

## 건강식품소재로서 발효울금의 특성

우성민 · 정하열\*

한경대학교 식품생물공학과 및 한국전통식품글로벌센터

### Characteristics of Fermented Curcuma as a Health Food Ingredient

Sung-Min Woo and Ha-Yull Chung\*

Department of Food Science & Biotechnology and Korean Traditional-food Global Center,  
Hankyong National University

#### Abstract

Curcuma, which is well known for its characteristic flavor, was fermented with lactic acid bacteria from kimchi, and the taste and biological activities were examined in order to investigate its use as a health food ingredient. Although the general composition of the fermented curcuma was similar regardless of lactic acid bacteria used for fermentation, the overall acceptability of the curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum* (CLp) was better than that of the other samples. Taste sensing tests showed that the higher overall acceptability of CLp stemmed from an increase in umami and sourness and a decrease in astringency with CLp. There were no statistical differences in curcumin content, DPPH radical scavenging activities, and hydroxyl radical scavenging activities among the curcuma samples; however, CLpe, an extract of CLp, revealed dose dependent inhibition on the production of PG-E2 from RAW cells. Consequently, CLpe may be suitable for use in processed foods in order to provide health benefits without lowering their sensory qualities.

**Key words:** curcuma, fermentation, lactic acid bacteria, taste, PG-E2

## 서 론

현대인은 환경오염에 따른 유해물질의 증가 및 사회생활 중의 스트레스 등에 의해 면역력이 저하되어 점진적으로 염증반응의 진행 및 알레르기 발생에 따른 불편을 겪어야 하는 일이 빈번해지고 있다. 염증반응은 phospholipase A<sub>2</sub>(PL-A<sub>2</sub>)가 세포막 인지질을 가수분해하여 arachidonic acid(AA)를 생성시키고 cyclooxygenase-1(COX-1)과 cyclooxygenase-2(COX-2)가 유리된 AA를 기질로 이용하여 prostaglandin H<sub>2</sub>(PG-H<sub>2</sub>)를 생성시키며 PG-H<sub>2</sub>는 더 대사되어 prostaglandin E<sub>2</sub>(PG-E<sub>2</sub>), prostacyclin, thromboxane A<sub>2</sub>(Tx-A<sub>2</sub>)나 다른 PG로 변환된다. 이 때 COX-1은 정상적 생체기능에 작용하는 반면, COX-2는 염증성 자극에 의해 단시간에 유도되어 발현되며, 염증, 통증, 발열과 관련이 깊은 것으로 알려지고 있다(Funk, 2001; Kim et al., 2007). 이외에도 leukotriene(LT)

은 lipoxygenase(LOX)에 의해 생성되는 물질로, 포유동물에서 엘러지 증상 발현에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(Nakatsuka et al., 1983; Neichi et al., 1983; Kemal et al., 1987). 세포내 과립에 저장되어 있는 histamine 등과 PG 및 LT 같은 화학적 매개물질은 비만세포 표면에 존재하는 immunoglobulin E(Ig-E)의 수용체인 FcεRI에 항원이 결합되면 비만세포가 활성화되고, 탈과립이 진행되어 말초혈관에 대한 투과성 항진과 확장작용, 점막표면에 대한 분비 항진작용, 기관지 평활근에 대한 수축작용 등의 증상들이 나타나게 된다(Metcaife et al., 1981; Church and Levi-Schaffer, 1997; Miyajima et al., 1997). 그러므로 AA으로부터 염증 및 알레르기 반응에 중요한 역할을 하는 COX-2 및 LOX 효소를 저해하면 염증 및 엘러지 현상을 완화시킬 수 있으므로 본 연구에서는 생리활성이 다양한 울금(*Curcuma longa L.*)을 식품소재로서 이용하는 방법을 조사하게 되었다.

울금은 심황(深黃), 울금(蔚金), 강황(姜黃) 등으로도 불리우며, 열대 아시아가 원산지인 울금과 울금속의 다년생 초본으로 지상부는 파초와 비슷한 형태로 뿌리를 파서 잘라 보면 선황색 이나 오렌지색을 보인다. 울금은 뿌리줄기로 구성되어 있고 근경을 약용으로 사용하는데 생약명은 심황

\*Corresponding author: Ha-Yull Chung, Department of Food Science & Biotechnology, Hankyong National University, 167 Joongang-Ro, Anseong-si, Gyeonggi-do 456-749, Korea  
Tel: +82-31-670-5156; Fax: +82-31-677-0990  
E-mail: chy@hknu.ac.kr  
Received December 19, 2013; revised February 4, 2014; accepted February 12, 2014

이며 황색색소로서 curcumin이 0.3% 들어있고 특유한 향이 있는 정유로써 turmerone과 dehydroturmerone이 1-5% 들어있다. 울금의 근경을 수확하여 껍질질을 벗기고 삶아서 말린 다음 가루로 만든 것이 curcuma이라는 향신료로 카레분말의 주원료로 쓰이는데 울금은 예로부터 이담작용, 위해 분비 촉진, 이노 작용, 해독 기능(Kim et al., 1991), 항암(Shin, 1994), 항염작용(Connell and Sutherland, 1969) 및 항산화 작용(Connell, 1970) 등이 있는 것으로 알려져 있으며, 특히, 울금에 함유된 curcumin이 다양한 생리학적 특성을 나타내는 것으로 보고되고 있다(Lee and Ahn, 1985; Lee, 2006). 하지만 이와 같은 다양한 생리활성에도 불구하고 울금은 그 맛이 매우 맵고 써서 식품소재로서 사용하기가 쉽지 않은 상황이어서 식품소재로서의 사용은 극히 제한적이었다. 따라서 본 연구에서는 울금의 유산균 발효를 통하여 소화되기 어려운 고분자의 영양성분을 저분자로 분해하여 소화 흡수율을 높이고, 새로운 영양성분을 생성해 유용한 성분이 생성될 수 있게 하며, 생리활성성분을 감소시키지 않으면서 관능성을 향상시킬 수 있는 건강식품소재로서의 활용가능성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

