

## 일반강황과 발효강황의 항산화 및 항균 활성 특성

라하나·김혜영<sup>†</sup>

용인대학교 식품영양학과

### Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Curcuma aromatica* Salisb. with and without Fermentation

Ha Na Ra · Hae Young Kim<sup>†</sup>

Department of Food Science and Nutrition, Yongin University, Yongin 17092, Korea

#### Abstract

**Purpose:** *Curcuma aromatica* Salisb., commonly known as turmeric, has long been used as a powerful health-promoting anti-inflammatory or antioxidant that supports cellular health of the human body. The objective of this study was to compare the antioxidant and antimicrobial activities of the samples with or without fermentation. **Methods:** Antioxidant activities of the samples were compared using total phenol, flavonoid contents, 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) cation radical scavenging activity and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity. Antimicrobial activities were also examined using the paper disc method and minimum inhibitory concentration (MIC). **Results:** Organic acid content of the *C. aromatica* Salisb. fermented with *Aspergillus oryzae* (FCAS) showed a significantly higher value of 0.41% than that of the typical sample without fermentation (CAS) which showed a value of 0.27% ( $p<0.001$ ). Total phenol and flavonoid contents of the CAS and FCAS did not show significant differences. However, ABTS cation radical scavenging activity and DPPH radical scavenging activity were significantly increased in the samples with fermentation ( $p<0.001$ ,  $p<0.01$ ), respectively. The samples of the disc showed inhibited growth of gram positive *Bacillus cereus* (FCAS 3.70 cm and CAS 2.73 cm) and *Staphylococcus aureus* (FCAS 2.70 cm and CAS 1.97 cm). MIC of the FCAS (0.25-0.50, 0.5-1.00 mg/mL) was higher than that of the CAS (1.00-2.00, 2.00-3.00 mg/mL), respectively. **Conclusion:** *C. aromatica* Salisb. with fermentation showed higher antioxidant and antimicrobial activities in this study. Thus we conclude that fermentation can be a helpful process for more effective application of *C. aromatica* Salisb. with fermentation in the health-promoting food industry.

**Key words:** *Curcuma aromatica* Salisb., *Aspergillus oryzae*, fermentation, antioxidant, antimicrobial

## I. 서론

세계적으로 의학이 발달하면서 기대수명이 증가하였고, 최근에 한국이 고령사회로 진입하면서 건강한 삶에 대한 관심이 지속적으로 확대되고 있다. 질병의 유형도 변화하여 정신질환과 대사성질환의 유병률이 높아짐에 따라 약물에 의한 건강유지보다는 식품 자체를 섭취함으로써 질병을 예방하고자 하는 기대가 더 커지는 것으로 보인다. 이에 따라, 식생활에서도 식물자체의 기능성을 이용하는 추세이며 식물을 원료로 한 건강기능성식품 개

발과 연구가 활발히 진행되고 있다. Ministry of Food and Drug Safety(2016)에서는 식용식물의 기능성에 대해 식물추출물 발효식품(plant extract fermented food)으로 명시하고 있으며, 그 내용은 식용식물을 압착 또는 당류의 삼투압으로 얻은 추출물을 자체 발효 또는 미생물 등으로 발효하여 만든 건강기능식품의 한 종류로 정의하고 있다. 식물추출물은 미생물을 이용하여 발효시키면 미생물에 의해 유기화합물이 화학적으로 분해되고, 식물체에 함유되어 있는 효소들이 활성화되어 영양소의 흡수율을 높일 수 있는 장점이 있다(Kim NM & Lee JS 2003). 한국의

<sup>†</sup>Corresponding author: Hae Young Kim, Department of Food Science and Nutrition, Yongin University, 134, Yongin Daehakro, Cheoin-gu Yongin-si, Gyeonggi-do 17092, Korea

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7026-7072>

Tel: +82-31-8020-2757, Fax: +82-31-8020-2757, E-mail: [hylkim@yongin.ac.kr](mailto:hylkim@yongin.ac.kr)



전통장류 및 주류의 대부분이 식물체를 발효하여 제조되는데, 발효 미생물로 *Aspergillus oryzae*를 이용하는 경우가 많다(Lee RK 등 2016). *A. oryzae*는 누룩균으로 번식이 활발하여 각종 식품의 발효균주로 이용되고 있으며 World Health Organization(WHO)에서 Generally Regarded As Safe(GRAS)로 인정된 식품 발효용 곰팡이이다(Kang YH 등 2015). 또한, 발효과정에서 다양한 유기산을 배출하고 발효 시 생성되는 풍미가 좋아 식품가공산업에서도 활용도가 높은 미생물 중 하나이기도 하다(Park HK & Kim JK 2008, Park EA 등 2015). *A. oryzae*를 이용하여 식물체를 발효한 자색당근을 첨가한 발효유의 품질 연구(Shin BK 등 2015), 도라지와 울금의 발효에 의한 항비만효과 연구(Kang YH 등 2015) 등 고유의 향미를 갖는 식물체를 이용한 발효연구가 최근 보고되고 있으나 매우 부족한 실정이다.

