J. Fd Hyg. Safety 11(3), 209 - 214(1996)

한약재 추출물의 항균활성에 대한 감마선 조사의 영향

권오진 · 육홍선 · 차보숙* · 변명우†
한국원자력연구소

Effects of Gamma Irradiation on Antimicrobial Activity of Korean Medicinal Herb Extracts

Oh-Jin Kwon, Hong-Sun Yook, Bo-Sook Cha and Myung-Woo Byun*
Korea Atomic Energy Research Institute, Yusung P.O. Box 105, Taejon 305-353,
**Department of Food Nutrition, Su Won Women's Junior College, Suwon, Korea*

ABSTRACT — Irradiated and non-irradiated Korean medicinal herbs were extracted by water and 70% ethanol. Antimicrobial activity of these extracts were investigated against selected food hygiene microoganisms. The ethanol extracts of the non-irradiated *Agrimonia pilosa ledebour japonica* Nakai, *Curcuma longa* Linne and *Angelica gigas* Nakai were completely inhibited on four species of bacteria, such as *Vibrio parahaemolyticus, Clostridium perfringenes, Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*. Also, above four strains did not have antibacterial activity in the water-ethanol mixtures. Futhermore, the ethanol extracts of the non-irradiated *Agrimonia pilosa ledebour Japonica* Nakai, *Curcuma Iedoaria* Roscoe, *Curcuma longa* Linne and *Scutellaria baikalensis* George were shown inhibitory effects against *Aspergillus flavus* and *Penicillium islandicum*. And the water extract of *Scutellaria baikalensis* George was the same effect to these molds. Essentially the same results were observed when samples irradiated at a dose of 10 kGy.

Key words □ Korean medicinal herbs, Gamma irradiation, Antimicrobial activity

생활수준의 향상과 식생활의 다양화로 가공식품의 수요가 크게 증가함에 따라 식품첨가물이 보다 다양하고 광범위하게 사용되고 있다.[1,2] 특히, 식품 및 식품첨가물의 안전성에 대한 소비자 인식이 증대됨에 따라 인공합성품의 사용을 제한하고 천연물질로 대체하려는 연구가 폭넓게 수행되고 있다.[3,4] 이러한 연구의 일환으로 천연물에 존재하는 항균활성 물질의 개발이 오래전 부터 연구되어 생약재 성분, 향신료의 정유성분, 마늘, 파, 쑥 추출물 등에서 유래된 천연항균활성 물질[5-9]과 다당류 수식에 의한 단백질의 기능을 변환시켜 항균활성을 증대시키는 보고[10,11]가 있다. 최근에는 한약재와 같은 천연식물 중에서도 상당한 항균활성 물질이 존재하여 이들 성분의 약리작용 및 활성물질에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.[12-18] 그러나 천연물 추출액은 합성보존료에 비해 항균활성이 미약하거나 대부분 어느 특정한 미생물에 대한 활성이 주였으며 식품부패 미생물이나 병원성 미생물에 대한 항균활성에 대해서는 체계적으로 연구된 예는 거의 없는 실정이다. 따라서 인체에 해가 없는 천연물로서 광범위한 항균작용을 나타내는 물질의 개발이 시급하다고 하겠다.

한편, 본 연구는 국내제약산업에서 원료로 사용되고 있는 국내산 및 수입한약재류의 국내법적세균오염 기준치초과, 중금속 과다검출, 잔류농약 문제 및 장기안전 저장유통을 위한 화학약품처리 등, 공중위생상 많은 사회적 문제점을 해결하기 위해 감마선 조사기법을 이용한 연구의 일환으로서 감마선 조사 및 비조사된 한약재로 부터 추출된 엑스분의 항균활성 효과에 대해 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 한약재료는 현재 국내에서 널리 시판되고 있는 16종을 대상으로 서울경동시장의 한약재상에서 구입하여 사용하였으며 그 종류는 Table 1과 같다.

† Author to whom correspondence should be addressed.