Curcumin, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2-Deoxy-D-ribose은 Sigma사(Sigma-Aldrich, St. Louis, Mo, USA), HPLC 용매는 J.T.BAKER사(Mallinckrodt chemicals, New Jersey, U.S.A), Dimethyl sulfoxide(DMSO)는 Merck사(Merck chemicals, Darmstadt, Germany), 여과지(No. 1)는 Whatman(Springfield Mill, U.K.)에서 구입하여 사용하였다. 효소활성 시험에 사용한 키트인 Prostaglandin E2 EIA Kit-Monoclonal(strip plate)는 Cayman사(Cayman chemicals company, Ann Arbor, MI, U.S.A)의 제품을 사용하였다.

### 발효울금의 제조

본 실험에 사용한 발효울금은 Fig. 1과 같이 제조하여 사용하였다. 먼저 *Leuconostoc mesenteroides*(KCCM 40709), *Lactobacillus plantarum*(KCCM 12116), *Lactobacillus sakei*(KCCM 40264)를 이용한 발효울금을 제조하기 위해서 울금 및 말토덱스트린, 그리고 효모추출물을 이용하여 배지를 제조하고 가압 멸균기를 이용하여 121°C에서 15분간 가압 멸균을 한 후 무균상에서 냉각 하였다. 초기 균수를 맞추기 위해 먼저 MRS 배지로 *Leuconostoc mesenteroides*(KCCM 40709), *Lactobacillus plantarum*(KCCM 12116), *Lactobacillus sakei*(KCCM 40264)를 배양하여 각 균주별 스타터를 전체 울금배지에 각각 5%(w/w), 2%(w/w), 3%(w/w) 접종한 뒤 배양기에서 균주별 생육적온(30°C, 37°C)에서 배양하였다. 이 때 각 균주별 배양기는 생육적

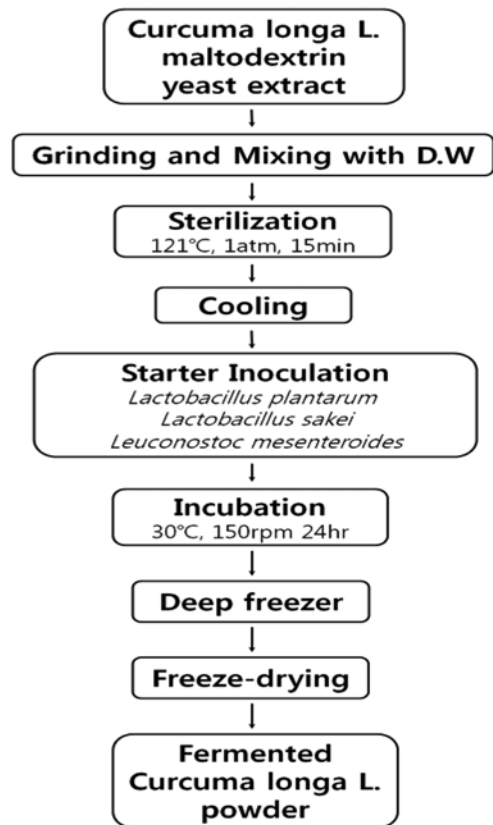


Fig. 1. Manufacturing process of fermented curcuma.

온(30°C, 37°C)에서 24시간 동안 배양시켰을 때 최대 균수를 나타내었다. 배양이 끝난 발효물은 pH 및 산도를 측정 한 후 급속동결기에서 -80°C로 24시간 동결 시킨 뒤 동결 건조기를 사용하여 건조 및 분쇄 후 실험에 사용하였다. 건울금의 제조는 수세 및 껍질제거가 끝난 울금을 급속 동결시켜 동결건조기에서 건조한 후 분쇄하였다. 건울금 및 발효물의 건조 수율은 건울금은 17.02%, Blank와 CLm(Curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*)는 12.94%이었으며 CLp(Curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*)와 CLs(Curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*)는 15.1%였다. 발효울금 건조물에서의 울금 0.1g에 해당하는 blank와 CLm는 0.18g이었으며 CLp와 CLs은 0.22g이었다.

### 발효울금 추출물의 제조

건울금 및 발효울금 추출물은 시료인 각각의 D.C, blank, CLm, CLp, CLs 100g에 80% EtOH 500mL을 넣고 2시간 동안 환류추출 후 여과지(No. 2)로 여과하고 이 방법으로 3회 반복 추출한 추출물을 모아 진공감압 농축 하였다. 감압농축으로 EtOH을 증발시킨 후 은박도시락에 남은 추출액을 담아 급속동결기에서 -80°C로 동결 시킨 후

동결건조기를 이용하여 추출건조물을 제조하였다. 건율금 및 발효율금의 80% EtOH추출 수율은 건율금이 8.51%, CLme, CLpe, CLse가 44.7%였다.

