



## Anti-diabetic effect of *Ganjang* and *Doenjang* in different aging periods

Hye Jeong Yang<sup>1</sup>, Min Jung Kim<sup>1</sup>, Sang Pil Hong<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Research Division of Food Functionality, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

<sup>2</sup>Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

### 숙성 기간에 따른 간장과 된장의 항당뇨 효과

양혜정<sup>1</sup> · 김민정<sup>1</sup> · 홍상필<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국식품연구원 식품기능연구본부, <sup>2</sup>한국식품연구원 전략기술연구본부

#### Abstract

Fermented soybean-based foods such as *ganjang* and *doenjang* are familiar to Koreans. Current investigations have revealed that *ganjang* and *doenjang* impart antimutagenic, anticancer, and antiobesity effects. The aim of this study was to evaluate the antidiabetic activities of the commercialized soy foods, *ganjang* and *doenjang*, as a function of their aging period. The experimental groups were classified under four time periods- short (under 5 years), mid (under 10 years), long (under 15 years), and eternal (over 15 years). The antidiabetic effects of *ganjang* and *doenjang* were determined using the  $\alpha$ -glucosidase inhibition assay and oral glucose tolerance test. Blood glucose levels were also analyzed after soy food treatment in normal mice model. The results showed that the antidiabetic activities, as determined using the  $\alpha$ -glucosidase inhibition assay, increased significantly in the long period aging group for both *ganjang* and *doenjang*. Interestingly, the hyperglycemic effects showed aging period-dependent increase in the *ganjang*-treated group. In contrast, the *doenjang*-treated group showed significant differences only in long period aging group. Collectively, these results suggest that the traditional fermented soy foods have potential as dietary antidiabetic agents.

**Key words :** *Ganjang*, *Doenjang*, aging period, blood glucose, hyperglycemic effect

#### 서 론

우리나라의 전통장류는 밥 위주의 식문화에서 오랫동안 중요한 위치를 차지하는 콩 발효 식품으로서, 콩은 양질의 단백질과 지방의 함량이 풍부하여 쌀이나 보리 중심의 우리 식생활에 부족하기 쉬운 필수 아미노산 및 지방을 보충해 주고 있다(1,2). 간장과 된장은 주로 조리를 목적으로 예로부터 널리 애용되어 온 우리나라 고유의 전통 대두 발효식품이다.

이 중 간장은 주성분이 아미노산, 당류, 발효에 의해 생성된 알코올과 유기산, 소금 등으로 구수한 맛과 단맛 및 고유의 향미와 짠맛이 조화된 천연 조미료이며, 된장은 대두를 주원료로 하고 아미노산 조성이 우수한 질 좋은 단백질과 불포화지방산으로 구성되어 있는 조미 식품이다. 간장은 비타민의 함량이 된장에 비해 미량이지만 간장에 함유된 methionine은 간장의 해독작용을 도와 체내에 유독한 유해 물질 제거에 관여하고, 알코올 및 니코틴 해독작용으로 술, 담배의 해를 줄이고 미용에도 효과적일 뿐만 아니라 레시틴이 함유되어 콜레스테롤을 용해하여(3) 동맥경화 예방과 혈압 강하작용을 한다(4-6). 이 외에도 정장작용을 돕고, 혈관을 부드럽게 하여 혈액을 맑게 하며, 비타민의 체내 합성을 촉진한다고 연구보고 되고 있다(7,8). 또한 된장은 항산화 효과 및 항노화 효과(9), 심혈관질환 예방 및 혈압강하 효과(10), 항염증 효과, 항균 효과, 항비만 효과, 면역조절

\*Corresponding author. E-mail : sphong@kfri.re.kr  
 Phone : 82-63-219-9098, Fax : 82-63-219-9876  
 Received 04 March 2019; Revised 29 April 2019; Accepted 02 May 2019.  
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

효과, 골다공증 예방효과(11) 등 다양한 기능이 확인됨에 따라 간장과 된장 모두 식품학적 가치를 재조명 받고 있다(12-14).

간장과 된장은 제조되어 장기간의 발효 숙성 기간을 가지며 주로 세균 주도형으로 발효 숙성이 이루어져, 다른 나라의 콩 발효식품과는 발효 및 숙성 기간, 발효미생물 종류 등에서 차이를 보인다(15-17). 최근 우리나라의 주거 형태와 사회 구조의 변화로 인해 가정에서 제조·섭취하였던 간장과 된장보다 공장에서 제조된 간장과 된장의 사용이 증가하고 있다. 그러나 공장에서 제조 시판되는 제품은 대부분 일본에서 개발된 코치를 사용하여 제조하고 있기 때문에 고유 장 맛에서 차이가 있다. 이에 메주를 이용하여 제조한 한식 간장과 된장도 일부 유통되고 있으나 대부분이 숙성 기간이 1년 미만인 제품들이다(18).

