

감마선 조사 분말수정과의 저장 중 관능적 품질특성 및 유전독성학적 안전성 평가

이현자·설민숙·박재남¹·김재훈¹·송범석¹·이주운¹·변명우^{1*}
국립한경대학교 영양조리과학과, ¹한국원자력연구원 방사선과학연구소

Evaluation of the Sensory Quality Characteristics during Storage and Mutagenicity of Gamma-irradiated *Sujeonggwa* Powder (Korean Traditional Cinnamon Beverage)

Hyun-Ja Lee, Min-Sook Sul, Jae-Nam Park¹, Jae-Hun Kim¹, Beom-Seok Song¹,
Ju-Woon Lee¹ and Myung-Woo Byun^{1*}

Department of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

*¹Department of Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea*

Abstract

This study evaluated the sensory quality characteristics of gamma-irradiated *Sujeonggwa* a Korean traditional cinnamon beverage during storage, and the mutagenicity of the beverage. The minimum irradiation dose required to ensure the microbiological safety of powdered *Sujeonggwa* was 4.5 kGy. Sensory characteristics, and the Hunter's color value, of *Sujeonggwa*, deteriorated with increased irradiation doses, but no significant changes in sensory qualities were found during storage. The Ames test yielded no evidence that gamma irradiation induced mutagenicity in *Sujeonggwa* powder.

Key words : *Sujeonggwa* powder, storage, gamma irradiation, quality, mutagenicity

서 론

우리나라를 대표하는 전통음료인 수정과는 가정이나 소규모 음식점에서 조리, 판매되는 양상에서 벗어나 즉석식품으로 가공되어 판매되는 등 상품의 다변화와 국제화를 위한 시도가 활발히 이루어지고 있다. 수정과는 계피와 감추출물에 설탕 등의 감미료를 첨가하여 제조하며(1), 기능성 물질인 cinnamic aldehyde 성분을 다량 함유하고 있어 수요가 점차 증가하고 있다(2,3).

수정과는 1990년대 이래로 상업적 규모의 대량생산이 이루어져 현재 액상과 분말 형태의 제품들이 시장에서 판매되고 있다(4). 수정과와 같이 독특한 풍미와 기능성을 갖는 음료들은 대중에게 기호도가 높고, 분말 제형으로 가볍게

만들 경우 장기간 보존이 가능하며 장거리 이동이 손쉬워 전통 음료를 편의식으로 대중화하는데 크게 기여할 수 있다. 한편 액상 제품의 경우 미생물 제어를 위해 고온고압멸균 처리되어 위생적인 제품의 생산이 가능하나, 분말 또는 과립형태의 제품은 건조 및 포장 등 제조과정 중의 2차 오염으로 인해 완전멸균이 불가능하여 최종제품의 미생물학적 품질에 바람직하지 않은 영향을 초래할 수 있다. 또한 분말 제품의 경우 가수 후 액상으로 조제하여 보관하거나 특히, 우주, 심해, 고산 등 극한환경이나 멸균식이 요구되는 환자에게 공급하기 위해서는 가능한 한 미생물이 없는 상태(zero tolerance)를 유지하는 것이 바람직하다(5,6).

방사선 조사기술은 현재 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진 여러 나라에서 그 건전성과 경제성이 공인되어 현재 52개국에서 230여종의 식품에 대하여 식품 방사선 조사를 허가하고 있다(7). 우리나라도 1987년부터 18개 품목의 식품조사가 허가되었으며 기존품목을 확대하여 2005년 7개

*Corresponding author. E-mail : mwbyun@kaeri.re.kr,
Phone : 82-63-570-3200, Fax : 82-63-570-3202

품목이 추가로 허가되었다(8). 방사선 조사기술은 완전포장 후 살균이 가능하고 식품에 잔류독성이 전혀 없으며 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질을 유지할 수 있는 기술이다(9). 한편, 미국우주항공국(NASA)은 1960년대 우주식품을 개발하면서 방사선 조사기술을 도입하여 우주인에게 제공하는 식품의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있었다(6). 세계보건기구(WHO) 등 수많은 국제기구 및 식품관련 단체로부터 방사선 조사의 안전성이 확인됨에 따라(10) 국제적으로 방사선 조사 기술의 산업적 활용이 크게 신장되고 있다(7).

