



# Comparison of quality characteristics and antioxidant activity of ‘Kochujang’ comprising ‘Nuruk’ made from pigmented or white rice flour

Hee-Won Lee<sup>1</sup>, Ki-Hoon Shim<sup>2</sup>, Chang-Ki Huh<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>Fermented Processing Food Science Division, Department of Agrofood Resource, NAS, RDA, Wanju 55365, Korea

<sup>2</sup>Department of Food and Cooking Science, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

<sup>3</sup>Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

<sup>4</sup>Research Institute of Food Industry, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

## 백미와 유색미 쌀가루누룩 첨가 고추장의 품질 및 항산화 활성 비교

이희원<sup>1</sup> · 심기훈<sup>2</sup> · 허창기<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과, <sup>2</sup>순천대학교 조리과학과,

<sup>3</sup>순천대학교 식품공학과, <sup>4</sup>순천대학교 식품산업연구소

### Abstract

The present study compared the amino nitrogen content and the antioxidant activity of ‘Kochujang’ (K1) comprising white rice ‘Nuruk’ with those of five types of ‘Kochujang’ (K2-K6) comprising pigmented rice ‘Nuruk’ made by various strains of fungi. After 90 days of ripening, the amino nitrogen content was higher in the K2-K6 samples than in the K1 sample. The total polyphenol content was high in K5, which comprised pigmented rice ‘Nuruk’ made by *Aspergillus niger* (10.57 mg/g), and in K2, which comprised pigmented rice ‘Nuruk’ made by *Aspergillus oryzae* (9.19 mg/g). The total flavonoid content was the highest in the K2 sample (0.84 mg/g). The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activities of the samples in the K2-K6 groups were 71.31%-79.63%, which were approximately 20% higher than that of the K1 group. Overall, the 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical-scavenging activity was also higher in the ‘Kochujang’ samples comprising pigmented rice ‘Nuruk’ than in that comprising white rice ‘Nuruk’. The K2 sample had the highest superoxide dismutase (SOD)-like activity (68.07%), and the K1 sample had the lowest SOD-like activity (59.03%). However, there was no significant difference between K3, which comprised pigmented rice ‘Nuruk’ made by *Aspergillus kawachii*, and sample K5.

**Keywords :** pigmented rice, pigmented rice ‘Nuruk’, ‘Kochujang’, amino nitrogen, antioxidant activity

### 서 론

우리의 주식인 쌀에는 tocopherol, tocotrienol,  $\gamma$ -oryzanol 등의 항산화 성분 및 phytic acid, 식이섬유,  $\gamma$ -aminobutyric acid 등 다양한 생리활성 성분이 함유되어 있다(Park 등, 2012).

과거로부터 쌀은 중요한 식량자원의 하나로서 주로 주식으로 이용되었으나, 오늘날은 주식으로 활용되는 측면이 감소해 소비량이 지속적으로 감소함에 따라, 쌀 소비 촉진에 일환으로 특수미인 유색미 등을 이용한 가공의 다양화 및 기능성 개발의 연구가 진행되고 있다(Park 등, 2002). 유색미는 다양

\*Corresponding author. E-mail : hck1008@sunchon.ac.kr, Phone : +82-61-750-3251, Fax : +82-61-750-3250

Received 15 July 2021; Revised 27 September 2021; Accepted 29 September 2021.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 색과 향미를 갖고 안토시아닌 성분과 탄닌 성분 같은 페놀 화합물 등 여러 기능 성분을 함유하고 있어 강한 항산화 활성을 갖는다고 보고하고 있다(Hou 등, 2013). 따라서 건강 기능을 찾는 현대사회에서의 유색미는 소비자들에게 좋은 소재로 이용될 수 있다(Yim 등, 2020).

전통 발효식품인 고추장은 오랜 역사를 거쳐 기후와 풍토에 맞게 진화하고 발달해 왔으며, 지역에 따라 다양한 담금 방법과 재료들이 사용되고 있다(Jung와 Jeong, 2018). 현대인들은 식단 선호와 개인의 기호에 따라 다른 나라의 음식에 대한 선호가 높아지고 있고, 그 중 떡볶이, 비빔밥 등의 고추장을 이용한 한국음식들이 세계시장에 진출하고 있다(Kim 등, 2012a). 이러한 고추장의 기호도는 amylase에 의한 당화 작용으로 탄수화물에서 생성되는 당의 단맛, protease의 단백질 분해 작용으로 생성된 아미노산의 구수한 맛, 고춧가루의 매운맛 그리고 소금의 짠맛 등이 잘 조화를 이루어 나타나며, 독특한 맛과 감칠맛을 형성하는 복합 향신조미료이다(Koh 등, 2009). 고추장 제조 방법에는 다양한 방법들이 보고되어 있고, 그 중 당화와 발효에 관련된 보고를 살펴보면 고추장 제조 시 엿기름 대신 쌀누룩을 첨가해 발효기간을 단축시키는 효과가 있어 발효촉진제로 활용 가능성이 높다고 보고하였다(Choi와 Kim, 2011). 누룩은 밀과 쌀 등을 주원료로 성형하여 적정 온도에서 장기간에 걸쳐 다양한 미생물군들이 배양이 되고, 이러한 누룩은 각종 분해효소가 풍부하여 탄수화물과 단백질 성분의 분해를 촉진하는 효소제로서의 역할을 한다(Lee 등, 2009). 최근에는 이러한 누룩의 기능을 이용해 제조하는 고추장 제조 방법이 많이 활용되고 있다. 하지만 현재 누룩을 이용해 제조되는 고추장의 제조 기술을 보면 대부분이 백미를 증자해 곰팡이를 배양한 쌀 Koji가 주로 활용되고 있고(Cho와 Hong, 2021), 유색미를 고추장 제조에 활용되는 사례는 전무하다. 유색미는 앞서 언급한 대로 다양한 가공적성과 기능성을 포함하고 있는 소재이다. 특히 유색미의 붉은색은 고추장 제조에 적합한 소재로 활용될 수 있어 고추장의 품질을 높일 수 있고, 유색미의 기능성으로 인해 고추장의 기능성을 높일 수 있는 소재로써 가치가 충분할 것으로 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 기존 고추장 제조에 많이 사용되는 백미 쌀누룩과 새롭게 제조된 유색미 쌀누룩을 첨가해 고추장을 제조하고, 숙성 중의 아미노태 질소 함량 변화와 총 세균수, texture 및 항산화활성을 비교하여 유색미의 고추장 활용 가능성을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 실험에 사용한 누룩 제조용 백미는 전라남도 광양시에

위치한 (주)광양주조공사에서 확보한 2017년산 한아름쌀 품종이고, 유색미는 전라남도농업기술원 식량작물연구소(Naju, Korea)에서 육성하여 품종 등록(품종보호권 등록번호 제 7257호)한 다향 흑미(2018년산)를 실온에 보관하면서 사용하였다. 조제종국은 시중에 판매 중인 황국(황국조제종국, Yes Wine), 흑국(흑국조제종국, Yes Wine), 백국(백국조제종국, Chungmoo Fermentation, Ulsan, Korea), *Penicillium candidum*(SWUNG FD PCA-3 (10U), Chr. Hansen SA, France) 균주 등 4종의 곰팡이 균주를 확보해 사용하였고, 고추장 제조용 고춧가루(Geumsong Powder Village, Chilgok, Korea), 엿기름가루(Jeonwon food, Gimpo, Korea), 메줏가루(Isaac's Garden, Namyangju, Korea), 천일염(Chungjungone, Shinan, Korea), 찹쌀가루(Samjin foods, Soengiu, Korea)를 확보하여 사용하였다. 본 실험에 사용된 분석 및 용매와 시약(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)은 일급 또는 특급 시약을 구입하여 사용하였다.

