

특집 : 한방과 바이오자원의 산업화

천연물 유래 기능성 소재 개발에서 방사선 조사기술의 적용

이나영 · 조철훈 · 변명우[†]

한국원자력연구소 방사선연구원 방사선식품생명공학연구팀

Application of Irradiation Technology for Development of Functional Natural Materials

Na Young Lee, Cheorun Jo and Myung Woo Byun[†]Radiation Food Science and Biotechnology Team, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

서 론

20세기 후반부에 접어들면서 전 세계적으로 원활한 식량생산 및 공급으로 인해 현대인들의 영양섭취가 과잉이 되고, 잘못된 식습관으로 인해 비만, 당뇨 및 고혈압 등과 같은 성인병과 더불어 환경오염 등으로 인한 식품의 오염, 광우병, 구제역, 조류독감 등과 같은 신종 질병들이 인류 건강을 위협하고 있다. 이로 인해 질병 치료, 예방 및 건강 증진을 위한 생리활성 기능이 있는 기능성 물질은 근래 식품·의약품시장에서 소비자에게 크게 성장할 산업분야로 각광을 받고 있다(1).

기능성 물질은 화학적 합성품보다는 생약을 포함한 천연물유래 기능성 물질이 각종 질병이나 상해 회복에 효과적이며 체내 독성이 적어 특별한 부작용 없이 소비자들에게 높은 선호도를 보인다(2). 이러한 소비자들의 요구에 부응하여 생약 및 천연물에서 기인한 인삼(3), 영지(4)와 같은 한약제, 약용식물추출물(5), 허브추출물(6), 정유(7), 발효식품(8), 젖산균(9) 등과 같은 천연유래 기능성 물질의 탐색에 대한 연구가 꾸준히 지속되고 있다.

그 중 차류는 지금까지 영양섭취를 목적으로 하지 않고 맛과 향을 즐기는 기호성 식품으로 소비되어 왔는데 최근 생체리듬의 조절, 면역력의 증진, 질병의 예방이나 회복, 노화억제 및 신체조절 등의 기능이 알려지면서 기능성 식품으로서 주목받고 있다. 특히, 녹차의 생리활성 물질의 주성분인 카테킨은 폴리페놀 화합물로서 epicatechin(EC), epigallocatechin(GC), epicatechin gallate(ECG) 및 epigallocatechin gallate(EGCG)의 4종류로 나뉘어지며, 혈중 콜레스테롤을 저하, 고혈압이나 동맥경화를 예방, 과산화 지질의 생성을 억제하여 노화를 지연, 중성지질의 생성을

억제하여 비만 억제 등과 같은 성인병 예방, 충치억제, 식품의 항산화제, 항균제, 중금속 제거효과 및 혈압강화 효과 등 다양한 생리활성 효과를 나타낸다고 보고되었다(10).

그러나 다양한 생리활성 물질이 함유된 녹차, 홍차, 우롱차와 같은 차추출물들은 추출용매 및 추출 조건에 관계 없이 추출 시 그들의 어두운 색상으로 인해 식품, 의약품 및 화장품 산업 등에 적용하기 어려운 문제들이 있다.

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(11). 적절한 선량의 방사선 조사는 식품의 물리, 화학적 및 관능적 특성에 큰 영향을 주지 않고 식품 중 유해한 미생물을 사멸시키는 식품 위생화 방법중의 하나이며, N-nitrosamin 및 biogenic amines과 같은 독성물질을 제거하는데 효과적인 방법이다. 또한, 감마선 조사는 천연물내의 기능성 물질의 탐색에 적용되어 추출수율 증진, 색상 개선 등을 통하여 산업적 적용을 용이하게 하는 방법이기도 하다. 그리하여 감마선 조사를 적용하여 녹차 부산물, 울금 및 강황 등과 같은 천연물 유래 기능성 물질을 탐색하고 실용화하려는 연구가 활발히 지속되고 있다.