따라서 본 연구는 수정과를 특수용도식품으로 개발하기 위해 분말수정과에 감마선을 조사한 후 분말수정과의 저장 중 관능적 품질 및 색도변화와 수화 후 미생물 생육변화를 확인하고 아울러 유전독성학적 안전성을 평가할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

재료 및 방사선조사

본 연구에 사용한 분말수정과는 지역 소매점으로부터 제품(Sujeonggwa, Samhwa Co., Seoul, Korea)을 구입하여 사용하였다. 구입한 수정과 시료는 10 g씩 0.1 mm 두께의 포장지(Aluminium laminated Low Density Polyethylene, Sunkyung Co., Seoul, Korea)에 넣고 합기포장한 후 감마선을 조사하였다. 감마선 조사는 Co_{60} 감마선 조사시설(IR-79, Nordion International Ltd, Ontario, Canada)을 이용하여 실온($20 \pm 1^\circ C$)에서 분당 70 Gy의 선량율로 흡수선량이 각각 1.5, 3.0, 4.5 및 6.0 kGy가 되도록 실시하였으며, 흡수선량의 확인은 Ceric cerous dosimeter (Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다. 감마선 조사한 시료는 비조사 대조구와 함께 실온에 보관하면서 실험에 사용하였다.

미생물분석

감마선 조사된 분말수정과를 물에 재수화시킨 수정과 용액의 저장 중 미생물 변화와 완전멸균을 위한 감마선 조사선량을 설정하기 위해 멸균 포장지에 시료와 멸균 증류수를 넣고 액상 수정과를 제조하여 $37^\circ C$ 에 14일간 보존한 후 혼합희석평판배양법에 의해 일반세균 생균수를 측정하였다. 즉, 시료 1 g을 멸균 peptone수(0.1%, Difco Co., Detroit, USA) 9 mL에 부유시켜 stomacher lab blender (model W, Interscience Co., Nom, France)에서 2분간 혼합한 다음 희석액 1 mL에 미리 준비한 $50^\circ C$ 의 plate count agar (Difco Co., Detroit, USA) 15 mL를 가하여 혼합하였다. 시료와 배지를 잘 섞은 후 균희 $37^\circ C$ 에서 2일간 배양한 후 집락수가 30~300개가 형성된 평판배지의 것을 계수하여 시료

1 g당 colony forming unit (CFU/g)으로 나타냈으며, 미생물 검출을 위한 최소 한계치는 10^1 CFU/g이었다. 한편, 효모 및 곰팡이는 단계별로 희석된 용액을 potato dextrose agar (Difco Co., Detroit, USA)에 도말하여 $25^\circ C$ 에서 5일간 배양한 후 집락수를 계수하였다.

관능평가

감마선 조사에 의한 수정과의 관능적 품질변화를 관찰하기 위해 시판제품의 섭취방법에 따라 분말수정과 시료 10 g을 100 mL 멸균 증류수에 용해하여 액상수정과를 조제한 후 혼련된 관능평가 패널 20명에게 제공하여 감마선 조사에 따른 관능적 품질 변화를 측정하였다. 관능검사는 액상수정과의 색(color), 맛(taste), 향(flavor), 종합적 기호도(overall acceptability)에 대하여 7점 척도법(1 : 매우 나쁘다 ~ 7 : 매우 좋다)으로 평가하였다.

색도측정

감마선 조사에 의한 수정과의 색도 변화를 관찰하기 위해 시판제품의 섭취방법에 따라 분말수정과 시료 10 g을 100 mL 멸균증류수에 용해하여 액상 수정과로 조제한 후 색차를 분석하였다. 즉, 액상수정과를 지름 50 mm의 용기에 5 mL씩 넣은 후 color/color differencemeter (Model CM-3500d, Minolta Co., Ltd. Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L^*), 적색도(redness, a^*) 및 황색도(yellowness, b^*)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L^* 값이 90.5, a^* 값이 0.4, b^* 값이 11.0인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

*Salmonella typhimurium*을 이용한 복귀 돌연변이 시험 (Ames test)

