

김치에서 분리한 *Lactobacillus brevis* THK-D57에 의한 인삼 사포닌의 생물학적 전환

이은지 · 이정민 · 이태후 · 조석철* · 박용진** · †국무창***

경희대학교 생명공학원, * 서원대학교 식품영양학과,
** 경희대학교 한방재료가공학과, *** 안양대학교 해양생명공학과

Biotransformation of Ginsenoside by *Lactobacillus brevis* THK-D57 Isolated from *Kimchi*

Eun-Ji Yi, Jung Min Lee, Tae-Hoo Yi, Seok-Cheol Cho*, Yong-Jin Park** and †Moo-Chang Kook***

Graduate School of Biotechnology, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

*Dept. of Food Nutrition, Seowon University, Cheongju 361-742, Korea

**Dept. of Oriental Medicinal Materials & Processing, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

***Dept. of Marin Biotechnology, Anyang University, Incheon 417-833, Korea

Abstract

Ginsenosides, ginseng saponin, are the principal components responsible for the pharmacological and biological activities of ginseng. In order to improve absorption and biological activities, the biotransformation of major ginsenoside to minor ginsenoside, as the more active compound, is required. In this study, we isolated *Lactobacillus brevis* THK-D57, which has high β -glycosidase activity, from *Kimchi*. The major ginsenoside Rb₁ was converted to the minor ginsenoside 'compound K' during the fermentation of *L. brevis* THK-D57. The results propose that the biotransformation pathway to produce compound K is as follows: ginsenoside Rb₁→ginsenoside Rd→ginsenoside F₂→ginsenoside compound K.

Key words: *Lactobacillus brevis* THK-D57, β -glycosidase, ginsenoside, biotransformation

서 론

김치는 한국의 전통발효식품의 하나로 오랜 역사를 거치면서 단순한 염장발효식품이었던 것이 배추, 무, 오이, 갓, 부추, 마늘 등의 다양한 재료를 바탕으로 각 지역 특색에 맞게 다양한 형태의 김치로 발전하게 되었다. 이러한 김치는 영양학적 중요성 및 다양한 기능성 성분이 입증되어 최근 세계적인 식품으로 자리 잡아 가고 있다(Park & Cheigh 2000; Seo & Seo 2003; Lee 등 2004).

최근 많은 연구자들이 전통발효식품으로부터 다양한 기능성을 지닌 균주를 분리하였으며, 이를 활용하기 위한 연구가 광범위하게 진행되고 있다. 특히, 김치 발효에 관여하는 *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Weissella*, *Leuconostoc* 등의 유산균은 발효 중 젖

산을 생성하여 유해한 미생물을 제어하고, 발효식품의 풍미 증진에 관여하며, 항산화 작용, 암세포 억제 등의 다양한 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있다(So & Kim 1995; Cheigh 등 1994; Lee 등 1997; Ammor & Mao 2007).

인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 오가과(Aralicaceae) 인삼속(*Panax*)에 속하는 다년생 초본식물로서 수 천 년 간 생약으로 분류되어 각종 임상에 적용해 온 대표적 약용식물이다. 현재까지도 인삼은 탕약, 환, 절입 등의 전통 포제방식을 비롯하여 엑기스, 캡슐, 건조분말 등 다양한 형태로 가공되어 널리 활용되고 있다. 오랜 임상적 경험에 근거하여 밝혀진 효능에 대해 최근 구조분석 및 기전연구 등 과학적 접근으로 다양한 방면에서 연구가 이루어지고 있다.

인삼의 주요 약리성분인 인삼 사포닌 진세노사이드(ginse-

† Corresponding author: Moo-Chang Kook, Dept. of Marin Biotechnology, Anyang University, Incheon 417-833, Korea. Tel: +82-32-930-6037, Fax: +82-32-930-6215, E-mail: moochang@hanmail.net

noside)는 주요 기능성으로 면역기능 조절작용이 잘 알려져 있으며, 그 밖에 중추 신경계에 대한 작용, 뇌 기능에 대한 작용, 항암작용, 항 당뇨작용, 해독작용 및 용혈작용 등의 우수한 생리활성을 보이는 것으로 보고되어 있다(Oura 등 1973; Saito 등 1988; Kikuchi 등 1991; Benishin 등 1992; Mei 등 1994).

사포닌은 당(glycine)과 비당(aglycone)이 결합한 형태인 배당체(glycoside) 화합물의 일종으로, 크게 protopanaxadiol(PPD), protopanaxatriol(PPT) 및 oleanane 계열로 구분된다(Karikura 등 1991). 인삼 사포닌은 특별한 가공단계를 거치지 않은 상태에서 대부분 Rb₁, Rb₂, Rc 등 비교적 분자량이 큰 major ginsenoside의 형태로 존재하고, 극히 적은 양이 Rg₃, F₂, Rh₂, compound K 등 분자량이 작은 minor ginsenoside의 형태로 존재한다.