Table 1. List of Korean medicinal herbs used for antimicrobial activity

Herbs	Abbreviation	Korean name	Part used
Aconitum jaluense Komarov	*Acj*	초오	root
Agrimonia pilosa ledebour japonica Nakai	*Agp*	선학초	whole plant
Alisma plantago Linne vor. paruiflorum Torr	*Alp*	택사	root
Angelica gigas Nakai	*Ang*	당귀	root
Astragalus membronaceus Bunge	*Asm*	황기	root
Atractylodes japonica(Koidz) Kitag	*Atj*	백출	root & stem
Curcuma Iedoaria Roscoe	*Ci*	봉출	root & stem
Curcuma longa Linne	*Cl*	울금	root & stem
Ephedra sinica Stapf	*Es*	마황	whole plant
Gynura japonica Makino	*Gj*	삼칠근	root
Ligusticum jeholense Kitag	*Lj*	천궁	root
Paeonia japonica Miyabe	*Pj*	작약	root
Panax ginseng C.A. Meyer	*Pg*	홍삼세미	tail root
Scirpus maritimus Linne	*Sm*	삼능	root
Scrophularia oldhami	*So*	현삼	root
Scutellaria baikalensis George	*Sb*	황금	root

시료의 포장, 감마선 조사

시료인 한약재의 포장은 접합포장제(nylon 15 μm/polyethylene 100 μm, 투습도 4.7 g/m^2/24 hrs, 산소투과도 22.5 cc/m^2/24 hrs)를 이용하여 약 500 g 단위로 함기포장한 후 감마선 조사 및 비조사군으로 하였다. 포장된 시료의 감마선 조사는 선원 10만 Ci Co-60 조사시설을 이용하여 시간당 2.5 kGy의 선량율로 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다.

사용균주 및 배지

항균활성 시험에 사용된 균주는 식품위생관련 미생물로서 그람음성균인 *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Vibrio parahaemolyticus* (ATCC 17802)와 그람양성균인 *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus subtilis* (ATCC 6633), *Clostridium perfringenes* (ATCC 13124) 및 곰팡이로는 *Aspergillus flavus* (ATCC 9643), *Penicillium islandicum* (ATCC 10127)를 사용하였다. 각종 미생물에 사용된 배지는 세균이 nutrient broth(NB)와 agar(NA), *V. parahaemolyticus*는 3% NaCl이 첨가된 NB와 NA, *S. aureus*는 tryptic soy broth(TSB)와 agar (TSA), 곰팡이는 potato dextrose broth(PDB)와 agar(PDA)를 사용하였다.

추출물의 제조

감마선 조사 및 비조사된 한약재의 물 및 70% ethanol(이하 ethanol) 추출물의 제조는 500 m*l*용 둥근 플라스크에 한약재 20 g을 담고 10배량의 증류수와 ethanol을 가하여 80±2°C의 수욕상에서 2시간동안 추출한 후 여지(Whatman No. 5A)로 여과하였다. 여과한 여액은 잔사를 재추출하여 얻은 여액과 합하여 감압농축하여 물 및 ethanol 추출액을 얻었다. 물 추출액은 50% methanol에, ethanol 추출액은 99.8% methanol 10 m*l*에 각각 용해시켜 항균활성 시험에 사용하였다.

추출물의 항균활성

비조사된 한약재의 물 및 ethanol 추출물에서의 항균활성 시험은 액체배지 100 m*l*에 1 백금이를 접종하여 *B. subtilis, E. aerogenes, V. parahaemolyticus*는 30°C, 그외의 세균들은 37°C에서 18~24시간 배양하여 활성화시킨 후, 그 액을 1.0%의 물 및 ethanol 추출물이 함유된 Top agar (1.5% agar)에 200 μ*l* 접종(10^7~10^9 CFU/m*l*)하여 각각의 온도에서 24시간 배양한 다음 육안적으로 증식유무를 살펴 항균활성을 조사하였다. 이때 *C. perfringenes*은 gaspak jar에서 혐기배양하였다. *A. flavus*와 *P. islandicum*의 곰팡이는 물 및 ethanol 추출물이 1.0%(w/v) 첨가된 PDA 평판에 1 백금이를 spot 한 다음 각각 30°C와 37°C의 온도에서 3일간 배양하여 생성된 colony의 크기(mm)로 항균활성을 조사하였다. 또한 항균활성이 인정된 한약재는 감마선을 조사하여 ethanol 단독 및 물과의 혼합추출물에서 농도별 항균

활성을 조사하여 비조사군과 비교하였다. 이때 첨가되는 용매자체의 항균활성을 배제하기 위하여 모든 시험은 대조구를 설정하여 실시하였다.

