

## 김치양념과 유산균을 이용한 발효두부의 항산화 활성, 이소플라본 및 유리아미노산의 변화

강경명 · 이신호<sup>†</sup>

대구가톨릭대학교 식품가공학과

### Changes of Antioxidant Activity and the Isoflavone and Free Amino Acid Content of Fermented Tofu with *Kimchi* Ingredients and Lactic Acid Bacteria

Kyoung-Myoung Kang and Shin-Ho Lee<sup>†</sup>

Dept. of Food Service & Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea

#### Abstract

This study was carried out to investigate the changes in antioxidant activity, and the isoflavone and free amino acid content in fermented tofu of the ingredients of *kimchi* (red pepper, garlic, ginger, and anchovies) and lactic acid bacteria (*Pediococcus acidilactici* KL-6) during 24 weeks of fermentation at 20°C. The total polyphenol content of various types of fermented tofu such as the control (tofu with *kimchi* ingredients mixture), tofu and *kimchi* ingredients with lactic acid bacteria (TL), and tofu in pre-fermented *kimchi* ingredients with lactic acid bacteria (TPL) ranged from 156.34 to 165.17 mg/g, showing that TPL was significantly higher in terms of fermentation time (6 weeks) compared to others. The DPPH free radical scavenging activity of TPL (84.11%) was higher than that of the control (76.68%) and TL (78.95%) after 12 weeks fermentation at 20°C. The changes of nitrite scavenging activity and SOD-like activity in the tested tofu showed the same tendency as the DPPH free radical scavenging activity during 14 weeks fermentation TPL showed statistically significant levels of increased antioxidant activity, so we compared the isoflavone and free amino acid content. The isoflavone and free amino acid content of TPL was 2.34 mg/g and 20.81 mg/g after 14 weeks fermentation, respectively.

**Key words:** fermented tofu, *Pediococcus acidilactici*, *kimchi*, isoflavone, amino acid, antioxidant activity

#### 서 론

두부는 대두의 단백질 성분만을 침전시켜 응고하여 만드는 가장 보편적인 대두 가공식품으로 오랜 세월 동안 귀중한 식물성 단백질 급원식품이다. 식품학적 특징은 수분함량이 많고 지방산의 불포화도가 높아 지방질의 산패 및 미생물에 의한 변질이 쉽게 일어나는 등 저장성에 문제점이 있어 그 저장성을 증대시키기 위해 많은 방법들이 제안되어 왔다. 그러나 대부분의 연구들은 그것을 실용화하기에는 문제점이 제기되어 왔다(1,2). 두부를 이용한 발효식품은 주로 중국, 일본 등 동남아시아 지역에 널리 알려져 있으며, 중국이나 대만의 *sufu*, 인도네시아의 *taokoan*, 필리핀의 *tahuri*, 태국의 *tau hu yee*, 일본의 *tofuyo* 등이 그것이다(3,4). 이 중 널리 알려져 있는 것으로 두부의 치즈 형태 발효식품인 중국과 대만의 두부유(*Sufu*)는 *Actinomucor elegans*, *Mucor heimalis*, *Mucor silvaticus*, *Mucor prairi* 및 *Rhizopus chmenisis* 등의 유용 곰팡이를 두부 표면에 생육시켜 슬럿

과 소금용액을 섞은 침지액에 숙성시킨 것이다(5). 이러한 발효두부는 저장성, 기호성 및 소화성이 우수한 대두의 치즈 형태 발효식품으로 오래전부터 자양식, 병후의 보양식 및 어린이와 노인의 식품으로서 이용되어왔다(6). 최근 중국을 비롯한 대만, 일본 등지에서 이런 형태의 발효식품이 주목을 받고 있으며, 또한 많은 연구자들에 의한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 발효두부의 독특한 풍미로 인하여 우리나라에서는 알려져 있지 않으며, 발효두부에 관한 연구는 Lee 등(7)의 곰팡이와 응고제에 따른 발효두부의 품질특성, Kim 등(6)의 우유 첨가 두부를 이용한 대두 치즈 제조 중 화학성분 변화 등의 소수의 연구만 일부 보고되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 독특한 풍미로 인하여 국내에서 기호성 문제로 일반화되지 않는 동남아 지역의 발효두부와는 달리 우리나라 국민의 기호성에 적합한 기능성 발효두부 제조 기법을 확립하기 위하여 곰팡이에 의한 발효과정을 거치지 않고 우리나라 고유의 발효식품인 김치와 항균작용, 정장작용, 항