감마선 조사된 분말수정과의 유전독성학적 안전성을 평가하기 위해 Ames test를 이용한 복귀 돌연변이 시험을 분석하였다(11). 시험에 사용된 균주는 *S. typhimurium* LT2를 친주로 하여 *S. typhimurium* TA98 및 TA100이었고, 이들 균주는 사용에 앞서 필요시 균주의 유전자형 확인을 위해 histidine 요구성 여부, UV에 대한 민감도(*uvrB* 돌연변이), *rfa* 돌연변이의 유지여부 및 R-factor에 의한 ampicillin 또는 tetracycline 내성 등의 유전형질을 확인한 후 시험에 사용하였다. 본 실험에 사용된 균주는 Molecular Toxicology Inc. (Boone, NC, USA)에서 구입하여 형질을 확인한 후 한국화학연구소 안전성센터에서 계대 배양 중인 것을 시험에 사용하였다. 유전형질이 확인된 균주는 nutrient broth No. 2 (Oxoid Ltd., Hampshire, England, UK)에 접종하여 $37^\circ C$ 에서 200 rpm으로 약 10시간 진탕배양(Vision Scientific Co., Korea)한 후 시험에 사용하였다. 간 균질액(S9 fraction)은 Maron 등(12)의 방법에 따라 단백질함량이 22.5 mg/mL 함유한 것(Oriental Yeast Co., Lot No. 00042101, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 5% S9 mix는 상기 S9 fraction과 cofactor

(Wako Co., Lot No. 999902, Tokyo, Japan)로 조제하였다.

복귀돌연변이 시험은 분말수정과를 멸균증류수에 10배 희석하여 용해한 후 각각 875 ~ 14,000 µg/plate의 농도로 시험구당 2개의 plate를 사용하여 direct plate incorporation 방법으로 실시하였다. 즉, *S. typhimurium* 균주를 nutrient broth에 하룻밤 동안 배양하여 대수기(2×10^9 cells/mL) 상태에 이르도록 한 배양액 100 µL 및 S-9 mixture(또는 0.2 M Na-Phosphate buffer) 500 µL를 혼합하여 histidine-biotin을 함유한 top agar 2.0 mL에 섞은 후 이를 minimal glucose agar 배지에 부어 고화시킨 다음 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 복귀돌연변이 집락수를 계수하였다. 음성대조군은 시험물질 대신 증류수 100 µL를 첨가하였으며, 양성대조군은 대사 활성계미 미적용 시 SA 및 4-NQO를, 대사활성계 적용 시 2-AA를 각각 도균 당 각 plate로부터 얻은 colony수의 평균과 표준편차로 나타내었고 복귀돌연변이 colony수와 농도의존성을 보이면서 음성대조군의 2배 이상인 경우를 양성으로 하였다.

통계분석

상기 실험으로부터 얻어진 결과는 Statistical Package for Social Sciences (SPSS, 10.0) (13)를 이용하여 One Way ANOVA 분석을 하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

감마선조사 분말수정과의 미생물 생육

분말 수정과의 미생물 오염도 및 재수화 후 저장기간에 따른 미생물 생육변화를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 총균수의 경우 감마선 조사 직후 비조사 시료에서만 약 10^2 CFU/g 수준의 미생물이 검출되었을 뿐 감마선 조사구의 총균수는 검출한계 이하($< 10^1$ CFU/g)인 것으로 나타났다. 한편, 수화시킨 수정과를 37°C에 저장한 후 총균수를 측정된 결과, 3.0 kGy 이하의 감마선 조사구의 경우 미생물 생육이 점차 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, 4.5 kGy 이상 감마선을 조사한 경우 저장 14일까지 미생물이 검출되지 않았다. 일반적으로 우주나 사막과 같은 극한환경이나 멸균식이 요구되는 환자에게 안전한 식품을 공급하기 위해서는 가능한 한 미생물이 없는 상태를 유지하는 것이 바람직하며(14), 특히 제품의 특성상 물로 수화시켜 섭취해야 하는 식품의 경우 즉시 취식이 불가능하여 보관을 필요로 할 경우 미생물학적 안전성이 반드시 고려되어야 한다(15). 따라서 미생물학적 안전성이 확보된 분말수정과를 제조하기 위해서는 최소 4.5 kGy 이상 감마선 조사가 필요한 것으로 판단되었다. 한편, 효모 및 곰팡이는 감마선 비조사구 및 감마선 조사 처리구 모두 검출되지 않았다(결과 미첨부).