결과 및 고찰

추출물의 항균활성

식품위생관련 세균에 대한 비조사된 한약재의 물 및 ethanol 추출물의 농도를 1.0%(v/v)로 하여 항균활성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 선학초, 울금의 ethanol 추출물은 *V. parahaemolyticus, C. perfringenes, B. subtilis* 및 *S. aureus*의 균주에 대해 강한 항균활성을 보여 증식을 완전히 저해시켰으며 당귀의 ethanol 추출물은 *C. perfringenes, B. subtilis* 및 *S. aureus*의 증식을 억제시켰다. 선학초, 울금, 당귀를 제외한 다른 한약재들의 물 및 ethanol의 추출물은 공시균주들의 증식에 영향이 없거나 오히려 촉진인자로 작용하였다. 곽 등[19]은 고농도(10%) 황금의 물 추출물에서 *S. aureus*와 *P. aeruginosa*의 증식을 억제시켰다고 보고하였지만 본 연구에서는 사용한 한약재의 물 추출물의 항균활성은 없었다.

한편, 식품의 살균목적으로 방사선 조사가 실용화되고 있고 이와 더불어 식품위생관련 미생물의 방사선 감수성에 대한 보고[20,21]는 다수 있었으나 항균활성 물질의 감마선 조사 영향은 아직 보고된 바가 없다. 이에 본 연구에서는 항균활성이 나타난 상기 3종의 한약재에 감마선 조사 및 비조사하여 ethanol 단독 및 물과의 혼합추출물의 농도를 선학초와 울금은 0~1.0%(interval conc.: 0.1%)로, 당귀는 0~3.0% (interval conc.: 0.5%)로 달리하여 항균활성을 최소발육저해농도(minimum inhibitory concentration, MIC)로 조사하였다. 감마선 조사된 ethanol 단독추출물 중 선학초는 MIC 값이 0.4~0.7로, 울금은 0.3으로, 당귀는 1.5~3.0 이상으로 각각 나타나 울금의 항균활성 효과가 가장 좋았으며 이는 비조사된 추출물에 비해 선학초가 *V. parahaemolyticus, C. perfringenes* 및 *S. aureus*에서, 울금이 *V. parahaemolyticus*와 *S. aureus*에서, 당귀가 *C. perfringenes*에서 항균활성이 증가하였지만 그 차이는 거의 없었다(Table 3).

물 및 ethanol의 혼합추출물(1:1, v/v)에서의 항균활성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 각각의 첨가된 농도에서 당귀의 혼합추출물만이 *S. aureus*에서 MIC 값이 3.0으로 나타나 항균활성이 있었으며 그 외의 조사 및 비조사된 혼합추출물에서는 시험균주들에 대한 항균활성이 나타나지 않아 본

Table 2. Antibacterial activity of Korean medicinal herb extracts

Herbs[a]	*En*[b]		*Vi*		*Cl*		*Ba*		*St*		*Ps*		*Ec*		*Sal*	
	W[c]	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
Acj	+[d]	+	+	+	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+
Agp	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Alp	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ang	+	+	++	++	++	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+
Asm	+	+	++	++	++	++	++	++	+	++	+	+	+	+	+	+
Atj	+	+	++	+	+	w	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+
Ci	+	+	+	++	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+
Cl	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Es	+	+	+	+	+	w	+	w	+	w	+	+	+	+	+	+
Gj	+	+	+	+	+	++	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+
Lj	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pj	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pg	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+
Sm	+	+	+	+	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+
So	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sb	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+

[a]See Table 1.