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: leesh@cu.ac.kr  
Phone: 82-53-850-3217, Fax: 82-53-850-3217

산화활성의 가능성을 가지는 전보(8)에서 선발한 유산균을 접목하여 발효에 의한 이점과 더불어 첨가 유산균에 따른 가능성을 검토하고자 유산발효두부의 항산화 활성, 이소플라본 그리고 유리아미노산 함량의 변화를 비교 검토하였다.

### 재료 및 방법

#### 발효두부 제조

김치양념 재료는 경산시 하양읍 재래시장에서 구입하였으며, 두부 100 g당 고춧가루 3 g, 마늘 1 g, 소금 2 g, 설탕 2 g, 생강 0.5 g, 젓갈 2 g, 배추즙 31.5 g을 혼합하였고, 이에 *Pediococcus(P.) acidilactici* KL-6(8)을 600 nm에서 흡광도 1.00이 되도록 희석한 후 제조된 김치양념에 2%(v/v) 접종하여 사용하였다. 두부는 일정한 크기(3×3×3 cm)로 자른 후, 김치양념에 1:3(w/v) 비율로 침지하여 20°C에서 14주 동안 발효시켰다. 유산균을 접종하지 않은 김치양념에 침지한 두부(control), 유산균을 접종(2%, v/v)한 김치양념에 침지한 두부(TL, tofu and *kimchi* ingredients with lactic acid bacteria)와 유산균을 접종하여 37°C에서 24시간 발효시킨 김치양념에 침지한 두부(TPL, tofu in pre-fermented *kimchi* ingredients with lactic acid bacteria)를 제조하였다.

#### 발효두부 추출물 제조

발효두부를 동결건조(PVTFD20R, Ilshin lab., Yangju, Korea)한 다음 분말화하여, 10배(w/v)의 70% ethanol을 첨가한 후 24시간 동안 교반하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상등액을 취하였다. 상등액은 0.45 µm membrane filter(Millipore Co., Billerica, MA, USA)로 여과하여 측정용 시료로 사용하였다.

#### Total polyphenol 함량

Singleton 등(9)의 방법에 따라 추출물 1 mL에 0.2 N Folin-Ciocalteu reagent 1 mL를 가하여 실온에서 3분간 반응시킨 다음 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(75 g/L) 1.0 mL를 가한 후 암소에서 1시간 동안 방치한 후 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 한 표준곡선에 의하여 산출하였다.

#### DPPH radical 소거능

Blois(10)의 방법을 변형하여 추출물 0.4 mL에 0.4 mM DPPH(α-α-diphenyl-β-picrylhydrazyl) 에탄올 용액 0.8 mL를 가하여 진탕 혼합하고 상온에서 10분간 방치 후, 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, DPPH radical scavenging activity(%)=100-[(OD of sample/ OD of control)×100]에 의하여 활성을 산출하였다.

#### 아질산염 소거능

Kato 등(11)의 방법에 따라 추출물 1 mL에 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 1 mL를 가하고 0.1 N HCl을 가하여 총 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 1 mL를 취하여 2% 초산용액 4 mL와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 mL를 가한 후 실온에서 15분간 방치하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, nitrite scavenging activity(%)=100-[(OD of sample/ OD of control)×100]에 의하여 산출하였다.

#### Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

Marklund와 Marklund(12)의 방법에 따라 추출물 200 µL에 pH 8.5로 조정된 tris-HCl buffer 용액 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 200 µL를 가하고 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시키고 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, SOD-like activity(%)=100-[(OD of sample/ OD of control)×100]에 의하여 활성을 산출하였다.