Table 1. Assessment of total bacterial cell counts of gamma-irradiated and rehydrated *Sujeonggwa* during storage at 37°C for 14 days

Irradiation dose (kGy)	Total aerobic bacteria (Log CFU/g)		
	0 day	7 day	14 day
0	2.09	3.79	5.01
1.5	ND ¹⁾	ND	3.92
3.0	ND	ND	2.84
4.5	ND	ND	ND
6.0	ND	ND	ND

¹⁾Not detected within the detection limit $< 10^1$ CFU/g.

감마선 조사 분말수정과의 관능적 품질특성

분말수정과에 감마선을 조사하고 저장 중 색, 맛, 향, 종합적인 기호도에 대한 관능평가 실시 결과를 Table 2에 나타내었다. 분말수정과의 관능적 품질은 감마선 조사선량이 증가할수록 감소하는 경향이였으며, 저장 14일 후에도 동일한 결과를 보였다. 특히, 4.5 kGy 이상의 선량에서는 모든 평가항목에서 관능적 품질이 급격히 저하되었다. 현재까지 수정과의 방사선 조사에 관한 연구는 보고되지 않았지만, 일반적으로 식품에 일정한 선량 이상으로 방사선을 조사할 경우 식품의 관능적 품질을 저하시킬 수 있으며, 이러한 현상은 방사선 조사선량이 증가할수록 더욱 커지는 것으로 보고되고 있다(16). 한편, 방사선 조사에 의한 관능적 품질저하와 같이 방사선 조사의 문제점을 해결하기 위한 방법으로는 진공 또는 가스치환 포장(17), 냉동온도에서의 방사선 조사(18) 및 항산화제의 병용처리(19)등이 효과적인 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서도 분말수정

Table 2. Sensory properties of gamma-irradiated *Sujeonggwa* during storage at 37°C for 14 days

Irradiation dose (kGy)	Characteristics				
	Appearance	Taste	Flavor	Overall acceptability	
0 day	0	5.19±0.32 ^a	5.39±0.48 ^a	5.20±0.51 ^a	5.08±0.39 ^a
	1.5	5.10±0.25 ^a	5.21±0.62 ^{ab}	5.08±0.39 ^a	5.17±0.42 ^a
	3.0	4.97±0.42 ^a	4.83±0.71 ^{ab}	5.00±0.59 ^{ab}	5.01±0.51 ^{ab}
	4.5	4.32±0.39 ^b	4.32±0.55 ^{bc}	4.77±0.61 ^{ab}	4.60±0.96 ^b
	6.0	4.01±0.49 ^b	3.79±0.35 ^c	4.51±0.70 ^b	3.87±0.81 ^c
14 day	0	5.01±0.13 ^a	5.42±0.85 ^a	5.37±0.42 ^a	5.10±0.69 ^a
	1.5	5.19±0.25 ^a	5.36±0.47 ^{ab}	5.11±0.52 ^a	5.13±0.49 ^a
	3.0	4.99±0.42 ^{ab}	4.93±0.80 ^{ab}	5.02±0.32 ^{ab}	5.08±0.44 ^a
	4.5	4.58±0.39 ^b	4.21±0.60 ^b	4.59±0.61 ^b	4.66±0.86 ^b
	6.0	3.98±0.49 ^c	3.88±0.45 ^c	4.09±0.70 ^c	3.69±0.73 ^c

^{a-c}Values with different letters within a column differ significantly ($p < 0.05$).

과의 완전멸균 및 방사선 조사에 의한 품질저하를 방지하기 위해서는 상기에서 제시한 다른 병용처리 방법이 필요한 것으로 판단된다.

감마선 조사 분말수정과의 색도

감마선 조사된 분말수정과를 액상으로 제조한 후 저장 중 색도의 변화를 평가한 결과는 Table 3과 같다. 그 결과 감마선 조사선량이 증가함에 따라 명도(L*)는 유의적으로 증가하고 적색도(a*) 및 황색도(b*)는 유의적으로 낮아지는 경향을 나타내었으며 저장 14일 후에도 동일한 결과를 보였다. 일반적으로 채소류와 같은 carotenoid 색소를 함유한 식품에 방사선을 조사할 경우 carotenoid 색소는 산화되어 탈색을 일으킬 수 있으며(20), 다양한 식품을 대상으로 한 연구에서도 방사선 조사에 의해 대부분의 식품색소성분이 산화되어 탈색되는 것으로 확인되었다(21-23). 현재까지 수정과의 색에 대해서는 연구된바가 없으나, 수정과의 색소 성분이 감의 carotenoid 및 계피의 flavonoid로부터 유래된 것(24)을 감안한다면, 본 연구결과도 방사선 조사에 의해 수정과의 색소성분이 산화되었기 때문으로 사료된다.