### 누룩 및 고추장 제조

본 연구에서 제조한 누룩과 고추장 제조 방법은 본 연구팀에서 선행 연구 결과로 게재된 보고 내용에 준해 제조하였다(Lee 등, 2020).

누룩 제조는 Lee 등(2019)의 방법에 따라 분쇄한 백미와 유색미 쌀가루에 100℃의 온수 30%를 가하여 익반죽한 뒤, 반죽의 온도가 30℃에 도달했을 때 4종의 곰팡이 조제종국을 각각 0.3%씩 첨가해 2차 혼합하였다. 반죽 후 성형틀에 넣고 성형하여 누룩 상자에 넣고 30℃, 습도 85%에서 48시간 동안 1차 배양하였다. 2차 배양은 누룩 상자의 뚜껑을 제거하고, 25℃, 습도 85%에서 누룩 상자에 기대어 7일간 배양 후 수분함량이 10% 내외가 되게 건조하여 제조하였다(Fig. 1(A)).

고추장의 제조는 엿기름가루 40 g을 정제수 600 mL에 3시간 침지시키고, 면 보자기를 이용하여 여과시킨 후 가열하고 찹쌀가루 200 g을 가열한 엿기름 물에 혼합하여 찹쌀죽을 만든 뒤 소금 100 g, 메줏가루 150 g, 고춧가루 200 g, 곰팡이 균주별 쌀가루 누룩 150 g을 넣어 혼합하고, 25℃에서 90일간 밀봉하여 숙성시켰다. 4종의 유색미 쌀가루 누룩을 혼합하여 첨가한 고추장 제조는 4종의 곰팡이 균주별로 제조된 각각의 쌀가루 누룩 37.5 g씩을 150 g이 되도록 혼합하고, Table 1에서 보는 바와 같이 고추장 제조 공정에 첨가하여 25℃에서 90일간 밀봉하여 숙성시켰다(Fig. 1(B)). 제조된 누룩과 고추장의 사진은 Fig. 2에서 보는 바와 같다.

### 아미노태질소 함량 측정

아미노태질소 함량 측정은 Choi 등(2007)의 정량법을 이용하였다. 삼각플라스크에 시료 5 g을 담고 증류수를 넣어 50

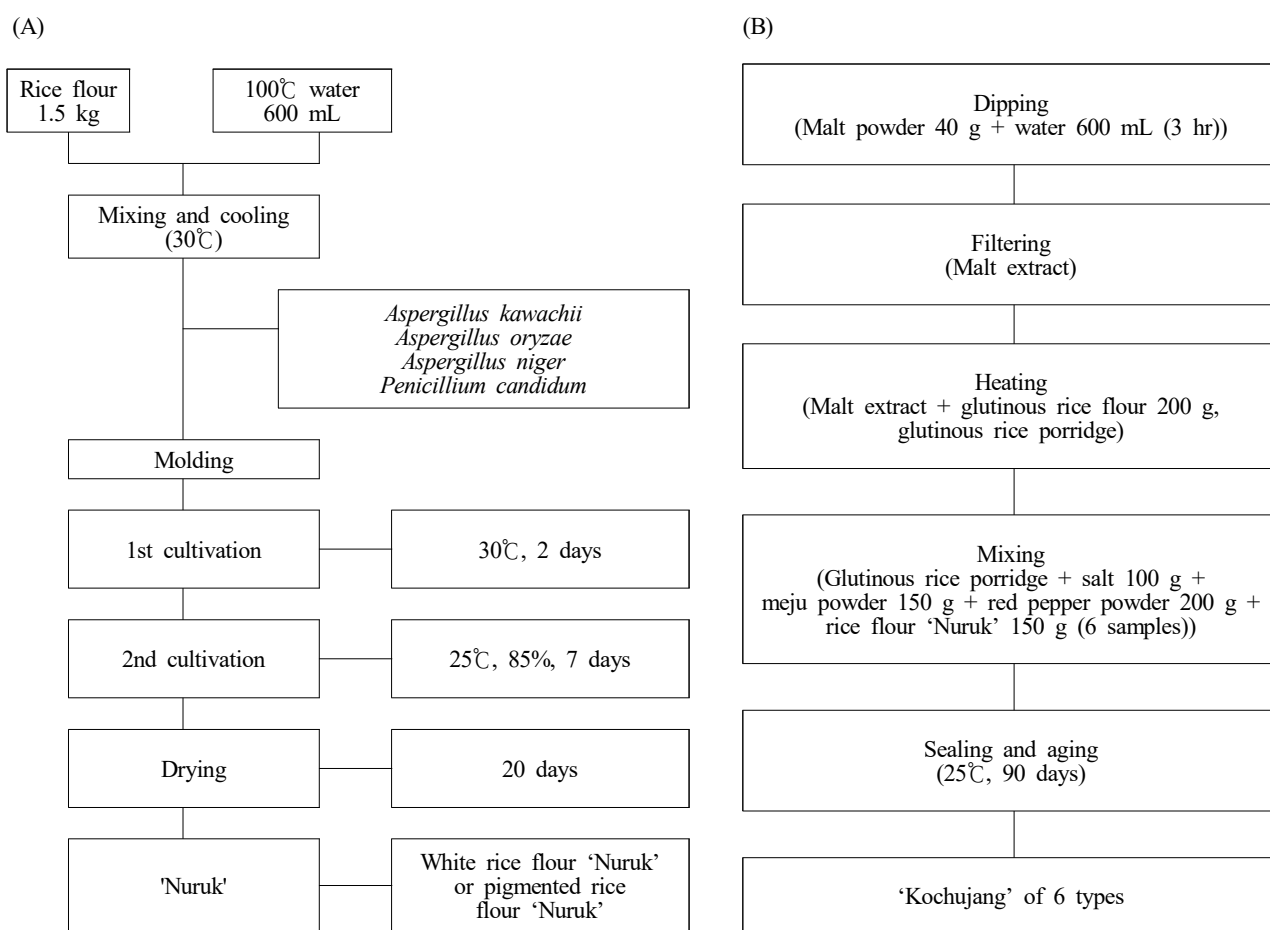


Fig. 1. Process for the preparation of rice flour ‘Nuruk’ by various fungal strains (A) and process for the preparation of ‘Kochujang’ (B).