본 실험에서는 감마선 조사된 녹차 잎 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 및 색도의 변화를 확인하였으며, 녹차 잎 추출 파우더를 돈육 패티에 첨가하여 저장기간에 따른 돈육패티의 DPPH 라디칼 소거능, 지질산화, 색 및 관능평가를 실시하였으며, 감마선 조사된 녹차 잎 추출파우더를 첨가한 돈육 패티와 비교하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 063-570-3200, Fax: 063-570-3202

재료 및 방법

녹차잎 추출물 제조

실험에 사용된 녹차(*Camellia sinensis* L.) 잎은 전남 보성에서 생산된 것을 실험에 사용하였다. 녹차 잎 추출액의 제조는 녹차 잎 100 g을 70% ethanol (2 L)에 넣은 후, 실온에서 24시간동안 2회 반복 추출하였다.

방사선 조사 및 파우더 제조

방사선 조사는 한국원자력연구소(Daejeon, Korea) 내 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 실온($14 \pm 1^\circ\text{C}$)에서 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 0 및 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 추출액은 고른 흡수선량을 얻기 위하여 추출액이 담긴 용기를 360° 회전하면서 조사를 실시하였다. 흡수선량의 확인은 alanine dosimeter(지름 5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

비조사 및 조사된 녹차 잎 추출액은 농축기(Rotary Evaporator N-11, Tokyo, Japan)를 이용하여 용매를 제거하고 -70°C 냉동고에서 동결한 후 동결건조기(SFDSF12, Samwon Co. Ltd., Busan, Korea)를 이용하여 동결건조하였다. 동결건조된 샘플은 분쇄하여 -20°C 냉동고에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

돈육패티 제조

돈육패티는 돈육 등심육(근내 지방 함량 약 4.3%)을 9 mm plate의 분쇄기에서 분쇄한 후 동결건조된 녹차분말을 0.1% 혼합하여 제조하였으며 이때 시료는 녹차분말을 넣지 않은 대조구(A), 감마선을 조사하지 않은 녹차 잎 추출액 파우더 0.1%를 첨가한 시험구(B) 및 감마선 조사한 녹차잎 추출물 분말 0.1%를 첨가한 시험구(C)로 구별하여 실험하였다. 각 돈육패티는 100 g의 중량으로 하였으며 제조된 돈육패티는 산소가 투과되는 polyethylen 포장지에 포장하여 10일 동안 냉장보관하면서 실험에 사용하였다.

색도측정

색도 변화는 Color Difference Meter(Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 그 측정값은 Hunter Color L(lightness), a(redness), b(yellowness)값으로 나타내었고, 3회 반복하여 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

전자공여능(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 측정

전자공여능은 Blois(12)의 방법에 의하여 측정하였다. 시료 1 mL에 0.2 mM DPPH radical 1 mL를 넣고 교반하여 30분 동안 실온에서 반응시킨 후 spectrophotometer (UV-1600PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 패티의 경우 패티 2 g을 8 mL의 증류수와 함께 균질기(DIAX 900, Heidolph Co., Ltd., Germany)를 사용하여 23,000 rpm 상태에서 15초 동안 균질화시킨 후 여과지(No. 4., Whatman International Ltd., Springfield Mill, Maidstone, Kent, England)를 이용하여 여과시켜 제조하였다. 준비된 여액에 chloroform 2 mL를 첨가한 후 1시간 동안 정치시켜 지방을 제거한 다음 2,400 rpm으로 30분 동안 원심분리(VS-5500, Vision scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)한 시료를 5배 희석하여 실험에 사용하였다.

지방산패도 측정(2-Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)

지방산패도 측정은 Jo 등(13)의 방법에 의해 spectrophotometer를 이용하여 측정하였다. 시료 5 g에 증류수 15 mL 및 BHA(7.2%) 50 μL 를 첨가한 후 균질기(DIAX 900, Heidolph Co., Ltd., Germany)를 이용하여 균질화하였다. 균질된 시료 2 mL에 thiobarbituric acid/trichloroacetic acid(TBS/TCA) 4 mL를 첨가한 후 vortex mixer를 이용하여 혼합하였다. 혼합된 시료를 끓는물에서 15분간 반응시킨 후 얼음물에서 10분간 냉각하여 원심분리(698.75 g, 15 min) 하였다. 원심분리한 상등액은 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며, TBARS값은 시료 mg당 malondialdehyde로 환산하여 보고하였다.