한편, 미국 표준국(NBS, National Bureau of Standards) (25)은 색도 변화가(ΔE) 값의 차가 1.5~3.0 범위이면 감각적 변화를 인지할 수 있는 수준(noticeable)으로 3.0~6.0 범위이면 감각적 변화가 눈에 띄는 수준(appreciable)으로 제시하였는데 이러한 감각적인 차이를 근거로 감마선 조사에 의한 수정과의 ΔE 값 변화를 비교해 보았다. 그 결과 ΔE 값은 감마선 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으나, 관능평가 중 외관변화 결과 (Table 2) 3.0 kGy 이하의 감마선 조사는 수정과의 외관에 큰 영향을 주지 않았다는 결과와 같이 ΔE 값의 변화에서도

Table 3. Changes of Hunter's color values of gamma irradiated Sujeonggwa during storage at 37°C for 14 days

Color value	Irradiation dose (kGy)					
	0	1.5	3.0	4.5	6.0	
0 day	L*	56.19±0.06 ^a	56.31±0.02 ^{ab}	57.78±0.19 ^b	58.74±0.05 ^c	59.26±0.03 ^d
	a*	27.97±0.01 ^a	27.66±0.18 ^{ab}	26.42±0.10 ^b	25.21±0.04 ^c	24.01±0.18 ^d
	b*	58.50±0.11 ^a	57.40±0.03 ^b	56.70±0.09 ^c	56.12±0.04 ^d	55.93±0.02 ^d
	ΔE ¹⁾	-	1.15±0.09 ^a	2.85±0.10 ^b	4.44±0.04 ^c	5.63±0.08 ^d
	ΔE	-	0.95±0.11 ^a	1.95±0.08 ^b	3.24±0.11 ^c	4.74±0.10 ^d
14 day	L*	54.43±0.07 ^a	55.32±0.05 ^{ab}	56.20±0.03 ^{bc}	57.99±0.07 ^c	58.47±0.09 ^d
	a*	26.71±0.07 ^a	26.38±0.03 ^a	26.00±0.10 ^a	25.48±0.06 ^b	24.00±0.07 ^c
	b*	58.01±0.05 ^a	57.98±0.07 ^b	56.87±0.09 ^b	55.61±0.04 ^c	54.05±0.02 ^d
	ΔE	-	0.95±0.11 ^a	1.95±0.08 ^b	3.24±0.11 ^c	4.74±0.10 ^d

^{a-c}Values with different letters within a row differ significantly (p<0.05).

¹⁾Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).

3.0 kGy 이하의 감마선 조사 시 ΔE 값은 3.0이하인 것으로 나타나 이와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 수정과의 멸균을 위한 최소 조사선량으로 확인된 4.5 kGy 이상의 선량에서는 ΔE 값의 변화가 3.0 이상인 것으로 나타나 분말수정과의 감마선 조사에 따른 특정 성분의 탐색과 색도의 저하방지 또는 개선을 위한 병용처리 연구가 수행되어야 할 것으로 사료되었다.

Table 4. Induction of His+ revertants in Salmonella strains (TA 98 and TA 100) by gamma-irradiated Sujeonggwa

Irradiation dose (kGy)	Dose (μg/plate)	Number of revertant colonies (His+) per plate			
		TA98 (-S9)	TA98 (+S9)	TA100 (-S9)	TA100 (+S9)
0	875	33±4 ¹⁾	30±1	268±39	268±15
	1,750	27±1	31±10	251±36	278±13
	3,500	24±1	39±4	256±22	256±11
	7,000	22±5	25±6	234±2	288±11
	14,000	31±1	32±6	201±13	201±1
1.5	875	23±1	34±1	254±42	248±23
	1,750	21±1	29±1	215±11	294±11
	3,500	22±2	30±1	260±36	280±17
	7,000	21±5	30±5	235±38	245±27
	14,000	20±4	21±2	217±10	244±21
3.0	875	22±6	30±1	235±30	257±30
	1,750	21±1	27±4	218±20	264±23
	3,500	27±1	32±2	235±18	284±32
	7,000	25±1	25±2	262±30	264±37
	14,000	19±1	27±1	257±25	254±31
4.5	875	30±1	29±1	255±42	272±19
	1,750	29±1	27±1	282±15	263±47
	3,500	30±3	28±3	272±1	271±5
	7,000	32±1	30±1	252±39	263±5
	14,000	25±3	31±1	262±7	207±4
6.0	875	28±5	32±1	279±11	222±2
	1,750	22±9	29±3	286±14	242±25
	3,500	26±1	27±1	263±6	276±8
	7,000	25±1	30±1	273±17	262±49
	14,000	24±6	30±1	284±17	224±6
Negative control	H ₂ O	30±4	37±6	243±14	285±21
Positive control ²⁾	4-NQO 0.5	536±83			
	2-AA 2		693±23		
	SA 0.5			721±57	
	2-AA 2				811±56