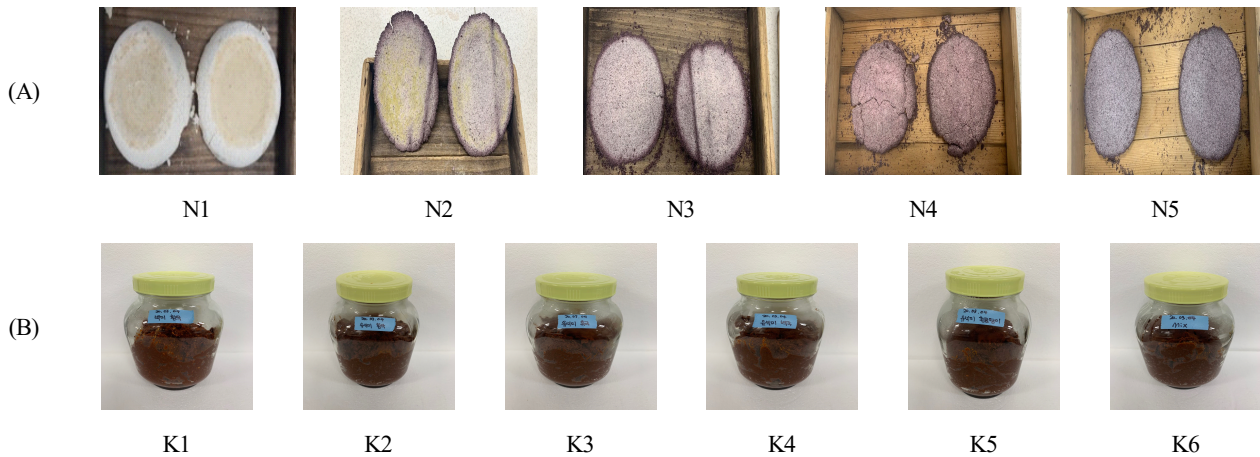
Table 1. Mixing ratio of ‘Kochujang’

(Unit: g)

Sample	K1 <sup>2)</sup>	K2	K3	K4	K5	K6
Malt powder	40	40	40	40	40	40
Water	600	600	600	600	600	600
Chili powder	200	200	200	200	200	200
Glutinous rice powder	200	200	200	200	200	200
Salt	100	100	100	100	100	100
Meju powder	150	150	150	150	150	150
N1 <sup>1)</sup>	150	-	-	-	-	-
N2	-	150	-	-	-	37.5
N3	-	-	150	-	-	37.5
N4	-	-	-	150	-	37.5
N5	-	-	-	-	150	37.5

<sup>1)</sup>N1, whited rice flour ‘Nuruk’ made with *A. oryzae*; N2, pigmented rice flour ‘Nuruk’ made with *A. oryzae*; N3, pigmented rice flour ‘Nuruk’ made with *A. kawachii*; N4, pigmented rice flour ‘Nuruk’ made with *A. niger*; N5, pigmented rice flour ‘Nuruk’ made with *P. candidum*.

<sup>2)</sup>K1, ‘Kochujang’ made with N1; K2, ‘Kochujang’ made with N2; K3, ‘Kochujang’ made with N3; K4, ‘Kochujang’ made with N4; K5, ‘Kochujang’ made with N5; K6, ‘Kochujang’ made with N2+N3+N4+N5.



**Fig. 2. Photographs of various rice flour 'Nuruk' (A) made with various fungal strains, and 'Kochujang' (B) made with various rice flour 'Nuruk'.**

N1, whited rice flour 'Nuruk' made with *A. oryzae*; N2, pigmented rice flour 'Nuruk' made with *A. oryzae*; N3, pigmented rice flour 'Nuruk' made with *A. kawachii*; N4, pigmented rice flour 'Nuruk' made with *A. niger*; N5, pigmented rice flour 'Nuruk' made with *P. candidum*; K1, 'Kochujang' made with N1; K2, 'Kochujang' made with N2; K3, 'Kochujang' made with N3; K4, 'Kochujang' made with N4; K5, 'Kochujang' made with N5; K6, 'Kochujang' made with N2+N3+N4+N5.

mL가 되도록 희석하고 균질화를 시켰다. 5% formaldehyde (Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan) 용액 20 mL와 증류수 20 mL를 첨가하였으며, 각각의 시료에 phenolphthalein 용액 약 2-3 방울을 가하고, 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 다음 식에 의하여 아미노태 질소함량을 구하였다.

아미노태 질소(%) =

$$\frac{(V_1 - V_0) \times F \times 0.0014 \times D}{S} \times 100$$

$V_1$ : 본시험 적정소비량(mL)

$V_0$ : 공시험 적정소비량(mL)

F: 0.1 N NaOH의 factor

D: 희석배수

S: 시료의 채취량(g)

0.0014: 0.1 N NaOH 용액 1 mL에 상당하는 질소량(g)

### 총세균수 측정

총세균수 측정은 Kim 등(2012b)의 방법에 따라 시료를 멸균생리식염수로 단계적으로 희석한 후, 시료액을 멸균된 Plate Count Agar(Difco lab., Detroit, Mich, USA)에 도말하여 굳힌 후 뒤집어서 37°C incubator(MIR-253, Sanyo Co., Gunma, Japan)에 24-36시간 동안 배양하고, 이를 3회 반복 계수하여 평균값을 구해 log CFU(Colony Forming Units)/mL로 표시하였다.

### Texture 측정

Texture 측정은 Rheo meter(Sun Scientific Co., LTD,

Model CR-100, Setagayaku, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 직경 20 mm의 원판형 probe로 연속하여 1회 또는 2회 눌러 변형시킬 때 나타나는 힘 및 면적을 측정하였으며, 견고성(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springness), 응집성(coherence), 점성(gumminess)을 3회 반복하여 측정하여 평균값으로 나타내었다. 측정 조건은 로드셀 최대응력은 2 kg, distance는 5 mm, 테이블 속도 70 mm/min로 하였다.

### 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량 측정

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Florence 등, 1992)에 준하여 측정하였다. 증류수로 희석한 시료 추출물 2 mL에 5% NaCO<sub>3</sub> 5 mL를 혼합한 뒤 3분 방치 후 Folin-Denis reagent 2 mL를 혼합하고, 1시간 방치한 다음 분광광도계(HP 8453, Hewlett Packard, CA, USA)를 이용해 660 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 tannic acid를 사용하였다. 총플라보노이드 함량은 Shin 등(1997)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 추출물 1 mL에 diethylene glycol 10 mL와 1 N NaOH 1 mL를 혼합한 뒤 30°C에서 60분간 유지시킨 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin의 검량 선을 이용하여 flavonoid 함량을 계산하였다.

### DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 자유라디칼 소거활성 측정

DPPH 자유라디칼 소거활성은 Blois의 법(1958)에 따라 시료의 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH)에 대한 수소 공여 효과로 측정하였다. 시료액 2 mL에 2×10<sup>-4</sup> M DPPH 용액(dissolved in 99% methanol)을 1 mL 첨가하고, vortex

mixing하여 37°C에서 30분간 반응시켰다. 이 반응액을 분광광도계(HP 8453, Hewlett Packard)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(electron donating ability, EDA(%))으로 측정하였으며, 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균, 표준편차 및 Duncan's multiple range test에 의해 평균치 간의 유의성을 검정하여 나타내었다.