전통간장은 간장의 제조 원료가 되는 메주의 제조 과정이 약 2개월이 소요되고, 간장의 발효 및 숙성 기간이 약 6개월에서 1년 정도의 장기간이 소요되므로 산업화가 어려워 간장의 쓰임새에 따라 소비량은 많으나 생산량이 적은 문제점이 있다(19,20). 더불어 보고된 연구에 따르면 된장은 주로 숙성 기간이 1년 미만인 된장의 발효미생물(21), 생리활성(22-25), 향기성분(26,27) 등에 집중되어 있다. 이와 같이 장단기 숙성기간별 간장과 된장의 항당뇨 활성을 비교 분석한 연구는 매우 미미할 실정임에 따라 본 연구에서는 다양한 숙성기간에 따른 간장과 된장의 항당뇨 활성을 검정함으로써 간장과 된장의 다양한 활용에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

전통 장류를 제조하고 있는 전국의 전통장류업체에서 숙성기간별로 간장 20종 및 된장 18종을 수집하였고, 일본 간장과 된장은 5년 미만의 제품을 국내 마켓에서 구입하여 냉장보관 후 실험에 사용하였다. 본 논문상에는 시판 제품임을 고려하여 제품명은 기재하지 않고 표 1과 같이 일련번호로 표기하였다. 본 제품은 숙성 기간에 따라 크게 4가지 숙성도로 하여 S(단기숙성)는 숙성기간이 5년 미만, M(중기숙성)은 10년 미만, L(장기숙성)은 15년 미만, E(초장기숙성)은 15년 이상으로 분류하였다. 시판되는 일본간장과 일본된장의 경우 숙성기간에 대한 정보가 없어 따로 표기하지 않았다.

### $\alpha$ -Glucosidase 저해능 분석

$\alpha$ -Glucosidase inhibition assay 방법은 Tibbot과 Skadsen(28)의 방법을 이용하여 측정하였으며, 효소는 효모로부터 얻어진  $\alpha$ -glucosidase (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를, 기질은 p-nitrophenyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside (Sigma-

Aldrich Co.)를 사용하였다.  $\alpha$ -Glucosidase는 0.2% BSA와 0.02%  $\text{NaN}_3$ 가 포함된 100 mM phosphate buffer (pH 7.0)에 0.7 unit이 되도록 녹여서 효소 용액으로 사용하였고, p-Nitrophenyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside는 100 mM phosphate buffer (pH 7.0)에 10 mM이 되게 녹여서 기질 용액으로 사용하였다. 이 후 각 시료를 microplate에 50  $\mu\text{L}$  씩을 첨가하고  $\alpha$ -glucosidase 효소를 100  $\mu\text{L}$  취한 다음 25°C에서 5분간 실온에서 incubation하고 Multi Detection Reader (Infinite 200, TECAN Group Ltd, Switzerland)로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 기질용액을 50  $\mu\text{L}$ 를 더하고 2분 뒤 multi detection reader (Infinite 200, TECAN Group Ltd)로 405 nm에서 흡광도를 측정하여 효소 저해율을 산출하였다.

### 시험 동물 및 사육 환경

실험동물인 ICR mice (6주령, male)은 (유)한일실험동물센터(Koatech, Seoul, Korea)에서 구입하여 7일간의 순화기간을 거친 후 실험에 사용하였다. 투여용량은 된장분말을 기준하여 1 g/kg으로 설정하였으며, 간장(액상) 1 g당 60 mg의 고형분이 확인됨에 따라 동일한 양을 계상하기 위하여 된장분말 1 g/kg 및 간장 60 mg(액상기준 1 g)/kg로 진행하였다. 이에 따라 각 실험군은 대조군, 간장 투여군(60 mg/kg)과 된장 투여군(1 g/kg)으로 구분하여 각 10두씩 임의 배치하여 실험을 진행하였다. 실험 식이는 일반 고형사료(Samtako, Gyunggi, Korea)를 급여하며 순화기간 중 음수는 필터링 된 음용수를 매일 갈아주며 자유롭게 섭취하도록 하였다. 사육기간 중 온도는 23±1°C, 습도 50±5%, 소음 60 phone이하, 조명시간 08:00-20:00 (1일 12시간), 조도 150-300 Lux, 환기는 시간당 10회-12회의 환경을 유지하였다. 본 실험은 원광대학교의 동물실험윤리규정을 준수하여 수행하였다(승인번호 WKU17-65).

### 경구포도당부하검사

8시간 이상 절식한 실험동물은 미정맥에서 혈당기(Auto-check, Diatechkorea, Seoul, Korea)를 이용하여 공복혈당을 측정한 뒤 난피법을 이용하여 군별로 임의배치하고 각각의 시료를 투여용량(1 g/kg)에 맞게 경구 투여하였다. 30분 후 다시 혈당을 측정한 후 실험방법에 따라 혈당상승인자(glucose)를 2 g/kg씩 모든 군에 투여한 후 이를 기점으로 30분 간격으로 120분까지 미정맥에서 혈당을 측정하였다. 이 후 혈당변화곡선의 면적(Area under the curve)을 구하여 각 실험군당 혈당변화를 분석하였다.

$$\text{저해 활성 (\%)} = \frac{(\text{대조군 흡광도}) - (\text{시료 처리군 흡광도})}{(\text{대조군 흡광도})} \times 100$$

### 통계학적 분석

각 시험군 간의 통계적 유의성 검정에 따른 통계분석은

ANOVA (one-way analysis of variance test)를 실시한 후 유의성이 있는 경우,  $p < 0.05$  미만일 때 Duncan's multiple range test로 사후 검정하였다.

