

## 유산균 발효에 의한 갈근탕의 특성변화 분석

이영경 · 김미현 · 이영철 · 노정해 · 마진열<sup>1</sup> · 조장원\*

한국식품연구원 산업진흥연구본부, <sup>1</sup>한국한의학연구원 한의융합연구본부

### Characteristic Changes of *Galgeuntang* Fermented with Lactic Acid Bacteria

Young Kyoung Rhee, Mihyun Kim, Young-Chul Lee, Jeonghae Rho, Jin-Yeul Ma<sup>1</sup>, and Chang-Won Cho\*

Research Division for Food Industry Advancement, Korea Food Research Institute

<sup>1</sup>TKM Integrated Research Division, Korea Institute of Oriental Medicines

**Abstract** The possible application of *Lactobacillus* spp. as a functional starter culture to ferment *galgeuntang* (GT) and to produce bioactive isoflavone (daidzein) was investigated. *Lactobacillus casei* KFRI 127, *L. plantarum* KFRI 144, *L. bulgaricus* KFRI 344 were used for GT fermentation. Acid development and quantification of isoflavones using high-performance liquid chromatography were performed after fermentation at 37°C for 48 h. All the tested *Lactobacillus* spp. lowered pH to about 3.8 in 48 h and *L. plantarum* KFRI 144 exhibited 89.9% hydrolysis rate of daidzin (79.1-8.0 µg/mL) during fermentation. The content of daidzein in GT fermented with *L. plantarum* KFRI 144 was increased by 6.6-fold (3.6-23.9 µg/mL). These results demonstrate that *L. plantarum* KFRI 144 has potential as functional starter culture for manufacturing fermented GT with higher isoflavone bioavailability.

**Keywords:** *Lactobacillus*, *galgeuntang*, isoflavone, fermentation

## 서 론

갈근탕은 갈근(*Pueraria lobata*), 계피(*Cinnamomum cassia*), 마황(*Ephedra sinica*), 작약(*Paeonia lactiflora*), 감초(*Glycyrrhiza uralensis*), 생강(*Zingiber officinale*) 대추(*Zizyphus jujube*)로 구성된 한방처방으로 중국, 일본, 한국 등지에서 감기의 다양한 증상완화, 면역력 증강, 해열 등에 사용되어져 왔고, 최근 혈압 및 지질 저하 효과, 항산화 그리고 미세혈관 순환에 효과가 있음이 보고되었다(1,2). 갈근탕의 구성성분 중 하나인 갈근은 고혈압, 관상동맥 경화증, 협심증, 당뇨병 완화효과, 숙취제거 효과와 혈압강하, 지방산화 억제, 항염, 해독, 항산화 및 보간작용이 있는 것으로 알려졌다(3), 갈근의 주요 구성성분으로는 isoflavone인 puerarin, daidzin등과 그 외에 D-mannitol, succinic acid, microestrol 및 starch등이 있다(4).

유산균은 발효를 통해 젖산 및 여러 가지 대사산물을 생산하는 미생물로 각종 발효식품, 건강기능식품, 의약품, 사료 첨가제 등으로 광범위하게 이용되고 있으며, 최근에는 건강 증진 및 질병 예방의 특징을 가지는 probiotics 균주에 대한 연구와 응용이 증가되고 있다(5). 대표적인 유산균인 *Lactobacilli*와 *Bifidobacteria*는 β-glucosidase 활성을 가지고 있어 다양한 식물 배당체의 장내

가수분해에 있어 중요한 역할을 한다고 알려져 있다(6,7). 갈근 내에 존재하는 주요 isoflavone인 daidzin과 puerarin은 당 성분이 결합되어 있는 배당체로서 위산과 장내 미생물 효소인 β-glucosidase에 의하여 가수분해된 형태 즉, 비당체 형태의 daidzein으로 전환되면 장에서의 흡수가 증진될 뿐만 아니라 배당체인 puerarin과 daidzin에 비해 더 높은 항암활성 및 혈소관 응집억제효과를 보이는 것으로 확인되었다(8). 생리활성을 증진시키기 위한 비배당화 방법은 가수분해, 효소적 변화 그리고 미생물에 의한 비배당화를 들 수 있는데, 특히 미생물에 의한 생물전환은 epimerization, hydration, hydroxylation 과 같은 부가반응이 적은 장점이 있다(9). 따라서 비배당화 활성이 높은 유산균을 갈근탕 발효에 응용한다면 발효 갈근탕의 생리활성을 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