관능평가

돈육패티의 관능평가는 식육 또는 육제품 시험에 5회 이상의 경험을 가진 관능 검사 전문 요원 10명을 선정하여 실시하였다. 돈육 패티는 170°C 로 예열된 팬에서 2분간 가열한 후 뒤집어 다시 1.5분간 조리하였다. 패티 중앙의 내부 온도는 대략 78°C 였다. 조리된 패티는 실온에서 2분 동안 열을 식힌 후 얇게 썰어 관능요원들에게 제시되었다. 관능평가 항목은 가열전 패티의 경우 색(color), 냄새(odor)를 측정하였으며 가열 후 패티는 색(color), 냄새(odor), 맛(taste), 연도(tenderness)를 평가하였다.

통계분석

실험결과와 통계처리는 SAS(statistical analysis system)통계 package(14)를 이용하여 평균 및 표준편차를 구

하였으며, ANOVA 분석 후 Student-Newman-Keul's 다중검정법으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의차 검정을 하였다.

결과 및 고찰

항산화 활성

녹차 잎의 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Table 1과 같다. 녹차 잎 추출물의 라디칼 소거능은 68.2%를 나타냈으며, 감마선 조사에 의해서 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$).

녹차 잎 추출 파우더가 함유된 돈육패티의 저장기간에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 Table 2와 같다. 녹차 잎 추출 파우더를 첨가하지 않은 돈육 패티의 라디칼 소거능은 30.9%를 나타냈으며, 비조사된 녹차 및 조사된 녹차 잎

추출 파우더를 첨가한 패티의 경우 각각 58.1 및 62.0%의 라디칼소거능을 나타냈다. 그러나 조사구와 비조사구간의 라디칼 소거능은 유의적으로 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). Byun 등(15)은 청국장과 된장과 같은 전통식품에 5, 10 및 20 kGy로 감마선 조사했을 경우 라디칼 소거능과 같은 angiotensin converting enzyme inhibition, xanthine oxidase inhibition, tyrosinase inhibition에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

녹차 잎 추출 파우더를 첨가하지 않은 돈육 패티의 TBARS값은 저장기간이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다(Table 3). 녹차 잎 파우더가 첨가된 돈육패티는 첨가하지 않은 돈육패티에 비해 산패속도가 느린 것을 확인하였다. 그러나 녹차 잎 추출파우더의 전자공여능의 결과와 유사하게 조사구와 비조사구간의 차이는 나타나지 않았다. Tang 등(16)은 매일 카테킨을 사료에 50~300 mg/kg 공급된 치킨은 가슴과 넓적다리에서 항산화 효과가 나타났다고 보고하였으며, McCarthy 등(17)은 녹차 카테킨은 돈육 패티 혹은 조리된 돈육 패티에 효과적인 항산화제라고 보고하여 본 실험결과와 유사하였다.

감마선 조사에 의한 색도의 변화

녹차 잎 추출물의 감마선 조사에 의한 색도 변화는

Table 1. DPPH radical-scavenging capacity (%) of green tea leaf extract solution

Samples	Irradiation (kGy)	DPPH radical-scavenging capacity (%)
Leaf ¹⁾	0	68.2
	20	71.1
	SEM ²⁾	1.36

¹⁾Concentration of samples were 20 ppm.

²⁾Pooled standard errors of the mean (n=4).

Table 2. DPPH radical scavenging effect (%) of raw pork patties with added nonirradiated or irradiated freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%)

Parameter ¹⁾	Storage day				SEM ²⁾
	0	5	10	15	
A	30.9 ^{by4)}	43.4 ^{aby}	50.0 ^{ay}	51.1 ^{ay}	4.32
B	58.1 ^{bx}	77.0 ^{ax}	74.8 ^{ax}	75.9 ^{ax}	4.50
C	62.0 ^{bx}	80.8 ^{ax}	81.4 ^{ax}	80.3 ^{ax}	3.59
SEM ³⁾	1.66	4.28	5.54	5.50	

¹⁾A, only pork patties; B, patties with nonirradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%); C, patties with irradiated at 10 kGy, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%).