## 결과 및 고찰

당뇨의 치료에는 보통 체내 혈당을 강하시키는 합성의약품을 복용하거나 인슐린을 처치하여 당뇨의 악화를 지연시키고 있다. 하지만 대표적인 의약품은 혈당개선을 위한 기초적인 기전을 이용한 것들이 대부분이고 장기 복용에 따른 인슐린 저항성의 증대, 이자 베타세포의 기능저하를 유발하는 부작용이 보고된 바 있다(29). 이런 제한점을 극복하고 당뇨 환자에게 안정화된 치료를 위해 항당뇨 기능성 천연물 유래 생리활성 물질의 탐색을 위한 연구가 진행되고 있다(30). 한편, 발효공정이 천연물의 생리활성능을 증대시키는 가공과정으로 각광받고 있는데, 자연상태보다 발효과정을 거친 후에 항산화 활성 및 항염증 활성이 증가한다고 입증되었다(31).

대두는 우리나라 전통 발효식품의 원료 및 식물 유래 기능성 소재로서 다양하게 이용되어 왔으며(32), isoflavone,

saponin, phytic acid, oligo-saccharides 등과 같은 기능성 성분을 많이 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(33). 전통 장류는 대두를 이용한 발효 식품으로서, 이러한 발효 과정에서 미생물 유래 효소들에 의해 콩의 섬유질 성분과 세포내 당류 그리고 단백질 등이 분해되어 소화율이 향상되며(34), amide, peptone, polyglutamate, polypeptide 등과 같은 생리활성물질이 생성되어 혈압 강하(35), 혈전 용해능(36), 항암 효과(37), 항산화(38) 등이 증가되는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 많은 보고를 통해 전통 장류에 대한 다양한 가능성이 알려져 있으나 발효와 숙성기간에 따른 생리활성을 비교한 연구는 전무한 실정이다. 이에 따라 본 연구는 시중에서 쉽게 구입이 가능하면서 항암, 항염증, 항돌연변이 등의 기능을 한다고 알려진 천연발효식품 중 간장과 된장을 숙성기간에 따른 항당뇨 효과를 분석하였다. 한국제품은 및 일본산 2종을 포함해 총 22개 품목의 숙성기간이 각기 다른 간장과 일본산 2종을 포함해 20개 품목의 된장을 구입해 숙성기간별로 S(숙성기간 5년 미만 단기 숙성군), M(숙성기간 10년 미만의 중기 숙성군), L(숙성기간 15년 미만의 장기 숙성군) 그리고 E(15년 이상의 숙성기간을 갖는 초장기 숙성군)의 총 4개 그룹으로 분류한 후  $\alpha$ -glucosidase 억제 활성과 경구내당능 분석을 통한 항당뇨활성을 검정하였다.

**Table 1. Aging periods and aging index on traditional Korean *Ganjang* and *Doenjang***

<i>Ganjang</i> No.	Aging periods (years)	Aging index	<i>Doenjang</i> No.	Aging periods (years)	Aging index
G1	1	S	D1	1	S
G2	3	S	D2	3	S
G3	3	S	D3	3	S
G4	5	M	D4	5	M
G5	5	M	D5	5	M
G6	5	M	D6	5	M
G7	7	M	D7	5	M
G8	8	M	D8	5	M
G9	8	M	D9	5	M
G10	9	M	D10	7	M
G11	10	L	D11	7	M
G12	10	L	D12	10	L
G13	10	L	D13	10	L
G14	10	L	D14	11	L
G15	10	L	D15	11	L
G16	10	L	D16	15	E
G17	15	E	D17	15	E
G18	20	E	D18	30	E
G19	20	E	D19	Japan <i>Doenjang</i> 1	
G20	30	E	D20	Japan <i>Doenjang</i> 2	
G21	Japan <i>Ganjang</i> 1				
G22	Japan <i>Ganjang</i> 2				