최근 한의학계에서는 발효 한약에 대한 관심이 증폭되고 있다. 발효 한약은 전통 한약재를 미생물이 잘 이용할 수 있도록 찌거나 삶은 다음, 공기 중의 미생물 또는 유산균과 같은 순수 분리 미생물을 이용하여 발효하는 것으로, 이는 한약재 약효성분의 체내흡수율과 생체이용률 모두를 극대화시키는 방법으로 주목받고 있다(10). 특히 발효 홍삼제품과 발효 한방 화장품 등이 그 대표적 제품이다(11). 현재 다양한 제법과 형태의 발효 한약이 개발되어 시장에서 새로운 수요를 창출할 것으로 기대되나, 아직 *Lactobacillus*를 포함한 유산균을 이용한 한약의 발효 및 그에 따른 한약재 성분변화에 대한 연구는 미비한 상태이다.

본 연구는 갈근탕을 발효시키기 위한 starter 균주로서의 *Lactobacillus*의 가능성을 살펴보기 위하여 *Lactobacillus* 발효에 의한 갈근탕의 특성변화를 분석하였으며, 또한 각 *Lactobacillus*들에 의한 갈근 isoflavone 배당체의 비배당화 활성을 비교하여 갈근탕 유효성분의 생체 이용률을 높일 수 있는 *Lactobacillus*를 선발하고자 수행하였다.

\*Corresponding author: Chang-Won Cho, Research Division for Food Industry Advancement, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9312  
Fax: 82-31-709-9876  
E-mail: cwcho@kfri.re.kr  
Received May 2, 2011; revised July 1, 2011;  
accepted July 12, 2011

## 재료 및 방법

### 표준품 및 시약

본 실험에 사용된 isoflavone 표준품 puerarin, daidzin, daidzein 은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였고, 기기분석을 위한 water, acetonitrile, ethanol(SK chemicals, Ulsan, Korea)은 HPLC급을 사용하였다. 그 외는 모두 특급 시약을 사용하였다.

### 갈근탕

발효에 사용된 갈근탕은 한국한의학연구원에서 제공받았다. 갈근탕의 한약재 구성은 갈근(*Puerariae Radix*), 마황(*Ephedrae Herba*), 건강(*Zingiberis Rhizoma*), 대조(*Zizyphi Fructus*), 계피(*Cinnamomi Cortex*), 작약(*Paeoniae Radix*), 감초(*Glycyrrhizae Radix*)로 생산자 및 재배지역이 명확한 한약재를 구입하여 사용하였다. 각 한약재의 재배지역은 갈근(경남 거창군), 마황(중국), 건강(충남 태안군), 대조(경북 영천시), 계피(베트남), 작약(경북 의성군), 감초(베트남)이다. 본 연구에서는 초고속 진공 저온 약탕기(Cosmos-660, KyungSeo, Incheon, Korea)를 이용한 전탕 추출법에 의해 갈근탕 추출을 실시하였으며, 처방구성(갈근 400 g, 마황 200 g, 건강 50 g, 대조 200 g, 계피 150 g, 작약 150 g, 감초 100 g)(12)에 따른 각 한약재들을 무게의 50배에 해당하는 생수에 넣어 1시간 침적한 다음 115°C에서 180분간 열탕 추출하였다.