인삼을 경구 투여할 때, 고분자 진세노사이드의 생체 내 흡수율은 매우 낮으며, 장내에서의 세균총(bacterial flora)에 의한 생물학적 이용은 개인 차가 크고 이용 가능성 또한 매우 낮기 때문에, 상대적으로 높은 체내 흡수율과 우수한 효능을 가진 저분자 진세노사이드로의 전환이 요구된다.

진세노사이드의 전환에 관한 연구는 주로 화학적 산 처리 및 염기 처리(Han 등 1982; Chen 등 1987), 열을 이용한 물리적 처리(Kitagawa 등 1998) 방법을 이용하여, 대량으로 존재하는 고분자 사포닌을 저분자화 하는 방법이 연구되었다. 하지만 화학적, 물리적 처리의 경우 기질 특이적 전환이 용이하지 않아 기타 약리성분의 변성을 초래할 가능성이 매우 높다.

최근에는 미생물 발효(Hasegawa 등 1995) 및 효소 반응(Suzuko 등 1998)과 같은 생물학적 전환을 통한 사포닌 대사체 생산에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 이러한 방법으로 전환된 인삼 사포닌은 다양한 소재로 개발되어 건강 기능성 식품 소재, 의약품 및 기능성 화장품 소재로 이용되고 있다.

현재 유산균을 이용한 인삼 사포닌 전환 연구는 매우 미흡한 실정이지만, 사포닌 전환 활성을 갖는 유산균의 산업적 적용은 안전한 스타터로서의 이용뿐만 아니라 유산균이 생산하는 생리활성 물질, 유산균 자체의 생리활성 등에 의한 상승 효과를 기대할 수 있다.

따라서 전국에서 수집한 다양한 김치로부터 β -glycosidase 활성을 보유한 유산균을 분리 동정하고, 발효과정 중에 인삼 유래 사포닌을 전환하는 균주를 선별하여 인삼 사포닌의 영양학적·기능적 가치를 증진시키고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 재료

인삼 사포닌 전환능력을 갖는 유산균을 분리하기 위해 전국 각지의 가정에서 담근 김치를 수집하여 사용하였다.

2. 유산균 분리

유산균의 분리를 위하여 Bui 등(2011)의 방법을 변형하였다. 먼저 수집한 시료 10 g을 10 ml의 멸균 생리 식염수에 혼합하여 무균적으로 잘게 다진 다음 그 중 1 g의 시료액을 취하여 9 ml의 멸균 생리 식염수에 현탁하고, 순차적으로 희석하여 0.1%(w/v) esculin과 0.05%(w/v) ferric citrate가 첨가된 *Lactobacilli* MRS 평판 배지(Difco, USA: 1% bacto peptone, 1% beef extract, 0.5% yeast extract, 2% glucose, 0.1% poly-sorbate 80, 0.5% sodium acetate, 0.2% ammonium citrate, 0.2% K₂HPO₄, 0.02% MgSO₄ · 7H₂O, 0.02% MnSO₄ · 4H₂O, 1.5% agar powder 1.5%)에 도말하였다. β -glycosidase 활성 유산균을 분리하기 위하여 30°C에서 1~2일 간 배양한 후 black zone이 나타나는 유산균 집락을 선별하였다. 선별된 균은 MRS 액체 배지에 접종하여 30°C에서 배양한 후 25%(v/v) glycerol stock을 제조하여 -70°C에서 보관하여 사용하였다.

3. 분리 균주의 동정

균주 동정을 위해 MRS 평판배지에 균주를 희선도말하여 30°C 항온배양기에서 24시간 배양한 후 16S rRNA gene 염기서열 분석을 분석기관(Solgent Co., Ltd, Korea)에 의뢰하여 실시하였다. 분석된 염기서열은 NCBI database를 이용하여 표준 균주(type strain)와의 유사도(similarity)를 확인했으며, 계통수(phylogenetic tree)를 작성하기 위하여 표준 균주의 염기서열을 수집하였다. 각 염기서열은 Clustal X program(Thompson 등 1997)을 이용하여 정렬하고, Bioedit program을 이용하여 편집하였으며(Hall TA 1999), MEGA4 program(Kumar 등 2008)의 neighbor-joining방법(Saitou & Nei 1987)으로 계통학적 위치를 결정하였다.