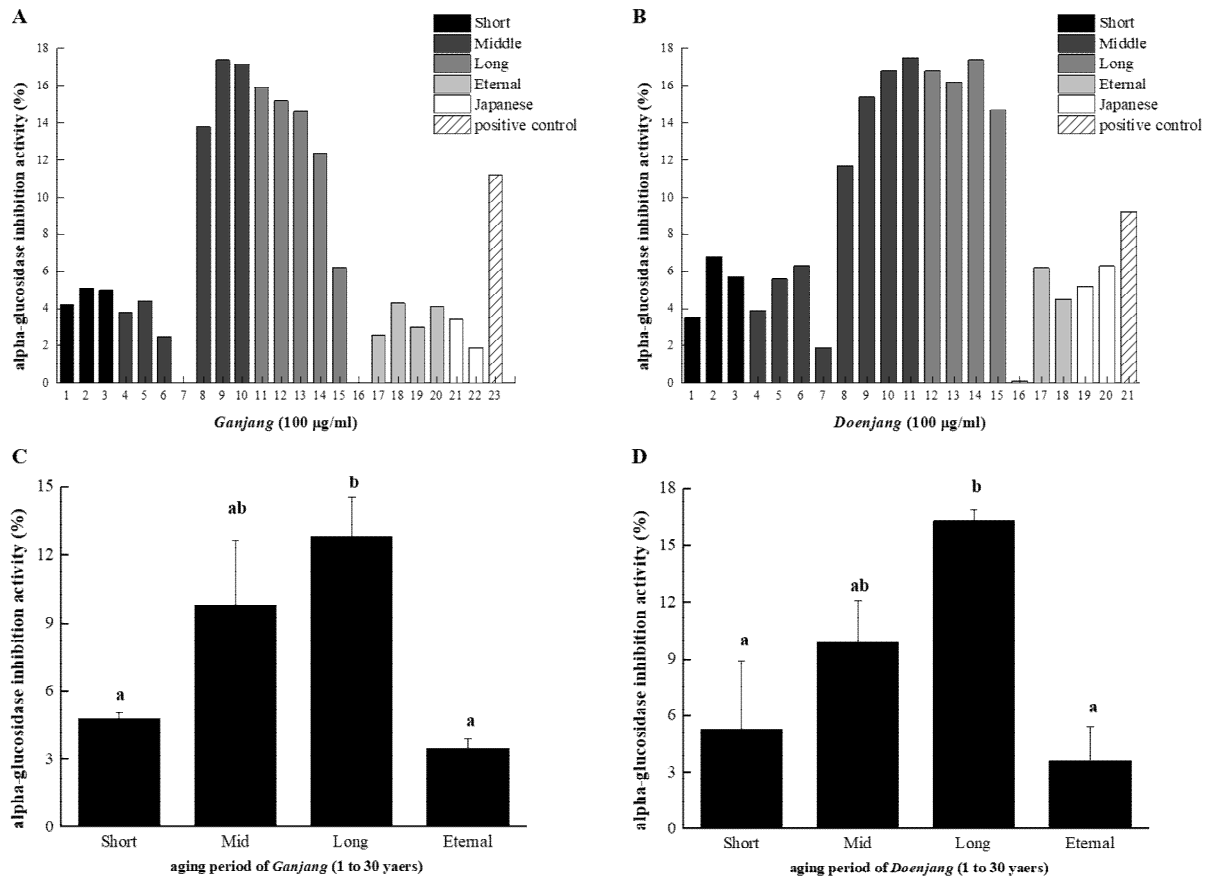


Fig. 1.  $\alpha$ -glucosidase inhibition activities of commercialized (A) 100  $\mu$ g/ml of *Ganjang* and (C) aging period of *Ganjang* (B) 100  $\mu$ g/ml of *Doenjang* and (D) aging period of *Doenjang* products in Republic of Korea.

The data are shown as mean $\pm$ S.E.

<sup>a,b</sup>Mean values not sharing a common superscript were significantly different among the groups ( $p < 0.05$ ).

**$\alpha$ -Glucosidase 저해능 분석**

숙성기간별 간장과 된장의 항당뇨 효과를 확인하기 위해 먼저  $\alpha$ -glucosidase 억제 활성을 분석하였다. 100  $\mu$ g/mL의 농도에서 간장의  $\alpha$ -glucosidase 억제 활성은 각 기간별로 단기 숙성(S)군 중 G2 실험군이 5.1%, 중기 숙성(M)군 중 G9 실험군이 17.4%, 장기 숙성(L)군 중 G11 실험군이 15.9%, 초장기숙성(E)군 중 G18 실험군이 4.3%, 일본 간장군 중 G21 실험군이 3.4%로 높게 나타났는데 이는 양성 대조군인 acarbose 실험군의 11.2%와 비교하였을 때 중기 숙성군과 장기 숙성군에서만 억제 활성이 더 높은 것으로 조사되었다(Fig. 1A). 이는 각 숙성기간별 간장 시료의  $\alpha$ -glucosidase 억제 활성의 평균값을 계산한 결과에서 더 두드러지게 나타났는데, 단기 숙성군이 4.8 $\pm$ 0.3%, 중기 숙성군이 9.8 $\pm$ 2.9%, 장기 숙성군이 12.8 $\pm$ 1.8%, 초장기 숙성군이 3.5 $\pm$ 0.4%로 장기 숙성군에서 억제 활성이 가장 높은 것으로 조사되었다(Fig. 1C).

더불어 100  $\mu$ g/mL의 농도에서 된장의  $\alpha$ -glucosidase 억제 활성을 분석한 결과 각 군별 가장 높은 활성을 보이는 실험

군은 단기 숙성군에서 D2 실험군이 6.8%, 중기 숙성군에서 D11 실험군이 17.5%, 장기 숙성군에서 D14 실험군이 17.4%, 초장기 숙성군에서 D17 실험군이 6.2%, 일본 된장군에서 D20 실험군이 6.3%, 양성 대조군인 acarbose 실험군이 9.2%로 나타나 양성 대조 시료보다 중기 숙성군과 장기 숙성군에서 억제 활성이 더 높은 것으로 확인되었다(Fig. 1B). 이러한 양상은 각 숙성기간별 된장 시료의  $\alpha$ -glucosidase 억제 활성의 평균값을 계산한 결과에서도 유사하게 나타나 단기 숙성군은 5.3 $\pm$ 3.6%, 중기 숙성군은 9.9 $\pm$ 2.2%, 장기 숙성군은 16.3 $\pm$ 0.6%, 초장기 숙성군은 3.6 $\pm$ 1.8%로 숙성 기간별 억제 활성은 장기 숙성군에서 가장 높은 것으로 조사되었다(Fig. 1D).