#### Isoflavone 함량

Isoflavone 함량은 Song 등(13)의 방법을 변형하여 사용하였다. 동결 건조한 발효두부 1 g에 80% methanol 5 mL를 첨가하여 24시간 추출하였다. 추출물은 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하여 상등액을 0.45 µm membrane filter로 여과하여 HPLC 분석 시료로 이용하였다. HPLC 분석 조건은 Table 1과 같다.

#### 유리아미노산 함량

동결 건조한 발효두부 1 g에 70% ethanol 10 mL 첨가하여 24시간 동안 추출과정을 거친 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하여 상등액을 취하였다. 상등액은 회전진공농축기

Table 1. Conditions for isoflavone analysis

Items	Conditions
HPLC	Water model 510
Column	Inertsil <sup>®</sup> ODS-3 (5 µm, 4.6×250 mm)
Detector	UV-2077 Plus, JASCO Co., Tokyo, Japan
Flow rate	1 mL/min
Mobile phase	1% acetic acid/acetonitrile:1% acetic acid/water=85:15→15:85 (linear gradient for 50 min) and then 85:15 (for another 10 min)
Sample injection volume	20 µL
Detection	Absorbances at 249 nm and 261 nm

Table 2. Conditions for free amino acid analysis

Items	Conditions
Amino acid analyzer	Biochrom 30+
Column	Biochrom Lithium Column u-2299
Buffer solution	Lithium citrate buffer (pH 2.80, 3.00, 3.15, 3.50, 3.55)
Flow rate	Buffer flow rate 20 mL/hr, ninhydrin flow rate 20 mL/hr
Sample injection volume	40 $\mu$ L
Column temp.	35~80°C

(WB 2000, Heidolph, Schwabach, Germany)로 용매를 휘발시킨 후 아미노산 분석용 lithium citrate loading buffer로 용해시키고, 0.22  $\mu$ m membrane filter(Millipore Co.)로 여과하여 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30+ amino acid analyzer, Biochrom, Cambridge, UK)로 분석하였다. 아미노산 분석 조건은 Table 2와 같다.

통계처리

유리아미노산 함량을 제외한 모든 실험은 3회 반복으로 행하였으며, 평균치간의 유의성은 SPSS system(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package(version 12.0)를 이용,  $p < 0.05$  수준으로 Duncan's multiple range test에 의하여 검정하였다.

결과 및 고찰

Total polyphenol 함량의 변화

식물에 존재하는 많은 phytochemical 중 phenol성 화합물은 그 함량이 높을수록 항산화 활성은 증가하며, 항콜레스테롤 작용, 정장작용, 항암 및 항산화 작용 등의 생리적 효과도 높아지는 것으로 알려져 있다(14). 김치양념에 두부를 침지하여 20°C에서 14주 동안 발효시킨 두부를 동결 건조한 시료의 total polyphenol 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 발효 전 두부의 total polyphenol 함량은 85.27  $\mu$ g/g이었으

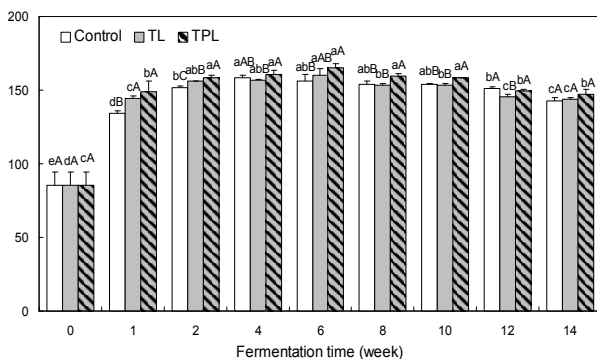


Fig. 1. Changes in total polyphenol content of fermented tofu of lactic acid for 14 weeks at 20°C. Control, tofu with kimchi ingredients mixture; TL, tofu and kimchi ingredients with lactic acid bacteria; TPL, tofu in pre-fermented kimchi ingredients with lactic acid bacteria. Means with different letters in the same fermented tofu (a-e) and fermentation time (A-C) are significantly different at  $p < 0.05$ .