균주의 형태학적 특성을 분석하기 위하여 현미경(BX50, Olympus, Japan)을 이용하였으며, 생화학적 특성분석을 위해 Gram 염색법과 과산화수소 산소발생반응을 이용한 catalase 활성 측정법, 그리고 API 50CH kit(bioMerieux Co., Craponne, France)를 이용한 당 이용성 검정을 실시하였다.

4. 균주의 생육 패턴 분석

분리 균주를 MRS 액체 배지에 접종하여 30°C에서 배양하면서 균의 생육을 검토하였다. 균의 생장 변화를 알아보기 위해 UV/VIS spectrophotometer DU[®]530(Beckman Instruments, Inc., Fullerton, CA, USA)을 이용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 발효 중 pH의 변화는 MP 220 pH meter(Mettler Toledo, Zurich, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

5. 인삼 사포닌의 전환

분리 균주의 인삼 사포닌 전환 능력을 검토하기 위하여

MRS 액체 배지에서 배양한 배양액을 12,000 rpm의 속도로 10분간 원심 분리하여 상등액을 취한 후 냉각한 아세톤을 이용하여 단백질을 침전시켰으며, 침전된 단백질을 0.1 mM phosphate buffer(pH 7.0)에 현탁하여 효소 반응을 수행하였다. 기질로 protopanaxadiol(PPD) 계열의 고분자 진세노사이드인 Rb₁을 사용하였으며, 30°C 진탕 배양기에서 120 rpm으로 교반하여 24시간 동안 반응시킨 후 박층 크로마토그래피(TLC) 및 역상 고성능 액체크로마토그래피(RP-HPLC)를 이용하여 분석하였다.

발효에 의한 사포닌 전환활성을 확인하기 위하여, Rb₁, Rc, Rd가 혼합된 PPD 계열의 사포닌을 200 ppm이 되게 혼합한 MRS 액체배지에 균주를 1%(v/v) 접종하여 30°C에서 정치 배양한 후, 박층크로마토그래피를 이용하여 분석하였다.

6. 사포닌 대사체 분석

김치에서 분리된 유산균의 인삼 사포닌 전환활성을 TLC 및 RP-HPLC를 이용하여 다음과 같은 방법으로 확인하였다.

먼저 반응물은 같은 부피의 수포화 부탄올을 이용하여 사포닌을 추출하여 분석용 시료로 사용하였다. 반응 산물은 TLC plate(Silica gel 60 F₂₅₄ Merck, Darmstadt, Germany)에 점적한 후, CHCl₃- MeOH-H₂O(65:35:10; v/v/v)를 전개용매로, 10%(v/v) 황산(H₂SO₄) 용액을 발색시약으로 사용하였다.

RP-HPLC를 이용한 사포닌 대사체 분석을 위해서 HPLC 분석용 column으로 C₁₈(250×4.6 mm, ID 5 μm, Waters, USA)을 이용하였으며, 이동상으로 acetonitrile(solvent A)와 증류수(solvent B)를 사용하여 1.2 ml/min의 유속으로 농도 구배를 주어 분석하였다. 각 성분의 검출은 UV detector(Waters 2487, New Castle, DE, USA)를 사용하여 203 nm에서 분석하였다.

결과 및 고찰

1. β-Glycosidase 활성 유산균의 분리

인삼 유래 사포닌 전환활성을 보유한 유산균을 분리하기 위하여 전국의 가정집에서 배추김치, 총각김치, 갓김치 등 다양한 종류의 김치를 수집한 후 Esculin법을 이용하여 β-glycosidase 활성을 가진 THK-D57 균주를 분리하였다.

THK-D57은 Gram 양성, catalase 음성이며, 포자를 형성하지 못하는 간균으로 확인되었으며, API 50CH kit를 이용하여 분석한 결과, strain THK-D57은 *Lactobacillus brevis*와 99.4%의 상동성을 보였다(Table 1).

2. β-Glycosidase 활성 유산균의 동정

Strain THK-D57의 16s rRNA gene 염기서열 분석 결과는 Fig. 1에 나타냈다. THK-D57의 16s rRNA gene sequence를

Table 1. Differential phenotypic characteristics of *Lactobacillus* sp. D57 and *Lactobacillus brevis* LMG 11494^T

Characteristics	<i>Lactobacillus</i> <i>Lactobacillus brevis</i>	
	sp. D57	LMG 11494 ^T 1)
Isolation source	Kimchi (Seoul, Korea)	—
Morphology	Rod	Rod
Catalase	—	—
Gram	+	+
Growth temperature (°C):	4~40	4~40
Carbon-source utilization (API 50CH) of:		
L-Arabinose	+	—
D-Ribose	+	+
D-Xylose	+	—
Methyl-β-D-xylose	-	—
D-Galactose	+	+
D-Glucose	+	—
D-Fructose	+	—
Methyl-α-D-glucopyranoside	+	—
N-Acetyl-glucosamine	+	+
Esculin ferric citrate	+	—
Salicin	—	—
D-Cellobiose	—	—
D-Maltose	+	—
D-Melibiose	+	+
D-Turanose	—	+
2-Ketogluconate (potassium)	—	+

