

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 microorganisms. 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^{5,6)}과 다당류 수식에 의한 단백질의 기능을 변환시켜 항균활성을 증대시키는 보고^{10,11)}가 있다. 최근에는 한약재와 같은 천연식품 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 미생물

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

시료의 포장, 감마선 조사

시료인 한약재의 포장은 접합포장재(nylon 15 μm /polyethylene 100 μm , 투습도 4.7 g/m²/24 hrs, 산소투과도 22.5 cc/m²/24 hrs)를 이용하여 약 500 g 단위로 합기포장한 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 ml 용 둥근 플라스크에 한약재 20 g을 담고 10배량의 증류수와 ethanol을 가하여 80 \pm 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 ml에 각각 용해시켜 항균활성 시험에 사용하였다.

추출물의 항균활성

비조사된 한약재의 물 및 ethanol 추출물에서의 항균활성 시험은 액체배지 100 ml에 1 백금이를 접종하여 *B. subtilis*, *E. aerogenes*, *V. parahaemolyticus*는 30°C, 그외의 세균들은 37°C에서 18~24시간 배양하여 활성화시킨 후, 그액을 1.0%의 물 및 ethanol 추출물이 함유된 Top agar (1.5% agar)에 200 μl 접종(10⁷~10⁹ CFU/ml)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 용매 자체의 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. 꼭 등¹⁹⁾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 있

고 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	+	+	+	+	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+
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)}	<i>V. parahaemolyticus</i>		<i>C. perfringenes</i>		<i>B. subtilis</i>		<i>S. aureus</i>	
	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy
<i>Agp</i>	0.6	0.5	0.6	0.4	0.7	0.7	0.6	0.5
<i>Cl</i>	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
<i>Es</i>	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)}	<i>V. parahaemolyticus</i>		<i>C. perfringenes</i>		<i>B. subtilis</i>		<i>S. aureus</i>	
	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy	Control	10 kGy
<i>Agp</i>	>1.0 ^{c)}	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0
<i>Cl</i>	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0
<i>Es</i>	>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, respectively.

^{b)}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% 첨가라도 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 높거나 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)}	<i>A. flavus</i>		<i>P. islandicum</i>	
	W ^{b)}	E	W	E
<i>Acj</i>	0	0	0	0
<i>Agp</i>	0	15.0	0	13.0
<i>Alp</i>	0	0	0	0
<i>Ang</i>	0	0	0	0
<i>Asm</i>	0	0	0	0
<i>Atj</i>	0	0	0	0
<i>Ci</i>	0	8.5	0	9.0
<i>Cl</i>	0	17.0	0	10.0
<i>Es</i>	0	0	0	0
<i>Gj</i>	0	0	0	0
<i>Lj</i>	0	0	0	0
<i>Pj</i>	0	0	0	0
<i>Pg</i>	0	0	0	0
<i>Sm</i>	0	0	0	0
<i>So</i>	0	0	0	0
<i>Sb</i>	8.5	10.0	8.5	9.0

The mold was incubated on potato dextrose agar medium for 3 days.

^{a)}See footnote of Table 1.

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

Herbs ^{a)}	Extracts	Conc.(%)	Unit: Colony diameter(mm)			
			<i>A. flavus</i>		<i>P. islandicum</i>	
			Control	10 kGy	Control	10 kGy
Control			20	20	6	6
<i>Agp</i>	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
<i>Ci</i>	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
<i>Cl</i>	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
<i>Sb</i>	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 등²²⁾은 상백피(*Morus alba*)를 추출조건 및 방법을 달리하여 *Aspergillus*와 *Penicillium* 균주의 항균활성을 보고하였으며 또한 flavonoids의 구조와 항균활성과의 관계 및 항균작용기구에 대한 보고²³⁾도 있다.

본 실험에 나타난 전반적인 결과로 미생물은 균종에 따라

서 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, 최중덕, 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 Biotechnology*, **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: 국내의산 녹차 추출액의 항균작용, 한국환경위생학회지, **21**, 39-46 (1995).
15. 안은숙, 김민숙, 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. 박옥연, 장동석, 조하래 : 한약재 추출물의 항균효과 검색, 한국영양식량학회지, **21**, 91-96 (1992).
18. 박옥연, 장동석, 조하래: 자초(*Lithospermum erythrorhizon*) 추출물의 항균특성, 한국영양식량학회지, **21**, 97-100 (1992).
19. 곽이성, 양재원, 이광승: 일부 병원성 미생물에 대해 항균 활성을 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. 박옥연, 김영목, 김신희, 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).