체내 소장 상피세포에 존재하는  $\alpha$ -glucosidase는 소장에 존재하는 이당류의 소화 효소로써 섭취된 다당류는  $\alpha$ -amylase에 의해 이당류로 분해되고, 분해된 이당류는  $\alpha$ -glucosidase에 의해 단당류로 분해되어 흡수가 된다. 이때  $\alpha$ -glucosidase를 억제하여 이당류가 단당류로 분해되는 것을 막아 소장 용털에서의 흡수를 지연시켜 식후 혈당의

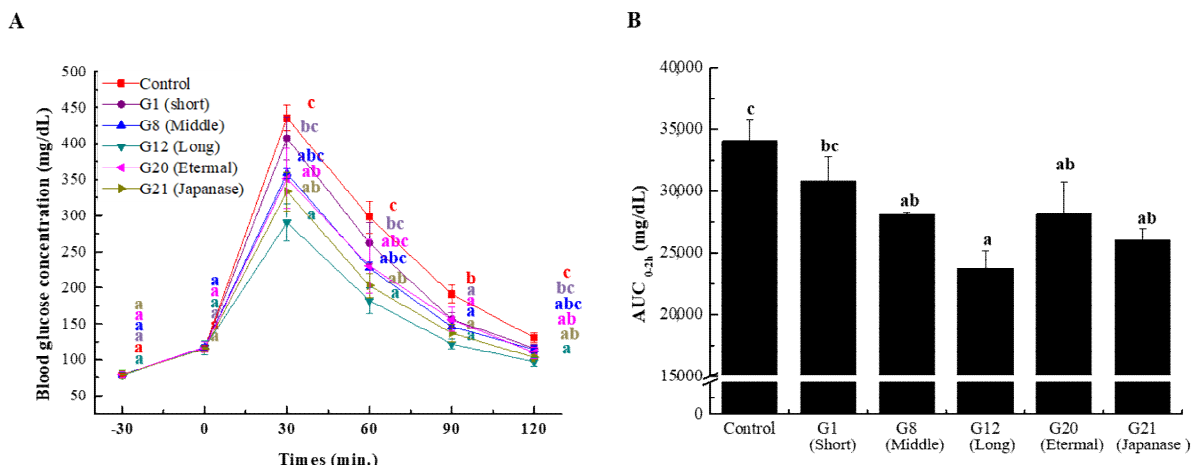
급격한 증가를 저해시켜 준다(39). 숙성 기간별 간장과 된장의 α-glucosidase 억제효과를 분석한 실험에서, 간장의 경우 100 µg/mL의 농도에서는 중기 숙성군과 장기 숙성군에서 높은 활성을 보였고 이를 바탕으로 숙성기간별 억제 활성을 평균값으로 계산한 결과에서 장기 숙성군은 중기 숙성군 보다는 높은 경향을 보였고, 단기 숙성군과 초장기 숙성군 보다는 유의하게 높은 것으로 조사되었다. 된장의 경우, 간장과 유사하게 100 µg/mL의 농도에서 중기 숙성군과 장기 숙성군에서 높은 활성을 보였는데 숙성기간별 평균값을 분석한 결과 장기 숙성군이 타 숙성기간과 비교하여 높은 경향을 보이거나 유의하게 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 간장과 된장 모두 10-15년 미만으로 숙성시키는 것이 식후 혈당의 급격한 증가를 감소시키는 데 이로인 효과를 보일 수 있음을 증명하는 근거가 될 수 있다.

**경구포도당부하검사**

경구포도당부하검사(Oral glucose tolerance test)를 실시하여 숙성기간별로 간장과 된장의 제품 한 종씩을 각각 선별한 후 혈당강하 효능을 비교하였다. 먼저 간장의 경우 시료를 투여하기 전인 공복혈당(-30 min)과 혈당 상승인자인 glucose를 투여한 직후 혈당(0 min)은 모든 시험군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 30분 구간부터 각 시험군별로 유의한 차이를 보였다. 30분 이후의 모든 구간에서 대조군(Control)은 숙성기간별 간장을 투여한 시험군과 비교하여 가장 높은 혈당값을 보였는데, 이 중 각 시험군의 혈당 변화가 가장 두드러지게 나타난 30분 구간에서 대조군은 435.6±17.5 mg/dL, 단기 숙성(S)군인 G1 실험군은 407.4±29.9 mg/dL, 중기 숙성(M)군인 G8 실험군은 358.4±7.1 mg/dL, 장기 숙성(L)군인 G12 실험군은 290.6±25.8

mg/dL, 초장기 숙성(E)군인 G20 실험군은 351.4±41.8 mg/dL, 일본 제품인 G21 실험군은 333.4±26.6 mg/dL으로 나타나 장기 숙성군이 가장 낮게 조사되었다. 이러한 결과는 60분-120분 구간까지 비슷한 양상을 보였는데(Fig. 2A), AUC (area under the curve) 분석에서도 유사하게 나타나 대조군이 34,070.6±1,717.4 mg/dL, 단기 숙성군(G1)이 30,838.2±1,961.8 mg/dL, 중기 숙성군(G8)이 28,115.1±213.3 mg/dL, 장기 숙성군(G12)이 23,756.9±1,421.5 mg/dL, 초장기 숙성군(G20)이 28,148.0±2,614.3 mg/dL, 일본 제품(G21)이 26,047.3±929.4 mg/dL으로 대조군에 비해 장기 숙성군이 30.27%의 혈당 감소를 보여 타 숙성군에 비해 가장 높은 항당뇨 효과를 나타내었다(Fig. 2B).