### ABTS(2-2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) 라디칼 소거활성 측정

ABTS 라디칼 소거활성은 과황산칼륨의 반응에 의해 생성된 ABTS radical이 시료 내의 항산화 물질에 의해 제거되면서 청록색으로 탈색되는 것을 이용한 방법이며(Park과 Lee, 2019), 2,4 mM potassium persulfate 용액을 7 mM ABTS을 용해시킨 다음 암소에서 24시간 동안 반응시켰다. ABTS solution을 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이  $0.70 \pm 0.02$ 가 되게 증류수로 희석하였다. 제조한 용액과 희석된 시료액을 1:1로 혼합 후 분광광도계(HP 8453, Hewlett Packard)를 이용해 734 nm에서 흡광도를 측정하고,  $\{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}} \times 100\}$ 으로 계산하여 ABTS scavenging ability(%)를 나타내었다(Hong 등, 2014).

### SOD 유사 활성 측정

SOD 유사 활성은 Marklund와 Marklund법(1974)에 따라 측정하였다. 각 시료 용액 0.2 mL에 Tris-HCl의 완충용액(50 mM Tris + 10 mM EDTA, pH 8.5) 2.6 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1 M HCl 0.1 mL를 가하여 반응을 정지시켜 반응액 중 산화된 pyrogallol의 양을 분광광도계(HP 8453, Hewlett Packard, CA, USA)를 이용해 420 nm에서 측정하였다. SOD 유사활

성은 아래 식을 이용하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{SOD-like activity (\%)} = (1 - B / A) \times 100$$

A: 대조구의 흡광도 값

B: 시료의 흡광도 값

### 통계처리

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 SPSS 통계분석 프로그램(25, IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였고, mean±SD를 구하였으며, Duncan's multiple range test에 의해 평균치 간의 유의성(p<0.05)을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 아미노태질소 함량 변화

고추장 중의 단백질은 숙성 중 미생물이 분비하는 효소에 의해 유리 아미노산으로 분해되어 구수한 맛을 내고, 이러한 단백질이 유리 아미노산 형태로 분해가 되었는지를 간접적으로 파악할 수 있는 것으로 주로 장류에서는 아미노태질소 함량을 측정한다(Cha와 Kim, 1997).

Lee 등(2014)의 전국 중소업체 생산 고추장의 지역별로 비교하였을 때 강원·경기 지역 660.55 mg%, 충청지역 467.51 mg%, 경상지역 336.05 mg% 및 전라지역 191.72 mg%로 유의적인 차이를 보였고, 지역 간의 함량 차이가 큰 것으로 나타났다 보고하였다. 숙성 중 곰팡이 균주별 개량누룩을 첨가한 고추장의 아미노태질소 함량의 변화는 Table 2와 같다. 숙성 기간별 아미노태질소의 함량 변화는 숙성 전 296.94-412.65 mg/100 g에서 60일째 이후에 함량이 급격히 증가하여 90일째는 60일째보다 2배 정도 높은 값인 887.55-1,102.35

Table 2. Changes in amino nitrogen content of 'Kochujang' made with various rice flour 'Nuruk' during aging (Unit: mg/100g)

Sample <sup>1)</sup>	K1	K2	K3	K4	K5	K6
0 day	362.24±7.47 <sup>2)B3)D4)</sup>	412.65±10.57 <sup>Ad</sup>	296.94±6.67 <sup>Cc</sup>	374.40±7.42 <sup>Bc</sup>	367.31±5.78 <sup>Bc</sup>	375.84±8.97 <sup>Bd</sup>
15 day	518.00±7.01 <sup>Ac</sup>	410.60±9.03 <sup>Dd</sup>	473.90±5.75 <sup>Cb</sup>	489.07±3.91 <sup>Bc</sup>	392.66±3.54 <sup>Eb</sup>	404.60±6.82 <sup>DEd</sup>
30 day	655.75±33.05 <sup>Ab</sup>	487.74±6.07 <sup>Bc</sup>	260.71±2.79 <sup>Df</sup>	504.98±1.13 <sup>Bb</sup>	337.69±2.49 <sup>Cd</sup>	489.65±6.65 <sup>Bc</sup>
45 day	326.08±8.95 <sup>De</sup>	562.44±4.14 <sup>Ab</sup>	430.05±2.00 <sup>Bc</sup>	391.62±7.94 <sup>Cd</sup>	401.09±0.90 <sup>Cb</sup>	569.44±13.34 <sup>Ab</sup>
60 day	339.57±7.58 <sup>Bde</sup>	300.24±5.02 <sup>Cc</sup>	409.54±6.07 <sup>Ad</sup>	332.07±7.60 <sup>Bf</sup>	273.63±9.48 <sup>De</sup>	252.51±18.77 <sup>De</sup>
90 day	837.55±0.94 <sup>Fa</sup>	925.83±12.91 <sup>Da</sup>	867.36±16.62 <sup>Ea</sup>	1,102.35±1.82 <sup>Aa</sup>	980.20±8.93 <sup>Ca</sup>	1,042.33±25.41 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>K1, 'Kochujang' made with N1; K2, 'Kochujang' made with N2; K3, 'Kochujang' made with N3; K4, 'Kochujang' made with N4; K5, 'Kochujang' made with N5; K6, 'Kochujang' made with N2+N3+N4+N5.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=5).

<sup>3)</sup>The values with different upper characters in the same row are classified by sample sphere, and are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (A>B>C>D>E>F).

<sup>4)</sup>The values with different upper characters in the same column are classified by age, and are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a>b>c>d>e>f).

mg/100 g로 나타났다. 90일째 시료구별 아미노태질소 함량을 보면 백미 쌀누룩으로 담금한 고추장(KI)보다 유색미 쌀누룩으로 담금한 고추장 5종(K2-K6)이 모두 높게 나타났다. 본 연구팀은 선행 연구에서 백미와 유색미 쌀누룩의 효소 활성을 측정해 보고한 바 있다(Han 등, 2021). 보고된 내용에서 protease 활성도 측정 결과를 보면 백미 쌀누룩은 316.08 tyrosine mg/min이었고, 유색미 쌀누룩은 378.90 tyrosine mg/min으로 유색미 쌀누룩이 protease 활성도가 높게 나타났다. 이러한 이유로 본 연구에서의 90일째 숙성된 고추장의 아미노태질소 함량이 백미 쌀누룩으로 담금한 고추장보다 유색미 쌀누룩으로 담금한 고추장이 높게 나타난 결과로 판단된다. 아미노태질소의 함량은 품질지표로서 색도 및 다른 성분 에 비해 고추장의 관능과 높은 상관관계를 나타내는 것으로 알려져 있다(Yoo 등, 2005). 따라서 본 연구의 유색미 쌀누룩으로 담금한 고추장은 기존 백미 쌀누룩으로 제조되는 고추장보다 아미노태질소 함량이 높게 나타났기 때문에 품질이 우수할 것으로 판단된다.