한편, 강황(*Curcuma aromatica* Salisb.)은 생강과(Zingiberaceae)에 속하는 다년생식물로 인도가 원산지이고 식품에 노란색을 부여하는 천연향신료로도 널리 알려져 있다(Park NB 등 2010). 강황의 주요성분은 탄수화물 약 70%와 Curcuminoids로 구성되어 있으며 그 중 폴리페놀 성분인 Curcumin이 약 90%를 차지하고 있다(Anandakumar S 등 2014). Curcumin은 전통적으로 염증, 위장관 및 간 질환, 당뇨, 피부염, 관절염 등과 관련된 의약품으로 사용되어 왔으며(Yoon SJ & Choi EH 2011), 최근 항산화, 항암, 항염증 등의 생리활성 기능이 알려지면서 항산화효과, AChE 억제활성 및 GABA 함량(Jung YS 등 2012), 울금, 강황 및 보라울금의 항균활성과 항산화 효과(Kim HJ 등 2011), 강황을 첨가한 발효유의 발효특성과 면역조절 효과(Gereltuya R 등 2015) 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, 강황을 식품소재로 활용하여 젤리(Cho Y & Choi MY 2010), 설기떡(Lee MH 등 2011), 계육 소시지(Yun EA 등 2013)의 품질특성 및 쌀국수(Son JY & Kang KO 2013)의 기능성 등의 연구들이 보고되고 있으나 향신료로 널리 이용되는 강황은 정유성분에 의해 쓴맛과 이취가 발현되고 용해도 및 생체 내 흡수율이 낮아 다양한 식품소재로의 이용이 제한적이다.

따라서, 강한 생리활성을 갖는 강황을 다양한 식물성 식품소재로써 활용하기 위해 *A. oryzae*를 이용하여 발효 강황추출물을 제조하고 발효과정이 강황의 항산화, 항균활성에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 이에 따라, 일반강황(*C. aromatica* Salisb. without fermentation, CAS)과 발효강황(Fermented *C. aromatica* Salisb., FCAS)의 천연 식품소재로서의 가치를 조명하고 식품산업에서 강황 활용을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 추출물 제조

본 실험에 사용된 강황은 인도산 가루타입으로 홍일당(Seoul, Korea)에서 구입하여 냉동보관하며 시료로 사용하였다. FCAS는 *A. oryzae*를 스타터로 이용하였으며, 99.7%의 강황과 0.3%의 *A. oryzae*로 제조되었다. 항산화 활성 및 항균활성 측정을 위해 각 시료 5 g에 ethanol (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 50 mL로 정용하여 24시간 동안 추출하고 여과한 후, 80°C에서 환류 냉각하여 ethanol을 제거하였다. 농축된 추출물은 dimethyl sulfoxide(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에 용해하여 4°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

### 2. 사용균주 및 배지

실험에 사용된 균주는 한국미생물보존센터(Seoul, Korea)에서 분양받아 명시된 조건에 따라 72시간 계대배양하여 활성화시켰다. Gram positive는 *Bacillus cereus* KCCM 40935, *Staphylococcus aureus* KCCM 11335, *Listeria monocytogenes* KCCM 40307을 사용하였고, Gram negative는 *Escherichia coli* O157:H7 KCCM 11591를 사용하였다. 배지는 tryptic soy broth와 agar(Dfco Laboratories, Detroit, MI, USA), nutrient broth와 agar (Dfco)를 생육 배지로 사용하였다.

### 3. 일반성분

시료의 일반성분 분석은 AOAC(1980)의 방법을 참고하여 실시하였다. 수분함량은 105°C의 상압가열 건조법(J-DSA2, Jisico Co., Seoul, Korea), 회분은 550°C의 직접 회화법(J-FM, Jeil science Co., Gyeonggi, Korea)을 이용하여 분석하였다. 지방의 함량은 산 분해법(OF-22GW, Jelo tech, Seoul, Korea)으로 측정하였고 단백질의 함량은 micro-Kjeldahl의 질소 정량법(Foss tecator digester auto & Kjeltex auto 2300, Foss, MA, USA)을 사용하였으며, 탄수화물 함량은 100에서 수분, 조회분, 조단백질, 조지방의 증량을 뺀 값으로 계산하였다.