#### 일반성분 분석

AOAC법(AOAC, 1995)에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 조지방은 soxhlet 추출법, 조단백은 semi micro kjeldahl 법(N×6.25), 조회분은 550°C 회화법, 조섬유는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-KOH 법으로 정량 하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조지방, 조단백, 조회분, 조섬유를 뺀 값으로 하였다.

#### 요구르트 제조

관능평가용 요구르트의 제조는 Choi (2009)와 같이 행하였다. 12% 탈지분유를 90°C에서 30분간 살균을 한 후 무균상에서 냉각을 시켰다. 냉각한 탈지분유 배지에 플레인 모닝 프로바이오틱스(Duolac, Cell Biotech Inc.)를 별도의 배양 없이 직접 스타터로 접종하여 37°C에서 24시간 발효 시켰다. 발효가 끝난 요구르트는 냉장고에서 4°C 보관하여 관능 평가에 사용하였다.

#### 관능검사

관능평가용으로 제조한 요구르트에 D.C, Blank, CLm, CLp 그리고 CLs를 각각 0.5% 첨가하여 homogenizer로 균질화 시킨 후 식품생물공학과 실험생 20 명을 예비실험을 통해 훈련시킨 후 검사원으로 하여 색(color), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 짠맛(saltiness), 쓴맛(bitterness), 감칠맛(umami), 향미(flavor) 및 전체적인 기호도(overall acceptability)에 대하여 최저 1 점, 최고 9 점의 9 단계 기호척도법으로 평가하였다(Kang, 2007).

#### 맛 분석

건율금과 발효율금의 맛의 차이를 객관적으로 확인하기 위해 미각 센서(taste sensor)를 이용한 맛 분석기(Insent, 5-1-1 Onna, Atsugi-shi, Kanagawa-Pref., Japan)를 사용하여 측정하였다. 건율금과 발효율금을 0.5%(w/w)가 되도록 증류수에 녹여, 초음파로 용해한 후 3000 rpm에서 15분간 원심분리한 상등액을 시료로 사용하였다. 맛 분석기에 시료를 35 mL씩 넣어 4 회 맛을 측정 한 후 1 회차에 측정한 값을 제외한 나머지 값의 평균을 이용하여 나타내었다. 측정 항목으로는 감칠맛(umami), 쓴맛(bitterness), 떫은맛(astringency), 짠맛(saltiness), 신맛(sourness)을 분석하였으며 센서의 전극으로 측정된 전위차 값을 다시 맛의 수치로 변환시켜 결과로 나타내었으며 맛의 수치의 차이는 사람이 맛의 차이를 인지할 수 있는 맛 성분의 농도 변화를 나타낸다.

#### HPLC 분석

표준물질의 제조는 curcumin(표준물질) 1 mg을 HPLC용

80% EtOH 10 mL에 용해 시켜 100 ppm 농도로 제조한 뒤 순차 희석한 용액을 측정하고 표준정량곡선을 그려 curcumin을 정량 하였다(Choi, 2009). 율금추출물의 curcumin 함량은 10 mg량을 기준으로 HPLC용 80% EtOH 10 mL에 넣어 2 시간 동안 70°C에서 환류 냉각 추출을 한 후에 원심분리기를 이용 3000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 원심분리가 끝난 뒤 상등액을 1 회용 시린지를 이용, 여과 하여 10 µL를 주입하여 분석하였다. 1000 ppm 농도로 제조한 뒤 순차 희석 하여 표준정량곡선을 그려 curcumin을 정량 하였다.

#### 전자공여능

건율금 및 발효율금 80% EtOH 추출건조물에 대한 비효 소계 시스템에서의 라디칼 소거능을 측정하고자 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능을 측정하였다. 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Blois방법(An et al., 2006)을 적용하여 각 시료의 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능을 측정하였다. 시험관에 0.0035% DPPH 용액 3 mL과 시료 0.15 mL을 넣고 잘 혼합한 후 실온에서 20분간 방치한 다음 516 nm에서 흡광도를 측정하였으며 따로 공시험으로 대조구의 흡광도를 같은 조건에서 측정하였다. 이들 측정값을 다음 식에 대입하여 DPPH 라디칼 소거능을 계산하였다.

$$\text{EDA} (\%) = \left(1 - \frac{\text{SA}}{\text{CA}}\right) \times 100$$

SA : sample absorbance

CA : control absorbance

#### Hydroxyl 라디칼 소거능

Hydroxyl 라디칼 소거능을 측정하기위해 2-Deoxyribose oxidation method를 사용하였다(Yang et al., 2011). 10 mM FeSO<sub>4</sub>-EDTA(0.2 mL), 10 mM α-deoxyribose(0.5 mL), 시료 용액(0.2 mL), 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 7.4, 0.2 mL), 10 mM hydrogen peroxide(0.2 mL)를 혼합 후 37°C에서 1시간 동안 반응하였다. 그 다음에 2.8% trichloroacetic acid(TCA) 1.0 mL과 1.0% TBA(thiobarbituric acid) 1.0 mL를 첨가하여 반응을 멈춘 후에 15 분 동안 반응하였다. 얼음으로 냉각 후 UV/visible spectrophotometer를 이용하여 532 nm 영역에서 흡광도를 측정하였다. Hydroxyl 라디칼 소거능은 hydroxyl 라디칼에 의한 α-deoxyribose oxidation 억제율로써 아래 계산식에 따라 계산되었다.