### 총세균수 변화

고추장 중의 미생물은 고추장 숙성 중에 맛이나 품질에 관여한다고 보고하고 있다(Oh 등, 2000). 백미 쌀누룩과 유색미 쌀누룩을 첨가한 고추장의 숙성 중의 총세균수의 변화는 Table 3과 같다. 숙성 중 고추장의 총세균수 변화에서 제조 직후에는 8.08-8.89 log CFU/mL로 나타났고, 숙성 시작 90일째 또한 8.46-8.64 log CFU/mL로 큰 변화가 없었다. Park 등(2007)은 매실을 첨가해 제조한 고추장의 숙성 중 총세균수 변화를 측정해 본 결과, 숙성 중 대체적으로  $10^7$  CFU/g 범위를 유지하였다고 보고하였다. 본 연구에서 또한 숙성 기간 동안 일정한 총세균수를 보여 숙성 중에 세균수의 큰 변화를

보이지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 총세균수의 양을 비교하면 Park 등(2007)의 결과에선  $10^7$  CFU/g 범위였고, Shin 등(1997)의 전국 각 지역에서 수집된 전통 고추장의 총세균수를 측정해 본 결과,  $2.24 \times 10^7$  CFU/g 범위였다고 보고하여 본 연구에서 측정된 총세균수보다 적었다. 이러한 결과는 고추장 제조 시 첨가된 메주의 첨가량과 메주의 총세균수가 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 숙성 시작 후 90일째 시료구별 고추장의 총세균수는 유의적 차이를 보이지 않았다. 총세균수는 첨가한 메주의 조건에 따라 달라질 수 있다. 본 연구에서는 백미 쌀누룩과 곰팡이 균주별 유색미 쌀누룩을 각각 첨가하였고, 메주는 모두 동일한 조건으로 첨가되었기 때문에 총세균수의 차이는 크지 않은 것으로 판단된다.

### Texture

Texture는 고추장의 조직감을 나타내는 값으로, 고추장 제조시 첨가되는 누룩과 메주에 포함된 미생물이 다양한 발효 대사과정을 거치면서 고추장의 조직감에 영향을 주게 된다. 따라서 본 연구에서는 백미 쌀누룩과 곰팡이 균주별 유색미 쌀누룩을 첨가해 제조한 고추장의 texture를 측정하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다. 견고성(hardness)은 일반적인 표현으로 단단한 정도를 나타내는 지표이다. 본 연구에서의 견고성은 793.67-1,296.67 gf/cm<sup>2</sup>로 나타났고, 그 중 *A. kawachii* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K3)이 1,296.67 gf/cm<sup>2</sup>로 가장 높은 값을 보였으며, *A. oryzae* 백미 누룩으로 제조한 고추장(K1)이 793.67 gf/cm<sup>2</sup>로 가장 낮은 값을 보였다. 탄성(springness), 응집성(cohesiveness)과 검성(gumminess)은 *P. candidum* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K5)이 모두 항목에서 가장 높은 값을 보였으며, 접착성(adhesiveness)은 시료구별 유의적인 차이를 보이지 않았다. 고추장의 조직도는 수분의 함량,

Table 3. Changes in total bacteria number of 'Kochujang' made with various rice flour 'Nuruk' during aging (Unit: log CFU/mL)

Sample <sup>1)</sup>	K1	K2	K3	K4	K5	K6
0 day	8.42±0.03 <sup>2)(C3)e4)</sup>	8.75±0.03 <sup>Bab</sup>	8.08±0.03 <sup>Ec</sup>	8.31±0.01 <sup>Dd</sup>	8.37±0.02 <sup>Cd</sup>	8.89±0.02 <sup>Aa</sup>
15 day	8.72±0.01 <sup>BCc</sup>	8.78±0.01 <sup>ABa</sup>	8.23±0.02 <sup>Db</sup>	8.70±0.02 <sup>Ca</sup>	8.70±0.04 <sup>Cb</sup>	8.81±0.03 <sup>Ab</sup>
30 day	8.72±0.03 <sup>Ac</sup>	8.72±0.02 <sup>Ab</sup>	8.64±0.03 <sup>Ba</sup>	8.38±0.02 <sup>Cc</sup>	8.38±0.03 <sup>Cd</sup>	8.40±0.03 <sup>Cd</sup>
45 day	8.79±0.04 <sup>Ab</sup>	8.65±0.03 <sup>BCc</sup>	8.60±0.03 <sup>Ca</sup>	8.46±0.02 <sup>Db</sup>	8.7±0.01 <sup>Bb</sup>	8.51±0.01 <sup>Dc</sup>
60 day	8.88±0.01 <sup>Aa</sup>	8.74±0.02 <sup>Bab</sup>	8.62±0.02 <sup>Da</sup>	8.68±0.04 <sup>Ca</sup>	8.79±0.02 <sup>Ba</sup>	8.50±0.01 <sup>Ec</sup>
90 day	8.59±0.02 <sup>Ad</sup>	8.64±0.02 <sup>Ac</sup>	8.59±0.02 <sup>Aa</sup>	8.46±0.03 <sup>Bb</sup>	8.49±0.04 <sup>Bc</sup>	8.48±0.02 <sup>Bc</sup>

<sup>1)</sup>K1, 'Kochujang' made with N1; K2, 'Kochujang' made with N2; K3, 'Kochujang' made with N3; K4, 'Kochujang' made with N4; K5, 'Kochujang' made with N5; K6, 'Kochujang' made with N2+N3+N4+N5.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=5).

<sup>3)</sup>The values with different upper characters in the same row are classified by sample sphere, and are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (A>B>C>D>E).

<sup>4)</sup>The values with different upper characters in the same column are classified by age, and are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a>b>c>d).

**Table 4.** Texture parameter of ‘Kochujang’ made with various rice flour ‘Nuruk’

Sample <sup>1)</sup>	Hardeness (gf/cm <sup>2</sup> )	Springness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (gf)	Adhesiveness (gf)
K1	793.67±27.79 <sup>2)c3)</sup>	78.43±5.18 <sup>b</sup>	64.23±4.61 <sup>b</sup>	59.46±2.53 <sup>b</sup>	-21.00±2.65
K2	905.00±27.22 <sup>c</sup>	69.97±14.97 <sup>bc</sup>	54.57±6.03 <sup>bc</sup>	57.62±5.99 <sup>b</sup>	-19.33±2.89
K3	1,296.67±66.58 <sup>a</sup>	77.77±5.66 <sup>b</sup>	44.20±6.04 <sup>c</sup>	66.46±6.10 <sup>b</sup>	-21.00±1.73
K4	856.67±61.85 <sup>c</sup>	70.57±16.07 <sup>bc</sup>	53.73±4.24 <sup>bc</sup>	53.80±6.56 <sup>b</sup>	-19.67±2.52
K5	1,116.67±115.47 <sup>b</sup>	120.00±0.00 <sup>a</sup>	89.10±9.90 <sup>a</sup>	116.38±19.47 <sup>a</sup>	-22.33±2.08
K6	1,180.00±141.77 <sup>ab</sup>	52.93±1.95 <sup>c</sup>	47.93±3.12 <sup>c</sup>	65.92±7.98 <sup>b</sup>	-20.00±0.00

<sup>1)</sup>K1, ‘Kochujang’ made with N1; K2, ‘Kochujang’ made with N2; K3, ‘Kochujang’ made with N3; K4, ‘Kochujang’ made with N4; K5, ‘Kochujang’ made with N5; K6, ‘Kochujang’ made with N2+N3+N4+N5.