### 4. pH 및 산도측정

CAS 및 FCAS의 pH는 AACC method 10-50D(2000)의 방법을 바탕으로 분석하였다. 시료 5 g과 증류수 45 mL를 비이커에 넣고 교반시킨 후 상등액을 pH meter(CP-411, Sechang Instruments., Ltd., Seoul, Korea)로 측정하였다. 강황의 유기산 함량은 산도측정법으로 실시하였으며, 각 시료 5 g과 증류수 5 g을 혼합하여 0.1 N-NaOH (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하여 시료 5 g을 중화하는데 필요한 NaOH

의 양을 젖산으로 환산하여 유기산(% , w/v)로 나타내었다.

$$\text{유기산의 양(\%)} = V \times F \times A \times D \times 1/S \times 100$$

V: 0.1 N NaOH 용액의 적정 소비량(mL)

F: 0.1 N NaOH 용액의 역가

A: 0.1 N NaOH 용액 1 mL에 상당하는 유기산의 양(0.0064)

D: 희석배수

S: 시료의 채취량(g)

## 5. 총 페놀함량

총 페놀함량은 시료의 페놀성화합물과 시약이 반응하여 청색으로 발색되는 Folin-Denis method(Folin O & Denis W 1915, Ra HN & Kim HY 2014)를 이용하여 분석하였다. 각각의 시료 추출물을 10배 희석하여 사용하였으며, 희석액 1 mL와 50% Folin-ciocalteu reagent(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 2 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 방치한 후, 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 1 mL를 혼합하고 vortex하여 실온에서 30분간 반응시켜 분광광도계(SP-2000UV, Woongi science Co., Seoul, Korea)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid를 표준물질로 하여 mg GAE/g으로 작성하였으며 3회 반복 실험하여 측정하였다.

## 6. 총 플라보노이드함량

CAS 및 FCAS의 총 플라보노이드 함량은 Moreno MI 등(2000) 및 Byeon YS & Kim HY(2015)의 방법을 적용하여 측정하였다. 10배 희석한 각 시료 추출물 1 mL에 5% NaNO<sub>2</sub>(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 300 µL를 가하여 5분간 방치한 후, 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 600 µL를 가하여 다시 5분간 방치하였으며, 1N NaOH(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 2 mL를 가하여 vortex한 후 실온의 암소에서 30분간 반응시켰다. 510 nm에서 분광광도계를 사용하여 흡광도를 측정(Woongi science Co.)하였고, 표준물질로 naringin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 분석하여 작성한 검량선에 흡광도를 대입하여 총 플라보노이드 함량(mg NE/100 g)을 산출하였다.

## 7. ABTS radical 소거활성

ABTS radical 소거활성은 Re R 등(1999)의 방법을 적용하여 측정하였다. 2,2'-azino-bis(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)와 potassium persulfate(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 혼합하면 양이온이 생성되고 시료와 반응하여 생성된 양이온이 소거됨으로써 청록색

이 탈색되며 이 흡광도를 측정하여 항산화 활성을 측정할 수 있다. 7.4 mM ABTS 용액에 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온의 암소에서 약 24시간 동안 양이온을 형성시킨 후, 732 nm에서 흡광도 값이 1±0.1이 되도록 phosphate buffer saline(pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. ABTS solution 1,995 µL와 10배 희석된 각 시료추출물 1 mL를 vortex하고 암소에서 30분간 반응시켜 735 nm에서 흡광도를 측정(Woongi science Co.)하였다. 결과 값은 시료 첨가군과 무첨가군을 비교하여 radical 소거활성을 백분율(%)로 나타내었다. 이 때 무첨가군은 시료와 동량의 99.9% 에탄올을 사용하여 대조군으로 하였다.

ABTS radical 소거활성(%)

$$= \left(1 - \frac{\text{실험군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}}\right) \times 100$$

## 8. DPPH 전자공여능 측정

CAS 및 FCAS의 DPPH 전자공여능 측정은 Blois MS (1958) 및 Choi SJ & Kim HY(2014)의 방법에 준하여 수소공여효과를 측정하였다. 10배 희석된 시료 추출물 0.6 mL에 0.4 mM DPPH(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)용액 2.4 mL를 가하여 교반한 후 실온에서 30분간 반응시켰다. 분광광도계(Woongi science Co.)를 이용하여 517 nm에서 3회 반복하여 흡광도를 측정하였고, 시료 무첨가군과 비교하여 DPPH 전자공여능을 다음과 같이 산출하였다. 이 때 무첨가군은 시료와 동량의 99.9% 에탄올을 사용하여 대조군으로 하였다.

DPPH radical 소거활성(%)

$$= \left(1 - \frac{\text{실험군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}}\right) \times 100$$

## 9. 디스크 확산법

항균 활성 검사를 위해 디스크 확산법(paper disc method)을 통해 측정하였다(Kim SY 등 2011, Kim YS 등 2011). 활성화된 균 배양액은 560 nm에서 흡광도를 측정(Woongi science Co.)하여 0.2±0.1이 되도록 희석하여 사용하였고, Tryptic Soy broth Agar(TSA)와 nutrient agar 15 mL에 균 배양액 0.5 mL를 주입한 후, 그 위에 각각의 배지 5 mL를 증충하여 생육배지로 사용하였다. CAS 및 FCAS 추출물은 100 µL/mL 농도로 60 µL를 paper disc에 완전히 흡수시켜 최종 농도를 6 mg/disc로 하고, 배지 표면에 밀착시킨 후 각 균주의 배양 온도조건에 따라 24시간 배양하였다. 항균력은 disc 주위의 clear zone의 직경(cm)을 3회 반복 측정하여 비교하였다.