$$\text{Scavenging activity} (\%) = \left(1 - \frac{\text{CA}}{\text{SA}}\right) \times 100$$

SA : sample absorbance

CA : control absorbance

### 세포독성

마우스의 마크로파지 세포주인 RAW 264.7을 10%의 FBS 및 항생제가 함유된 DMEM 배지에서 5% CO<sub>2</sub>, 37°C 조건에서 배양하였다. 세포독성 검사를 하기 위한 시료의 전처리에는 각각의 blank, CLme, CLpe, CLse가 100 mg/mL의 농도가 되도록 DMSO로 용해한 뒤 배지로 희석하여 세포 배양액에 첨가하였다. 세포독성 검사는 Roche사의 cytotoxicity detection kit(LDH)를 이용하여, 제조사의 매뉴얼대로 실험하였다(Moon et al., 2007). 즉, 96 well plate의 각 well에 4×10<sup>4</sup>개의 RAW 264.7 cells을 분주하고 1 mg/mL, 0.1 mg/mL의 농도로 각각의 시료를 첨가하여 24시간 배양하고 상층액상의 LDH(lactate dehydrogenase)의 활성을 측정하였다. 세포독성(%)은 아래와 같은 공식에 의해 산출하였다.

$$\text{Cytotoxicity(\%)} = \frac{\text{exp. value} - \text{low control}}{\text{high control} - \text{low control}} \times 100$$

### PG-E<sub>2</sub> 생성저해능

마우스의 대식세포 세포주인 RAW 264.7을 10%의 FBS 및 항생제가 함유된 DMEM 배지에 넣고 5% CO<sub>2</sub>, 37°C 조건에서 배양하였다. 1×10<sup>6</sup>개의 RAW 264.7 cells을 96 well plate에 분주하여 24시간 정치한 후, lipopolysaccharide (LPS, *Escherichia coli* O11:B4, 1 µg/mL)와 interferon-gamma(INF-γ, 50 ng/mL)로 세포를 자극하였다. 이 때 시료인 발효율금 추출물도 같이 첨가하였는데, 최종농도가 1 mg/mL, 0.1 mg/mL의 농도가 되도록 하였다. 24시간을 더 배양한 후 상층액으로 분비된 nitro oxide(NO)의 양을 griess reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, Mo, USA) 시약을 가하여 발색정도를 ELISA reader에서 570 nm에서 측정하였다. 또한 상층액으로 분비된 Prostaglandin E2를 Prostaglandin E2 EIA Kit-monoclonal(Cayman Chemicals Company, Ann Arbor, MI, U.S.A)를 사용하여 PG-E<sub>2</sub>를 측정하였다(Choi et al., 2003).

### 통계 처리

실험결과는 SPSS package(release 8.01)를 이용하여 mean±SEM로 표시하였고, 평균값의 통계적 유의성은 SAS system(2002)을 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분

발효율금의 일반성분을 측정된 결과는 Table 1과 같았다. 수분함량, 조지방, 조단백질, 조회분, 조섬유, 탄수화물의 함량들이 대부분 유산균 비접종 시료(blank)와 발효율금 시료들 간에 큰 차이가 없어서 발효에 의해서 율금에 함유된 영양성분의 함량이 변화하지는 않았음을 알 수 있었다.

### 관능평가

식품소재로서의 관능적 적합성을 보기 위해 호상요구르트에 발효율금을 0.5%씩 각각 첨가하여 색(color), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 짠맛(saltiness), 쓴맛(bitterness), 감칠맛(umami), 향미(flavor) 및 전체적인 기호도(overall acceptability)등을 비교 한 결과 Table 2와 같았다.

0.5%의 발효율금을 첨가했을 경우 Table 2에서 보이는 바와 같이 색에서는 CLp가 유의적으로( $p < 0.05$ ) 가장 높았으며(6.58 점) 맛의 경우에 단맛은 CLs(3 점), 신맛은 CLp(6 점), 짠맛도 CLp(3.55 점), 쓴맛은 D.C(5.36 점), 감칠맛은 CLp(4.36 점), CLs(4.45 점)가 유의적으로 각각 높았으며 향미는 CLm(6 점)가 높은 점수를 받았다. 전체적인 기호도는 CLp(5.92 점)와 CLs(5.67 점)의 선호도가 높았다. 관능평가를 종합하여 본 결과 0.5% 발효율금 첨가시에는 CLp 첨가구가 가장 우수한 것으로 판단되었다.

### 맛 분석

객관적으로 발효율금들의 맛을 비교 측정하기 위하여 맛 분석기(taste sensing system)로 건율금과 비교하여 분석하였다. 0.5% 농도로 각 시료를 분석한 결과(interpolation difference)는 Fig. 2와 같았다.

Table 1. Approximate composition of dried curcuma and fermented curcuma.