### 발효균주 및 발효조건

갈근탕 발효에 사용된 유산균은 한국식품연구원(Korea Food Research Institute: KFRI, Seongnam, Korea) 식품미생물 유전자은행에서 분양 받았으며, MRS 배지(Difco, Detroit, MI, USA)에서 계대 배양한 뒤 초기균수를  $1-5 \times 10^6$  CFU/mL로 조절하여 사용하였다. 발효는 1 M NaOH로 갈근탕의 pH를 7.0으로 조정 후, 121°C, 1.5 기압에서 15분간 가압멸균하고, 상온까지 냉각시킨 후, 유산균을 1%(v/v)로 접종하고 37°C의 항온배양기에서 48시간 동안 통기 배양하여 갈근탕을 발효하였다.

### HPLC 분석

갈근탕 및 유산균 발효 갈근탕에 함유된 isoflavone들을 추출하기 위해 동결건조된 각 시료의 일정량에 10배의 80% 메탄올 용액을 가하여 상온에서 24시간 추출하였다. 불용성 물질은 원심분리(4,000 g×15분)하여 제거한 다음, 상등액을 syringe filter(0.2 µm, Millipore Co., Bedford, MA, USA)로 여과하여 HPLC의 분석 시료로 사용하였다(13). 갈근탕 중 isoflavone의 분석을 위해 사용된 기기는 Jasco HPLC(Tokyo, Japan)로 degasser가 장착된 PU-2089 Plus gradient pump, AS-2075 Plus autosampler, 그리고 UV-2075 Plus UV-vis detector로 구성되었다. 분석 컬럼은 Sunfire™ C<sub>18</sub>(4.6×250 mm i.d., 5 µm, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였고, 주입량은 20 µL, 유속은 1.0 mL/min, 컬럼온도는 30°C, 자외선 검출기 흡광파장은 254 nm로 설정하여 분석하였다. 이동상으로는 (A) water와, (B) acetonitrile을 초음파 세척기로 탈기하여 사용하였고, 기울기 용리조건(gradient system)을 이용하였으며 B를 기준으로 15%(0분), 15%(10분), 35%(50분), 80%(58분), 15%(63분), 15%(70분)이었다(14).

### 발효에 의한 지표물질의 변화 분석

유산균 발효에 의한 갈근탕 내의 isoflavone변화는 배당체(puerarin, daidzin)가 유산균 발효에 의해 가수분해된 비율을 산출

하여 비교하였다.

### Hydrolysis(%)

$$= \frac{\text{지표물질의 발효 전 농도} - \text{지표물질의 발효 후 농도}}{\text{지표물질의 발효 전 농도}} \times 100$$

## 결과 및 고찰

### 유산균 발효에 의한 갈근탕의 pH 저하

쌍화탕을 이용한 이전 발효실험에서 쌍화탕의 낮은 pH로 인해 유산균의 증식이 매우 미약하게 일어나는 것을 관찰할 수 있었으나 pH를 7.0으로 조정했을 때 균수가 활발히 증식되었음이 보고된 바 있다(15). 본 발효실험에 사용된 갈근탕의 유산균 접종 전 pH는 4.9로 산성을 나타내어 접종 전 초기 pH의 영향을 조사하기 위하여 1 M NaOH 용액을 이용하여 갈근탕의 pH를 7.0으로 조정하였다. 이것을 멸균한 후 갈근탕의 pH를 측정된 결과 갈근탕의 pH는 6.2를 나타내었다. 이러한 갈근탕의 pH 저하는 121°C, 1.5기압에서 15분간 멸균되는 고온고압 조건에서 갈근탕에 존재하는 식이섬유 등의 성분들이 일부 유기산으로 분해되어 pH가 저하된 것으로 추정되었다. 일반적으로 유산균 배양에 많이 사용되는 MRS배지의 pH가 6.2-6.6 사이인 것을 고려하여 이를 적정 pH로 결정하여 유산균 발효 실험에 사용하였다. 본 연구의 목표는 균주 접종에 의한 갈근탕 내 isoflavone 배당체의 가수분해를 확인하는 것으로, 균주를 접종할 배지는 해당 균주의 생육이 가능할 조건이어야 하는 것이 기본 전제이다. 따라서, 이러한 목표의 baseline을 보여주는 대조구는 갈근탕에 균주를 접종하기 바로 전 상태, 즉 pH 조정이 되고, 멸균처리를 거친 시료를 정하여 발효 후 상태와 비교를 하였다. 현재 많은 천연물 발효관련 논문에서 기질이 산성인 경우, 미생물 생육에 불리하므로 pH 조절로 발효 기질의 조건을 개선하는 방법을 사용하고 있다(16,17). 갈근탕에 3종의 *Lactobacillus* 균주를 접종하여 발효 시 갈근탕내의 pH 변화는 Table 1에 나타내었다. 발효가 진행됨에 따라 비교적 많은 유기산 생성으로 인하여 48시간 후에는 3종의 균주 모두에서 pH가 3.8 이하로 낮아졌다. 갈근탕의 pH 저하능력이 가장 뛰어난 균주는 *L. casei* KFRI 127로서 24시간 발효 시 pH가 3.9 이하로 빠르게 낮아졌고, 48시간 후에는 3.6으로 낮아져 가장 활발한 pH 저하효과를 보였다. 유산균은 발효를 통해 젖산을 포함하는 유기산을 생산하고(18), 생성된 유기산은 발효물의 pH를 저하시켜 잡균의 오염을 방지할 수 있다는 보고(19)를 고려해 보았을 때 *Lactobacillus* 균주 발효에 의한 pH 저하로 발효 갈근탕의 잡균 오염을 방지할 수 있을 것으로 사료되었다.