## 10. 최소억제농도

균주에 대한 최소억제농도(Minimum Inhibitory Concentration, MIC)는 broth micro dilution method에 의해 분석하였다(Kim SY 등 2011, Kim YS 등 2011). 시험관에 TSB를 0.5 mL씩 분주하여 시험균 배양액 1 mL를 제 1 시험관에 넣고 혼합한 후, 0.5 mL를 취해 제 7 시험관까지 넣어 교반시켜 4.00, 3.00, 2.00, 1.00, 0.50, 0.25, 0.13 mg/mL의 농도로 희석하였다. 37°C에서 24시간 배양한 후, 560 nm에서 흡광도를 측정(Woongi science Co.)하여 탁도가 나타나지 않은 시험관의 농도를 MIC값으로 측정하였다.

## 11. 통계처리

통계분석은 SPSS Statistics(ver. 20.0, IBM Inc., New York, NY, USA)를 이용하여 평균±표준편차로 표시하였다. CAS 및 FCAS의 비교를 위해 독립표본 t-test로 분석하였으며  $p < 0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 일반성분

CAS와 FCAS 시료군의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. CAS의 수분함량은 13.07%로 나타나 FCAS 7.33%와 비교하여 유의적으로 높은 결과를 보였다( $p < 0.001$ ). FCAS의 단백질, 지방 및 탄수화물함량은 각각 10.09, 3.71 및 72.81%의 값으로 유의차는 없었으나 CAS의 8.80, 3.64 및 68.54%의 값보다 높은 경향을 보였다. Park HK & Kim JK(2008)의 연구에서 된장을 1주에서 3주 동안 발효 시켰을 때 대사산물인 butyric acid 함량이 증가하였던 경우에서와 같이, 본 연구에서도 발효 과정 중 대사산물의 축적과 수분함량의 감소로 단위 무게 당 고형 물질이 증가한 결과로 사료된다.

### 2. pH 및 산도 측정

CAS 및 FCAS 시료군의 pH 및 산도측정결과는 Table 2와 같다. 시료군의 pH는 CAS이 6.89의 값으로 FCAS에 비해 높은 경향을 보였으나 유의차는 없었다. 산도측정

**Table 2.** pH and acidity of the fermented *Curcuma aromatica* Salisb.

Sample <sup>1)</sup>	pH	Acidity (%)
CAS	6.89±0.01	0.41±0.12
FCAS	6.44±0.01	0.27±0.10
t-value	50.647 <sup>NS</sup>	15.94 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> CAS: *Curcuma aromatica* Salisb. without fermentation; FCAS: fermented *Curcuma aromatica* Salisb..

<sup>NS</sup> Not significant, <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

결과, FCAS의 유기산 함량은 0.41%로 CAS 0.27%와 비교하여 유의적으로 높은 결과를 보였다( $p < 0.001$ ). 황국균을 이용한 통통마디 혼합물의 발효 특성(Kim HS 등 2010) 및 *A. oryzae*로 발효한 자색당근을 첨가한 발효유의 품질 및 관능 특성에 관한 연구(Shin BK 등 2015)에서도 시료의 발효가 진행됨에 따라 pH가 감소하는 경향을 보였으며, 산도는 증가하는 결과를 보여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 이는 미생물이 유기물을 분해하고 대사산물을 축적하는 발효과정을 통해 유기산의 축적이 증가함에 따라 pH는 낮아지고, 산도는 증가하는 결과를 보인 것이다.

### 3. 총 페놀함량과 총 플라보노이드 함량

CAS 및 FCAS 추출물의 총 페놀함량 분석결과(Table 3), CAS는 g당 32.92 mg GAE로 나타나, FCAS의 23.07 mg GAE와 비교하여 다소 높은 함량을 보였으나 유의차는 없었다. 체내에서 산소 free radical 반응에 의한 생체 조직의 노화나 질병으로부터 조직보호를 도와주는 폴리페놀류는 공기 중에서 폴리페놀 산화효소에 의해 산화되어 갈변화 되거나, 일부는 불용성물질을 만들어 폴리페놀 화합물의 양이 감소되면서 강황을 식품재료로 활용할 때 단점이 되기도 하는 떫은 맛과 쓴맛이 없어지기도 한다(Kim YS 등 2011, Yang CS 등 2000). CAS와 FCAS의 총 플라보노이드함량은 유의차는 없었으나 각각 100 g 당 756.67 mg NE와 722.22 mg NE의 높은 함량을 보여, 발효 인삼 추출물의 총 플라보노이드 함량인 약 270-280 mg/100 g 보다 약 2배 이상 많이 함유된 것으로 나타났