Approximate composition	Moisture	Crude fat	Crude protein	Crude ash	Crude fiber	Carbo-hydrate
D.C <sup>1)</sup>	10.5	9.615	17.315	14.04	16.225	32.3
Blank <sup>2)</sup>	5.81	4.38	26.43	10.71	8.81	43.86
CLm <sup>3)</sup>	5.48	4.8	26.74	10.88	8.91	43.19
CLp <sup>4)</sup>	5.5	4.61	26.7	10.62	8.66	43.91
CLs <sup>5)</sup>	5.75	4.76	26.9	10.79	8.3	43.5

<sup>1)</sup>Dried curcuma powder

<sup>2)</sup>Without inoculation

<sup>3)</sup>Curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*

<sup>4)</sup>Curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*

<sup>5)</sup>Curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*

**Table 2. Sensory evaluation scores of yoghurt added with curcuma (0.5%) and fermented curcuma (0.5%).**

	Sample				
	D.C <sup>1)</sup>	Blank <sup>2)</sup>	CLm <sup>3)</sup>	CLp <sup>4)</sup>	CLs <sup>5)</sup>
color	4.33±0.12 <sup>a</sup>	6±0.01 <sup>c</sup>	5.55±0.02 <sup>b</sup>	6.58±0.29 <sup>d</sup>	5.92±0.1 <sup>c</sup>
sweet-ness	1.92±0.03 <sup>a</sup>	2.64±0.12 <sup>c</sup>	2.55±0.04 <sup>bc</sup>	2.45±0.01 <sup>b</sup>	3±0.17 <sup>d</sup>
sourness	4.23±0.68 <sup>a</sup>	4.55±0.24 <sup>ab</sup>	4.36±0.45 <sup>a</sup>	6±0.53 <sup>c</sup>	5.36±0.42 <sup>bc</sup>
saltiness	2.25±0.16 <sup>a</sup>	2.82±0.23 <sup>b</sup>	2.64±0.11 <sup>ab</sup>	3.55±0.41 <sup>c</sup>	3±0.08 <sup>b</sup>
bitter-ness	5.36±0.51 <sup>b</sup>	1.69±0.48 <sup>a</sup>	1.62±0.47 <sup>a</sup>	1.69±0.67 <sup>a</sup>	1.31±0.57 <sup>a</sup>
umami	3.33±0.22 <sup>a</sup>	3.67±0.17 <sup>ab</sup>	3.92±0.01 <sup>bc</sup>	4.36±0.18 <sup>cd</sup>	4.45±0.46 <sup>d</sup>
flavor	3.67±0.29 <sup>a</sup>	4.45±0.03 <sup>b</sup>	5±0.23 <sup>c</sup>	4.5±0.07 <sup>b</sup>	4.64±0.24 <sup>b</sup>
overall taste	2.73±0.31 <sup>a</sup>	4.67±0.14 <sup>b</sup>	4.75±0.22 <sup>b</sup>	5.92±0.19 <sup>c</sup>	5.67±0.23 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup>Means in the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

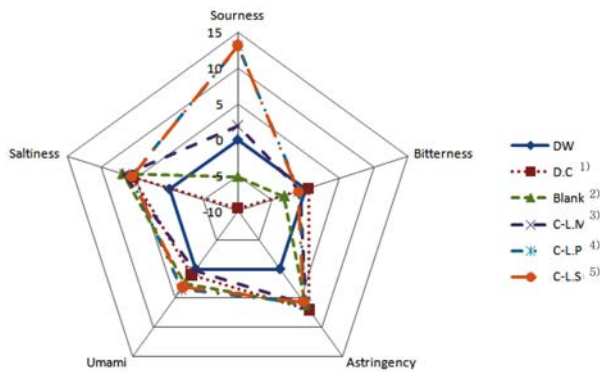
<sup>1)</sup>D.C: Dried curcuma powder

<sup>2)</sup>Blank: Without inoculation

<sup>3)</sup>CLm: Curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*

<sup>4)</sup>CLp: Curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*

<sup>5)</sup>CLs: Curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*

**Fig. 2. Taste sensing system result (interpolation difference) of 0.5% curcuma samples.**

<sup>1)</sup>Dried curcuma powder

<sup>2)</sup>Without inoculation

<sup>3)</sup>Curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*

<sup>4)</sup>Curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*

<sup>5)</sup>Curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*

CLp, CLs와 같은 발효울금은 건울금에 비하여 감칠맛과 신맛이 강하였으며 쓴맛, 떫은맛, 짠맛에서는 관능적 기대 수준의 유의적인 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 반면에 관능평가의 결과와 연계해 볼 때 감칠맛 및 신맛의 증가와 떫은맛의 감소로 인하여 전체적인 기호도가 증가하였음을 예측할 수 있었다.

### Curcumin 함량

김치유래 유산균들의 발효에 의한 울금 중 curcumin의 함량변화를 알아보기 위해 각각의 발효물을 추출하여 HPLC로 분석하였다. Curcumin 표준품을 통하여 retention time을 측정하고 DCE와 대조구인 blank, 발효울금 추출물 군인 CLme, CLpe, CLse의 성분을 측정된 결과는 Table 3과 같았다. 시료들간의 검출된 curcumin 성분의 양이 비슷한 수준이었으며 유의적인 차이가 없었다. 따라서 김치유

**Table 3. Content of curcumin in DCE, Blank, CLme, CLpe and CLse with HPLC.**

Sample	Curcumin ( $\mu\text{g/mL}$ )
DCE <sup>1)</sup>	33.14±1.8 <sup>ab</sup>
Blank <sup>2)</sup>	32.58±1.2 <sup>ab</sup>
CLme <sup>3)</sup>	34.03±1.3 <sup>b</sup>
CLpe <sup>4)</sup>	33.44±0.8 <sup>ab</sup>
CLse <sup>5)</sup>	31.27±0.3 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup>Means in the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

