

전통발효식품에서 분리한 진균류와 세균을 이용하여 제조한 누룩과 막걸리 그리고 청국장 등의 생리기능성

장인택¹ · 강민구¹ · 이성훈² · 임성일² · 김혜련² · 안병학² · 이종수^{1*}

¹배재대학교 바이오·의생명공학과, ²한국식품연구원

Physiological Functionality of Nuruk, Makgeolli and Cheonggukjang Made with Fungi and Bacteria isolated from Korean Traditional Fermented Foods

In-Taek Jang¹, Min-Gu Kang¹, Sung-Hun Yi², Sung-Il Lim², Hye-Ryun Kim²,
Byung-Hak Ahn² and Jong-Soo Lee^{1*}

¹Department of Biomedical Science and Biotechnology, Pachai University, Daejeon 302-735, Korea

²Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

(Received 22, August 2012., Revised 30, August 2012., Accepted 8, September 2012)

ABSTRACT: For development of new high-value Korean traditional fermented food by using bioactive fungi and bacteria, *Nuruk*, *Makgeolli* and *Cheonggukjang* were prepared by mold, yeasts and bacteria from Korean traditional fermented foods and their physiological functionalities were investigated. *Aspergillus oryzae* N152-1 *Nuruk* showed the highest antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity(57.2%), and *Makgeolli* made by *Saccharomyces cerevisiae* Y111-5 and commercial *JS Ipguk* (solid cultures of saccharifying enzyme-producing mold) was showed 42.0% of anti-obesity α -glucosidase inhibitory activity. Among various *Cheonggukjang*, No 463 *Cheonggukjang* made by *Brevibacterium iodinum* NCDO 613(T) was showed the highest fibrinolytic activity (size of clear zone: 28 mm) and good anti-obesity α -glucosidase inhibitory activity.

KEYWORDS : Bacteria, Cheonggukjang, Functionality, Fungi, Makgeolli, Nuruk

서 론

최근 우리나라도 고령화 사회에 진입함에 따라 만성 대
사증후군을 가진 청, 장년층이 급격히 증가하고 있고 따
라서 즉석 식품보다는 건강증진 소재들을 함유 한 것으로
알려진 전통발효식품에 대한 소비가 전통장류와 막걸리를
중심으로 크게 증가하고 있다(Min *et al.*, 2012a).

전통발효식품 중 청국장등의 장류들은 최근 이들의 면
역활성과 혈전용해활성 등이 보고된 후 많은 주목을 받고
있으며 이들의 생리기능성은 이들의 종균과 주재료인 메
주와 콩 등에 분포하는 것으로 알려진 *Mucor mucedo*,
*Penicillium glaucum*과 *Aspergillus* 속균, *Rhizopus nigricans*,
Rhizopus oryzae 등의 곰팡이들과 *Bacillus subtilis*와
bacteriocin 생성 젖산균 및 각종 효모 등에 의한것으로 보
고되었다(Hyun *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 1997). 그러나 발
효와 유통과정 중 가스발생 효모와 *Aspergillus flavus* 등
의 aflatoxin 생성 곰팡이들이 분리되어 우리의 건강을 위
협하기도 한다(Lee *et al.*, 1996). 따라서 풍미가 우수하며

건강 증진 생리활성소재를 함유한 고부가가치의 전통발효
식품 제조를 위해서는 단백질분해효소 등의 효소활성이
우수하면서 동시에 다양한 생리활성물질들을 생산하는
GRAS 발효 미생물들을 이용해야할 필요성이 있다.

누룩은 자연계의 혼합균이 번식된 전통누룩과는 달리
당화형 또는 액화형 전분분해효소와 단백질 분해효소를
대량으로 생성하는 곰팡이들을 밀기울등에 배양하여 건조
시킨 것으로 주로 주류나 장류공업에 사용되고 있는 발효
제이다. 지금까지 우량 누룩 개발을 위한 다양한 연구가
실시 되었고(Kim *et al.*, 2003a; Kim *et al.*, 2003b) 최근
고품질 전통주 제조를 위한 발효제용 곰팡이의 선별과 이
들의 전통주 품질에 미치는 영향등이 보고 되었다(Song
et al., 2011; Song *et al.*, 2010). 그러나 지금까지 곰팡이
를 이용한 누룩의 제조 및 이들의 생리기능성 연구는 많
이 실시되지 않았고 따라서 생리활성 우수 곰팡이들을 이
용한 용도별 맞춤형 누룩의 개발은 산업적으로 매우 필요
한 과제이다.

한편, 전통발효식품중 최근 파넬 등지의 함암물질이 보
고된 뒤 소비가 급증하고 있는 막걸리는 다양한 발효제와
주모, 쌀과 밀가루 등의 주원료를 이용하여 제조되는 특

*Corresponding author <E-mail : biotech8@pcu.ac.kr>

징이 있다. 그러나 대표적인 전통주인 막걸리에 관한 연구는 이화학적성질과 비타민과 식이섬유 등에 관한 연구와 젖산균과 품질 고급화를 위한 파네졸 등의 생리활성에 관한 연구(Han *et al.*, 1997; Kang *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2002; Min *et al.*, 2012b)가 보고되어 있을 뿐 아직까지 막걸리들의 고부가가치화를 위한 품질특성과 생리활성 연구는 자세하게 연구되어 있지 않은 실정이다. 따라서 필자들은 품미가 우수하면서 건강상 안전하고 동시에 생리활성을 가진 고부가가치의 전통발효식품을 개발하고자 전보(Jang *et al.*, 2012a; Jang *et al.*, 2011; Kang *et al.*, 2011)에서 항고혈압활성, 항비만활성, 항통풍활성 등이 우수한 효모와 곰팡이 및 세균 등 선발하여 보고하였다. 본 연구에서는 이들을 이용하여 전통발효식품용 누룩과 대표적인 전통발효식품인 막걸리와 청국장을 제조한 후 이들의 생리기능성을 조사하였다.