In API 50CH tests, all of the strains are negative for acid production of glycerol, erythritol, D-arabinose, L-xylose, adonitol, mannose, sorbose, rhamnose, dulcitol, inositol, mannitol, sorbitol, α-methyl-D-mannoside, amygdalin, arbutin, lactose, sucrose, trehalose, inulin, melezitose, raffinose, starch, glycogen, xylitol, gentiobiose, D-lyxose, D-tagatose, D-fucose, L-fucose, D-arabitol, L-arabitol, gluconate and 5-keto-gluconate.

+, positive; —, negative.

¹⁾ Taken from Vancanneyt et al., 2006.

NCBI database에서 표준 균주들과 비교하여 상동성을 검토한 결과, *L. brevis*와 가장 높은 상동성을 보였다. *Lactobacillus* genus 내에 속한 표준 균주의 16s rRNA gene 염기서열을 수집하여 Clustal X program과 Bioedit program을 이용하여 편집한 후 phylogenetic tree를 작성하였다(Fig. 2). Strain THK-D57은 16s rRNA 염기서열에서 *L. brevis*와 99.7%의 상동성을 보이기 때문에 *L. brevis* THK-D57로 명명하였다.

GCGTGCGGGTGCTATAATGCAGTCGAACGCACAGCGAAAGGTGCTTGCACCTTTCAAGT
 GAGTGGCGAACGGGTGAGTAACACGTGGACAACCTGCCTCAAGGCTGGGGATAACATTT
 GGAAACAGATGCTAATACCGAATAAACTTAGTGTCGCATGACACAAAGTTAAAAGGCG
 CTTTCGGCGTCACCTAGAGATGGATCCGCGGTGCATTAGTTAGTTGGTGGGGTAAAGGCCT
 ACCAAGACAATGATGCATAGCCGAGTTGAGAGACTGATCGGCCACATTGGGACTGAGAC
 ACGGCCCAAACCTCCTACGGGAGGCTGCAGTAGGGAATCTTCCACAATGGGCGAAAGCCT
 GATGGAGCAACGCCGCGTGTGTGATGAAGGCTTTCGGGTCGTAAAGCACTGTTGTATGG
 GAAGAACAGCTAGAATAGGAAATGATTTTAGTTTACGGTACCATAACCAGAAAGGGACG
 GCTAAATACGTGCCAGCAGCCGCGTAATACGTATGTCCCGAGCGTTATCCGGATTTATT
 GGGCGTAAAGCGAGCGCAGACGGTTTATTAAGTCTGATGTGAAAGCCCGGAGCTCAACT
 CCGGAATGGCATTGGAACTGGTTAACTTGAGTGCAGTAGAGGTAAGTGGAACTCCATG
 TGTAGCGGTGGAATGCGTAGATATATGGAAGAACCAGTGCCGAAGGCGGCTTACTGG
 ACTGCAACTGACGTTGAGGCTCGAAAGTGTGGGTAGCAAACAGGATTAGACACCCTGGT
 AGTCCACACCGTAAACGATGAACACTAGGTGTTAGGAGGTTTCCGCCTCTTAGTGCCGAA
 GCTAACGCATTAAGTGTTCGCCTGGGGAGTACGACCGCAAGGTTGAAACTCAAAGGAA
 TTGACGGGGACCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATTGCAAGCAACGCGAAGAA
 CTTTACCAGTCTTGACATCCTTTGAAGCTTTTAGAGATAGAAGTGTCTCTTCGGAGAC
 AAAGTGACAGGTGGTGCATGGTCGTCGTCAGCTCGTGTGTCGTGAGATGTTGGGGTTAAGTC
 CCGCAACGAGCGCAACCCTTATTGTTAGTTGCCAGCATTAGATGGGCACTCTAGCGAGA
 CTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGCGGGGACGACGTCAGATCATCATGCCCTTATGA
 CCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGCGTATAACAACGAGTTGCCAACCCGCGAGGGTGA
 GCTAATCTCTTAAAGTACGTCTCAGTTCGGATTGTAGTCTGCAACTCGACTACATGAAGT
 CGGAATCGCTAGTAATCGCGGATCAGCACGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGTCTTGTAC
 ACACCGCCGTCACACCATGGGAGTTTGAATGCCCAAAGCCGGTGGCCTAACCTTTTAG
 GAAGGAGCCGTCTAAGTCAGACAGA

Fig. 1. 16s rRNA gene sequence of strain THK-D57 isolated from Korean fermented food, *Kimchi*.