나, 발효 1주에 대조구는 134.54  $\mu$ g/g, 유산균 접종 발효구인 TL구는 144.52  $\mu$ g/g, 유산균을 접종하여 전 발효시킨 양념을 이용한 처리구인 TPL구는 149.13  $\mu$ g/g으로 나타나 대조구에 비하여 뚜렷하게 증가하였다. 대조구는 발효 4주(158.71  $\mu$ g/g)까지 증가하다가 감소하였으며, TL구와 TPL구는 발효 6주까지 각각 160.05  $\mu$ g/g과 165.17  $\mu$ g/g으로 증가하다가 서서히 감소하였다. 이러한 total polyphenol 함량의 증가는 유산균 발효에 의하여 저분자 polyphenol 화합물의 증가(15)로 기인하는 것이며, Zhang 등(16)은 배 과쇄물에서 유산균의 배양으로 총 polyphenol 함량이 증가한다고 보고하였는데 이는 대조구에 비해 유산균을 접종한 처리구가 더 높게 나타난 본 실험의 결과와 유사하였다.

DPPH radical 소거능의 변화

ROS(reactive oxygen species)는 체내 방어기전에 의해 대부분 제거되지만 제거되지 못할 경우 생체분자들과 신속하게 반응하여 단백질의 변성이나 생체막의 지질 과산화, DNA 손상 등을 일으키며, 세포내로 확산되거나 혈류를 통해 이동된 지질 과산화물은 새로운 radical 반응을 촉진시켜 각종 질환의 원인으로 작용한다(17). DPPH radical 소거능은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 지방질 산화를 억제시키는 척도로 사용되고 있을 뿐 아니라 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 작용의 척도로도 이용되고 있다(18). 발효두부의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 발효 전 두부의 DPPH radical 소거능은 33.33%를 나타내었고, 발효 1주에 대조구, TL구, TPL구는 각각 55.93%, 61.09%, 63.11%를 나타내었으며, 유산균을 접종한 발효두부, 즉 TL구와 TPL구는 발효 종료까지 대조구보다 높은 radical 소거효과를 나타내었다. 그중 TPL구가 가장 84.11%로 가장 높은 소거능을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 대두, 메주, 된장의 methanol 추출물의 radical 소거능 효과가 발효가 진행됨에 따라 증가한다고 보고한 Choe 등(19)의 결과와 Lee 등(20)의 항산화 성분 함량과 free radical 소거능이 polyphenol 함량에 비례하여 활성이 증가한다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다. 이상의 결과 유산균 접종에 의한

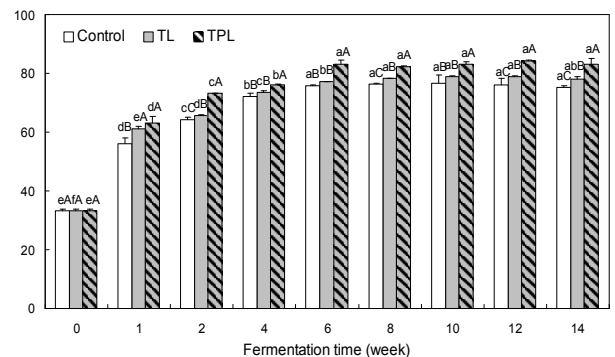


Fig. 2. Changes in DPPH radical scavenging activity of fermented tofu of lactic acid for 14 weeks at 20°C. All abbreviations are the same as Fig. 1.