¹⁾Mean±standard deviation(n=2).

²⁾4-NQO: 4-nitroquinoline-1-oxide, 2-AA: 2-aminoanthracens, SA: sodium azide.

감마선 조사 분말수정과의 유전독성학적 안전성

감마선 조사 또는 비조사 분말수정과의 *S. typhimurium* TA 98 및 TA 100에 대한 복귀 돌연변이 집락수를 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 실험에 사용된 두 균주의 균수는 $1.0 \sim 1.8 \times 10^9/\text{mL}$ 수준이었다. S9 mix가 첨가된 경우와 첨가되지 않은 경우 시험물질에 의한 *S. typhimurium* TA 98 및 TA 100 균주를 이용한 복귀돌연변이 시험을 수행한 결과 농도에 따른 복귀변이 집락수의 증가를 보이지 않았다. 일반적으로 돌연변이원성의 판정은 음성대조구 복귀변이 집락수의 2배 이상인 경우를 양성으로 하므로 본 실험의 감마선 조사된 시료 및 조사하지 않은 시료에 대하여 전 농도에서 복귀를 유발하지 않은 것으로 보아 감마선 조사에 대한 돌연변이원성은 없는 것으로 판단되었다. 이상의 결과는 감마선 조사된 홍삼분말에 대해 본 실험과 동일한 *S. typhimurium*을 이용한 복귀돌연변이 실험에서 변이원성이 발견되지 않았다는 연구(26)와 식품을 이용한 조사/비조사구의 돌연변이원성 실험에서 감마선 조사가 돌연변이를 유발하지 않는다는 연구결과(27) 등과 일치하는 것으로 이후 생체 내 유전독성 시험, 만성독성시험 및 생식독성시험 등이 추가된다면 감마선 조사 수정과의 안전성을 명확히 밝힐 수 있을 것으로 사료되었다.

요 약

본 연구는 감마선 조사된 분말수정과의 저장 중 관능적 품질특성 변화 및 돌연변이원성을 평가하고자 실시되었다. 미생물 분석결과 멸균을 위한 최소선량은 약 4.5 kGy인 것으로 확인되었다. 감마선 조사된 시료들의 관능평가를 실시한 결과 조사선량이 증가할수록 모든 평가항목에 감소하는 경향이었으며, 색도의 변화를 평가한 결과 감마선 조사선량이 증가함에 따라 명도(L*)는 유의적으로 증가하고 적색도(a*) 및 황색도(b*)는 유의적으로 낮아지는 경향을 나타내었다. *S. typhimurium* TA98, TA100을 이용한 돌연변이원성 실험에서 감마선 조사균의 전 용량단계에서 음성대조군과 동일한 수준의 돌연변이 집락수를 보여 돌연변이 유발성이 없는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한경대학교 2006년도 학술연구구성비의 지원을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, C.H. and Kim, S.Y. (1991) Literature review on

the Korean traditional non-alcoholic beverages II. Recent status of research and developments. Korean J. Diet. Culture., 6, 55-60