**Table 1.** Proximate composition of the fermented *Curcuma aromatica* Salisb.

Sample <sup>1)</sup>	Water (%)	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Carbohydrate (%)
CAS	13.07±0.06	6.03±0.89	8.80±0.57	3.64±0.44	68.54±0.15
FCAS	7.33±0.01	6.01±0.13	10.09±0.16	3.71±0.14	72.81±0.38
t-value	124.41 <sup>***</sup>	0.22 <sup>NS</sup>	-11.04 <sup>NS</sup>	-0.69 <sup>NS</sup>	-14.89 <sup>NS</sup>

<sup>1)</sup> CAS: *Curcuma aromatica* Salisb. without fermentation; FCAS: fermented *Curcuma aromatica* Salisb..

<sup>NS</sup> Not significant, <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

**Table 3.** Total phenol and flavonoid contents of the fermented *Curcuma aromatica* Salisb.

Sample <sup>1)</sup>	Total phenol contents (mg GAE/g)	Total flavonoid contents (mg NE/100 g)
CAS	32.92±2.88	756.67±25.02
FCAS	23.07±0.23	722.22±51.69
t-value	11.909 <sup>NS</sup>	1.039 <sup>NS</sup>

<sup>1)</sup> CAS: *Curcuma aromatica* Salisb. without fermentation; FCAS: fermented *Curcuma aromatica* Salisb.  
<sup>NS</sup> Not significant.

다(Doh ES 등 2010). 식물에 다량 존재하는 플라보노이드 화합물은 낮은 redox potential로 전자를 다른 화합물에 쉽게 공여하므로 활성산소종(Reactive Oxygen Species, ROS)을 효과적으로 소거할 수 있기 때문에 체내에서 항암 항산화 항균 작용, 순환기 질환 예방, 항염, 항알러지, 항 바이러스, 면역증강 등의 생리 활성적 기능을 도와준다고 보고된 바 있다(Bae MS 2007, Jhoo JW 2008).

**4. ABTS radical 소거 활성 및 DPPH 전자 공여능**

ABTS radical 소거 활성측정법은 혈장에서 양이온 라디칼의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 방법으로 ABTS와 potassium persulfate를 암소에 방치하였을 때 시료의 항산화력에 의해 ABTS radical이 소거되어 라디칼 특유의 청록색이 탈색되는 정도를 흡광도 값으로 나타내어 측정하는 방법이다. CAS 및 FCAS ethanol 추출물의 ABTS radical 소거 활성은 Table 4에 나타난 바와 같이 발효가 진행된 FCAS가 60.21%의 값으로 CAS의 42.76%와 비교하여 유의적으로 높은 항산화 결과를 보였다( $p<0.01$ ), DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 전자공여능은 방향족 화합물과 아민류에 의해 환원되어 자색이 탈색되는 정도를 나타내는 정도에 의해 다양한 추출물로부터 항산화활성을 측정하는데 효과적으로 사용된다(Doh ES 등 2010). DPPH 전자공여능 측정에서도 FCAS가 50.12%로 CAS에 비해 유의적으로 높게 나타났다( $p<0.001$ ).

**5. 디스크 확산법**

CAS과 FCAS의 항균효과를 디스크 확산법으로 비교한 결과는 Table 5와 같다. *B. cereus* 균주의 plate에서 CAS 및 FCAS 추출물의 clear zone 직경이 각각 2.73 cm, 3.70 cm로 나타나 가장 큰 활성을 보였다. *S. aureus* 균주에서는 FCAS 추출물의 clear zone 직경이 2.70 cm로 나타났으며 CAS 추출물의 clear zone 직경은 1.97 cm로 측정되어 FCAS 추출물의 항균활성이 더 높은 것으로 분석되었다. *L. monocytogenes* 균주는 FCAS 추출물에서만 2.47

**Table 4.** ABTS and DPPH radical scavenging activities of the fermented *Curcuma aromatica* Salisb.

Sample <sup>1)</sup>	Scavenging activity of ABTS radical (%)	Scavenging activity of DPPH radical (%)
CAS	42.76±1.00	47.10±0.22
FCAS	60.21±0.28	50.12±0.73
t-value	6.905 <sup>**</sup>	29.028 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> CAS: *Curcuma aromatica* Salisb. without fermentation; FCAS: fermented *Curcuma aromatica* Salisb..  
<sup>\*\*</sup>  $p<0.01$ , <sup>\*\*\*</sup>  $p<0.001$ .