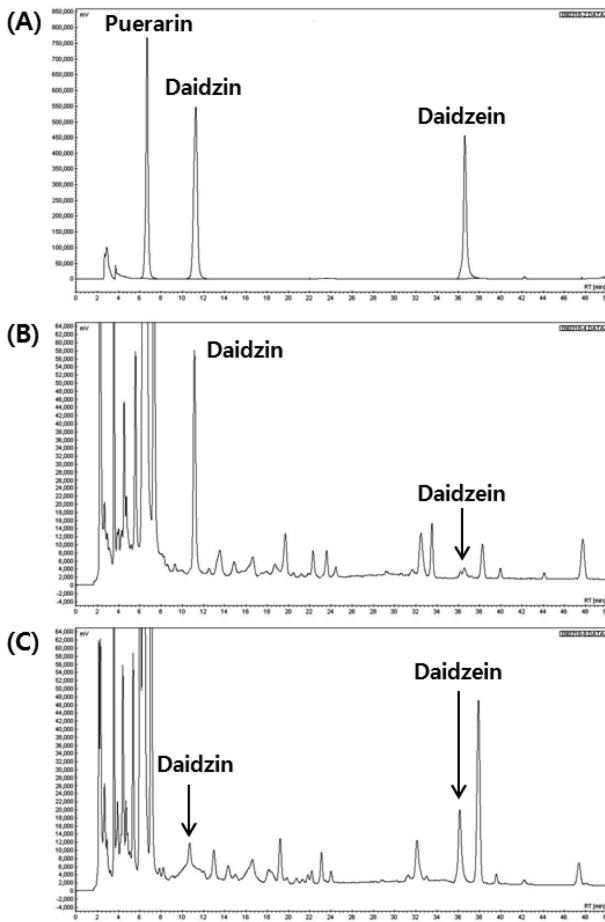
### 발효갈근탕의 성분분석

갈근탕의 발효 전후 유산균에 의해 대사되는 물질의 변화를 분석하기 위하여 HPLC를 이용하여 갈근탕의 원료 중 하나인 갈근

**Table 1. Changes of pH in galgeuntang fermented with various *Lactobacillus* spp.**

Strains	pH		
	0 h	24 h	48 h
<i>L. casei</i> KFRI 127	6.4±0.0 <sup>1)</sup>	3.9±0.1	3.6±0.0
<i>L. plantarum</i> KFRI 144	6.4±0.0	4.2±0.0	3.8±0.0
<i>L. bulgaricus</i> KFRI 344	6.4±0.0	4.1±0.0	3.8±0.0

<sup>1)</sup>The values are mean±SD of three experimental data.