재료 및 방법

전통 발효식품용 누룩 제조

전보(Jang *et al.*, 2012a; Kang *et al.*, 2011)에서 전통발효식품에서 항고혈압활성 등의 우수균주로 분리, 선발하였던 곰팡이 10종(*Aspergillus niger* C16-19, *Aspergillus oryzae* N152-1, *Absidia corymbifera* N153-1, *Aspergillus oryzae* N159-1, *Absidia corymbifera* N160-1, *Aspergillus flavus* N220-1, *Absidia corymbifera* N162-2, *Mycoclados corymbiferus* N176-2, *Mycoclados* sp. N221-2, *Absidia corymbifera* N245-3)를 이용하여 다음과 같이 전통발효식품용 누룩을 제조하였다. 먼저, 통밀을 파쇄하여 121°C에서 30분간 습식 멸균하여 냉각시키고 여기에 선발균주 10종의 액체 배양액을 접종하고 원반형(diameter 25 cm, thickness 5 cm)으로 성형하여 국실에서 약 18일간 배양하고 건조하였다. 제조된 건조 누룩을 갈아 분말로 만든 후 -20°C로 보관하며 시료로 사용하였다.

막걸리 제조

전보(Jang *et al.*, 2011)에서 전통발효식품에서 혈전용해활성 등 생리기능성이 우수한 균주로 선발한 효모 15종(*Saccharomyces cerevisiae* Y54-3, Y64-3, Y88-4, Y90-5, Y98-5, Y99-7, Y115-5, Y98-5 Y172-8, *Pichia burtonii* Y86-5, Y197-9, Y257-7, *Pichia anomala* Y103-4, Y197-13, *Clavispora lusitanae* Y236-4)과 서울 JS 입국, 찐쌀 등을 이용하여 다음과 같이 전통 막걸리를 제조하였다. 즉, 찐쌀과 물과 서울 JS 발효제(입국)를 혼합한 다음 15종의 효모 Potato dextrose 액체 배양액 각각 0.02%를 첨가하여 25°C에서 2일간 발효하여 밀술을 제조하고 여기에 증자미를 첨가하고 25°C에서 5일간 발효하여 막걸리를 제조하였다. 제조한 막걸리를 감압 농축하고 동결 건조하여 -20°C로 보관하며 시료로 사용하였다.

청국장 제조

대두를 하룻밤 동안 침지한 후 물기를 제거하고 114°C에서 50분간 증자하였다. 증자한 후 식힌 대두 200 g에 전통발효식품에서 분리한 다양한 세균들을 TSB와 MRS 배지에 접종하여 3일간 배양한 배양액 3 mL를 접종하고 습도 70%, 온도 37°C의 배양기에 3일간 발효시켜 청국장을 제조하였다. 이를 동결건조한 후 분쇄하여 -20°C에 보관하며 시료로 사용하였다.

생리기능성 측정

위와같이 제조한 누룩과 막걸리 와 청국장 각각의 동결 건조 분말 1 mg을 각각의 용매 50 μ l에 녹인 후 다음과 같이 생리기능성을 측정하였다(Jang *et al.*, 2012b). 시료 50 μ l에 ACE 용액 150 μ l(2.8 unit)와 100 mM sodium borate 완충용액(pH 8.3) 100 μ l를 가한 후 37°C에서 10분간 preincubation 시켰다. 여기에 기질인 Hip-His-Leu 용액 50 μ l를 가하여 37°C 30분간 반응시킨 후 1 N HCl 250 μ l를 가하여 반응을 정지시켰다. 다시 ethyl acetate 1 mL를 가하여 30초간 vortexing 한 다음 3,000 $\times$ g로 15분 동안 원심분리 후 상층액 0.8 μ l를 취하였다. 이 상층액을 speed vac. concentrator(EYELA Co., Japan)을 이용하여 완전히 건조시킨 뒤 sodium borate 완충용액 1 mL를 가하여 용해시켜 유리되어 나온 hippuric acid의 양을 228 nm에서 흡광도를 측정하여 산출하였고 시료 무첨가를 대조구로 하여 저해율을 구하였다.

$$\text{ACE 저해 활성(\%)} = \{1 - (T(\text{시료구}) - T.B(\text{시료구 blank}) / C(\text{대조구}) - B(\text{대조구 blank}))\} \times 100$$

SOD 유사 활성은 20 mL에 55 mM Tris-cacodylic acid buffer(TCB, pH 8.2) 20 mL를 가한 후 균질화하고 원심분리하여 얻은 상등액을 pH 8.2로 조정 한 후 TCB를 사용하여 50 mL로 조정하여 시료액으로 사용하였다. 시료액 950 μ l에 50 μ l의 24 mM pyrogallol을 첨가하여 420 nm에서 초기 2분간의 흡광도 증가율을 측정하여 시료액 무첨가구와 비교하였다.

$$\text{SOD 유사 활성(\%)} = 1 - (C(\text{대조구}) - T(\text{시료구}) / C(\text{대조구})) \times 100$$

항산화활성(전자공여능)은 시료 200 μ l에 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 용액(DPPH 12.5 mg을 EtOH 100 mL에 용해) 800 μ l를 가한 후 10분간 반응시키고 525 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 무첨가 대조구와 활성을 비교하였다.

$$\text{항산화 활성(\%)} = 1 - \{T_{10}(\text{시료구 10분}) - (T_0(\text{시료구 0분}) - C(\text{대조구})) / C(\text{대조구})\} \times 100$$

항비만성 α -Glucosidase 저해활성 측정을 위한 α -Glucosidase 효소액과 기질 p-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside(Sigma N1377)을 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 6.8)을 이용하여 각각 0.2 U/ml과 5 mM로 제조한 후 희석하여 사용하였다. 활성 측정은 먼저 효소액 50 μ l와 시료와 대조구(증류수) 각각 10 μ l를 96-well plate에 넣고 37°C에서 5분간 방치 후 기질 50 μ l 첨가한 후 37°C에서 25분간 반응시켰다. 반응 후에 0.1 M sodium carbonate 100 μ l 넣어 반응 정지 시킨 다음 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

α -Glucosidase 저해 활성(%) = (C(대조구) - T(시료구)) / C(대조구) $\times$ 100

미백관련 tyrosinase 저해활성은 시료 500 μ l에 5 mM L-DOPA 0.2 ml, 0.1 M 인산 완충용액(pH 6.0) 0.8 ml를 혼합한 후 tyrosinase 11 U을 첨가하여 35°C에서 2분간 반응시킨 다음 475 nm에서 흡광도를 측정하여 시료액 무첨가 대조구의 값과 비교하여 활성을 계산하였다.