[b]*En, Enterobacter aerogenes; Vi, Vibrio parahaemolyticus; Cl, Clostridium perfringenes; Ba, Bacillus subtilis; St, Staphylococcus aureus; Ps, Pseudomonas aeruginosa; Ec, Escherichia coli; Sal, Salmonella typhimurium.*

[c]W, water extract; E, 70% ethanol extract.

[d]-, No growth; +, growth; ++, strong; w, weak. Bacteria were incubated on optimal conditions for 24 hrs.

Table 3. Minimum inhibitory concentration(%)[a] of the 70%-ethanol extract of Korean medicinal herbs

Herbs[b]	*V. parahaemolyticus*		*C. perfringenes*		*B. subtilis*		*S. aureus*	
	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy
Agp	0.6	0.5	0.6	0.4	0.7	0.7	0.6	0.5
Cl	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
Es	2.5	>3.0[c]	2.0	1.5	3.0	>3.0	1.5	1.5

[a]MIC means the mixture extract concentration(%) level of no growth after cultured at plate medium for 24 hours.
[b]*Agp, Agrimonia pilosa ledebour japonica* Nakai; *Cl, Curcuma longa* Linne; *Es, Ephedra sinica* Stapf.
[c]Means that the tested bacteria were not inhibited with those concentrations.

Table 4. Minimum inhibitory concentration(%) of mixture[a] extracts of Korean medicinal herbs

Herbs[b]	*V. parahaemolyticus*		*C. perfringenes*		*B. subtilis*		*S. aureus*	
	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy
Agp	>1.0[c]	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0
Cl	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0
Es	>3.0	>3.0	>3.0	>3.0	>3.0	>3.0	3.0	3.0

[a]Mixtures were prepared by mixing the same weight of 70% ethanol and water extract, respectably.
[b,c]See footnote of Table 3.

한약재의 항균활성 물질은 ethanol 추출물에 다량 존재하고 있으며 또한 어느농도 이상이 되어야만 그 활성을 가지는 것을 추측할 수 있었다. 이러한 결과로서 감마선 조사 및 비조사된 한약재 추출물에서의 항균활성은 ethanol 단독추출물에서만 활성이 나타났으며 감마선 조사는 각 추출물의 항균활성에는 영향을 미치지 않았다.

2종의 곰팡이에 대한 비조사된 한약재의 물 및 ethanol 추출물에서 colony의 직경으로 살펴 본 항균활성 효과는 Table 5와 같다. 선학초, 울금, 봉출 및 황금의 ethanol 추출물에서는 *A. flavus*와 *P. islandicum*에 대해 항균활성이 나타났고 공시세균들에 대해서 항균활성이 없었던 황금의 물 추출물이 곰팡이에 대해서는 증식억제 효과가 있었으나 당귀의 ethanol 추출물에서는 항균활성이 나타나지 않았다. Table 6은 항균활성이 나타난 상기 한약재의 감마선 조사된 추출물이 *A. flavus*와 *P. islandicum*의 증식에 미치는 영향을 살펴 본 것이다. *A. flavus*는 봉출의 ethanol 추출물과 황금의 물 및 ethanol 추출물에서, *P. islandicum*은 봉출의 ethanol 추출물에서 각각 0.5% 첨가로도 증식이 억제되었다. 그러나 이들 조사된 추출물에서의 항균활성은 비조사된 추출물과 차이가 없었으며, 또한 본 추출물은 세균과는 달리 *A. flavus*와 *P. islandicum*의 증식억제 효과는 있었지만 완전히 저해하지는 못하여 실제 식품에 오염되어 있는 곰팡이의 살균시에는 그 농도를 높히거나 추출방법을 달리해야

Table 5. Inhibition zone diameter of Korean medicinal herb extracts against *Aspergillus flavus* and *Penicillium islandicum* Unit: Inhibition zone diameter(mm)

Herbs[a]	*A. flavus*		*P. islandicum*	
	W[b]	E	W	E
Acj	0	0	0	0
Agp	0	15.0	0	13.0
Alp	0	0	0	0
Ang	0	0	0	0
Asm	0	0	0	0
Atj	0	0	0	0
Ci	0	8.5	0	9.0
Cl	0	17.0	0	10.0
Es	0	0	0	0
Gj	0	0	0	0
Lj	0	0	0	0
Pj	0	0	0	0
Pg	0	0	0	0
Sm	0	0	0	0
So	0	0	0	0
Sb	8.5	10.0	8.5	9.0

The mold was incubated on potato dextrose agar medium for 3 days.
[a,b]See footnote of Table 1.