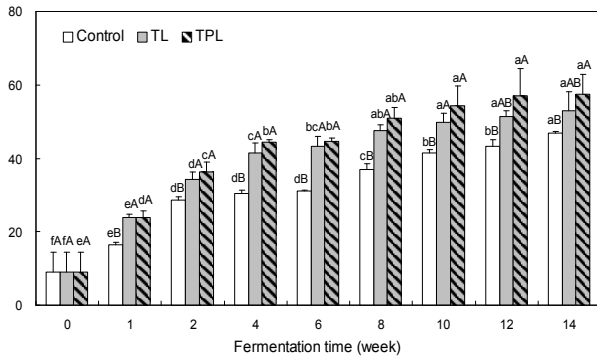


Fig. 3. Changes in nitrite scavenging activity of fermented tofu of lactic acid for 14 weeks at 20°C. All abbreviations are the same as Fig. 1.

발효두부 추출물의 phenolic 화합물 및 radical 소거활성의 증진은 발효 중에 생산된 물질에 기인된 것으로 사료되며, 김치양념과 혼합한 유산발효 두부는 노화억제와 함께 산화적 장애를 방어하는 식품 소재로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

아질산염 소거능의 변화

발암에 관련된 물질로 알려진 nitrite 및 nitrite로 전환이 가능한 nitrate는 일정 농도 이상 섭취 시 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성한다. 또한 혈액 중의 hemoglobin이 산화되어 methemoglobin을 형성하여 각종 중독을 일으키는 것으로 알려져 있어(21) 아질산염 소거능은 항암작용을 간접적으로 알 수 있는 하나의 지표로 이용된다. 발효두부의 아질산염 소거능을 측정된 결과(Fig. 3) 발효 전 두부는 9.03%를 나타내었으며, 발효 1주에 대조구, TL구, TPL구는 각각 16.55%, 23.98%, 23.91%로 증가하였다. 발효 기간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 아질산염 소거능은 증가하였으며, 발효 14주에 아질산염 소거능은 대조구 46.76%, TL구 53.00%, TPL구 57.40%를 나타내었다. 유산균을 첨가하여 발효시킨 두부의 아질산염 소거능은 대조구에 비해 뚜렷하게 증가하였으며, 발효 전 김치양념의 전발효 과정에 따른 차이는 관찰되지 않았다. Cooney 등(22)은 페놀성 물질이 니트로화 반응을 강력하게 억제한다고 하였는데, 대조구에 비해 페놀함량이 높은 TL구와 TPL구가 아질산염 소거능이 대조구에 비해 우수하였다.

SOD 유사활성의 변화

유산발효두부의 SOD 유사활성(Fig. 4)은 발효 전 두부 9.31%에서 발효 1주 후에는 TPL구(22.13%), TL구(22.00%), 그리고 대조구(15.92%) 순으로 TPL구가 가장 높은 활성을 나타내었다. 이후 발효종료까지 모든 처리구의 SOD 유사활성은 서서히 증가하였고, 그중 TPL구(26.05%)가 대조구와 유의적인 차이를 나타내며 높은 활성을 나타내었다. SOD는 항산화계 효소로 세포 내 활성산소종을 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 전환시키며, 생성된 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 peroxidase나 catalase에 의해 물과 산소로 분해된다. SOD 유사물질은 효소는 아니나 저분자

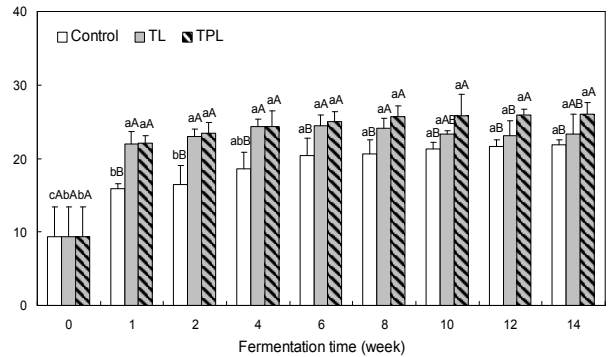


Fig. 4. Changes in superoxide dismutase like activity of fermented tofu of lactic acid for 14 weeks at 20°C. All abbreviations are the same as Fig. 1.

phytochemicals로 SOD와 유사한 역할을 함으로써 superoxide의 산화반응을 억제하여 생체를 보호하는 역할을 한다(23). 따라서 SOD 유사활성이 증가된 유산 발효두부의 섭취는 두부에 비해 노화억제와 산화적 장애를 방어할 수 있는 효과가 증가될 수 있을 것으로 판단된다.