항통풍성 xanthine oxidase 저해활성은 먼저 0.1 M

potassium phosphate buffer(pH 7.5) 600 μ l에 10 mg/ml로 녹인 시료 100 μ l에 1 mM xanthine을 녹인 기질 용액 200 μ l를 첨가하고 Xanthine oxidase(0.1 U/ml) 100 μ l를 가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 1 N HCl 200 μ l를 가하여 반응을 정지시켰다. 반응액을 12,000 rpm으로 10분간 원심 분리하여 단백질을 제거 후 생성된 uric acid를 292 nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 저해활성을 계산하였다.

Xanthine oxidase 저해활성(%) = [1 - {T(시료구) - T.B(시료구 blank) / C(대조구)}] $\times$ 100

혈전용해활성은 10 mM sodium phosphate buffer (pH 7.0)로 제조한 0.5%(w/v) human plasminogen-free fibrinogen 용액 10 ml을 petri dish(100 $\times$ 15 mm)에 넣고 bovine thrombin(20 unit)을 섞어 상온에서 30분 동안 배양하였다. 다시 5 mm paper disc를 위에서 제조한 fibrin plate에 올려놓고 시료 10 μ l를 점적하여 37°C에서 12시간 배양한 후 형성되는 투명한 크기를 측정하여 혈전용해활성으로 하였다.

Table 1. Physiological functionalities of various *Nuruks* made by molds from Korean fermented foods

Nuruks	ACE ^{a)} inhibitory activity (%)	XOD ^{a)} inhibitory activity (%)	SOD-like activity (%)	Antioxidant activity (%)	α -Glucosidase inhibitory activity (%)	Tyrosinase inhibitory activity (%)	Fibrinolytic activity (clear zone: mm)
<i>Aspergillus oryzae</i> N152-1 Nuruk	57.2 $\pm$ 0.4	n.d. ^{b)}	n.d.	2.2 $\pm$ 0.1	n.d.	21.6 $\pm$ 0.2	12.0
<i>Absidia corymbifera</i> N153-1 Nuruk	52.3 $\pm$ 0.3	n.d.	n.d.	2.0 $\pm$ 0.3	n.d.	24.6 $\pm$ 0.8	n.d.
<i>Aspergillus oryzae</i> N159-1 Nuruk	46.9 $\pm$ 0.2	n.d.	n.d.	1.4 $\pm$ 0.1	n.d.	24.3 $\pm$ 0.6	n.d.
<i>Absidia corymbifera</i> N160-1 Nuruk	29.8 $\pm$ 0.7	n.d.	n.d.	2.7 $\pm$ 0.2	n.d.	27.3 $\pm$ 0.4	10.0
<i>Absidia corymbifera</i> N162-2 Nuruk	31.1 $\pm$ 0.5	n.d.	n.d.	2.1 $\pm$ 0.2	n.d.	5.6 $\pm$ 0.1	n.d.
<i>Mycocladius corymbiferus</i> N176-2 Nuruk	n.d.	n.d.	n.d.	2.5 $\pm$ 0.4	n.d.	6.0 $\pm$ 0.9	n.d.
<i>Aspergillus flavus</i> N220-1 Nuruk	49.8 $\pm$ 0.8	n.d.	n.d.	2.4 $\pm$ 0.1	n.d.	8.5 $\pm$ 0.2	13.0
<i>Mycocladius</i> sp. N221-2 Nuruk	48.4 $\pm$ 0.6	n.d.	n.d.	2.6 $\pm$ 0.2	n.d.	8.3 $\pm$ 0.1	10.0
<i>Absidia corymbifera</i> N245-3 Nuruk	39.6 $\pm$ 0.3	n.d.	n.d.	3.1 $\pm$ 0.2	n.d.	9.3 $\pm$ 0.3	n.d.
<i>Aspergillus niger</i> C16-19 Nuruk	42.9 $\pm$ 0.2	n.d.	n.d.	1.6 $\pm$ 0.5	n.d.	22.3 $\pm$ 0.4	n.d.
Commercial JN Nuruk	27.2 $\pm$ 0.1	n.d.	n.d.	n.d.	27.3 $\pm$ 0.3	14.2 $\pm$ 0.9	n.d.
Commercial WR Nuruk	15.8 $\pm$ 0.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13.0 $\pm$ 0.9	n.d.
Commercial IG Nuruk	49.0 $\pm$ 0.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	9.0 $\pm$ 0.9	n.d.

^{a)}ACE, angiotensin I-converting enzyme; XOD^{a)}, xanthine oxidase.

^{b)}n.d., not detected.

결과 및 고찰

곰팡이를 이용하여 제조한 누룩들의 생리기능성

전통주류와 장류용으로 위와 같이 제조한 누룩들의 몇 가지 생리기능성을 조사하여 시판누룩들과 비교한 결과는 Table 1과 같다. 항고혈압성 안지오텐신전환효소(ACE) 저해활성은 *Mycocladus corymbiferus* N176-2 누룩(활성없음) 외에 29.8~57.2%를 보여 다른 생리기능성들보다 비교적 우수하였고 특히 SC 누룩에서 분리한 *Aspergillus oryzae* N152-1 누룩이 57.2%을 보여 JN, WR, IG 등의 시판 누룩들보다도 약 2.0~3.5배 높았다. *A. oryzae*는 전통 주류와 장류 발효식품의 중요한 starter로 이미 오래전부터 사용되어온 GRAS 균이므로 본 *A. oryzae* N152-1 누룩

은 전통주류와 장류발효산업에 중요한 당화용 생리기능성 우수 발효제로 이용될수 있을것으로 사료된다.