**Table 5.** Antimicrobial activities of the fermented *Curcuma aromatica* Salisb.

Sample <sup>1)</sup>	Clear zone on plate (cm)			
	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>E. coli</i>
CAS	2.73±0.12	1.97±0.06	ND <sup>2)</sup>	ND
FCAS	3.70±0.20	2.70±0.17	2.47±0.15	ND

<sup>1)</sup> CAS: *Curcuma aromatica* Salisb. without fermentation; FCAS: fermented *Curcuma aromatica* Salisb..  
<sup>2)</sup> ND: Not detected.

cm의 clear zone을 형성하였으며, 그람 음성균 *E. coli*는 CAS 및 FCAS 추출물 디스크에 clear zone이 형성되지 않아 미생물 생육저해 활성이 미비한 것으로 나타났다. Bae MS(2007)의 연구에서도 그람 양성균인 *S. aureus* 균주에 대해 울금 추출물과 비교하여 울금 추출물 발효액에서 0.9 cm의 항균활성을 보였으며, 그람 음성균인 *E. coli*에서는 항균활성을 거의 나타내지 않아 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 이는 *E. coli*에 대한 항균활성이 나타난 물질들이 주로 산성에 가까웠다는 기존 보고와 일치하며(Seo KS 등 2008), 본 연구의 *B. cereus* 및 *L. monocytogenes* 균주에서도 FCAS의 항균활성이 더 크게 나타나 발효함에 따라 증가하는 유기산의 함량이 식중독균의 증식억제효과가 있음을 확인하였다(Lee SH 등 2009, Kim HJ 등 2011).

**6. 최소억제농도**

항균활성결과에 따라 CAS 및 FCAS 에탄올 추출물의 정량적 항균농도를 판단하기 위한 최소억제농도(MIC)분석 결과는 Table 6에 제시하였다. 디스크확산법에 의해 clear zone을 형성하여 억제 균주로 확인되었던 *B. cereus*는 FCAS추출물의 농도가 0.50 mg/mL일 때 불활성 되었고, 0.25 mg/mL에서 미생물 생장이 관찰되어 0.25-0.50 mg/mL의 MIC값을 보였다. CAS 추출물은 1.00-2.00 mg/mL의 범위에서 MIC 값을 나타내어 항균효과를 위해 FCAS보다 많은 양의 시료가 요구되었다. *S. aureus*는 FCAS 추출

**Table 6.** Minimal inhibitory concentration of the fermented *Curcuma aromatica* Salisb.

		2.00 mg/mL	1.00 mg/mL	0.50 mg/mL	0.25 mg/mL	0.13 mg/mL
<i>B. cereus</i>	CAS + Living Pathogenic Fungus <sup>1)</sup>	I. <sup>3)</sup>	G.	G.	G.	G.
	FCAS + Living Pathogenic Fungus <sup>2)</sup>	I.	I.	I.	G.	G.
		4.00 mg/mL	3.00 mg/mL	2.00 mg/mL	1.00 mg/mL	0.50 mg/mL
<i>S. aureus</i>	CAS + Living Pathogenic Fungus	I.	I.	G.	G.	G.
	FCAS + Living Pathogenic Fungus	I.	I.	I.	I.	G.
		4.00 mg/mL	2.00 mg/mL	1.00 mg/mL	0.50 mg/mL	0.25 mg/mL
<i>L. monocytogenes</i>	CAS + Living pathogenic fungus	G.	G.	G.	G.	G.
	FCAS + Living pathogenic fungus	I.	G.	G.	G.	G.
		4.00 mg/mL	2.00 mg/mL	1.00 mg/mL	0.50 mg/mL	0.25 mg/mL
<i>E. Coli</i>	CAS + Living pathogenic fungus	G.	G.	G.	G.	G.
	FCAS + Living pathogenic fungus	G.	G.	G.	G.	G.

<sup>1)</sup> Activity of pathogenic fungus by concentration of ethanol extract *Curcuma aromatica* Salisb. without fermentation.

<sup>2)</sup> Activity of pathogenic fungus by concentration of ethanol extract fermented *Curcuma aromatica* Salisb..

<sup>3)</sup> I.: inhibition, G.: growth.