<sup>1)</sup>Dried curcuma powder

<sup>2)</sup>Without inoculation

<sup>3)</sup>Extract of curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*

<sup>4)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*

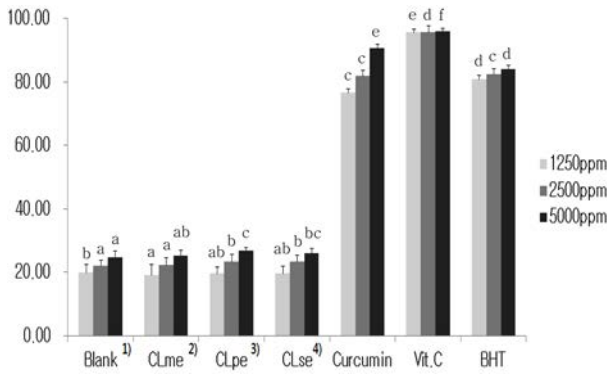
<sup>5)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*

래 유산균에 의한 발효는 울금에 함유된 curcumin 성분에 영향을 주지 않는다는 것을 예측할 수 있었다.

### 전자공여능

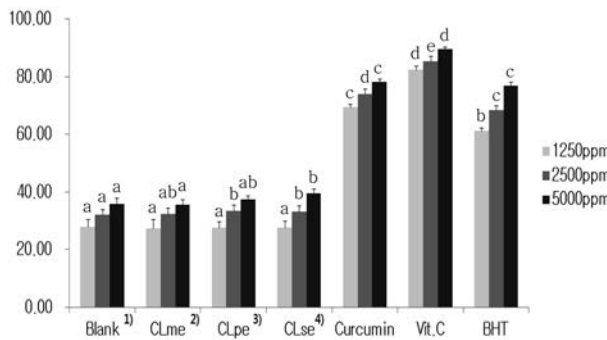
DPPH 라디칼은 반응계에서 전자를 공여 받으면 고유의 청남색이 없어지는 특성이 있어 lipoxigenase에 의한 지방산화 반응계에서의 항산화 활성 측정 결과와도 부합되는 신뢰성이 높은 항산화 활성 측정 방법인데 건울금 추출물과 발효울금 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Fig. 3과 같았다.

Fig. 3에서 curcumin의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과를 보면 curcumin의 농도와 항산화 효과는 비례한다는 것을 알 수 있었다. 5000 ppm 농도에서 대조구인 blank의 추출물은 24.81%의 소거능을 나타내었고 CLm, CLp와 CLs의 추출물인 CLme, CLpe와 CLse는 각각 25.32%, 26.73%와 26.31%로 blank의 추출물과 비슷한 수준으로 유의적인 차이가 없었다. 이것은 HPLC를 이용한 curcumin의 함량



**Fig. 3. Electron donating ability of the extracts of dried curcuma and fermented curcuma.** <sup>a-d</sup>Means in the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

- <sup>1)</sup>Without inoculation
- <sup>2)</sup>Extract of curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*
- <sup>3)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*
- <sup>4)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*



**Fig. 4. Hydroxyl radical scavenging ability of the extract of curcuma and fermented curcuma.** <sup>a-c</sup>Bars of the same concentration not sharing a common letter are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

- <sup>1)</sup>Without inoculation
- <sup>2)</sup>Extract of curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*
- <sup>3)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*
- <sup>4)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*

분석 결과에서 curcumin의 함량이 발효 전과 발효 후에 유의적인 차이가 없었던 것으로 보아 김치유래 유산균으로 울금을 발효하여도 DPPH 라디칼 소거능은 줄어들지 않는다는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 curcumin은 2500 ppm 농도에서 합성 항산화제의 일종인 BHT와 유의적 차이가 없어 curcumin 성분의 항산화 활성을 확인할 수 있었다.

**Hydroxyl 라디칼 소거능**

다양한 산소유래 라디칼 중 hydroxyl 라디칼은 단백질, 불포화지방산, 핵산 같은 생체분자를 공격하는 유해성을 보이므로 hydroxyl 라디칼을 제거함으로써 관련 질병에 대항하여 인체를 보호할 수 있다. 건울금 추출물과 발효울금

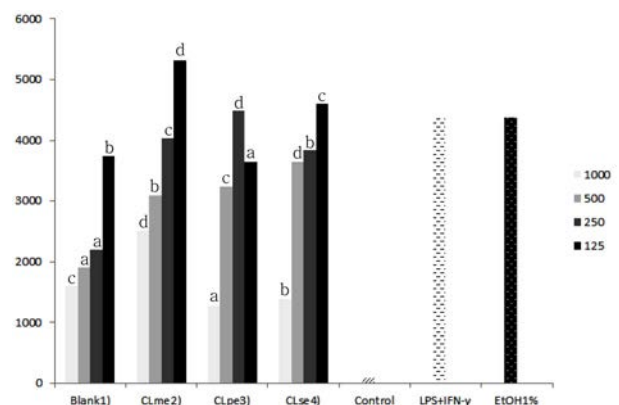
**Fig. 5. The inhibitory concentration of fermented curcuma extract on the production of PG-E<sub>2</sub>.** <sup>a-d</sup>Bars of the same concentration not sharing a common letter are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

Sample	% cytotoxicity
Blank <sup>1)</sup>	3.8±0.04 <sup>d</sup>
CLme <sup>2)</sup>	3.3±0.03 <sup>c</sup>
CLpe <sup>3)</sup>	2.8±0.02 <sup>a</sup>
CLse <sup>4)</sup>	3.1±0.05 <sup>b</sup>

- <sup>a-d</sup>Means (n=3) in the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.
- <sup>1)</sup>Without inoculation
- <sup>2)</sup>Extract of curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*
- <sup>3)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*
- <sup>4)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*

추출물의 hydroxyl 라디칼 소거능을 측정 한 결과는 Fig. 4 와 같았다.