또한, *A. oryzae* N152-1과 *Aspergillus flavus* N220-1로 제조한 누룩들이 각각 투명한 12.0 mm와 13.0 mm의 혈전용해활성을 보였고 *Absidia corymbifera* N160-1 누룩과 *Mycocladus* sp. N221-2 누룩들도 각각 10 mm의 투명환을 보였다. 이들 중 *A. flavus* N220-1 누룩은 *A. flavus* 일 반적으로 아플라톡신 생산균주로 알려져 있어 산업적으로 응용하기 위해서는 먼저 독성물질 생성여부 등의 안전성을 조사해야할 것으로 사료된다.

미백활성을 나타내는 tyrosinase 저해활성은 *A. corymbifera* N160-1 누룩이 27.3%을 보여 시판 누룩들 (9.0%-14.2%)보다 높았고 여타의 생리기능성들은 10%

Table 2. Physiological functionalities of various Makgeolli made by yeasts from Korean fermented foods

Makgeollis	ACE ^{a)} inhibitory activity (%)	XOD ^{a)} inhibitory activity (%)	SOD-like activity (%)	Antioxidant activity (%)	α -Glucosidase inhibitory activity (%)	Tyrosinase inhibitory activity (%)	Fibrinolytic activity (clear zone: mm)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y54-3 Makgeolli	84.0 $\pm$ 0.3	9.6 $\pm$ 0.6	n.d ^{b)}	7.7 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y64-3 Makgeolli	84.0 $\pm$ 0.4	13.0 $\pm$ 0.1	n.d	7.9 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Pichia burtonii</i> Y86-5 Makgeolli	82.0 $\pm$ 0.6	4.7 $\pm$ 0.2	n.d	7.5 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y88-4 Makgeolli	81.9 $\pm$ 0.5	5.5 $\pm$ 0.4	n.d	6.7 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y90-5 Makgeolli	86.3 $\pm$ 0.3	5.5 $\pm$ 0.2	n.d	8.3 $\pm$ 0.2	n.d	n.d	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y98-5 Makgeolli	85.4 $\pm$ 0.6	11.0 $\pm$ 0.2	n.d	5.9 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y99-7 Makgeolli	84.3 $\pm$ 0.1	7.6 $\pm$ 0.2	n.d	9.7 $\pm$ 0.2	n.d	n.d	n.d
<i>Pichia anomala</i> Y103-4 Makgeolli	70.1 $\pm$ 0.2	2.2 $\pm$ 0.1	n.d	5.5 $\pm$ 0.2	24.0 $\pm$ 0.2	n.d	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y172-8 Makgeolli	90.5 $\pm$ 0.2	9.6 $\pm$ 0.1	n.d	9.0 $\pm$ 0.4	n.d	7.9 $\pm$ 0.9	n.d
<i>Pichia burtonii</i> Y197-9 Makgeolli	90.6 $\pm$ 0.7	3.8 $\pm$ 0.5	n.d	5.9 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Pichia burtonii</i> Y257-7 Makgeolli	80.0 $\pm$ 0.5	4.8 $\pm$ 0.1	n.d	6.5 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Pichia anomala</i> Y197-13 Makgeolli	81.2 $\pm$ 0.2	7.1 $\pm$ 0.3	n.d	5.1 $\pm$ 0.3	32.7 $\pm$ 0.2	n.d	n.d
<i>Clavispora lusitaniae</i> Y263-4 Makgeolli	81.9 $\pm$ 0.3	10.0 $\pm$ 0.4	n.d	8.5 $\pm$ 0.1	n.d	0.8 $\pm$ 0.1	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y111-5 Makgeolli	73.8 $\pm$ 0.7	8.7 $\pm$ 0.9	n.d	4.6 $\pm$ 0.1	42.0 $\pm$ 0.2	n.d	n.d
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y98-5 Makgeolli	81.0 $\pm$ 0.4	8.4 $\pm$ 0.3	n.d	6.9 $\pm$ 0.4	n.d	n.d	n.d
Commial- Lp Makgeolli	88.0 $\pm$ 0.3	10.0 $\pm$ 0.6	n.d	8.4 $\pm$ 0.1	n.d	7.4 $\pm$ 0.2	n.d
Control ^{c)}	83.3 $\pm$ 0.1	9.3 $\pm$ 0.2	n.d	6.9 $\pm$ 0.1	n.d	29.9 $\pm$ 0.2	n.d

^{a)}ACE, angiotensin I-converting enzyme; XOD^{a)}, xanthine oxidas.

^{b)}n.d, not detected.

^{c)}Control, fermented broth from only cooked rice, water and commercial Ipguk without yeast at 25°C for 7 days.

미만의 낮은 활성을 보였다.

위 결과들을 종합했을 때 *A. oryzae* N152-1 누룩이 GRAS 균으로 제조되었고 항고혈압성 ACE 저해활성이 가장 높았으며 혈전용해활성과 tyrosinase 저해활성이 비교적 우수하였으므로 우수 누룩으로 최종 선발하였고 이 누룩은 주류나 장류 발효 산업에 매우 중요하게 응용 될 것으로 사료되어 현재 이들의 당화와 알콜발효실험을 실시하고 있다.

효모를 이용하여 제조한 막걸리들의 생리기능성

각종 전통 누룩에서 분리한 생리활성 우수 효모들을 이용하여 위와 같이 제조한 막걸리들의 생리 기능성을 측정하여 효모를 첨가하지 않고 동일한 조건으로 처리한 발효액과 비교 하였다(Table 2). 먼저 생리기능성중, 항비만활성을 의미하는 α -glucosidase 저해활성은 효모 무첨가 대조구에 비하여 전통 AD 누룩에서 분리한 *Saccharomyces cerevisiae* Y111-5 를 이용하여 제조한 막걸리가 42.0%로

막걸리 생리기능성 중에서 제일 높았고 *Pichia anomala* Y197-13과 *P. anomala* Y103-4 로 제조한 막걸리가 각각 32.7%와 24.0% 를 보였다.