**Fig. 1.** HPLC chromatogram for the determination of isoflavones in *galgeuntang* samples: (A) chromatogram of isoflavone standards; (B) chromatogram of control *galgeuntang*; (C) chromatogram of *galgeuntang* fermented with *L. plantarum* KFR1 144 for 48 h at 37°C.

의 지표물질(Isoflavone)의 발효 전후 성분변화를 비교 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 갈근탕 내에 존재하는 isoflavone의 대표적 형태는 대조구(Fig. 1B)에서 관찰된 바와 같이 배당체 형태인 puerarin, daidzin으로 비배당체 형태인 daidzein의 함유량은 매우 미미한 수준이었다. 갈근탕의 발효를 위해 3종류의 *Lactobacillus*를 이용하여 48시간 배양한 후 갈근탕 내에 존재하는 isoflavone의 농도를 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 갈근탕내의 배당체 isoflavone중 daidzin의 가수분해율이 가장 높은 균주는 *L. plantarum*

KFR1 144로 약 89.9%의 가수분해율을 나타낸 반면 *L. casei* KFR1 127균주의 경우는 daidzin을 전혀 가수분해하지 못하였다. 갈근탕내의 비배당체 isoflavone인 daidzein의 농도는 *L. plantarum* KFR1 144균주 발효에 의하여 약 6.6배 증가하였다. Puerarin 과 daidzin의 경우 미생물의 대사를 받아 비당체인 daidzein으로 전환되고 이어서 dihydrodaidzein 및 equol로 환원될 수 있다(20). 따라서 daidzein의 경우 puerarin 과 daidzin의 최종 대사산물이 아닌 중간 대사산물로서 배당체와 비당체간의 생물전환율을 정량적으로 matching 시키는 것은 어려운 일이다. 그러므로, 본 연구에서는 puerarin이나 daidzin의 daidzein으로의 전환효율을 나타내기 보다는 각 배당체의 가수분해율 및 중간대사체인 daidzein 농도의 증가를 측정함으로써 유산균에 의한 갈근탕 내 isoflavone의 전환을 정성적으로 확인하였다. 유산균에 의한 배당체의 비배당체 활성은 유산균의 종류에 따라 다양하며, 유산균들이 생산하는 β-glucosidase의 활성과 밀접한 관련이 있다고 보고된 바 있으며 (21), *L. plantarum* KFR1 144균주의 경우 선행 연구결과에서 다른 유산균주들에 비해 높은 β-glucosidase활성을 나타내어 콩 추출물중의 daidzin을 높은 비율로 비배당체인 daidzein으로 전환하였다는 보고(22) 등을 고려해 보았을 때, *Lactobacillus* 균주에 의한 갈근탕 내 daidzin의 가수분해 활성차이는 각 균주가 생산하는 β-glucosidase의 활성과 관련이 있을 것으로 추정되었다. 갈근탕 유산균 발효 중 daidzin은 가수분해율이 높은 반면, 또 다른 배당체 isoflavone인 puerarin의 가수분해율은 매우 낮았다. Puerarin 과 daidzin은 같은 기본화합구조를 가졌으나, puerarin의 경우 glucose가 C-glucoside 결합을 하고 있는 반면, daidzin의 경우 O-glucoside 결합을 하고 있다. 유산균이 생산하는 O-glucosidase, C-glucosidase, N-glucosidase의 3가지 중 O-glucosidase의 효소활성이 가장 높고, C-glucosidase가 가장 낮으며 이러한 효소활성 때문에 O-glucoside 결합을 하고 있는 daidzin은 잘 대사되나 C-glucoside 결합을 하고 있는 puerarin의 대사되는 속도는 daidzin에 비해 아주 늦다는 이전 연구 결과를(23) 고려해 보았을 때 본 실험에 사용된 *Lactobacillus*들의 경우도 C-glucosidase 보다는 O-glucosidase의 활성이 높아 puerarin의 전환이 미미하게 나타난 것으로 생각된다. 또한 모델시스템에서 puerarin과 daidzin을 장내 미생물 및 유산균을 이용하여 daidzein으로 전환시킨 이전의 연구결과에서도 daidzin의 대사율이 puerarin에 비해 균주에 따라 최소 4배에서 최대 45.3배 높았다는 점은 유산균을 포함한 장내 미생물들이 높은 O-glucosidase 활성을 가졌다는 점을 뒷받침해준다(24). 유산균을 이용한 한방처방의 발효는 사람에 따라 구성이 다른 장내 세균의 영향을 받지 않고, 유효성분의 흡수율을 높여, 개인차에 의존하지 않는 보편적인 약리 작용을 가질 수 있는 한방처방 제 품개발의 가능성을 높여줄 것으로 기대된다.