된장의 경우 간장과서와 마찬가지로 -30분 구간과 0분 구간에서는 각 시험군별 유의적인 차이가 없었으나 30분 구간 이후부터 유의적인 차이를 보이기 시작하였는데 특히 30분 구간에서 각 시험군별 혈당 변화는 대조군이 392.1±14.9 mg/dL, 단기 숙성(S)군인 D1 실험군이 323.3±17.1 mg/dL, 중기 숙성(M)군인 D10 실험군이 337.4±14.1 mg/dL, 장기 숙성(L)군인 D12 실험군이 287.3±12.6 mg/dL, 초장기 숙성(E)군인 D18 실험군이 339.4±15.9 mg/dL, 일본 제품인 D19 실험군이 329.1±18.1 mg/dL으로 나타나 장기 숙성군에서 가장 낮은 혈당을 보였다(Fig. 3A). AUC 분석 결과에서도 장기 숙성군인 D12 실험군은 24,400.0±1,106.7 mg/dL로 나타나 타실험군과 비교하여 단기 숙성군(27,469.6±1,248.1 mg/dL)보다는 낮은 경향을, 중기 숙성군(28,681.4±1,254.4 mg/dL)과 초장기 숙성군(28,576.0±1,435.3 mg/dL) 및 일본 된장 제품(28,534.1±1,710.6 mg/dL)보다는 유의하게 낮은 것으로 조사되었는데, 이 중 장기 숙성군의 경우 대조군(29,977.2±669.5 mg/dL)과 비교하여 30.3%의 혈당



**Fig. 2. Effect of five commercialized Ganjang products on oral glucose tolerance (OGTT) and the respective AUC.**

The fasting glucose level was used as a baseline and the change in glucose level is plotted over time for 2.5 hours of the oral glucose tolerance test. The (A) level of serum glucose and (B) area under curves (AUC) of glucose were calculated. Treatment for the oral glucose tolerance test include 2 g/kg glucose solution either alone (Control), with Ganjang 1 (G1), with Ganjang 8 (G8), with Ganjang 12 (G12), with Ganjang 20 (G20) or with Ganjang 21 (G21). The data are shown as mean±S.E.

<sup>a-d</sup>Mean values not sharing a common superscript were significantly different among the groups (p<0.05).

감소를 보여 타 숙성군에 비해 가장 항당뇨 효과가 높은 것으로 확인되었다(Fig. 3B).

공복혈당, 식후혈당은 혈당조절의 정도를 반영하는 지표로 이용되고 있다. 고혈당증은 대혈관 합병증의 위험과 깊이 연관되어 있으며(40), 이는 당뇨 환자에서 사망률을 증가시키는 원인으로 보고되어 있다(41). 체내에 흡수된 glucose는 말초조직에서 연소되거나, glucose는 베타세포를 자극하여 insulin을 분비하게 함으로서 되먹이기 작용으로 혈당이 조절될 수 있다. 이와 같이 생체가 정상적으로 포도당을 대사할 수 있는 능력을 내당능 (glucose tolerance)이라 하며 고혈당증은 이러한 내당능의 저하에 기인할 수 있다. 그러므로 공시료의 혈당조절 효과를 검증하기 위해서는 개체에 대한 내당능 검사가 필수적으로 이루어져야 한다. 이에 따라 숙성기간별 간장과 된장의 내당능(경구 포도당 부하능)을 분석하기 위하여 각 숙성기간별  $\alpha$ -glucosidase 저해활성이 높았던 실험군을 선별 후 실험을 진행하였다. 그 결과 시료를 투여하지 않은 대조군은 혈당상승인자인 포도당을 투여한 시점인 30분 구간부터 120분 구간까지 가장 높은 혈당값을 보인데 반해 간장과 된장 모두 장기 숙성군인 G12 실험군과 D12 실험군에서 가장 낮은 혈당값을 나타내는 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과는 10-15년 숙성시킨 간장과 된장이 당뇨로 인하여 증가되는 식후 혈당을 정상 수준으로 감소시키는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

이상의 결과들을 종합해보면, 간장과 된장은 10년 미만과 15년 이상 숙성시키는 것과 비교하여 10-15년 숙성시킬 경우  $\alpha$ -glucosidase의 억제 활성과 내당능을 증가시킴으로써 식후 혈당을 정상 수준으로 조절하는데 더 효과적으로 작용하는 것으로 확인되었다.

## 요약

본 연구는 전통 간장과 된장의 기능성 평가의 일환으로 숙성기간이 5년 미만, 10년 미만, 15년 미만, 15년 이상으로 분류한 간장 20종과 된장 18종 및 시판되는 일본 제품 2종의 항당뇨 효과를 확인하였다.  $\alpha$ -glucosidase의 억제 활성을 분석한 실험에서 간장과 된장은 5-10년 미만 숙성시킨 중기 숙성군과 10-15년 미만 숙성한 장기 숙성군에서 양성 대조물인 acarbose보다 높은 활성을 보였는데 이 중 장기 숙성군에서 억제 활성이 더 높은 것으로 조사되었다. 반면 경구포도당부하검사에서 간장과 된장은 숙성기간이 10년 이상 15년 미만인 장기 숙성군에서 glucose 투여 후 전 구간에서 대조군에 비해 유의하게 낮은 혈당 수준을 보여 가장 우수한 항당뇨 효과를 보이는 것으로 확인되었다. 이러한 결과를 바탕으로 간장과 된장은 10-15년 숙성시킬 경우 식후 혈당을 정상 수준으로 조절시켜 높은 항당뇨 효과를 보이는 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 결과물은 한국식품연구원주요사업(E0170702-02) 및 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원 고부가가치식품기술 개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(과제번호 31607203).