물의 농도가 1.0 mg/mL일 때 불활성 되었고, 0.50 mg/mL에서 미생물 활성을 보여 0.50-1.0 mg/mL의 MIC값을 나타내었다. 반면, CAS 추출물은 2.00-3.00 mg/mL의 범위에서 MIC의 값을 보여 FCAS의 항균활성이 더 큰 것으로 측정되었다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 강황의 천연 기능성 식품소재로서 활용성을 높이기 위해 무발효 CAS와 발효시킨 FCAS을 이용하여 항산화, 항균활성특성을 비교하였다. CAS의 수분함량은 13.07%로 나타나 FCAS의 7.33%와 비교하여 유의적으로 높은 결과를 보였으나( $p < 0.001$ ), 단백질, 지방 및 탄수화물함량은 FCAS가 높은 경향을 보였다. FCAS의 유기산함량도 0.41%로 CAS 0.27%와 비교하여 유의적으로 높은 결과를 보였다( $p < 0.001$ ). 총 페놀함량과 총 플라보노이드 함량 분석결과, CAS가 FCAS과 비교하여 다소 높은 활성을 보였으나 유의차는 없었다. ABTS 활성소거능은 FCAS 시료군이 60.21%로 CAS 시료군의 42.76%와 비교하여 유의적으로 높은 결과를 보였으며( $p < 0.01$ ), DPPH 전자공여능에서도 FCAS가 50.12%로 CAS에 비해 유의적으로 높은 라디칼 소거 활성을 나타내었다( $p < 0.001$ ). CAS와 FCAS의 항균효과를 확인하고 활성의 차이를 비교하기 위하여 실시한 디스크확산법에 의한 결과는 *B. cereus* 및 *S. aureus* 균주에서 CAS disc 및 FCAS disc 모두 균이 자라지 않는 clear zone이 관찰 되었는데, FCAS 시료군의 clear zone 직경은 각각 3.70 cm, 2.70 cm로 나타

났다. CAS 시료군은 각각 2.73 cm, 1.97 cm로 측정되어 각 균주에 대해 FCAS의 항균활성이 더 높은 것으로 분석되었다. CAS 및 FCAS의 최소억제농도인 MIC는 *B. cereus* 및 *S. aureus* 균주에서 FCAS가 각각 0.25-0.5 mg/mL, 0.5-1.0 mg/mL의 MIC값을 나타내었다. CAS는 각각 1.00-2.00 mg/mL, 2.00-3.00 mg/mL 범위의 MIC값을 보여 항균효과를 위해 FCAS보다 많은 양의 시료가 요구되는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 강황을 발효시키면 천연기능성 식품소재로서 유기물, 유기산함량과 radical 소거 및 항균활성이 높게 측정되었음을 확인하였으며, 발효 중 쓰고 떼은 맛은 감소되었을 것으로 사료되어 향후 식품산업에서 강황과 발효 강황을 이용할 때 항산화 및 항균성의 기초자료가 될 것으로 사료된다.

#### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

#### Acknowledgements

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through (Export Promotion Technology Development Program), funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA)(No. 114081-03-2-SB010).