3. *Lactobacillus brevis* THK-D57의 생육 패턴 확인

L. brevis THK-D57의 생육패턴을 확인하기 위해 MRS 액체 배지를 사용하여 배양하였다. 배양 초기의 pH는 6.0으로 조정하였으며, 발효 중에 pH는 유기산의 생성에 의하여 4.5까지 낮아졌다. *L. brevis* THK-D57의 생육은 발효 3시간 이후 활발하게 진행되어 18시간에 최고의 생육을 보였으며, 이후 정체기에 진입하였다. 발효 중 pH와 균체 농도의 변화는 Fig. 3에 나타내었다.

4. *L. brevis* THK-D57의 조효소에 의한 인삼 유래 사포닌의 대사체 전환

L. brevis THK-D57의 인삼 사포닌 전환활성을 검토하기 위하여 MRS 액체 배지에서 18시간 동안 배양한 후, 12,000 rpm

의 속도로 10분간 원심분리하여 얻은 상등액을 조효소액으로 사용하여 ginsenoside Rb₁에 반응한 결과를 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 기질로 사용한 ginsenoside Rb₁이 반응 시간이 증가함에 따라 감소되어 중간 대사체인 ginsenoside Rd로 전환되는 양상을 보였다.

5. *L. brevis* THK-D57의 발효에 의한 인삼 유래 사포닌의 대사체 전환

L. brevis THK-D57의 발효 중 인삼 사포닌 전환활성의 변화를 검토하기 위하여 MRS 액체배지에 Rb₁, Rc, Rd가 혼합된 PPD 계열의 사포닌과 혼합하여 배양한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. *L. brevis* THK-D57의 배양 6일 이후 TLC plate의 ginsenoside Rd를 나타내는 spot이 뚜렷하게 나타났으며, 저분