Isoflavone 및 유리아미노산 함량의 변화

발효두부 대조구, TL구 TPL구 중 총 polyphenol 함량, 전자공여능, 아질산염 소거능, SOD 유사활성이 우수한 TPL구의 isoflavone과 유리아미노산의 함량을 측정된 결과는 Table 3과 Table 4로 나타내었다. 발효 전 TPL구의 isoflavone의 함량은 1.63 mg/g, 발효 1주와 14주에 각각 2.14 mg/g, 2.34 mg/g으로 발효 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. Isoflavone의 비배당체인 daidzein과 genistein의 함량은 발효 전 각각 0.27 mg/g, 1.36 mg/g을 나타내었고, 발효가 진행될수록 증가하여 14주에 daidzein 0.79 mg/g, genistein 1.55 mg/g의 함량을 나타내었다. 이와 같이 발효에 의해 aglycone 형태의 isoflavone이 증가하는 것은 β-glucosidase에 의한 배당체인 genistin과 daidzin의 가수분해 때문인 것으로 판단된다. Li-Jun 등(24)은 sufu 제조 후 daidzein과 geinstein의 함량이 모두 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같이 두부의 유산발효에 의해 isoflavone aglycones(genistein, daidzein)의 증가로 발효두부의 항산화 효과가 증가된 것으로 판단된다.

발효 전 TPL구의 유리아미노산 함량은 1.51 mg/g을 나타

Table 3. Changes in isoflavone of TPL for 14 weeks at 20°C (mg/g dry matter)

Isoflavone	Fermentation time (week)			
	0	1	14	
TPL <sup>1)</sup>	Daidzein	0.27±0.03 <sup>c2)</sup>	0.70±0.02 <sup>b</sup>	0.79±0.02 <sup>a</sup>
	Genistein	1.36±0.02 <sup>c</sup>	1.44±0.01 <sup>b</sup>	1.55±0.04 <sup>a</sup>
Total		1.63±0.02 <sup>c</sup>	2.14±0.02 <sup>b</sup>	2.34±0.02 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Refer to Fig. 1 for abbreviations.

<sup>2)</sup>Means within each row with no common superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 4. Changes in free amino acid contents of TPL for 14 weeks at 20°C (unit: mg/g dry basis)

Amino acids and its derivatives	Fermentation time (week)		
	0	1	14
L-Threonine	0.02	0.40	0.50
L-Valine	0.11	0.70	0.92
L-Methionin	0.01	0.25	0.26
L-Isoleucine	0.02	0.48	0.65
L-Leucine	0.02	0.77	1.20
L-Phenylalanine	0.03	0.49	0.78
L-Lysine	0.03	0.81	1.24
L-Serine	0.02	0.35	0.51
L-Asparagine	0.22	2.28	2.34
L-Glutamic acid	0.17	0.96	2.06
L-Sarcosine	ND <sup>1)</sup>	0.17	0.23
L-Proline	0.07	2.42	1.89
Glycine	0.01	0.31	0.43
L-Alanine	0.09	1.16	1.49
L-Citrulline	0.01	0.12	0.25
L- $\alpha$ -Amino-n-butyric acid	ND	0.16	0.18
L-Tyrosine	0.02	0.23	0.46
$\beta$ -Alanine	0.02	0.12	0.14
L-Homocystine	ND	0.02	0.04
$\gamma$ -Amino-n-butyric acid	0.10	0.53	0.55
Ethanolamine	0.01	0.09	0.10
Ammonium chloride	0.05	0.99	1.67
$\delta$ -Hydroxylysine	ND	0.10	0.15
L-Ornithine	ND	0.17	1.00
1-Methyl-L-histidine	ND	0.06	0.09
L-Histidine	0.05	0.16	0.22
L-Arginine	0.43	0.54	1.10
Taurine	ND	0.21	0.36
Total amino acids	1.51	15.05	20.81

<sup>1)</sup>Not detected.