²⁾Pooled standard errors of the mean (n=8). ³⁾(n=6).

⁴⁾Different letters (a, b) within the same row differ ($p < 0.05$). Different letters (x, y) within the same column with raw and cooked pork patties differ ($p < 0.05$).

Table 3. TBARS values (mg malondialdehyde/kg meat) of raw pork patties with added nonirradiated or irradiated freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%)

Parameter ¹⁾	Storage day				SEM ²⁾
	0	5	10	15	
A	0.4 ^{cx4)}	0.6 ^{bx}	0.6 ^{bx}	0.7 ^{ax}	0.03
B	0.3 ^{by}	0.4 ^{ay}	0.4 ^{ay}	0.5 ^{ay}	0.02
C	0.3 ^{by}	0.4 ^{az}	0.4 ^{ay}	0.4 ^{ay}	0.02
SEM ³⁾	0.02	0.02	0.03	0.03	

¹⁾A, only pork patties; B, patties with nonirradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%); C, patties with irradiated at 10 kGy, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%).

²⁾Pooled standard errors of the mean (n=8). ³⁾(n=6).

⁴⁾Different letters (a~c) within the same row differ ($p < 0.05$). Different letters (x~z) within the same column with raw and cooked pork patties differ ($p < 0.05$).

Table 4와 같다. 감마선 조사에 의해 녹차 잎 추출물의 L*-value는 증가하였고 a*- 및 b*-value는 감소하였으며, 조사구와 비조사구간 색의 차이는 확연히 다른 것으로 확인되었다.

녹차 잎 추출 파우더를 첨가한 돈육 패티의 색도변화의 경우 녹차 잎 추출물의 결과와 유사한 결과를 나타냈다 (Table 5). 녹차 잎 추출 파우더를 첨가한 패티는 첨가하지 않은 패티에 비해 L*-value는 높게 나타났으며, 조사된 녹차 잎 추출 파우더를 첨가한 패티는 비조사된 녹차 잎 추출 파우더를 첨가한 패티에 비해 a*- 및 b*-value는 낮게 나타났다($p<0.05$). 또한, L*- 및 a*-value는 저장 5일째까지 유의적으로 큰 변화를 나타내지 않았다. Son 등

(18)은 감마선 조사기술은 물리적 변화 없이 녹차 잎 추출물의 색상을 개선시킨다고 보고하였다.

관능평가

녹차 잎 추출 파우더를 첨가한 돈육 패티의 관능검사는 Table 6과 같다. 조리하지 않은 돈육패티의 경우 감마선이 조사되지 않은 비조사 녹차를 첨가한 패티는 냄새에서 가장 낮은 점수를 얻었으며, 이는 녹차분말 첨가시 녹차의 특이한 향에 의해 소비자 관능이 떨어질 수 있는 문제점이 있음을 보여준다. 그러나 감마선 조사 녹차분말을 첨가한 경우 냄새에서 높은 점수를 얻어 감마선 조사가 녹차 분말의 색상뿐만 아니라 냄새의 제거에도 영향을 줄 수

Table 4. Color changes of green tea leaf extract

Samples	Irradiation (kGy)	L*	a*	b*	ΔE
Green tea leaf	0	76.92 \pm 0.02	1.78 \pm 0.08	108.19 \pm 0.06	-
	20	99.80 \pm 0.06	-8.05 \pm 0.01	27.60 \pm 0.04	84.36

Table 5. Color changes of raw pork patties added with nonirradiated or irradiated green tea leaf powder (0.1%)

Treatment ¹⁾		0	5	10	SEM ²⁾
L*	A	53.1 ^{y4)}	55.4 ^y	54.2 ^y	0.60
	B	56.0 ^x	56.4 ^{ay}	56.0 ^x	0.71
	C	54.4 ^{bxy}	58.0 ^{ax}	57.1 ^{ax}	0.53
	SEM ³⁾	0.68	0.67	0.47	
a*	A	4.8 ^{ax}	4.2 ^b	3.1 ^{cy}	0.24
	B	4.4 ^{ax}	4.2 ^a	3.7 ^{bx}	0.28
	C	4.3 ^{ay}	4.4 ^a	3.9 ^{bx}	0.16
	SEM ³⁾	0.28	0.29	0.18	
b*	A	13.3 ^{ax}	12.2 ^{by}	11.6 ^{cz}	0.22
	B	13.0 ^x	13.6 ^x	13.5 ^x	0.19
	C	12.0 ^{cy}	13.3 ^{ax}	12.6 ^{by}	0.16
	SEM ³⁾	0.13	0.22	0.22	

¹⁾ A, only pork patties; B, patties with nonirradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%); C, patties with irradiated at 10 kGy, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%).