## References

- AACC. 2000. Approved methods. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, Washington DC, USA. pp 100-103.
- Anandakumar S, Joseph JA, Bethapudi B, Agarwal A, Jung EB. 2014. Anti-inflammatory effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on acute and chronic inflammation models. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(4):612-617.
- AOAC. 1980. Official methods of analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. pp 4-12.
- Bae MS. 2007. Antioxidant activity and antimicrobial effect of fermented extracted from *Curcuma longa* L.. Master's thesis. Soongsill University, Seoul, Korea. pp 34-35.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181:1191-1200.
- Byeon YS, Kim HY. 2015. Antioxidative characteristics of dried type sodium reduced chicken Bibimbap using dandelion complex extract powder of AF-343 as a home meal replacement. Korean J Food Cook Sci 31(3):378-386.
- Cho Y, Choi MY. 2010. Quality characteristics of jelly containing added turmeric (*Curcuma longa* L.) and beet (*Beta vulgaris* L.). Korean J Food Cook Sci 26(4):481-489.
- Choi SJ, Kim HY. 2014. Antioxidative activities and quality characteristics of the Aster scaber Bibimbap for home meal replacement with varied blanching pre-treatment. Korean J Food Culture 29(5):444-453.
- Doh ES, Chang JP, Lee KH, Seong NS. 2010. Ginsenoside change and antioxidation activity of fermented ginseng. Korean J Med Crop Sci 18(4):255-265.
- Folin O, Denis W. 1915. A colorimetric method for determination of phenols (phenol derivatives) in urine. J Biol Chem 22(2):305-308.
- Gereltuya R, Son JY, Magsar U, Paik SH, Lee JY, Nam MS. 2015. Fermentation properties and inflammatory cytokines modulating of fermented milk with *Curcuma longa* L. powder. J Life Sci 25(1):75-83.
- Jhoo JW. 2008. Anti-inflammatory effects of purpurogallin carboxylic acid, an oxidation product of gallic acid in fermented tea. Korean J Food Sci Technol 40(6):707-711.
- Jung YS, Park SJ, Park JH, Jhee KH, Lee IS, Yang SA. 2012. Effects of ethanol extracts from *Zingiber officinale* Rosc., *Curcuma longa* L., and *Curcuma aromatica* Salisb. on acetylcholinesterase and antioxidant activities as well as GABA contents. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(10):1395-1401.
- Kang YH, Kim KK, Kim TW, Yang CS, Choe M. 2015. Evaluation of the anti-obesity activity of platycodon grandiflorum root and *Curcuma longa* root fermented with *Aspergillus oryzae*. Korean J Food Sci Technol 47(1):111-118.
- Kim HJ, Lee JW, Kim YD. 2011. Antimicrobial activity and antioxidant effect of *Curcuma longa*, *Curcuma aromatica* and *Curcuma zedoaria*. Korean J Food Preserv 18(2):219-225.
- Kim HS, Park IB, Lee YJ, Shin GW, Lim JY, Park JW, Jo YC. 2010. Characteristics of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) mixture fermentation utilizing *Aspergillus oryzae*. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(9):1384-1390.
- Kim NM, Lee JS. 2003. Effect of fermentation periods on the qualities and physiological functionalities of the mushroom fermentation broth. Korean Soc Mycol 31(1):28-33.
- Kim SY, Kim JD, Son JS, Lee SK, Pard KJ, Park MS. 2011. Biochemical and molecular identification of antibacterial lactic acid bacteria isolated from Kimchi. Korean J Food Sci Technol 43(4):446-452.
- Kim YS, Jo CH, Choi GH, Lee KH. 2011. Changes of antioxidative components and activity of fermented tea during fermentation period. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(8):1073-1078.
- Lee MH, Jeon SJ, Kim SK, Park HS, Choi YS. 2011. The quality characteristics of *Curcuma longa* L. powder *Sulgitteok*. Korean J Culin Res 17(5):184-192.
- Lee RK, Cho HN, Shin MJ, Yang JH, Kim ES, Kim HH, Cho SH, Lee JY, Park YS, Cho YS, Lee JM, Kim HY. 2016. Manufacturing and quality characteristics of the *Doenjang* made with *Aspergillus oryzae* strains isolated in Korea. Microbiol Biotechnol Lett 44(1):40-47.
- Lee SH, Kang KM, Park HJ, Baek LM. 2009. Physiological characteristics of medicinal plant for use functional materials in seasoning sauce for pork meat. Korean J food Sci Technol 41(1):100-105.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2016. Food safety Korea. Available from: [http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/termdictionary/termList.do?menu\\_no=439&menu\\_grp=MEN U\\_GRP06](http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/termdictionary/termList.do?menu_no=439&menu_grp=MEN U_GRP06). Accessed May 27, 2016.
- Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. J Ethnopharmacol 71(1-2):109-114.
- Park EA, Kim HO, Kim GN, Song JH. 2015. Anti-oxidant and anti-adipogenic effects of ethanol extracts from wheat germ and wheat germ fermented with *Aspergillus oryzae*. Preventive Nutr Food Sci 20(1):29-37.
- Park HK, Kim JK. 2008. Optimal manufacturing conditions for Korean soybean paste and soy sauce, using *Aspergillus oryzae* AJ 100 as a flavor improver. Food Sci Biotechnol 17(1):208-211.
- Park NB, Lee SY, Yoon SY, Kim KBWR, Song EJ, Lee SJ, Lee CJ, Jung JY, Kwak JH, Lee HD, Choi HD, Ahn DH. 2010. Effect of extracts from *Morus alba* L. and *Curcuma aromatica* on shelf-life and quality of wet noodle. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(5):750-756.
- Ra HN, Kim HY. 2014. Quality characteristics and microbial

- safety of Sunsik with dandelion (*Taraxacum platycarpum*) complex extract powder (AF-343) for Home Meal Replacement. Korean J Food Cook Sci 30(5):642-649.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med 26(9-10):1231-1237.
- Seo KS, Huh CK, Kim YD. 2008. Changes of biologically active components in *Prunus mume* fruit. Korean J Food Preserv 15(2):269-273.
- Shin BK, Kang SA, Han JI, Park SM. 2015. Quality and sensory characteristics of fermented milk adding black carrot extracts fermented with *Aspergillus oryzae*. J Korean Soc Food Cult 30(3):370-376.
- Son JY, Kang KO. 2013. Functional properties of rice noodles supplemented with turmeric, purple sweet potato or seaweed (*Hizikia fusiforme*). J East Asian Soc Dietary Life 23(2):250-256.
- Yang CS, Chung JY, Yang GY, Chhabra SK, Lee MJ. 2000. Tea and tea polyphenols in cancer prevention. J Nutr 130(2):472S-478S.
- Yoon SJ, Choi EH. 2011. Quality characteristics of wheat flour Dasik by the addition of turmeric powder. Korean J Culin Res 17(3):132-140.
- Yun EA, Jung EK, Joo NM. 2013. Quality characteristics of chicken sausage prepared with turmeric (*Curcuma longa* L.) during cold storage. J Korean Diet Assoc 19(3):195-208.

Received on Jun.21, 2016/ Accepted on Jun.27, 2016