내었고, 그중 필수아미노산의 함량은 0.24 mg/g이었다. 발효 1주에 15.05 mg/g으로 발효 전에 비해 89% 증가하였으며, 필수아미노산도 3.90 mg/g으로 증가하였다. 필수아미노산은 lysine(0.81 mg/g) > leucine(0.77 mg/g) > valine (0.70 mg/g) > phenylalanine(0.49 mg/g) 순으로 나타났다. 발효 14주에 TPL구의 유리아미노산 함량은 20.81 mg/g으로 발효 전에 비해 92% 증가하였으며, 필수아미노산의 함량은 5.55 mg/g으로 증가하였고, 필수아미노산이 차지하는 비율은 전체 아미노산의 27%의 수준이었다. 필수아미노산의 함량은 lysine(1.24 mg/g) > leucine(1.20 mg/g) > valine(0.92 mg/g) > phenylalanine(0.78 mg/g) > isoleucine(0.65 mg/g) > threonine(0.50 mg/g) > methionin(0.26 mg/g)의 순으로 나타났다. Kim 등(6)은 우유를 첨가한 발효 두부 제조 실험에서 유리아미노산의 조성을 분석한 결과, 총 유리아미노산은 발효 초기에 비해 18배 정도 증가하였고, 필수아미노산은 약 32배 정도 증가하였다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

김치양념과 유산균을 이용해 두부를 담금·숙성하여 유산 발효시킨 새로운 기법으로 제조한 발효두부는 동남아에서 통용되는 곱팡이에 의한 발효두부와는 서로 다른 형태의 발효두부이며, 저장성이 매우 낮은 두부를 김치양념과 기능성

유산균을 이용하여 발효시킴으로써 두부의 저장성 증진은 물론 전자공여능, 아질산염 소거능 등 항산화 활성의 증가와 유리아미노산의 증가에 따른 기능성이 보강된 새로운 두부 발효식품으로서 손색이 없을 것으로 판단된다. 그러나 상업적 생산을 위해서 김치양념과 두부의 적정배합비 설정과 발효조건은 물론 발효 후 김치양념과 발효두부를 이용한 메뉴 개발 등 다양한 활용방법에 관한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

## 요 약

김치양념과 두부를 혼합한 유산발효기법을 이용한 발효 두부의 항산화 활성 및 유리아미노산의 변화를 조사하였다. 유산균을 접종하지 않은 김치양념에 침지한 두부(control), 유산균을 접종(2%, v/v)한 김치양념에 침지한 두부(TL, to-fu and *kimchi* ingredients with lactic acid bacteria)와 유산균을 접종하여 37°C에서 24시간 발효시킨 김치양념에 침지한 두부(TPL, tofu in pre-fermented *kimchi* ingredients with lactic acid bacteria)의 발효기간 중 total polyphenol 함량은 모든 처리구에서 증가하였고, 그중 TPL구가 가장 높았다. DPPH radical 소거능은 TPL구가 발효 12주에 84.11%로 가장 높게 나타났으며, 아질산염 소거능, SOD 유사활성 역시 TPL구가 각각 57.40%, 26.05%로 가장 높은 활성을 나타내었다. 총 polyphenol 함량, 전자공여능, 아질산염 소거능, SOD 유사활성이 가장 우수한 TPL구의 isoflavone 과 유리아미노산의 함량을 측정된 결과 isoflavone은 발효 전에 비해 30% 증가하여 2.34 mg/g이었다. 유리아미노산 역시 발효 전 1.51 mg/g에서 발효 14주에 TPL구의 유리아미노산 함량은 20.81 mg/g으로 발효 전에 비해 92% 증가하였다. 필수아미노산의 함량은 5.55 mg/g이었으며, 전체 아미노산의 27% 수준이었다. 필수아미노산의 함량은 lysine (1.24 mg/g) > leucine(1.20 mg/g) > valine(0.92 mg/g) > phenylalanine(0.78 mg/g) > isoleucine(0.65 mg/g) > threonine(0.50 mg/g) > methionin(0.26 mg/g) 순으로 나타났다.