**Table 2.** Concentration of isoflavone in *galgeuntang* fermented with various *Lactobacillus* spp.

(Unit: μg/mL)

Strains	β-glucosides		Aglycone	Hydrolysis % of daidzin <sup>2)</sup>
	Puerarin	Daidzin	Daidzein	
Control	1,063±67 <sup>1)</sup>	79.1±2.3	3.6±0.6	
<i>L. casei</i> KFR1 127	1,001±48	79.0±3.5	7.8±0.4	0.1
<i>L. plantarum</i> KFR1 144	965±45	8.0±0.7	23.9±1.4	89.9
<i>L. bulgaricus</i> KFR1 344	934±71	63.6±2.6	7.9±1.1	19.5

<sup>1)</sup>The values are mean±SD of three experimental data.

<sup>2)</sup>Hydrolysis % of daidzin =  $\frac{\text{Daidzin content in control galgeuntang} - \text{Daidzin content in fermented galgeuntang}}{\text{Daidzin content in control galgeuntang}} \times 100$

## 요 약

갈근탕을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주를 선별하기 위하여 3종의 *Lactobacillus* 균을 이용하여 발효시킨 갈근탕의 특성을 분석해 본 결과, 발효에 의한 유기산의 생성으로 3종의 발효 갈근탕 모두 pH가 3.8 이하로 저하되었다. 또한 각 *Lactobacillus*들에 의한 갈근탕의 지표물질 중 하나인 isoflavone 배당체 daidzin의 비배당화 활성을 평가한 결과 *L. plantarum* KFRI 144균주가 89.9%의 가수분해율을 보여 가장 높은 활성을 나타내었다. 이러한 결과로부터 *L. plantarum* KFRI 144균주는 갈근탕 약효성분의 생체이용률을 높일 수 있는 기능성 발효 갈근탕 제조의 starter 균주로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국한의학연구원의 연구지원(K10050)에 의하여 수행되었음.