그러나 혈전용해활성등 여타의 생리기능성 들은 모든 시료 막걸리에서 효모 무첨가 대조구에 비하여 10%미만으로 낮거나 검출되지 않았고, 특히 일반적으로 시판 막걸리에서 매우 높다고 알려진 항고혈압성 안지오텐신전환효소 저해활성(Kang *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2010)도 본 연구에서 제조된 막걸리들에서는 시판 효모 *Lp* 를 이용하여 제조한 막걸리의 4.7%과 더불어 효모 무첨가 발효액과 비슷하거나 낮았다. 이는 기본적으로 사용한 효모의 알콜발효 특성과 발효제의 효소활성, 발효온도와 기간등 발효조건의 차이와 시판 막걸리의 브랜딩 과정중의 첨가물 등의 차이에 의한 것으로 사료된다.

세균을 이용하여 제조한 청국장의 생리기능성

다양한 장류와 메주로부터 분리한 세균들을 이용하여

Table 3. Physiological functionalities of various Cheonggukjang made by bacteria from Korean fermented foods

Cheonggukjangs	ACE ^{a)} inhibitory activity (%)	XOD ^{a)} inhibitory activity (%)	SOD-like activity (%)	Antioxidant activity (%)	α -Glucosidase inhibitory activity (%)	Tyrosinase inhibitory activity (%)	Fibrinolytic activity (clear zone: mm)
<i>Brevibacterium halotolerans</i> LMG 21660(T)-2 CKJ ^{b)}	87.4 ± 0.4	6.2 ± 0.5	n.d. ^{c)}	7.7 ± 0.1	n.d	n.d	11.0
<i>Bacillus siamensis</i> PD-A10(T)-21 CKJ	78.8 ± 0.5	n.d	n.d	7.2 ± 0.1	78.7 ± 0.5	n.d	n.d
<i>Bacillus licheniformis</i> ATCC 14580(T)-22 CKJ	90.2 ± 0.3	n.d	n.d	1.3 ± 0.4	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus methylotrophicus</i> CBMB205(T)-26 CKJ	87.6 ± 0.8	n.d	n.d	3.9 ± 0.3	63.3 ± 0.3	n.d	27.0
<i>Staphylococcus lentus</i> ATCC 29070(T)-28 CKJ	72.9 ± 0.6	n.d	n.d	3.1 ± 0.8	n.d	n.d	n.d
<i>Enterococcus durans</i> CECT411(T)-29 CKJ	40.6 ± 0.8	n.d	n.d	2.7 ± 0.3	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> subsp. <i>amyloliquefaciens</i> DSM 7(T)-31 CKJ	81.8 ± 0.4	0.3 ± 1.0	n.d	1.4 ± 0.3	n.d	n.d	26.0
<i>Bacillus siamensis</i> PD-A10(T)-50 CKJ	82.4 ± 0.8	n.d	n.d	1.3 ± 0.2	n.d	n.d	21.0
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>inaquosorum</i> BGSC 3A28(T)-51 CKJ	89.7 ± 0.4	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	11.0
<i>Bacillus methylotrophicus</i> CBMB205(T)-53 CKJ	84.8 ± 0.7	n.d	n.d	0.8 ± 0.3	n.d	n.d	24.0
<i>Bacillus licheniformis</i> ATCC 14580(T)-56 CKJ	85.5 ± 0.8	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Staphylococcus piscifermentans</i> ATCC 51136(T)-59 CKJ	83.8 ± 0.5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Micrococcus yunnanensis</i> YIM 65004(T)-60 CKJ	80.4 ± 0.5	n.d	n.d	6.3 ± 0.1	n.d	12.5 ± 0.9	20.0

Table 3. Continuous

Cheonggukjangs	ACE ^{a)} inhibitory activity (%)	XOD ^{a)} inhibitory activity (%)	SOD-like activity (%)	Antioxidant activity (%)	α -Glucosidase inhibitory activity (%)	Tyrosinase inhibitory activity (%)	Fibrinolytic activity (clear zone: mm)
<i>Staphylococcus sciuri</i> subsp. <i>sciuri</i> DSM 20345(T)-61 CKJ	83.3 $\pm$ 0.8	n.d	n.d	1.7 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus aryabhatai</i> B8W22(T)-66 CKJ	90.4 $\pm$ 0.9	n.d	n.d	10.2 $\pm$ 0.6	n.d	19.9 $\pm$ 0.6	24.0
<i>Staphylococcus lentus</i> ATCC 29070(T)-69 CKJ	66.7 $\pm$ 0.9	n.d	n.d	3.6 $\pm$ 0.1	n.d	3.8 $\pm$ 0.3	n.d
<i>Bacillus vallismortis</i> DSM 11031(T)-79 CKJ	88.2 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	2.9 $\pm$ 0.2	n.d	10.8 $\pm$ 0.9	n.d
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> subsp. <i>amyloliquefaciens</i> DSM 7(T)-81 CKJ	92.2 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.2	n.d	7.3 $\pm$ 0.5	n.d	28.5 $\pm$ 0.9	11.0
<i>Staphylococcus gallinarum</i> ATCC 35539(T)-100 CKJ	90.3 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d	n.d	16.0 $\pm$ 0.5	26.0
<i>Bacillus sonorensis</i> NRRL B- 23154(T)-121 CKJ	87.7 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus atrophaeus</i> JCM 9070(T)-140 CKJ	80.3 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	0.7 $\pm$ 0.1	n.d	20.1 $\pm$ 0.9	25.0
<i>Bacillus sonorensis</i> NRRL B- 23154(T)-149 CKJ	76.9 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	0.6 $\pm$ 0.1	n.d	8.7 $\pm$ 0.8	n.d
<i>Bacillus methylotrophicus</i> CBMB205(T)-157 CKJ	84.5 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	33.5 $\pm$ 0.5	n.d	26.0
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i> NCIB 3610(T)-206 CKJ	81.1 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	n.d	23.2 $\pm$ 0.2	n.d
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i> NCIB 3610(T)-208 CKJ	93.4 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	5.6 $\pm$ 0.2	n.d	20.2 $\pm$ 0.4	20.0
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i> NCIB 3610(T)-210 CKJ	90.5 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	26.0
<i>Enterococcus durans</i> CECT411(T)-218 CKJ	78.6 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	n.d	n.d	12.0 $\pm$ 0.8	n.d
<i>Lactobacillus pentosus</i> JCM 1558(T)-225 CKJ	84.8 $\pm$ 0.9	n.d	n.d	n.d	n.d	8.0 $\pm$ 0.9	13.0
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> ATCC 8293(T)-226 CKJ	60.4 $\pm$ 0.7	n.d	n.d	3.4 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i> NCIB 3610(T)-246 CKJ	82.3 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	1.7 $\pm$ 0.1	n.d	7.3 $\pm$ 0.8	15.0
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> subsp. <i>plantarum</i> FZB42(T)-248 CKJ	69.2 $\pm$ 0.4	0.6 $\pm$ 0.2	n.d	2.4 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	14.0
<i>Bacillus methylotrophicus</i> CBMB205(T)-249 CKJ	96.5 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	5.2 $\pm$ 0.2	n.d	13.3 $\pm$ 0.3	19.0
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> subsp. <i>amyloliquefaciens</i> DSM 7(T)-250 CKJ	91.8 $\pm$ 0.4	1.6 $\pm$ 0.8	n.d	2.7 $\pm$ 0.2	n.d	9.2 $\pm$ 0.3	13.0
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i> NCIB 3610(T)-251 CKJ	94.9 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	5.9 $\pm$ 0.5	n.d	3.8 $\pm$ 0.5	12.0
<i>Bacillus tequilensis</i> NRRL B-41771(T)-254 CKJ	96.0 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d	n.d	5.2 $\pm$ 0.9	9.0
<i>Bacillus tequilensis</i> NRRL B-41771(T)-256 CKJ	87.8 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	83.1 $\pm$ 0.3	1.2 $\pm$ 0.9	10.0