Fig. 4에서 curcumin의 hydroxyl 라디칼 소거능 측정 결과를 보면 curcumin의 농도와 항산화 효과는 비례한다는 것을 볼 수 있었다. 5000 ppm 농도에서 대조구인 blank의 추출물은 35.99%의 활성을 나타내었고 CLm, CLp와 CLs의 추출물인 CLme, CLpe와 CLse는 각각 35.59%, 37.44%와 39.69%로 blank의 추출물과 비슷한 수준으로 유의적인 차이가 없었다. 이것은 HPLC를 이용한 curcumin의 함량 분석 결과에서 curcumin의 함량이 발효 전과 발효 후에 유의적인 차이가 없었던 것으로 보아 김치유래 유산균으로 울금을 발효하여도 hydroxyl 라디칼 소거능은 줄어들지 않는다는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 curcumin은 5000 ppm 농도에서 BHT와 유의적 차이가 없는 대등한 활성을 나타내어 curcumin 성분의 hydroxyl 라디칼 소거능을 확인 할 수 있었다.



**Fig. 5. The inhibitory concentration of fermented curcuma extract on the production of PG-E<sub>2</sub>.** <sup>a-d</sup>Bars of the same concentration not sharing a common letter are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

- <sup>1)</sup>Without inoculation
- <sup>2)</sup>Extract of curcuma fermented with *Leuconostoc mesenteroides*
- <sup>3)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus plantarum*
- <sup>4)</sup>Extract of curcuma fermented with *Lactobacillus sakei*

### 세포독성

세포주 실험을 위해 세포 독성 실험을 한 결과는 Table 4에서와 같이 CLme, CLpe, CLse는 각각 3.8%, 3.3%, 2.8%로 3.1% 미만의 세포독성을 나타내었다.

### PG-E<sub>2</sub> 생성저해능

LPS와 INF- $\gamma$ 에 의해 18시간 동안 자극된 RAW cells로부터 생성된 PG-E<sub>2</sub>의 양을 측정하였는데 자극물질이 없는 조건에서 자연적으로 생산되는 PG-E<sub>2</sub>의 양은 평균 82.1 pg/mL이었으며 LPS와 INF- $\gamma$ 에 의해 평균 4,361 pg/mL이 생산되었다. COX 저해제인 ibuprofen을 100  $\mu$ M의 농도로 첨가하였을 때는 PG-E<sub>2</sub>의 생성이 평균 205.97 pg/mL로 감소하여 약 95.3%의 저해율을 나타내었다.

1 차로 두 종류의 농도(최종농도 1 mg/ml, 0.1 mg/ml)를 이용하여 PG-E<sub>2</sub> 생성 억제 효과를 측정하였는데 Fig. 5 처럼, 농도 의존적인 억제효과를 관찰할 수 있었다. Blank는 1 mg/ml에서는 159.3 pg/ml, 0.1 mg/ml에서는 1.593.1 pg/ml의 PG-E<sub>2</sub>가 생성, CLme는 1 mg/ml에서는 251 pg/ml, 0.1 mg/ml에서는 2.510.4 pg/ml의 PG-E<sub>2</sub>가 생성, CLpe는 1 mg/ml에서는 128 pg/ml, 0.1 mg/ml에서는 1.280.3 pg/ml의 PG-E<sub>2</sub>가 생성, CLse는 1 mg/ml에서는 139.3 pg/ml, 0.1 mg/ml에서는 1,392.9 pg/ml의 PG-E<sub>2</sub>가 생성되어 각각 농도 의존적으로 PG-E<sub>2</sub>의 생성을 억제한다는 것을 알 수 있었다. 이 결과를 기준으로 하여 시료들을 1 mg/ml부터 2 단계로 희석하여 동일한 실험을 하였으며 그 결과는 Fig. 5에 제시하였다. 또한 세포실험 조건에서 염증 유발 매개체인 PG-E<sub>2</sub>의 생성 저해 활성을 본 결과 김치유래 유산균인 *Lactobacillus plantarum*(KCCM 12116), *Lactobacillus sakei*(KCCM 40264)에 의한 발효 울금 추출물에서 높은 저해 활성이 나타났으며 특히 *Lactobacillus plantarum*(KCCM 12116) 발효울금 추출물인 CLpe에서 가장 높은 70.64%의 저해도를 나타내었다.