## 문 헌

- Ji X, Tan BK, Zhu YC, Linz W, Zhu YZ. Comparison of cardioprotective effects using ramipril and danshen for the treatment of acute myocardial infarction in rats. *Life Sci.* 73: 1413-1426 (2003)
- Shin JM, Kim YO, Baek SH. Free radical scavenging activity and kinetic behavior of the *galgeuntang* water extract. *Oriental Pharm. Exp. Med.* 8: 32-38 (2008)
- Park SY, Baek JM, Baek SH. Cytoprotective effect of *galgeuntang* extract on cadmium-induced cytotoxicity. *Yakhak Hoeji* 54: 151-156 (2010)
- Wang CY, Huang HY, Kuo KL, Hsieh YZ. Analysis of *Puerariae radix* and its medicinal preparations by capillary electrophoresis. *J. Chromatogr. A* 802: 225-231 (1998)
- Fuller R. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66: 365-378 (1989)
- Choi YB, Woo JG, Noh WS. Hydrolysis of  $\beta$ -glucosidase bonds of isoflavone conjugates in the lactic acid fermentation of soymilk. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 189-195 (1999)
- Jeon KS, Ji GE, Hwang IK. Assay of  $\beta$ -glucosidase activity of bifidobacteria and hydrolysis of isoflavone glycosides by *Bifidobacterium* sp. Int-57 in soymilk fermentation. *J. Microbiol. Biotechnol.* 12: 8-13 (2002)
- Murota K, Shimizu S, Miyamoto S, Izumi T, Obata A, Kikuchi M, Terao J. Unique uptake and transport of isoflavone aglycones by human intestinal caco-2 cells: Comparison of isoflavonoids and flavonoids. *J. Nutr.* 132: 1956-1961 (2002)
- Cho YH, Imm JY, Kim HY, Hong SG, Hwang SJ, Park DJ, Oh S. Isolation and partial characterization of isoflavone transforming *Lactobacillus plantarum* YS712 for potential probiotic use. *Korean J. Food Sci. An. Resour.* 29: 640-646 (2009)
- Um YR, Lee JH, Lee JH, Moon HJ, Park HY, Cho CW, Ma JY. Acute toxicity study on fermented *ojeoksan* (*wujisan*) extract in mice. *J. Oriental Obstet. Gynecol.* 22: 19-27 (2009)
- Jung YJ, Han DO, Choi BH, Park C, Lee H, Kim SH, Hahm DH. Effect of fermented herbal extracts, HP-1 on enzyme activities and gene expressions related to alcohol metabolism in ethanol-loaded rats. *Korean J. Oriental Physiol. Pathol.* 21: 387-391 (2007)
- Lee JH, Lee JH, Ma CJ, Ma JY. Single dose toxicity study on *galgeuntang* in mice. *Korean J. Oriental Med.* 15: 79-83(2009)
- Wang G, Kuan SS, Francis OJ, Ware GM, Carman AS. A simplified HPLC method for the determination of phytoestrogens in soybean and its processed products. *J. Agr. Food Chem.* 38: 185-190 (1990)
- Pyo YH, Lee TC, Lee YC. Effect of lactic acid fermentation on enrichment of antioxidant properties and bioactive isoflavones in soybean. *J. Food Sci.* 70: S215-S220 (2005)
- Eum HA, Lee JH, Yang MC, Shim KS, Lee JH, Ma JY. Protective effect of *ssanghwa-tang* fermented by *Lactobacillus fermentum* against carbon tetrachloride-induced acute hepatotoxicity in rats. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 8: 312-321 (2011)
- Bae EA, Han MJ, Kim EJ, Kim DH. Transformation of ginseng saponins to ginsenoside Rh<sub>2</sub> by acids and human intestinal bacteria and biological activities of their transformants. *Arch. Pharm. Res.* 27: 61-67 (2004)
- Weon JB, Ma JY, Yang HJ, Ma CJ. Neuroprotective activity of fermented Oyaksungisan. *Korean J. Pharmacogn.* 42: 22-26 (2011)
- Masood MI, Qadir MI, Shrazi JH, Khan IU. Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings. *Crit. Rev. Microbiol.* 37: 91-98 (2011)
- Lee JY, Park YS, Kim YS, Shin DH. Antimicrobial characteristics of metabolites of lactic acid bacteria isolated from feces of newborn baby and from Dongchimi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 472-479 (2002)
- Walsh KR, Failla ML. Transport and metabolism of equol by Caco-2 human intestinal cells. *J. Agr. Food Chem.* 57:8297-8302 (2009)
- Chien HL, Huang HY, Chou CC. Transformation of isoflavone phytoestrogens during the fermentation of soymilk with lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiol.* 23: 772-778 (2006)
- Pyo YH, Lee TC, Lee YC. Enrichment of bioactive isoflavones in soymilk fermented with  $\beta$ -glucosidase-producing lactic acid bacteria. *Food Res. Int.* 38: 551-559 (2005)
- Kim DH. Herbal Medicinal Microbiology. HYOIL Books, Seoul, Korea. pp. 147-150 (2000)
- Park EK, Shin J, Bae EA, Lee YC, Kim DH. Intestinal bacteria activates estrogenic effect of main constituents puerarin and daidzin of *Pueraria thunbergiana*. *Biol. Pharm. Bull.* 29: 2432-2435 (2006)