *Mutat. Res.*, **213**, 27-39.
- Ahmed, N.M., Conner, D.E. and Huffman, D.L. (1995): Heat-resistance of *Escherichia coli* O157:H7 in meat and poultry as affected by product composition, *J. Food Sci.*, **60**, 606-610.
- Brusick, D. (1994): *Genetic Toxicology in Principles and Methods of Toxicology*, 3rd Ed. (Hayes, A.W. ed.) Raven Press, Ltd., New York, pp. 545-577.
- FDA (1990): Irradiation of poultry. Federal register, 55:18538.
- Harrigan, W.F. and McCance, M.E. (1976): *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*, Academic Press, London.
- Hayashi, M. (1991): The micronucleus test. *Scientist*, Tokyo.
- Hugo W.B. (1991): A brief history of heat and chemical preservation and disinfection, *J. Appl. Bacteriol.*, **71**, 9-18.
- IAEA (1989): Acceptance, Control, and Trade of Irradiated Food, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA (1991): Food Irradiation Newsletter, Vol. 15, p3.
- Katusin-Razem, B., Razem, D., Matic, S., Mihokovic, V., Kostromin-Soons, N. and Milanovic, N. (1989): Chemical and organoleptic properties of irradiated dried whole egg and egg yolk, *J. Food Prot.*, **52**, 781-786.
- Marcotte, M. (1992): Irradiated strawberries enter the U.S.market, *Food Technol.*, **46**, 80-86.
- Maron, D.M. and Ames, B.N. (1983): Revised methods for the Salmonella mutagenicity test, *Mutat. Res.*, **113**, 173-215.
- Poole, S.E., Mitchell, G.E. and Mayze, J.L. (1994): Low dose irradiation affects microbiological and sensory quality of sub-tropical seafood, *J. Food Sci.*, **59**, 85-87.
- Pszczola, D.E. (1992): Irradiated product reaches midwest market, *Food Technol.*, **46**, 89-92.
- Schmid, W. (1975): The micronucleus test, *Mutat. Res.*, **31**, 9-15.
- Speck, M. (1976): *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, American Public Health Association, Washington, D.C..
- Thayer, D.W. and Boyd, G. (1995): Radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes* on beef as affected by temperature, *J. Food Sci.*, **60**, 237-240.
- WHO (1981): Wholesomeness of irradiated food: Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. WHO Technical Report Series, No.659, World Health Organization, Geneva.
- WHO (1988): Food irradiation. A technique for preserving and improving the safety of food, World Health Organization, Geneva.