## 요 약

김치유래 유산균인 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sakei* 에 의한 울금의 발효를 통하여 제조한 발효울금의 맛과 생리활성을 조사하여 건강식품 소재로서의 이용가능성을 검토하였다. 발효울금의 일반성분 조성은 유산균균 간 유의적 차이는 없었으며 관능평가 결과 *Lactobacillus plantarum* 로 발효한 CLp의 선호도가 가장 우수하였다. 객관적인 맛비교를 위한 맛 분석 실험에서는 CLp, CLs에서 감칠맛과 신맛이 증가하고 짠맛의 감소가 있었음을 알 수 있었다. 또한 발효울금들의 커큐민 함량은 비슷한 수준이어서 유의적인 차이가 없었으며 발효울금 추출물들의 DPPH 라디칼 소거능 및 hydroxyl 라디칼 소거능도 유의적인 차이가 없었다. 반

면에 PG-E<sub>2</sub> 생성저해능은 김치유래 유산균인 *Lactobacillus plantarum*(KCCM 12116)로 발효한 울금 추출물(CLpe)이 가장 높은 저해활성(70.64%)을 나타내었다. 따라서 관능평가에 가장 선호도가 높았고 PGE<sub>2</sub> 생성저해능이 우수한 발효울금 추출물은 건강식품의 소재로서 사용이 가능할 것으로 예상되었다.

## 참고 문헌

- An BJ, Lee JY, Park TS, Pyeon JR, Bae HJ, Song MA, Baek EJ, Park JM, Son JH, Lee CE, and Choi KI. 2006. Antioxidant Activity and Whitening Effect of Extraction Conditions in *Curcuma longa* L.. Korean J. Medicinal Crop Sci. 14: 168-172.
- Choi HY. 2009. Antimicrobial Activity of UlGeum (*Curcuma longa* L.) Extract and Its Microbiological and Sensory Characteristic Effects in Processed Foods. Korean J. Food Cookery Sci. 25: 350-356.
- Choi HY. 2009. Isolation and Identification of Antimicrobial Compound from UlGeum (*Curcuma longa* L.). J Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1202-1209.
- Choi SI, Lee YM, and Heo TR. 2003. Screening of Hyaluronidase Inhibitory and Free Radical Scavenging Activity *in vitro* of Traditional Herbal Medicine Extracts. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 18: 282-288.
- Church MK, Levi-Schaffer F. 1997. The human mast cell. J. Allergy Clin. Immunol. 99: 155-160.
- Connell, DW. 1970. The chemistry of the essential oil and oleoresin of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Flavour Ind. 1: 677-693.
- Connell, DW, Sutherland MD. A re-examination of gingerol, shogaol, and zingerone the pungent principle of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Aust. J. Chem. 22: 1033-1043.
- Funk, CD. 2001. Prostaglandins and leukotrienes: advances in eicosanoid biology. Science 294: 1871-1875.
- Kang SK. 2007. Changes in Organic acid, Mineral, Color, Curcumin and Bitter Substance of *Curcuma longa* L. and *Curcuma atomatica* Salib According to Picking Time. Korean J. Food Preserv. 14: 633-638.
- Kemal C, Lousi-Flamberg P, Krupinski-Olsen R, Shorter AL. 1987. Reductive inactivation of soybean lipoxygenase 1 by catechols: a possible mechanisms for regulation of lipoxygenase activity. Biochemistry 26: 7064-7072.
- Kim JS, Koh MS, Kim MK, Hong JS. 1991. Volatile flavor components of Korean ginger. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 141-149.
- Kim KB, Lee EG, Chai OH, Song CH and Jeong JM. 2007. Inhibitory effects of Phyto-Extract mixture (PEM381) on Type Allergic Reaction. J Korean. Soc. Food Sci. Nutr. 36: 155-162.
- Lee BS, Ko MS, Kim HJ, Kwak IS, Kim DH, Chung BW. 2006. Separation of 6-gingerol from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidative activity. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 21: 484-488.
- Lee IK, Ahn SY. 1985. The antioxidant activity of gingerol. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 55-59.
- Metcaife DD, Kaliner M, Donlon MA. 1981. The mast cell. Crit. Rev. Immunol. 3: 23-74.

- Miyajima I, Dombrowicz D, Martin TR, Ravetch JV, Kinet JP, Galli SJ. 1997. Systemic anaphylaxis in the mouse can be mediated largely through IgG1 and Fc gammaRIII. Assessment of the cardiopulmonary changes, mast cell degranulation, and death associated with active or IgE- or IgG1-dependent passive anaphylaxis. *J. Clin. Invest.* 99: 901-914.
- Moon YG, Lee KJ, Heo MS. 2007. Characteristics of Citrus By-Product Ferment Using *Bacillus subtilis* as Starter Extracts. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 35: 142-149.
- Nakatsuka M, Osawa Y. 1983. Selective inhibition of the 12-lipoxygenase pathway of arachidonic acid metabolism by L-arginine or sodium nitroprusside in intact human platelets. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 200: 1630-1640.
- Neichi T, Koshihara Y, Murota S. 1983. Inhibitory effect of esculetin on 5-lipoxygenase and leukotriene biosynthesis. *Biochim. Biophys. Acta.* 753: 130-132.
- SAS Institute, Inc. 2002. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
- Shin DH. 1994. Survey on consumer concept and acceptability of convenient ginger product. *Korea J. Dietary Culture* 9: 323-327.
- Yang CY, Cho MJ, Lee CH. 2011. Effects of Fermented Turmeric Extracts on the Obesity in Rats Fed a High-Fat Diet. *J. Anim. Sci. Technol.* 53: 75-81.