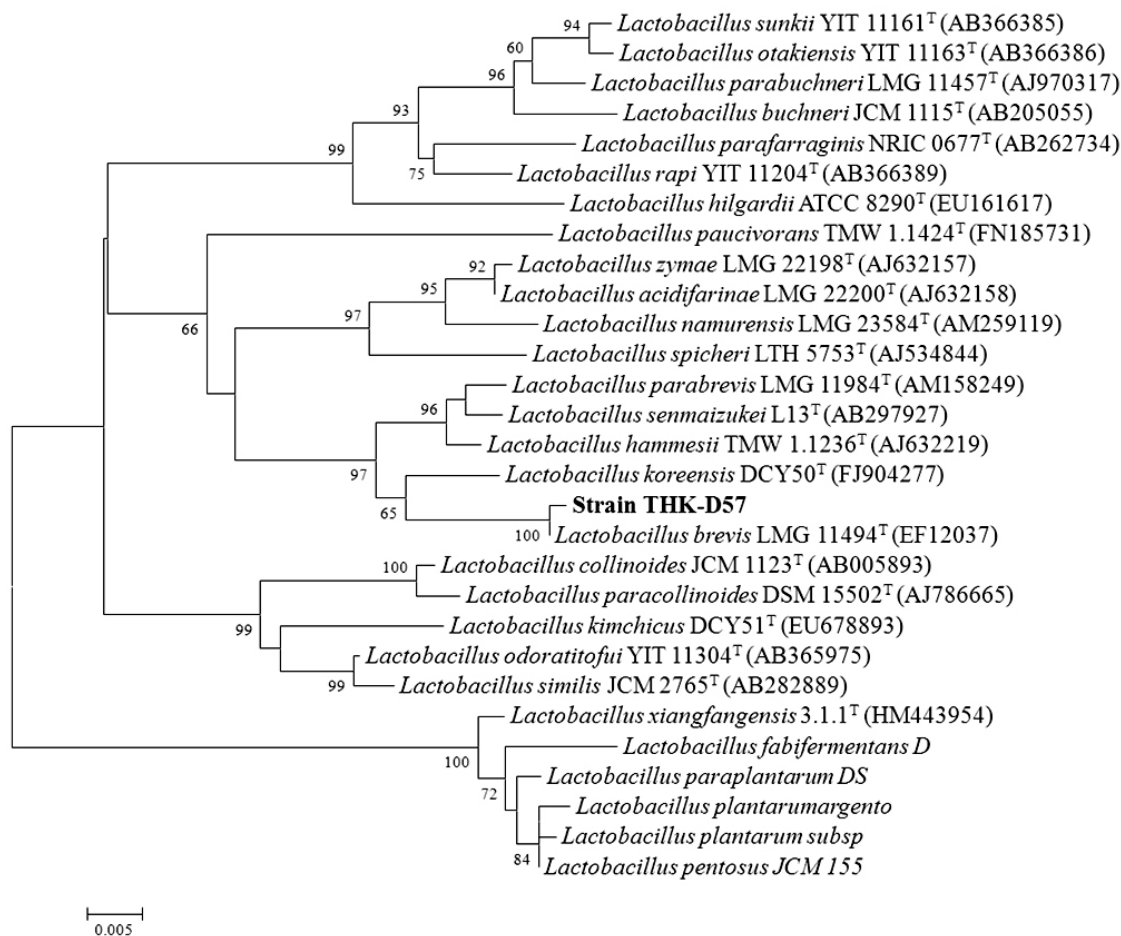


Fig. 2. Neighbor-joining phylogenetic tree constructed from a comparative analysis of 16S rRNA gene sequences. Filled circles at nodes indicate generic branches that were also recovered by using maximum-parsimony algorithms. Bootstrap values(expressed as percentage of 1,000 replications)>60% are shown at the branch points. Bar, 0.005 substitutions per nucleotide position.

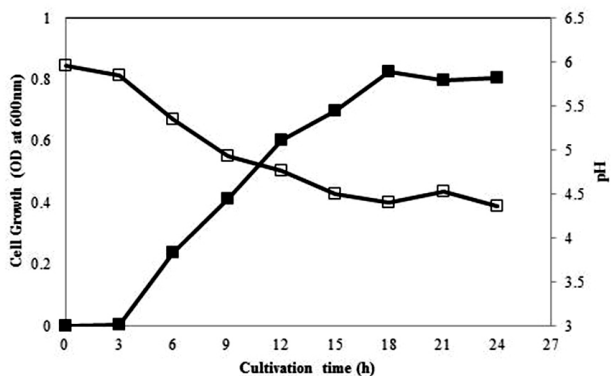


Fig. 3. Cell growth of *L. brevis* THK-D57 in MRS broth at 30°C. Closed symbol, cell growth; Open symbol, pH. Data are means of triplicates. Standard errors were less than 5.0% of the means.

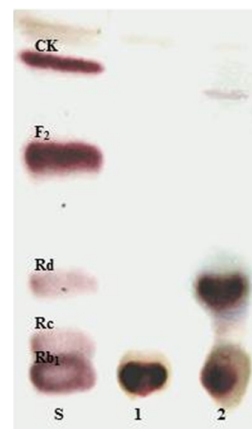


Fig. 4. TLC analysis of ginsenoside by biotransformation using crude enzyme of *L. brevis* THK-D57. S, standard ginsenoside; 1, Control; 2, *L. brevis* THK-D57.

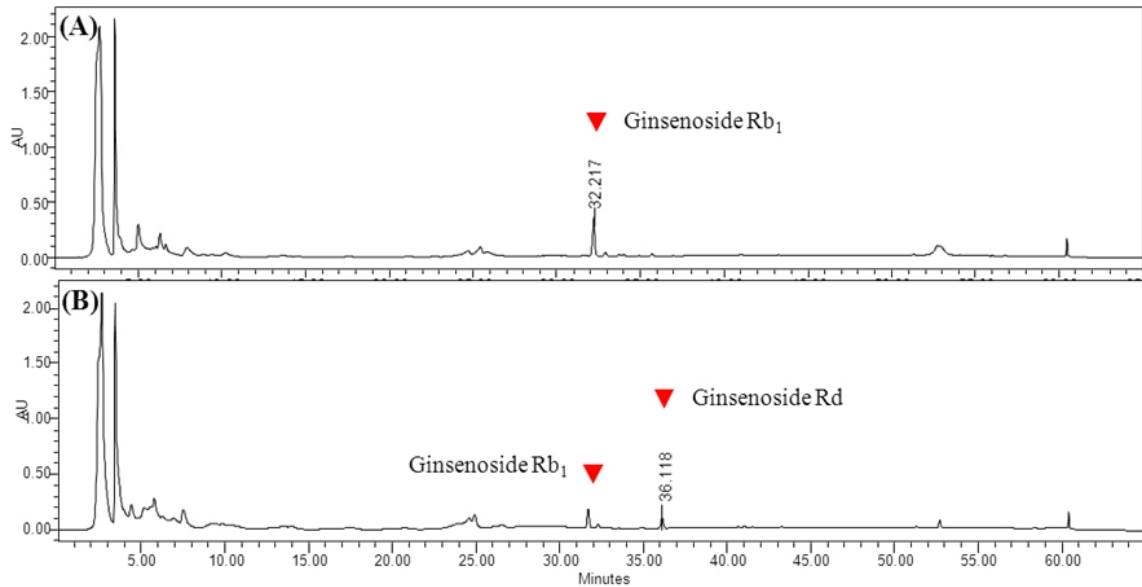


Fig. 5. HPLC profile of ginsenoside by biotransformation using crude enzyme of *L. brevis* THK-D57. A, Control; B, *L. brevis* THK-D57.