Table 3. Continuous

Cheonggukjangs	ACE inhibitory activity (%)	XOD inhibitory activity (%)	SOD-like activity (%)	Antioxidant activity (%)	α -Glucosidase inhibitory activity (%)	Tyrosinase inhibitory activity (%)	Fibrinolytic activity (clear zone: mm)
<i>Bacillus amyloliquefaciens subsp. plantarum</i> FZB42(T)-282 CKJ	83.1 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d	n.d	15.1 $\pm$ 0.3	8.0
<i>Bacillus siamensis</i> PD-A10(T)-294 CKJ	90.9 $\pm$ 0.4	1.1 $\pm$ 0.1	n.d	3.9 $\pm$ 0.5	n.d	17.4 $\pm$ 0.9	24.0
<i>Bacillus tequilensis</i> NRRL B-41771(T)-300 CKJ	91.6 $\pm$ 0.3	1.1 $\pm$ 0.4	n.d	1.1 $\pm$ 0.8	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus subtilis subsp. subtilis</i> NCIB 3610(T)-332 CKJ	80.1 $\pm$ 0.8	n.d	n.d	n.d	43.7 $\pm$ 0.5	n.d	19.0
<i>Arthrobacter parietis</i> LMG 22281(T)-333 CKJ	59.6 $\pm$ 0.4	n.d	n.d	1.1 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus methylotrophicus</i> CBMB205(T)-339 CKJ	86.0 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	n.d	25.7 $\pm$ 0.5	20.0
<i>Lactococcus garvieae</i> ATCC 49156(T)-361 CKJ	88.2 $\pm$ 0.4	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	13.0
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 29906(T)-365 CKJ	88.1 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d	n.d	12.3 $\pm$ 0.9	n.d
<i>Bacillus tequilensis</i> NRRL B-41771(T)-368 CKJ	91.8 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	n.d	90.5 $\pm$ 0.4	15.8 $\pm$ 0.4	n.d
<i>Bacillus methylotrophicus</i> CBMB205(T)-369 CKJ	86.5 $\pm$ 0.2	2.4 $\pm$ 0.8	n.d	n.d	81.7 $\pm$ 0.8	21.8 $\pm$ 0.8	24.0
<i>Bacillus mojavensis</i> IFO 15718(T)-379 CKJ	48.1 $\pm$ 0.2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 14579(T)-382 CKJ	80.6 $\pm$ 0.5	4.3 $\pm$ 1.0	n.d	n.d	n.d	n.d	13.0
<i>Bacillus methylotrophicus</i> CBMB205(T)-386 CKJ	85.6 $\pm$ 0.7	2.3 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	n.d	27.8 $\pm$ 0.9	n.d
<i>Bacillus subtilis subsp. subtilis</i> NCIB 3610(T)-387 CKJ	83.9 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	2.3 $\pm$ 0.4	n.d	21.6 $\pm$ 0.9	16.0
<i>Enterobacter cowanii</i> CIP 107300(T)-418 CKJ	90.0 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	n.d	n.d	9.7 $\pm$ 0.9	n.d
<i>Bacillus tequilensis</i> NRRL B-41771(T)-428 CKJ	97.0 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Kocuria salsicia</i> 104(T)-434 CKJ	79.0 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Microbacterium esteraromaticum</i> DSM 8609(T)-444 CKJ	88.0 $\pm$ 0.3	4.0 $\pm$ 0.2	n.d	3.6 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Staphylococcus pasteurii</i> ATCC 51129(T)-445 CKJ	79.2 $\pm$ 0.2	n.d	n.d	n.d	n.d	21.5 $\pm$ 0.8	11.0
<i>Paenibacillus stellifer</i> IS1(T)-446 CKJ	83.2 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d	49.8 $\pm$ 0.4	n.d	20.0
<i>Enterococcus saccharolyticus</i> ATCC 43076(T)-448 CKJ	36.7 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus subtilis subsp. subtilis</i> NCIB 3610(T)-456 CKJ	82.7 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	13.0
<i>Brevibacterium iodinum</i> NCDO 613(T)-463 CKJ	73.3 $\pm$ 0.4	1.7 $\pm$ 0.4	n.d	0.8 $\pm$ 0.7	69.3 $\pm$ 0.4	n.d	28.0
<i>Brevibacillus brevis</i> NBRC 15304(T)-469 CKJ	92.5 $\pm$ 0.2	8.3 $\pm$ 0.2	n.d	0.9 $\pm$ 0.1	n.d	20.5 $\pm$ 0.4	12.0
<i>Bacillus stratosphericus</i> 41KF2a(T)-471 CKJ	95.6 $\pm$ 0.6	7.1 $\pm$ 0.5	n.d	4.5 $\pm$ 0.7	n.d	10.0 $\pm$ 0.4	23.0