Table 6. Inhibitory effect of Korean medicinal herb extracts against *Aspergillus flavus* and *Penicillium islandicum*

Unit: Colony diameter(mm)

Herbs[a)]	Extracts	Conc.(%)	*A. flavus*		*P. islandicum*	
			Control	10 kGy	Control	10 kGy
Control			20	20	6	6
Agp	70%-Ethanol	0.5	22	20	7	7
		1.0	20	20	6	6
		1.5	18	18	6	6
		2.0	16	15	5.5	5
Ci	70%-Ethanol	0.5	25	26	8	7
		1.0	25	24	8	7
		1.5	20	22	7	6
		2.0	18	20	6	5.5
Cl	70%-Ethanol	0.5	16	17	5.5	5
		1.0	14	15	4	5
		1.5	12	12	4	5
		2.0	10	10	4	4
Sb	Water	0.5	19	18	6	7
		1.0	17	15	6	6
		1.5	15	14	6	6
		2.0	14	14	6	5
	70%-Ethanol	0.5	17	19	6	7
		1.0	16	18	5	6
		1.5	16	18	4	5
		2.0	16	16	3	3

[a)]See footnote of Table 1.

함을 알 수 있었다. 박 등[22]은 상백피(*Morus alba*)를 추출조건 및 방법을 달리하여 *Aspergillus*와 *Penicilium* 균주의 항균활성을 보고하였으며 또한 flavonoids의 구조와 항균활성과의 관계 및 항균작용기구에 대한 보고[23]도 있다.

본 실험에 나타난 전반적인 결과로 미생물은 균종에 따라서 일부 한약재 추출물에서 항균활성을 따로 보이거나 더 높은 경향을 나타내었지만 그 항균활성은 진균류보다 세균류에서 더 효과가 있었고 선학초, 울금, 당귀, 황금 및 봉출 등에 상당한 항균활성 물질이 존재하였으나 감마선 조사는 이들 추출물의 항균활성에는 아무런 영향을 주지 않았다.

국문요약

식품위생관련 미생물에 대한 감마선 조사 및 비조사된 한약재의 70% ethanol 단독 및 물과의 혼합추출물에서의 항균활성을 조사한 결과는 다음과 같다. 비조사된 한약재 중 선학초(*Agrimonia pilosa ledebour japonica* Nakai), 울금(*Curcuma longa* Linne) 및 당귀(*Angelica gigas* Nakai)의 70% ethanol 추출물이 *Vibrio parahaemolyticus, Clostridium perfringenes, Bacillus subtilis* 및 *Staphylococcus aureus* 균주들의 증식을 완전히 저해하였으며 혼합추출물에서의 항균활성은 나타나지 않았다. 또한 비조사된 선학초, 봉출(*Curcuma Iedoaria* Roscoe), 울금 및 황금(*Scutellaria baikalensis* George)의 70% ethanol 추출물은 *Aspergillus flavus*와 *Penicillium islandicum*의 증식을 억제하였으며 특히, 황금은 물 추출물에서도 이들 곰팡이의 증식을 억제하였다. 10 kGy의 감마선 조사는 각 추출물의 항균활성에 아무런 영향을 미치지 않았다.