- Lee, T.H., Mun, J.H. and Kim, I.R. (2001) Analysis of cinnamic acid and cinnamic aldehyde in the different layer of *Cinnamomi* cortex. Korean J. Pharmacol., 16, 77-82
- Lee, J.H., Hyun, E.A., Yoon, W.J., Kim, B.H., Rhee, M.H., Kang, H.K., Cho, J.Y. and Yoo, E.S. (2006) In vitro anti-inflammatory and anti-oxidative effects of *Cinnamomum camphora* extracts. J. Ethnopharmacol., 103, 208-216
- Park, K.S., Kim, J.G., Lee, J.W., Oh, S.H., Lee, Y.S., Kim, J.H., Kim, W.G. and Byun, M.W. (2004) Effects of combined treatment of gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks: II. Improvement in quality. J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr., 33, 694-699
- Lyndon, B. (2003) Advanced Life Support Project Plan. National Aeronautics and Space Administration, CTSD-ADV-348 Rev C, JSC-29993
- Hayes, D.J., Murano, E.A., Murano, P.S., Olson, D.G. and Sapp, S. G. (1995) Food Irradiation a Sourcebook. Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.
- FAO/IAEA/WHO Study group (1999) High-dose Irradiation: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses Above 10 kGy. World Health Organization, WHO technical report series 890
- Korean Food and Drug Administration (2004) Food codex. Munyoungsa, Seoul. Korea. p.126-130
- Byun, M.W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci., 30, 89-100
- Farkas, J. (1998) Irradiation as method for decontaminating food: A review. Food Microbiol., 44, 189-204
- Ames, B.N., McCann, J. and Yamasaki, B. (1975) Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella/Mammalian-microsome* mutagenicity test. Mut. Res., 31, 347-364
- Maron, D.M. and Ames, B.N. (1983) Revised methods for *Salmonella* mutagenicity test. Mut. Res., 113, 1013-1030
- SPSS (1999) SPSS for Windows. Rel. 10.05. SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA.
- Heighdelbaugh N.D. (1966) Space flight feeding concepts: characteristics, concepts for improvement, and public health implications. J. Am. Vet. Med. Assoc., 149,

1662-1671

15. Kilcast, D. and Subramaniam, P. (2000) The Stability and Shelf-life of Food, CRC press, N.Y., U.S.A.
16. Maxie, E.C. and Abdel-Kader, A. (1996) Food irradiation - physiology of fruits as related to feasibility of the technology. *Adv. Food Res.*, 15, 105-138
17. Lacroix, M. and Lafortune, R. (2004) Combined effects of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on bacterial resistance in grated carrots (*Daucus carota*). *Radiat. Phys. Chem.*, 71, 77-80
18. Desmots, M.H., Pierrat, N., Ingersheim, A. and Strasser, A. (1998) Use of irradiation in combination with other treatments to improve the quality of precooked meals. In: *Combination Processes for Food Irradiation*. IAEA, Wageningen, Vienna, Austria, p.201-221
19. Xiong, Y.L., Decker, E.A., Robe, G.H. and Moody, W.G. (1993) Gelation of crude myofibrillar protein isolated from beef heart under antioxidant conditions. *J. Food Sci.*, 58, 1241-1244
20. Mitchell, G. and Gosselin, B. (1989) Effect of irradiation on the carotene content of mangos and red capsicums. *J. Food Sci.*, 54, 982-984
21. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O. (1984) Effect of gamma irradiation on the sterilization of red pepper powder. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 13, 188-192
22. Byun, M.W., Yook, H.S., Kwon, J.H. and Kim, J.O. (1983) Sterilization and storage of spices by irradiation: Sterilization of powdered hot pepper paste. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 15, 359-363
23. Byun, M.W., Yook, H.S., Kwon, J.H. and Kim, J.O. (1996) Improvement of hygienic quality and long-term storage of dried red pepper by gamma irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 482-489
24. Oh, S.L., Cha, W.S., Park, J.H., Cho, Y.J., Hong, J.H. and Lee, W.J. (2001) Carotenoids pigment extraction from a wasted persimmon peel. *Korea J. Postharvest Sci. Technol.*, 8, 456-461
25. Han, E. (1991) Numerical principle of food color (II). *Food Technol.*, 4, 41-46
26. Lee, J.W., Bae, Y.I. and Shim, K.H. (2001) Biofunctional characteristics of the water soluble browning reaction products isolated from korean red ginseng - Study on the antimutagenic and nitrite scavenging activities. *J. Ginseng Res.*, 25, 118-121
27. Kooij, J.G., Leveling, H.B. and Schubert, J. (1978) Application of the Ames mutagenicity test to food processed by physical preservation methods. In: *Food Preservation by Irradiation*. IAEA, Wageningen, Vienna, Austria, p.63-80

(접수 2007년 5월 1일, 채택 2007년 7월 27일)