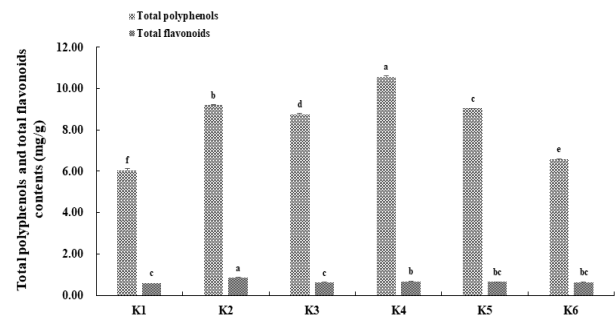
<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Values with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple range test (a>b>c).

발효와 숙성과정에서 원료들의 분해에 따른 변화, 그리고 미생물이 분비하는 여러 대사체 등으로 인해 영향을 받는다(Kim과 Lee, 2001). 본 연구팀에서 선행 보고(Lee 등, 2020)한 백미 쌀누룩과 곰팡이 균주별 유색미 쌀누룩을 첨가해 제조한 고추장의 수분 함량을 측정된 결과, 시료구별 유의적 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구의 texture 차이는 수분의 영향은 크지 않은 것으로 판단되며, 발효와 숙성과정에서의 원료들의 변화와 미생물들이 분비하는 대사체의 영향을 받았을 것으로 판단된다. 이는 향후 발효과정 중의 texture 변화를 기간별로 확인하여 원인을 확인할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

### 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량

Kim 등(2020)은 유색미의 품종별 총폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정된 결과, 일반 백미에 비해 3-5배 이상 높다고 보고하였고, 고추는 quercetin, luteolin, carotenoid와 같은 플라보노이드 성분이 높다고 보고하고 있다(Lee 등, 2018). 폴리페놀 화합물은 여러 식품에 널리 분포되어 있고, 천연 항산화제로 작용한다고 많은 연구에서 보고하고 있다(Park과 Lee, 2019). 따라서 본 연구에서는 유색미 누룩을 첨가한 고추장의 총폴리페놀과 플라보노이드 함량을 백미 누룩을 첨가한 고추장과 비교하고자 하였고, 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 총폴리페놀 함량 측정 결과는 *A. niger* 유색미 누룩을 첨가한 고추장(K4)과 *A. oryzae* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K2)이 각각 10.57 mg/g, 9.19 mg/g으로 높은 값을 보였고, *A. oryzae* 백미 누룩으로 제조한 고추장(K1)이 6.04 mg/g으로 가장 낮은 값을 보였다. Kwon 등(2018)은 고추장용 메주 배합비에 따른 고추장의 폴리페놀 함량을 8주간 측정된 결과 발효가 진행되면서 증가하는 경향을 보였고, 8주차의 함량은 5.0-7.5 mg/g 수준이었다고 보고하였다. 이 결과는 본 연구의 결과보다는 약간 낮았지만 발효기간이 Kwon 등(2018)의 연구는 8주이고, 본 연구에서는 12주로써 발효기간이 영향을



**Fig. 3.** The contents of total polyphenols and flavonoids in ‘Kochujang’ made with various rice flour ‘Nuruk’.

K1, ‘Kochujang’ made with N1; K2, ‘Kochujang’ made with N2; K3, ‘Kochujang’ made with N3; K4, ‘Kochujang’ made with N4; K5, ‘Kochujang’ made with N5; K6, ‘Kochujang’ made with N2+N3+N4+N5. All values are mean±SD (n=3). Values with different superscript letters in the same bar are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple range test (a>b>c>d>e>f).

미쳤을 것으로 판단된다. 총플라보노이드 함량은 K2 시료구가 0.84 mg/g으로 가장 높았고, K1 시료구가 0.59 mg/g으로 가장 낮은 값을 나타냈으나, K2 시료구를 제외한 유색미 누룩을 첨가한 고추장 4종과는 유의적 차이가 크지 않았다. 결과를 살펴볼 때 총폴리페놀 함량의 경우 백미 누룩으로 첨가한 고추장보다 유색미 누룩을 첨가한 고추장이 높은 것을 확인할 수 있었으나, 총플라보노이드 함량은 유의적인 차이가 크지 않았다. 이러한 이유는 고추장 제조시 첨가되는 백미와 유색미 누룩의 양이 크지 않아 제조된 고추장에서의 차이가 크지 않은 것으로 판단된다. 하지만 전반적으로 폴리페놀 화합물은 유색미 누룩 첨가 고추장이 높은 것을 확인하였다.

### DPPH 자유라디칼 소거 활성

DPPH 자유라디칼 소거 활성은 항산화활성 평가에서 가장 기본이 되는 평가 항목으로써, 활성산소 형태의 DPPH 라디

칼이 소거되어 라디칼 상태에서의 보라색이 라디칼이 소거되면 노란색으로 변색되는 원리를 이용해 측정하며, 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화 방지에 중요한 역할을 한다고 보고되어 있다(Kim과 Kim, 2015). 백미 누룩 첨가 고추장과 유색미 누룩 첨가 고추장의 DPPH 자유라디칼 소거 활성을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 시료구별 활성은 백미 누룩 첨가 고추장(K1)이 53.43%로 나타났고, 유색미 누룩 첨가 고추장인 K2-K6의 시료구는 71.31-79.63%로 K1시료구보다 약 20% 내외의 높은 활성을 보였다. 그 중 곰팡이 균주별 유색미 누룩 4종(*A. oryzae* 유색미 누룩(N2)+*A. kawachii* 유색미 누룩(N3)+*A. niger* 유색미 누룩(N4)+*P. candidum* 유색미 누룩(N5))을 혼합하여 제조한 고추장인 K6가 79.63%로 가장 높은 활성을 보였다. Yang 등(2015)은 유색미로 제조한 식혜의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 흑미 식혜가 84.25%였고, 적미 식혜(41.46%), 현미 식혜(25.44%), 녹미 식혜(11.90%)의 순이었고, 백미 식혜는 3.41%로 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서의 유색미 누룩을 첨가해 제조한 고추장의 경우 71.31-79.63%로 Yang 등(2015)이 보고한 유색미 식혜 시료구들과 비교해 DPPH 자유라디칼 소거 활성이 높은 수준이었다.

#### ABTS 라디칼 소거 활성

ABTS 라디칼 소거 활성의 측정 원리 또한 식품소재나 제조된 식품 중에 존재하는 항산화 물질과 결합해 색을 변화시키는 원리이고, 넓은 pH 범위에서 측정 가능하며, 수용성과 지용성 물질, 단일물, 추출물 등 다양한 조건에서 측정이 가능하다고 보고하고 있다(Choi 등, 2016). 제조된 고추장의 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 시료구별 ABTS 라디칼 소거 활성 또한 앞서 DPPH 자유 라디칼 소거

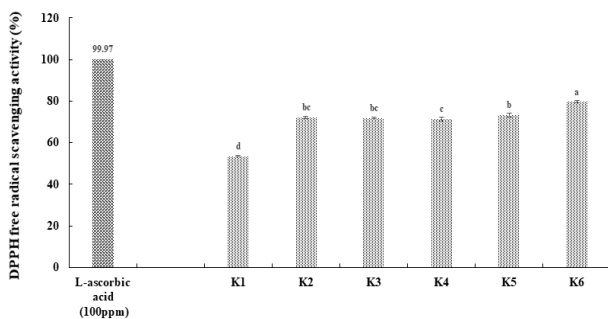


Fig. 4. DPPH free radical scavenging activity of 'Kochujang' made with various rice flour 'Nuruk'.