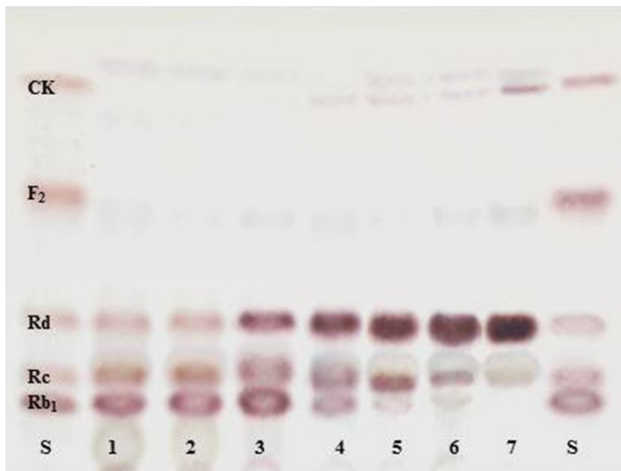


Fig. 6. TLC analysis of ginsenoside by biotransformation using *L. brevis* THK-D57 in MRS broth with 200 ppm crude saponin mixture containing ginsenoside Rb₁, Rc and Rd at 30°C. S, standard ginsenoside; 1, 0 day; 2, 3 days; 3, 6 days; 4, 9 days; 5, 12 days; 6, 15 days; 7, 20 days.

자 진세노사이드인 ginsenoside F₂로의 전환이 일부 관찰되었다. 배양 9일 이후 가장 분자량이 작은 저분자 진세노사이드인 compound K(CK)로의 전환이 관찰되었으며, 배양 12일 후에는 첨가된 ginsenoside Rb₁의 감소가 확연하게 보였다. 배양 20일에서는 ginsenoside Rb₁이 모두 저분자화 되어 spot이 사라지고 ginsenoside Rd, ginsenoside F₂, C-K 등으로 전환되었음을 확인하였다.

따라서 *L. brevis* THK-D57는 발효 중에 생산되는 효소에 의하여 고분자 진세노사이드인 ginsenoside Rb₁을 ginsenoside Rd, ginsenoside F₂를 거쳐 최종적으로 compound K로 전환시키는 것으로 사료된다(Fig. 7).

결론

천연의 인삼 사포닌 진세노사이드는 대부분 고분자 진세노사이드의 형태로 존재하고 있다. 인삼을 경구적으로 투여할 때 고분자 진세노사이드의 생체 내의 흡수가 현저히 낮기

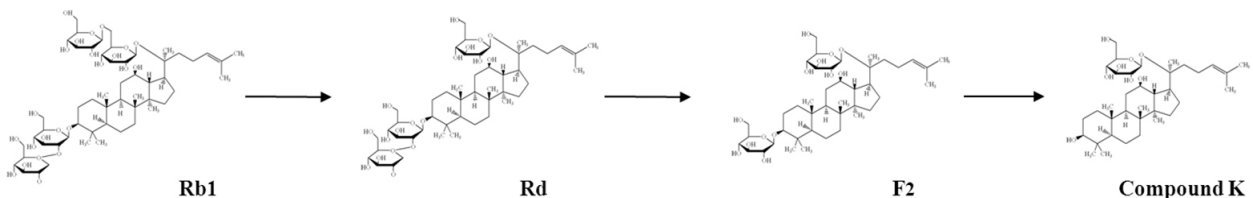


Fig. 7. Proposed bioconversion pathway of ginsenoside Rb₁ to compound K(C-K) via ginsenoside Rd by *L. brevis* THK-D57.