Table 3. Continuous

Cheonggukjangs	ACE inhibitory activity (%)	XOD inhibitory activity (%)	SOD-like activity (%)	Antioxidant activity (%)	α -Glucosidase inhibitory activity (%)	Tyrosinase inhibitory activity (%)	Fibrinolytic activity (clear zone: mm)
<i>Kocuria atrinae</i> P30(T)-480 CKJ	71.7 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Bacillus safensis</i> FO-036b(T)-487 CKJ	85.6 $\pm$ 0.2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Staphylococcus saprophyticus</i> subsp. saprophyticus ATCC 15305(T)-510 CKJ	83.5 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	1.2 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Staphylococcus warneri</i> ATCC 27836(T)-521 CKJ	90.2 $\pm$ 0.7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Pseudomonas oleovorans</i> DSM 1045(T)-523 CKJ	89.3 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d	n.d	20.4 $\pm$ 0.9	n.d
<i>Enterococcus faecalis</i> JCM 5803(T)-526 CKJ	88.5 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	3.8 $\pm$ 0.1	n.d	2.0 $\pm$ 0.6	n.d
<i>Staphylococcus saprophyticus</i> subsp. saprophyticus ATCC 15305(T)-529 CKJ	73.9 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Enterococcus hirae</i> CECT279(T)-537 CKJ	87.7 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	1.6 $\pm$ 0.2	n.d	6.8 $\pm$ 0.8	n.d
<i>Pediococcus pentosaceus</i> DSM 20336(T)-589 CKJ	87.9 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	2.4 $\pm$ 0.1	n.d	13.2 $\pm$ 0.9	n.d
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. mesenteroides ATCC 8293(T)-694 CKJ	57.9 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	1.6 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Weissella cibaria</i> LMG 17699(T)-721 CKJ	74.1 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	3.4 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Weissella hellenica</i> NCFB 2973(T)-727 CKJ	69.6 $\pm$ 0.2	n.d	n.d	2.5 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Leuconostoc citreum</i> KM20-740 CKJ	42.9 $\pm$ 0.5	n.d	n.d	3.4 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	n.d
<i>Leuconostoc citreum</i> KM20-745 CKJ	33.5 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	2.5 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Lactobacillus plantarum</i> subsp. plantarum ATCC 14917(T)-756 CKJ	55.1 $\pm$ 0.2	n.d	n.d	2.3 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Lactobacillus plantarum</i> subsp. plantarum ATCC 14917(T)-758 CKJ	53.9 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	2.6 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Lactobacillus paraplantarum</i> DSM 10667(T)-762 CKJ	38.1 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	2.6 $\pm$ 0.1	n.d	n.d	n.d
<i>Leuconostoc holzapfelii</i> BFE 7000(T)-773 CKJ	96.6 $\pm$ 0.6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	15
<i>Lactobacillus sakei</i> subsp. <i>sakei</i> DSM 20017(T)-795 CKJ	73.8 $\pm$ 0.3	n.d	n.d	3.9 $\pm$ 0.7	n.d	n.d	n.d
Control ^{d)}	82.9 $\pm$ 0.4	n.d	9.4 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.2	n.d	14.7 $\pm$ 0.9	n.d

^{a)}ACE, angiotensin I-converting enzyme; XOD^{b)}, xanthine oxidase.

^{b)}CKJ, *Cheonggukjang*.

^{c)}n.d, not detected.

^{d)}Control, fermented material from only cooked soybean without bacteria at 37°C for 3 days.

위와 같이 청국장을 제조한 후 이들의 생리기능성을 측정하여 세균을 첨가하지 않고 동일한 조건으로 처리한 콩

발효물과 비교 하였다(Table 3). 대체로 된장과 청국장등이 혈전용해활성이 우수하다고 알려진것(Hyun *et al.*,

2005)과 같이 80종의 청국장 시료중 16종 이상이 20~28 mm(투명환)의 비교적 높은 혈전용해활성을 보였다. 특히 *Brevibacterium iodinum* NCDO 613(T) 463 청국장이 가장 높은 혈전용해 활성(28 mm 투명환)을 보였고 *Bacillus methylotrophicus* CBMB 205(T) 157 청국장도 비교적 높은 혈전용해활성(26 mm 투명환)을 나타내었다.

이 결과들은 지금까지 된장과 청국장들의 전통장류에는 *Bacillus subtilis*가 우점균이고 이들이 혈전용해활성과 면역성등에 관여하는 것으로 보고(Hyun *et al.*, 2005)된 것과 다른 결과이며 따라서 이들의 기호성과 안전성등이 입증되면 새로운 기능성 장류 개발과 산업화를 위한 귀중한 종균으로 사용이 가능할 것으로 추정된다.

항비만성을 나타내는 α -glucosidase은 *Bacillus tequilensis* NRRL B- 41771(T) 368 청국장과 *B. tequilensis* NRRL B- 41771(T) 256 청국장들이 세균 무침가 대조구에 비하여 각각 90.5% 와 83.1%를 보여 아주 우수하였고 *Bacillus methylotrophicus* CBMB 205(T) 369 청국장도 81.7%를 보여 비교적 우수하였다. 그러나 항고혈압성 ACE 저해활성과 항통풍성 XOD 저해활성등 여타의 생리기능성은 대조구에 비하여 낮았다.