²⁾ Pooled standard errors of the mean (n=8). ³⁾ (n=6).

⁴⁾ Different letters (a~c) within the same row differ ($p<0.05$). Different letters (x~z) within the same column with raw and cooked pork patties differ ($p<0.05$).

Table 6. Sensory scores of raw and cooked pork patties with nonirradiated or irradiated freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%)

Parameter ¹⁾	Raw		Cooked ²⁾			
	Color	Odor	Color	Odor	Taste	Tenderness
A	8.6	6.9 ^b	6.78 ^b	6.61	5.98	6.30
B	8.7	5.4 ^c	8.10 ^a	7.41	8.16	6.67
C	7.9	9.0 ^a	8.66 ^a	5.97	6.52	6.17
SEM ³⁾	0.47	0.90	0.47	0.80	0.75	0.69

¹⁾ A, only pork patties; B, patties with nonirradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%); C, patties with irradiated at 10 kGy, freeze-dried green tea leaf extract powder (0.1%). Different letters (a~c) within the same column differ ($p<0.05$).

²⁾ Patties were cooked on a preheated pan for 3.5 min. The cooked patties were sliced into small pieces, served to the panelists individually and evaluated independently in two different times at Day 1 and Day 3. A 15 line-scale was provided to the panelists and scored; very undesirable (0) to very desirable (15) for color, strong off-odor (0) to very mild odor (15) for odor, very poor taste (0) to very tasty for taste, and very tough (0) to very tender (15) for tenderness.

³⁾ Pooled standard errors of the mean (n=30).

있다. 조리한 돈육패티의 경우 냄새, 맛 및 연도는 녹차 첨가 유무에 따라 유의적으로 차이를 보이지 않았으나, 색은 녹차 파우더 첨가구가 비첨가구보다 높은 평가를 받았다.

천연물 유래 기능성 물질 탐색의 일환으로 녹차 추출물의 산업적 적용을 용이하게 하기 위하여 감마선 조사를 병용하여 추출물의 색도 및 라디칼 소거능을 확인하고, 녹차 잎 추출 파우더를 돈육 패티에 적용하여 항산화, 색도 및 관능검사를 통해 기호도를 조사하였다. 생리활성을 가지는 녹차 추출물은 감마선조사에 의해 색 및 라디칼 소거능이 큰 영향을 받지 않는 것으로 확인되었다. 또한 추출 파우더를 돈육 패티에 적용해본 결과 산화를 지연시키며, 관능적으로도 큰 차이를 보이지 않았다. 그러므로 천연물 유래 녹차 추출 파우더는 돈육 패티의 기능성 첨가제로 우수하며, 감마선 조사는 녹차 잎 추출 파우더의 산업적 적용을 용이하게 하는 하나의 방법이라고 사료된다. 더불어 여러 가지 한방소재의 경우에도 산업적 적용을 용이하게 하는데 감마선 조사기술이 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