K1, 'Kochujang' made with N1; K2, 'Kochujang' made with N2; K3, 'Kochujang' made with N3; K4, 'Kochujang' made with N4; K5, 'Kochujang' made with N5; K6, 'Kochujang' made with N2+N3+N4+N5. All values are mean±SD (n=3). Values with different superscript letters in the same bar are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test (a>b>c>d).

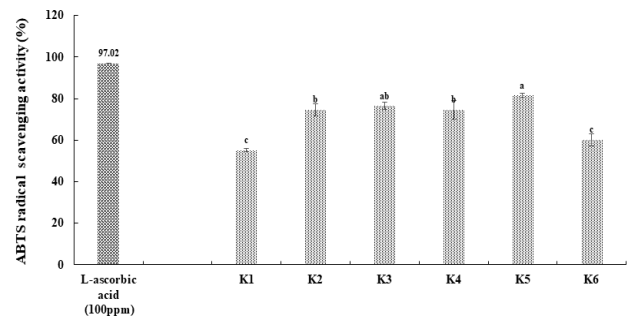


Fig. 5. ABTS radical scavenging activity of 'Kochujang' made with various rice flour 'Nuruk'.

K1, 'Kochujang' made with N1; K2, 'Kochujang' made with N2; K3, 'Kochujang' made with N3; K4, 'Kochujang' made with N4; K5, 'Kochujang' made with N5; K6, 'Kochujang' made with N2+N3+N4+N5. All values are mean±SD (n=3). Values with different superscript letters in the same bar are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test (a>b>c).

활성과 같이 유색미 누룩으로 제조한 고추장이 백미 누룩으로 제조한 고추장보다 전반적으로 높은 활성을 보였다. 그 중 *P. candidum* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K5)이 81.48%로 *A. oryzae* 백미 누룩으로 제조한 고추장(K1)의 55.18%와 비교해 약 25% 정도가 높은 활성을 보였다. Han 등(2021)은 백미 누룩 첨가 약주와 유색미 누룩 첨가 약주의 ABTS 라디칼 소거 활성이 39.59%와 74.29%였다고 보고하였다. 본 연구와 비교하면 백미 누룩을 첨가한 고추장의 경우, 55.18%로 백미 누룩 첨가 약주의 39.59%보다 높았고, 유색미 누룩 첨가 고추장은 비슷한 수준으로 확인되었다.

#### SOD 유사 활성

백미 누룩 첨가 고추장(K1)과 곰팡이 균주별 유색미 누룩 첨가 고추장 5종(K2-K6)의 SOD 유사 활성을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 시료구별 활성은 *A. oryzae* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K2)이 68.07%로 가장 활성이 높았고, *A. oryzae* 백미 누룩으로 제조한 고추장(K1)은 59.03%로 가장 낮은 활성을 보였지만 *A. kawachii* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K3)과 *P. candidum* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K5)과 유의적 차이가 없었다. 본 연구에서의 항산화 활성 측정 결과를 종합해 볼 때 일반적으로 항산화 활성에서 페놀화합물과 DPPH 및 ABTS 라디칼 제거능, SOD 유사 활성 간의 유의적인 상관성이 있다고 보고하고 있다(Jeon 등, 2008). 본 연구에서는 백미 누룩과 유색미 누룩으로 제조한 고추장의 활성에서는 명확히 유의적인 상관성을 보였지만, 각 유색미 누룩으로 제조된 고추장 간에는 유의적인 상관성이 낮게 나타났다. 이러한 결과는 곰팡이 균주별 유색미 누룩이 첨가되어 균주별 발효와 숙성과정에서 생성되는 2차 대사물질이 활성에 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다. 하지만 백미 누룩 첨가 고추



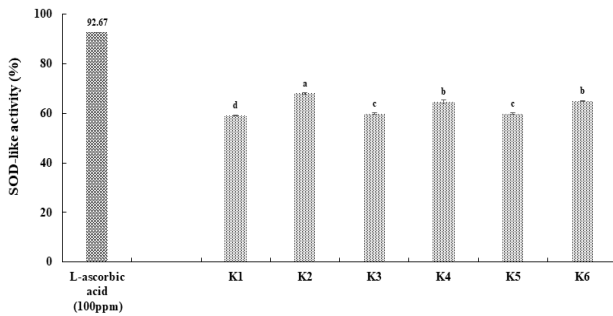


Fig. 6. SOD-like activity of 'Kochujang' made with various rice flour 'Nuruk'.

K1, 'Kochujang' made with N1; K2, 'Kochujang' made with N2; K3, 'Kochujang' made with N3; K4, 'Kochujang' made with N4; K5, 'Kochujang' made with N5; K6, 'Kochujang' made with N2+N3+N4+N5. All values are mean±SD (n=3). Values with different superscript letters in the same bar are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test ( $a > b > c > d$ ).

장과 비교해서는 명확하게 유색미 누룩 첨가 고추장의 활성이 더 높은 것을 확인할 수 있었다.

## 요 약

본 연구는 백미 쌀누룩 첨가 고추장(K1)과 곰팡이 균주별 유색미 누룩 첨가 고추장 5종(K2-K6)에 대해 숙성중의 아미노태 질소 함량 변화, 총세균수, texture 및 항산화활성을 비교하였고, 그 결과는 다음과 같다. 숙성이 완료된 고추장의 아미노태 질소 함량을 보면 백미 쌀누룩으로 담금한 고추장(K1)보다 유색미 쌀누룩으로 담금한 고추장 5종(K2-K6)이 모두 높게 나타났다. 숙성 중 고추장의 총 세균수는 제조 직후에는 8.08-8.89 log CFU/mL로 나타났고, 숙성 시작 90일째 또한 8.46-8.64 log CFU/mL로 큰 변화를 보이지 않았다. Texture 측정 결과, 탄성, 응집성과 검성에서 *P. candidum* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K5)이 가장 높은 값을 보였다. 총폴리페놀 함량 측정 결과는 *A. niger* 유색미 누룩을 첨가한 고추장(K4)과 *A. oryzae* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K2)이 각각 10.57 mg/g, 9.19 mg/g으로 높은 값을 보였고, 총플라보노이드 함량은 K2 시료구가 0.84 mg/g으로 가장 높았다. DPPH radical 소거능은 유색미 누룩 첨가 고추장인 K2-K6의 시료구가 71.31-79.63%로 K1시료구보다 약 20% 내외의 높은 활성을 보였다. ABTS 라디칼 소거 활성 또한 유색미 누룩으로 제조한 고추장이 백미 누룩으로 제조한 고추장보다 전반적으로 높은 활성을 보였다. SOD 활성은 K2 고추장이 68.07%로 가장 활성이 높았고, K1 고추장은 59.03%로 가장 낮은 활성을 보였지만 *A. kawachii* 유색미 누룩으로 제조한 고추장(K3)과 K5 고추장과 유의적 차이가 없었다. 본

연구 결과를 종합해 볼 때 새롭게 제조된 유색미 누룩 첨가 고추장이 기존에 활용되고 있는 백미 누룩 첨가 고추장과 비교해서 품질이 향상될 수 있음을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 순천대학교 교연비 사업에 의하여 연구된 것으로 이에 감사드립니다.

## Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

## ORCID

Hee-Won Lee <https://orcid.org/0000-0002-5675-2581>

Chang-Ki Huh <https://orcid.org/0000-0003-4456-8477>

## References

- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 29, 1199-1200 (1958)
- Cha EJ, Kim KJ. Study on the preparation of the saccharification 'Kochujang' with retrogradated starch food and changes in physiochemical properties during the aging. *J Korean Diet Assos*, 3, 23-29 (1997)
- Cho HY, Hong JH. Comparison of the quality characteristics of brown rice glutinous rice Gochujang with different enzymes. *J Korea Academia-Industrial Cooperation Soc*, 22, 49-55 (2021)
- Choi HS, Joo SJ, Yoon HS, Kim KS, Song IG, Min KB. Quality characteristic of Hwangki (*Astragalus membranaceus*) Chungkukjang during fermentation. *Korean J Food Preserv*, 14, 356-363 (2007)
- Choi MH, Kang JR, Kang MJ, Sim HJ, Lee CK, Kim GM, Kim DG, Shin JH. Quality Characteristics and antioxidant activity of soy sauce with added levels of black garlic extract. *Korean J Food Cook Sci*, 32, 188-196 (2016)
- Choi SH, Kim SM. Quality properties of fermented squid viscera product with *Aspergillus oryzae* koji and its seasoning. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 94-101 (2011)
- Florence CRF, Pascale MG, Jacques JN. Cystine as an

- inhibitor of enzymatic browning. 2. kinetic studies. *J Agric Food Chem*, 40, 2108-2113 (1992)
- Han HB, Lee HW, Kim BS, Kim CM, Woo HK, Jeong JH, Kim SM, Huh CK. Quality and antioxidant characteristics of 'Yakju' prepared with pigmented rice flour nuruk. *Korean J Food Preserv*, 28, 240-251 (2021)
- Hong JS, Kang BG, Jang YS, Kim SH, Wang ZQ, Park YH, Park JH, Lim SS. Studies on standardization of Licorice based on its active components with on-line HPLC bioassay system. *Korean J Plant Res*, 27, 401-414 (2014)
- Hou Z, Qin P, Zhang Y, Cui S, Ren G. Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics. *Food Res Int*, 50, 691-697 (2013)
- Jeon GU, Han JY, Choi YM, Lee SM, Kim HT, Lee JS. Antioxidant and antiproliferative activity of pepper (*Capsicum annuum* L.) leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 1079-1083 (2008)
- Jung KM, Jeong YJ. Analysis of the quality characteristics of Kochujang prepared using pastes from different peach varieties. *Korean J Food Preserv*, 25, 19-26 (2018)
- Kim DH, Lee JS. Effect of condiments on the physicochemical characteristics of traditional Kochujang during fermentation. *Korean J Food Sci Technol*, 33, 353-360 (2001)
- Kim HY, Park ML, Kim DS, Choi SK. Quality characteristics of modified Kochujang made with tofu powder instead of Meju powder. *Korean J Culinary Research*, 18, 293-304 (2012a)
- Kim MH, Kim DS. A quality analysis of low-salted red chilli seed powder added Kochujang. *Korean J Culinary Research*, 21, 195-205 (2015)
- Kim MY, Park HY, Lee YY, Lee BW, Kim MH, Lee JY, Lee JH, Kang MS, Koo BC, Kim HJ. Antioxidant and anti-adipogenic effects of colored and brown rice extracts depending on cultivar. *Korean J Food Nutr*, 33, 149-158 (2020)
- Kim YJ, Choi YH, Park SY, Choi HS, Jeong ST, Kim EM. Quality characteristics of Kochujang with different ratios of Rice-Nuruk. *Korean J Community Living Sci*, 23, 334-339 (2012b)
- Koh SM, Kim HS, Cho YC, Kang SG, Kim JM. Preparation and physicochemical characteristics of abalone meat aged in Kochujang. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 773-779 (2009)
- Kwon NR, Yoon HS, Kim IJ, Hong ST, Kim SY, Gil NY, Han NS, Eom HJ. Quality characterization of red bean Gochujang prepared with different ratios of Meju. *Korean J Food Nutr*, 31, 751-759 (2018)
- Lee BH, Nam TG, Cho CH, Cho YS, Kim DO. Functional and sensory characteristics of kiwifruit Jangachi cured with traditional Korean sauces, Doenjang and Kochujang. *Korean J Food Sci Technol*, 50, 238-243 (2018)
- Lee CG, Na JH, Park SJ, Jeong JH, Kim CM, Kim BS, Han HB, Huh CK. Quality characteristics of Makgeolli made with non-steamed rice flour Nuruk by various fungal strains. *Korean J Food Preserv*, 26, 496-504 (2019)
- Lee HH, Lee JH, Ko YJ, Park MH, Lee JO, Ryu CH. Changes in allergenicity and quality of Nuruk during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 76-82 (2009)
- Lee HW, Han HB, Kim BS, Kim CM, Woo HG, Jeong JH, Kim SM, Huh CK. Quality characteristics of Kochujang made with pigmented rice flour Nuruk by various fungal strains during aging. *Korean J Food Preserv*, 27, 694-703 (2020)
- Lee S, Jo JH, Yoo SM, Park BR, Han HM, Kim HY. Evaluation of quality characteristics for Gochujang produced by small- and medium-scale manufacturers. *Korean J Food Sci Technol*, 46, 309-314 (2014)
- Marklund S, Marklund G. Involvement of superoxide aminoradical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem*, 47, 468-474 (1974)
- Oh HI, Shon SH, Kim JM. Changes in microflora and enzyme activities of Kochujang prepared with *Aspergillus oryzae*, *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces rouxii* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol*, 32, 410-416 (2000)
- Park BH, Jeon ER, Kim SD, Cho HS. Cooking quality characteristics of cooked rice of YenipSambab with pigmented rice. *Korean J Food Preserv*, 19, 185-192 (2012)
- Park MK, Lee JM, Park CH. Comparisons on the quality characteristics of pigmented rice CholPyon with those of brown and white rice. *Korean J Soc Food Cookery Sci*, 18, 471-475 (2002)

- Park WP, Cho SH, Lee SC, Kim SY. Changes of characteristics in Kochujang fermented with Maesil (*Prunus mume*) powder or concentrate. Korean J Food Preserv, 14, 378-384 (2007)
- Park YH, Lee SM. Quality characteristics of Gochujang sauce containing various amount of *Laminaria japonica* L. water extracts. J East Asian Soc Diet Life, 29, 493-500 (2019)
- Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim MS, An EY. Physicochemical characteristics of traditional Kochujang prepared with various raw materials. Korean J Food Sci Technol, 29, 907-912 (1997)
- Yang JW, Kim YE, Lee KH. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of Sikhye made with pigmented rice. J East Asian Soc Dietary Life, 25, 830-841 (2015)
- Yim EJ, Jo SW, Jeong DY. Physicochemical and functional properties of Gochujang with fermented tomato products. Korean J Food Sci Technol, 52, 183-190 (2020)
- Yoo MY, Jung KH, Yang JY. Quality characteristics of traditional Kochujang adding pear juices during fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr, 34, 1226-1231 (2005)