이상의 결과들을 종합했을때 80종의 청국장 시제품에서는 혈전용해활성 우수 청국장 10종과 항비만성 우수 청국장 3종이 기능성 청국장으로 산업화가 가능할것이고 특히 *Brevibacterium iodinum* NCDO 613(T) 463 으로 제조한 청국장이 혈전용해활성이 가장 우수하였고 동시에 항비만활성도 69.3%로 비교적 높았으므로 이들의 안전성 검증을 통하여 고부가가치의 생리기능성 청국장으로 산업화가 가능할것으로 생각된다.

적 요

생리활성을 가진 고부가가치의 전통발효식품을 개발하고자 전통발효식품과 이들의 부원료로부터 분리한 곰팡이와 효모와 세균을 이용하여 각각 누룩과 막걸리와 청국장등을 제조한 후 이들의 생리기능성을 측정하였다. *Aspergillus oryzae*을 이용하여 제조한 N152-1 누룩이 가장 높은 57.2%의 항고혈압성 안지오텐신전환효소 저해활성을 보였고 전통누룩에서는 분리한 *Saccharomyces cerevisiae* Y111-5를 이용하여 제조한 막걸리가 42.0%의 항비만성 α -Glucosidase 저해활성을 나타내었다. 또한 *Brevibacterium iodinum* NCDO 613(T)로 제조한 No 463 청국장이 혈전용해활성과 α -Glucosidase 저해활성이 우수하였다. 위와같이 전통발효식품에서 분리한 진균류와 세균을 이용하여 제조한 *Aspergillus oryzae* N152-1 누룩과 *Saccharomyces cerevisiae* Y111-5 막걸리 및 *Brevibacterium iodinum* NCDO 613(T) No 463 청국장들은 생리기능성이 우수한 고부가가치의 전통발효 식품들로서 추가적인 이들의 안전성과 기호성 실험을 통하여 산업

화가 가능할것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2012년 한국식품연구원의 연구비지원에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Han, E. H., Lee, T. S., Noh, B. S. and Lee, D. S. 1997. Quality characteristics in mash of Takju prepared by using different nuruk during fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 29:555-562.
- Hyun, K. W., Lee, J. S., Ham, J. H. and Choi, S. Y. 2005. Isolation and identification of microorganism with potent fibrinolytic activity from Korean traditional Deonjang. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 33:24-28. (in Korean).
- Jang, I. T., Kim, Y. H., Yi, S. H., Lim, S. I. and Lee, J. S. 2011. Screening of a new fibrinolytic substances-producing yeast. *Kor. J. Mycol.* 39:227-228. (in Korean).
- Jang, I. T., Kim, Y. H., Kang, M. G., Yi, S. H., Lim, S. I. and Lee, J. S. 2012a. Production of tyrosinase inhibitor from *Saccharomyces cerevisiae*. *Kor. J. Mycol.* 40:60-64. (in Korean).
- Jang, I. T., Kim, Y. H., Kim, J. H., Lee, Y. H., Ju, Y. C., Lee, J. S. 2012b. Screening of bioactive compounds from edible mushroom and production of anti-osteoporosis osteoclast differentiation inhibitor. *Kor. J. Mycol.* 40:114-117. (in Korean).
- Kang, M. G., Kim, H. K., Yi, S. H., Lim, S. I. and Lee, J. S. 2011. Screening new antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitor-producing yeast and optimization of production condition. *Kor. J. Mycol.* 39:194-197. (in Korean).
- Kang, M. G., Kim, J. H., Ahn, B. H. and Lee, J. S. 2012. Characterization of new antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from Korean traditional rice wine. *J. Microbiol. Biotechnol.* 22:339-342.
- Kim, J. H., Jeong, S. C., Kim, N. M. and Lee, J. S. 2003a. Effect of Indian millet Koji and legumes on the quality and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of Korean traditional rice wine. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:733-737. (in Korean).
- Kim, J. H., Lee, J. H., Kim, H. J., Choi, S. Y. and Lee, J. S. 2003b. Effects of barley Koji and legumes on the quality and fibrinolytic activity of Korean traditional rice wine. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 32:1066-1070. (in Korean).
- Kim, J. H., Lee, D. H., Choi, S. Y. and Lee, J. S. 2002. Characterization of physiological functionalities in Korean traditional liquors. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 34:118-112. (in Korean).
- Lee, J. S., Choi, Y. J., Kwon, S. J., Yoo, J. Y. and Chung, D. H. 1996. Screening and characterization of osmotolerant and gas-producing yeasts from traditional Doenjang and Kochujang. *Food Sci. Biotechnol.* 5:54-58.
- Lee, J. S., Yi, S. H., Kwon, S. J., Ahn, C. and Yoo, J. Y. 1997. Isolation, identification and cultural conditions of yeasts from traditional Meju. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25:435-441. (in Korean).

- Lee, M. Y., Sung, S. Y., Kang, H. K., Byun, H. S., Jung, S. M., Song, J. H. and Lee, J. S. 2010. Quality characteristics and physiological functionality of traditional rice wines in chungnam province of Korea. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 38:177-182. (in Korean).
- Min, J. H., Nam, Y. G., Ju, J. I., Jung, J. H., Lee, J. S. and Kim, H. K. 2012a. Changes in yeast and bacterial flora during fermentation and storage of Gugija-Liriope tuber Makgeolli using PCR-DGGE. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 40:111-116. (in Korean).
- Min, J. H., Kim, Y. H., Kim, J. H., Choi, S. Y., Lee, J. S. and Kim H. K. 2012b. Comparison of microbial diversity of Korean commercial Makgeolli showing high β -glucan content and high antihypertensive activity, respectively. *Kor. J. Mycobiol.* 40:138-141.
- Song, J. H., Baek, S. Y., Lee, D. H., Jung, J. H., Kim, H. K. and Lee, J. S. 2011. Screening of fungal nuruk and yeast for brewing of gugija-liriope tuber traditional rice wine and optimal fermentation condition. *Kor. J. Mycol.* 39:78-84. (in Korean).
- Song, J. H., Kim, J. H., Ahn, B. H. and Lee, J. S. 2010. Screening of functional *Rhizopus stolonifer* for alcohol fermentation and production of high quality Korean traditional rice wine. *Kor. J. Mycobiol.* 38:122-127.