때문에 흡수율 및 효능을 증대시키기 위하여 상대적으로 흡수가 잘 될 뿐만 아니라, 효능도 뛰어난 저분자 진세노사이드로의 전환이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 김치에서 β -glycosidase 활성을 가진 *Lactobacillus brevis* THK-D57를 분리·동정하였으며, 분리 균주를 이용하여 효소 분해 및 발효법을 통하여 기질로 첨가된 고분자 진세노사이드인 ginsenoside Rb₁을 ginsenoside Rd, ginsenoside F₂, C-K 등으로 전환시키는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 지원하는 농림 바이오 기술 사업화 지원 사업(과제번호: 810006-03-2-SB130)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Ammor MS, Mayo B. 2007. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Sci* 76:138-146
- Benishin CG. 1992. Actions of ginsenoside Rb₁ on choline uptake in central cholinergic nerve endings. *Neurochem Int* 21:1-5
- Bui TP, Kim YJ, In JG, Yang DC. 2011. *Lactobacillus koreensis* sp. nov., isolated from the traditional Korean food kimchi. *Int J Syst Evol Microbiol* 61:772-776
- Cheigh HS, Park KY, Lee CY. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi(Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 34:175-203
- Chen YJ, Nose M, Ogihara Y. 1987. Alkaline cleavage of ginsenosides. *Chem Pharm Bull* 35:653-655
- Hall TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl Acids Symp Ser* 41:95-98
- Han BH, Park MH, Han YN. 1982. Degradation of ginseng under mild acidic condition. *Planta Med* 44:146-149
- Hasegawa H, Sung JH, Matsumiya S, Uchiyama M. 1995. Main ginseng saponin metabolites formed by intestinal bacteria. *Planta Med* 62:453-457
- Karikura M, Miyase T, Tanizawa H, Taniyama T, Takino Y. 1991. Studies on absorption, distribution, excretion and metabolism of ginseng saponins. VII. Comparison of the decomposition modes of ginsenoside-Rb₁ and Rb₂ in the digestive tract of rats. *Chem Pharm Bull* 39:2357-2361
- Kikuchi Y, Sasa H, Kita T, Hirata J, Tode T, Naqata I. 1991. Inhibition of human ovarian cancer cell proliferation *in vitro* by ginsenoside-Rh₂ and adjuvant effects of cisplatin *in vivo*. *Anticancer Drugs* 2:63-67
- Kitagawa I, Yoshikawa M, Yoshihara M, Hayashi T, Taniyama T. 1983. Chemical studies of crude drugs (1). Constituents of ginseng radix rubra. *Yakugaku Zasshi* 103:612-622
- Kumar S, Dudley J, Nei M, Tamura K. 2008. MEGA: A biologist-centric software for evolutionary analysis of DNA and protein sequences. *Brief Bioinform* 9:299-306
- Lee JS, Chun CO, Jung MC, Kim WS, Kim HJ, Kim SB, Hector M, Park CS, Ahn JS, Park YH, Mheen TI. 1997. Classification of isolates originating from kimchi using carbon source utilization patterns. *J Microbiol Biotechnol* 7:68-74
- Lee YM, Kwon MJ, Kim JK, Suh HS, Choi JS, Song YO. 2004. Isolation and identification of active principle in Chinese cabbage kimchi responsible for antioxidant activity. *Korean J Food Sci Technol* 36:129-133
- Mei B, Wang YE, Wu JX, Chen WZ. 1994. Protective effect of ginsenosides on oxygen free radical induced damages of cultured vascular endothelial cells *in vitro*. *Yao Hsueh Hsuath Pao* 29:801-808
- Oura H, Hiai S. 1973. Physiological chemistry of ginseng. *Metabolism Disease* 10:564-569
- Park KY, Cheigh HS. 2000. Antimutagenic and anticancer effects of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Bioindustry News* 13:84-90
- Saito H, Nishiyama N. 1988. Effect of ginseng and its saponins on experimental amnesia in mice and on cell cultures of neurons. In: *Proc. 5th Int'l. Ginseng Symp.* Seoul, Korea. pp.92-98
- Saitou N, Nei M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol Bio Evol* 4:406-425
- Sheo HJ, Seo YS. 2003. The antibacterial action of Chinese cabbage kimchi juice on *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* and *Enterobacter cloacae*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:1351-1356
- Sneth PHA, Mair NS, Elisabeth SM, Holt JG. 1994. Bergy's Manual of Systematic Bacteriology. 9th ed
- So MH, Kim YB. 1995. Identification of psychrophilic lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Kor J Food Sci Technol* 27:495-505
- Suzuki Y, Ko SR, Choi KJ, Uchida K, Lee YG, Kim YH. 1998.

- Enzymatic glycosylation and hydrolysis of ginseng saponins. *Proc. 7th Int. Ginseng Symp.* Seoul. pp.373-374
- Thompson JD, Gibson TJ, Plewniak F, Jeanmougin F, Higgins DG. 1997. The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Res* 25:4876-4882
- Vancanneyt M, Naser SM, Engelbeen K, De Wachter M, Van der Meulen R, Cleenwerck I, Hoste B, De Vuyst L, Swings J. 2006. Reclassification of *Lactobacillus brevis* strains LMG 11494 and LMG 11984 as *Lactobacillus parabrevis* sp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* 56:1553-1557
-

접 수 : 2012년 8월 13일
최종수정 : 2012년 9월 11일
채 택 : 2012년 9월 11일