## 문 헌

- Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice of *Schizandra chinensis* RUPRECHT (Omija) and *Prunus mume* (maesil). *Korean J Food Sci Technol* 32: 1087-1092.
- Rehberger TG, Wilson LA, Galtz BA. 1984. Microbiological quality of commercial tofu. *J Food Prot* 47: 177-181.
- Smith AK, Cirrcle ST. 1978. *Soybean chemistry and technology*. Avi Publishing Co., Westport, CT, USA. p 410.
- Reddy NR, Pierson MD, Salunkhe DK. 1986. Legume-based fermented foods. CRC press Inc, Boca Raton, FL, USA. p 69.
- Wang HL, Hesseltine CW. 1970. Sufu and lao-chao. *J Agric Food Chem* 18: 572-575.
- Kim TY, Kim JM, Yoon IH, Chang CM. 1994. Changes in

- chemical components of soybean cheese making from cow's milk added soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 837-844.
7. Lee SH, Kim YT, Shon MY, Sung CK, Park SK. 2001. Quality properties of fermented tofu prepared with different molds and coagulants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 617-622.
  8. Kang KM, Lee SH. 2012. Physiological characteristics of starter isolated from *kimchi* and fermentation of tofu with the isolated starter. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1626-1631.
  9. Singleton VL, Joseph A, Rossi J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagent. *Am J Clin Nutr* 68: 1474-1479.
  10. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
  11. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by non-dialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
  12. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
  13. Song T, Barua K, Buseman G, Murphy PA. 1998. Soy isoflavone analysis: quality control and a new internal standard. *Am J Clin Nutr* 68: 1474S-1479S.
  14. Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2: 152-159.
  15. Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.
  16. Zhang YB, Bae MJ, An BJ, Choi HJ, Bae JH, Kim S, Choi C. 2003. Effect of antioxidant activity and change in quality of chemical composition and polyphenol compound during long-term storage. *Korean J Food Sci Technol* 35: 115-120.
  17. Slater TF. 1984. Free-radical mechanism in tissue injury. *Biochem J* 222: 1-5.
  18. Choi JH, Oh SK. 1985. Studies on the anti-aging action of Korean ginseng. *Korean J Food Sci Technol* 17: 506-515.
  19. Choe GS, Lim SY, Choi JS. 1998. Antioxidant and nitrite scavenging effect of soybean, meju and doenjang. *Korean J Life Sci* 8: 473-478.
  20. Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS. 2005. Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. *Korean J Food Sci Technol* 37: 233-240.
  21. Na GM, Han HS, Ye SH, Kim HK. 2004. Physiological activity of medicinal plant extracts. *Kor J Food Preserv* 11: 388-393.
  22. Cooney RV, Ross PD, Bartolini GL. 1986. N-nitrosation and N-nitration of morpholine by nitrogen dioxide: inhibition by ascorbate, glutathione and  $\alpha$ -tocopherol. *Cancer Lett* 32: 83-90.
  23. Kitani K, Minami C, Amamoto T, Kanai S, Ivy GO, Carrillo MC. 2002. Pharmacological interventions in aging and age-associated disorders: potentials of propargylamines for human use. *Ann N Y Acad Sci* 959: 295-307.
  24. Li-Jun Y, Li-Te L, Zai-Gui L, Tatsumi E, Saito M. 2004. Change in isoflavone contents and composition of sufu (fermented tofu) during manufacturing. *Food Chem* 87: 587-592.

(2012년 9월 5일 접수; 2012년 11월 8일 채택)