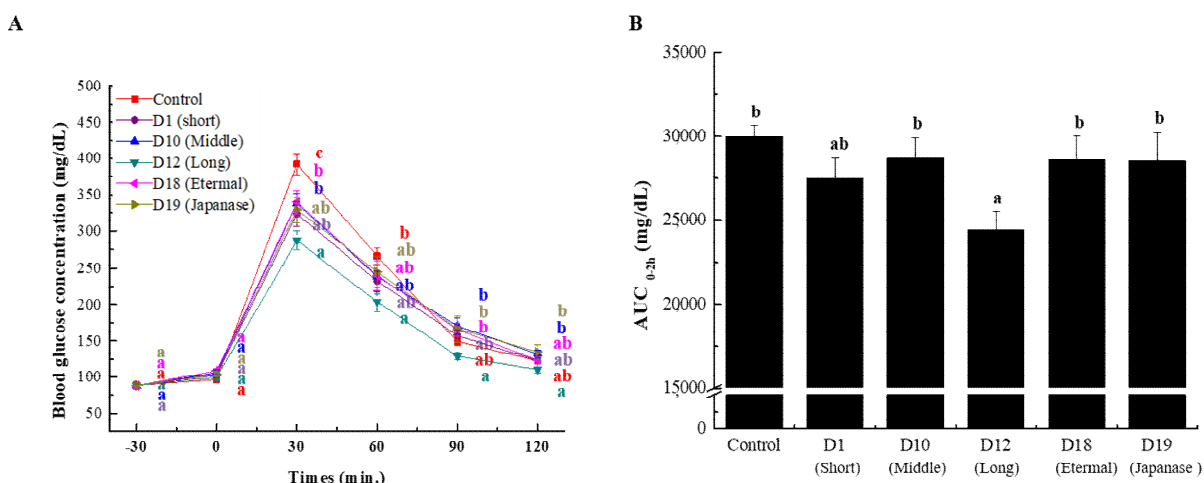


Fig. 3. Effect of five commercialized *Doenjang* products on oral glucose tolerance (OGTT) and the respective AUC.

The fasting glucose level was used as a baseline and the change in glucose level is plotted over time for 2.5 hours of the oral glucose tolerance test. The (A) level of serum glucose and (B) area under curves (AUC) of glucose were calculated. Treatment for the oral glucose tolerance test include 2 g/kg glucose solution either alone (Control), with *Doenjang* 1 (D1), with *Doenjang* 10 (D10), with *Doenjang* 12 (D12), with *Doenjang* 18 (D20) or with *Doenjang* 19 (D19). The data are shown as mean±S.E.

<sup>a,c</sup>Mean values not sharing a common superscript were significantly different among the groups ( $p < 0.05$ ).

## References

1. Kim HE, Han SY, Jung JB, Ko JM, Kim YS (2011) Quality characteristics of *Doenjang* (soybean paste) prepared with germinated regular soybean and black soybean. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 361-368
2. Choi YJ, Cho SH, Chung RW, Kim EM, Won SI, Cha GH, Kim HS, Lee HG (2007) Investigation of fermented soybean sauce on literatures before the 17th century. *Korean J Food Cookery Sci*, 23, 107-123
3. Yoo JY (1997) Present status of industries and research activities of Korean fermented soybean products. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol*, 23, 13-30
4. Okamoto A, Hanagata H, Matsumoto E, Kawamura Y, Koizumi Y, Yanagida F (1995) Angiotensin I converting enzyme inhibitory activities of various fermented foods. *Biosci Biotech Biochem*, 59, 1147-1149
5. Lee WJ, Cho DH (1971) Microbiological studies of Korean native soy sauce fermentation. *J Korean Agric Chem Soc*, 14, 137-148
6. Choi C, Choi KS, Lee SH, Hong SP, Lee HD, Bae DK (1998) Characteristics and action pattern of  $\alpha$ -galactosidase from *Scopulariopsis brevicaulis* in Korean Traditional Meju. *Agric Chem Biotech*, 41, 489-495
7. Kobayashi M, Matsushita H, Yoshida K, Tsukiyama RI, Sugimura T, Yamamoto K (2004) In vitro and in vivo anti-allergic activity of soy sauce. *Int J Mol Med*, 14, 879-884
8. Park KY (2010) Korea's traditional-Functional health Sauce (*Doenjang*, *Ganjang*). Korea Food Research Institute, Wanju, Korea, p 31-35
9. Iwai K, Nakaya N, Kawasaki Y, Matsue H (2002) Antioxidative functions of natto, a kind of fermented soybeans: Effect on LDL oxidation and lipid metabolism in cholesterol fed rats. *J Agric Food Chem*, 50, 3597-3601
10. Yoo CK, Seo WS, Lee CS, Kang SM (1998) Purification and characterization of fibrinolytic enzyme excreted by *Bacillus subtilis* K-54 isolated from chunggukjang. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol*, 26, 506-514
11. Hosoi T (1996) Recent progress in treatment of osteoporosis. *Nippon Romen Igakkai Zasshi*, 33, 240-244
12. Kim JU, Hur BS, Park WP (1989) Utilization of soymilk residue for barley *Doenjang*. *J Korean Agric Chem Soc*, 32, 91-97
13. Joo HK, Kim DH, Oh KT (1992) Chemical composition changes in fermented *Doenjang* depend on *Doenjang* koji and its mixture. *J Korean Agric Chem Soc*, 35, 351-360
14. Joo HK, Oh KT, Kim DH (1992) Effects of mixture of improved meju, Korean traditional meju and natto on soybean paste fermentation. *J Korean Agric Chem Soc*, 35, 286-293
15. Ryu BH, Cho KJ, Chae YJ, Park CO (1993) Thermal koji hydrolysis for rapid fermentation of soy sauce. *J Korean Soc Food Nutr*, 22, 215-221
16. Kim DH, Kim SH (1999) Biochemical characteristics of whole soybean cereals fermented with *Mucor* and *Rhizopus* strain. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 176-182
17. Kim MJ, Rhee HS (1990) Studies on the changes of taste compounds during soy paste fermentation. *Korean J Soc Food Sci*, 6, 1-8
18. Park JS, Lee MY, Kim JS, Lee TS (1994) Compositions of nitrogen compound and amino acid in soybean paste (*Doenjang*) prepared with different microbial sources. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 609-615
19. Park SK, Seo KI, Shon MY, Moon JS, Lee YH (2000) Quality characteristics of home-made *Doenjang*, a traditional Korean soybean paste. *Korean J Food Cook Sci*, 16, 121-127
20. Ahn SC, Bog HJ (2007) Consumption pattern and sensory evaluation of traditional *Doenjang* and commercial *Doenjang*. *Korean J Food Culture*, 22, 633-644
21. Kang IJ, Ham SS, Chung CK, Lee SY, Oh DH, Do JJ (1999) Production and characteristics of fermented soy sauce from mountain herbs. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 1203-1210
22. Oh HS, Kim JH (2006) Development of functional soy-based stew sauce including hot water extract of *Cornus officinalis* S. et Z. *Korean J Food Culture*, 21, 550-558
23. Shim SL, Ryu KY, Kim W, Jun SN, Seo HY, Han KJ, Kim JH, Song HP, Cho NC, Kim KS (2008) Physicochemical characteristics of medicinal herbs *Ganjang*. *Korean J Food Preserv*, 15, 243-252
24. Won SB, Oh KH, Jung SY, Song HS (2012) Sensory evaluation of Hutgae (*Hovenia dulcis* Thunb) extract for soy sauce development. *Korean J Food Nutr*, 25, 266-273
25. Kaneko K, Tsuji K, Kim CH, Otoguro C, Sumino T, Aida K, Sahara K, Kaneda T (1994) Contents and compositions of free sugars, organic acids, free amino acids and oligopeptides in soy sauce and soy paste produced in Korea and Japan. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 41, 148-156
26. Kwon OJ, Kim MA, Kim TW, Kim DG, Son DH, Choi YK, Lee SH (2010) Changes in the quality characteristics