참고문헌

1. 이태호, 정숙정, 이상열, 김재원, 조성환: Grapefruit 종자 추출물이 *Enterobacter pyrinus*의 생리기능에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **27**, 985-990 (1995).
2. 조성환, 서일원, 최종덕, 전상수, 라택균, 정수근, 강동훈: 천연항균성 물질을 이용 한 *Vibrio vulnificus*의 살균 및 독소생성 억제효과, 한국식품위생학회, **7**, 99-106 (1992).
3. Belitz, H.D. and Grosch, W.: Food Chemistry, Springer-Verlag, Berlin, pp. 175 (1987).
4. Morris, J. A., A. Khettry, and E. W. Seitz: Antimicrobial activity of aroma chemicals and essential oils, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 595-603 (1979).
5. Farag, R. S., Daw, Z. Y., Hewedi, F. M., and El-Baroty, G. S. A.: Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils, *J. Food Prot.*, **52**, 665-667 (1989).
6. Singh, J., A. Khanna and H. Chander: Antibacterial activity of yogurt starter in cow and buffalo milk, *J. Food Prot*, **42**, 664-665 (1979).
7. Koho, K. H.: Antimicrobial effect of short-chain fatty acids against *Saccharomyces cerevisiae, Foods and Biotechnoloy*, **5**, 42-47 (1996).
8. Kim, J. M., M. R. Marshall, J. A. Cornell, J. F. Preston III, and C. I. Wei: Antibacterial activity of carvacrol, citral, and geraniol against *Salmonella typhimurium* in culture medium and on fish cubes, *J. Food Sci.*, **60**, 1364-1374 (1995).
9. Kubo, A., C. S. Lunde, and I. Kubo: Antimicrobial activity of the olive oil flavor compounds, *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1629-1633 (1995).
10. Nakamura, S., Kato, A. and Kobayashi, K.: New antimicrobiol characteristics of lysozyme-dextran conjugate, *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 647-650 (1991).
11. Nakamura, S., Kato, A. and Kobayashi, K.: Bifunctional lysozyme-galactomannan conjugate having excellent emulsifying properties and bactericidal effect, *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 735-739 (1992).
12. 박석규, 박정로, 이상원, 서권일, 강성구, 심기환 : 돌산갓 전처리 추출물의 항균활성 및 열안정성, 한국영양식량학회지, **24**, 707-712 (1995).
13. 서권일, 박석규, 박정로, 김홍출, 최진상, 심기환: 겨자 가수분해물의 항균성 변화, 한국식량영양학회지, **25**, 129-134 (1996).
14. 김용관: 국내외산 녹차 추출액의 항균작용, 한국환경위생학회지, **21**, 39-46 (1995).
15. 안은숙, 김문숙, 신동화: 식용 식물로부터 얻은 추출물의 두부, 어묵, 막걸리 변질균에 대한 항균성 검색, 한국식품과학회지, **26**, 733-739 (1994).
16. 이병완, 신동화: 식품 부패미생물의 증식을 억제하는 천연 항균성물질의 검색, 한국식품과학회지, **23**, 200-204 (1991).
17. 박욱연, 장동석, 조학래 : 한약재 추출물의 항균효과 검색, 한국영양식량학회지, **21**, 91-96 (1992).
18. 박욱연, 장동석, 조학래: 자초(*Lithospermum erythrorhizon*) 추출물의 항균특성, 한국영양식량학회지, **21**, 97-100 (1992).
19. 곽이성, 양재원, 이광승: 일부 병원성 미생물에 대해 항균활성을 보이는 생약의 탐색, 한국식품위생학회지, **8**, 141-145 (1993).
20. Welch, A. B., and R. B. Maxcy: Characterization of radiation-resistant vegetative bacteria in beef, *Appl. Microbiol.*, **30**, 242-250 (1975).
21. 변명우, 차보숙, 권중호, 조한옥, 김우정: 김치의 숙성관련 주요 젖산균 살균에 대한 가열처리와 방사선 조사의 병용효과, 한국식품과학회지, **21**, 185-191 (1989).
22. 박욱연, 김영목, 김신회, 장동석: 상백피 추출물의 항균력 및 최적추출조건 검토, 한국식품위생 · 안전성학회, **10**, 139-145 (1995).
23. Mori, A., Nishino, C., Enoki, N. and Tawata, S.: Antibacterial activity and mode of action plant flavonoids against *Proteus vulgaris* and *Staphylococcus aureus, Phytochemistry*, **26**, 2231-2234 (1987).