요 약

천연물 유래 기능성 물질 탐색의 일환으로 녹차 추출물의 산업적 적용을 용이하게 하기 위하여 감마선 조사를 병용하여 추출물의 색도 및 라디칼 소거능을 확인하고, 이 추출 파우더를 돈육 패티에 적용하여 항산화, 색도 및 관능검사를 통해 기호도를 조사하였다. 생리활성을 가지는 녹차 잎 추출물의 라디칼 소거능은 68.2%를 나타냈으며, 20 kGy로 조사했을 경우 비조사구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한, 감마선조사에 의한 색도의 변화는 감마선 조사 후 L^* -value는 증가했고, a^* - 및 b^* -value는 감소하는 것으로 확인되었다. 또한, 녹차 잎 추출 파우더를 돈육 패티에 적용해본 결과 비첨가구에 비해 라디칼 소거능 및 지질 산화를 지연시키며, 조사된 녹차 잎 추출 파우더를 첨가한 돈육패티가 비첨가구 혹은 비조사된 녹차 잎 첨가구에 비해 저장 기간에 따라 L^* -value가 높게 나타났다. 또한, 모든 처리구에서 관능적으로도 큰 차이를 보이지 않았다. 그러므로 천연물 유래 녹차 추출물 파우더는 돈육 패티의 기능성 첨가제로서 우수하며, 감마선 조사는 녹차 잎 추출 파우더의 산업적 적용을 용이하게 하는 방법 중의 하나라고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학기술기획평가원의

원자력중장기연구개발사업의 지원으로 수행되어 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Shin DW. 2003. Screening and using of antioxidative effect and antimicrobial activity from plant. *Food Science Industry* 36: 81-89.
2. Jung SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE, Back NI. 2004. Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 135-140.
3. Kim SH, Cho CK, Yoo SY, Koh KH, Yun HG, Kim TH. 1993. *In vitro* radioprotective activity of Panax ginseng and diethyldithiocarbamate. *In Vivo* 7: 467-470.
4. Hsu HY, Lian SL, Lin CC. 1990. Radioprotective effect of *Ganoderma iucidum* Karst after X-ray irradiation in mice. *Am J Chin Med* 18: 61-69.
5. Moon GA, Sung HJ, Yoon YS. 2004. Study on the safety and efficacy of and oriental herbal composition for the reduction of hematopoietic toxicity of fluorouracil. *Kor J Pharmacogn* 35: 122-127.
6. Chung HY, Kim HB. 2000. *In vitro* studies on the superoxide scavenging activities, the cytotoxic and the immunomodulating effects of thirteen kinds of herbal extracts. *Korean J Food Sci Technol* 32: 699-705.
7. Seo WT, Yang JK, Kang BK, Park WJ, Hong SC, Kang YM, Jung HY, Kim, YD, Kang SM, Kim SW, Choi MS. 2003. Extraction and biological activities of essential oil from Thuja occidentalis leaves. *Korean J Medicinal Crop Sci* 11: 364-370.
8. Cha YJ, Cho DH, Seo JH, Cho WJ, Jeong JE. 2005. Comparison of biological activity in Sikhae, Traditional fermented sea products. *J Kor Fish Soc* 38: 1-5.
9. Ha CG, Cho, JK, Chai YG, Heo KC. 2004. Isolation and identification of lactic bacteria containing superior activity of the bile salts deconjugation. *Korean J Food Sci Ani Resour* 24: 164-170.
10. Cho SY, Choi JH, Ham SS, Oh DH. 2005. Antimicrobial activities of green tea extract and fractions on the *E. coli* O157:H7. *J Fd Hyg Safety* 20: 48-52.
11. FAO/IAEA/WHO Study group. 1999. High dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. In *WHO Technical Report Series 890*. World Health Organization, Geneva. p 1-9.
12. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
13. Jo C, Son, JH, Son CB, Byun MW. 2003. Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4°C. *Meat Science* 64: 13-17.
14. SAS Institute, Inc. 1990. *SAS User's Guide*. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
15. Byun MW, Son JH, Yook HS, Jo C, Kim DH. 2001. Effect

- of gamma irradiation on physiological activity of Korean soybean fermented foods. *Chungkookjang and Doenjang. Radiation Physics and Chemistry* 64: 245-248.
16. Tang SZ, Kerry JP, Sheehan D, Buckley DJ, Morrissey PA. 2001. Antioxidative effect of dietary tea catechins on lipid oxidation of long-term frozen stored chicken meat. *Meat Science* 57: 331-336.
17. McCarthy TL, Kerry JP, Kerry JF, Lynch PB, Buckley DJ. 2001. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Science* 57: 177-184.
18. Son JH, Jo C, Kim MR, Kim JO, Byun MW. 2001. Effect of gamma irradiation on removal of undesirable color of green tea extract. *J of Korean Society of Food Science and Nutr* 30: 1305-1308.