- of soy sauce made with salts obtained from deep ocean water. *Korean J Food Preserv*, 17, 820-825
27. Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Yoon HS, Byun MW, Lee SC (2002) Effect of  $\gamma$ -irradiation on the antioxidant activity of rice hull, rice bran and bran. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 31, 246-250
  28. Tibbot BK, Skadsen RW (1996) Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative  $\alpha$ -glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol*, 30, 229-241
  29. Kim SJ (2004) The effects of exercise and taurine supplementation on blood glucose, insulin, serum lipids and mtDNA content in STZ-induced diabetic rats. Ph D Thesis, Pusan National University, Korea, p 30-36
  30. Kusznierevicz B, Smiechowska A, Bartoszek A, Namiesnik J (2008) The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chem*, 108, 853-861
  31. Han CC, Wei H, Guo J (2011) Anti-inflammatory effects of fermented and non-fermented *sophora flavescens*: a complementary study. *BMC Complementary Altern Med*, 11, 100-106
  32. Kim JS (1996) Current research trends on bioactive function of soybean. *Korean Soybean Digest*, 13, 17-24
  33. Eom SM, Jung BY, OH HI (2009) Changes in chemical components of *cheonggukjang* prepared with germinated soybeans during fermentation. *J Appl Biol Chem*, 52, 133-141
  34. Lee JO, Ha SD, Kim AJ, Yuh CS, Bang IS, Park SH (2005) Industrial application and physiological functions of *cheonggukjang*. *Food Science and Industry*, 38, 69-78
  35. Cha WS, Bok SK, Kim MU, Chun SS, Choi UK, Cho YJ (2000) Production and separation of anti-hypertensive peptide during chunggugjang fermentation with *Bacillus subtilis* CH-1023. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 43, 247-252
  36. Kim IJ, Kim HK, Chung JH, Jeong YK, Ryu CH (2002) Study of functional *chungkukjang* contain fibrinolytic enzyme. *Korean J Life Sci*, 12, 357-362
  37. Zheng YF, Jeong JK, Choi HS, Park KY (2011) Increased quality characteristics and physiological effects of *chunggukjang* fermented with *Bacillus subtilis*-SKm. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1694-1699
  38. Lee JJ, Cho CH, Kim JY, Lee DS, Kim HB (2001) Antioxidant activity of substances extracted by alcohol from Chungkookjang powder. *Korean J Microbiol*, 37, 177-181
  39. Adisakwattana S, Chantarasinlapin P, Thammarat H, Yibchok-Anun S (2009) A series of cinnamic acid derivatives and their inhibitory activity on intestinal  $\alpha$ -glucosidase. *J Enzyme Inhib Med Chem*, 24, 1194-1200
  40. Koh JB (1998) Effect of raw soy flour (yellow and black) on serum glucose and lipid concentrations in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 313-318
  41. Gerich JE (2003) Clinical significance, pathogenesis, and management of postprandial hyperglycemia. *Arch Intern Med*, 163, 1306-1316