



## Physicochemical properties of aromatic rice prepared using different milling recoveries and roasting procedures

Dae-Hoon Lee<sup>1</sup>, Hye-Mi Park<sup>1</sup>, Jun-Hyeon Cho<sup>2</sup>, Woo-Duck Seo<sup>3</sup>, Joo-Heon Hong<sup>1</sup>, Kwang-Sup Youn<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Daegu Catholic University, Gyeongsan 38430, Korea

<sup>2</sup>Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea

<sup>3</sup>Crop Foundation Division, NICS, Wanju 55365, Korea

<sup>4</sup>Institute of Food Science and Technology, Daegu Catholic University, Gyeongsan 38430, Korea

### 도정률 및 로스팅 조건에 따른 향미벼의 이화학적 품질특성

이대훈<sup>1</sup> · 박혜미<sup>1</sup> · 조준현<sup>2</sup> · 서우덕<sup>3</sup> · 홍주현<sup>1</sup> · 윤광섭<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>대구가톨릭대학교 식품공학전공, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부,

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과, <sup>4</sup>대구가톨릭대학교 식품과학연구소

#### Abstract

In this study, the physicochemical properties of aromatic rice prepared using different milling recoveries and roasting procedures were investigated. As a result, we found that the L value of different milling recoveries of aromatic rice (BA-1, BA-2, BA-4, and BA-6) increased as the aromatic rice (BA-0) decreased, while the a and b values decreased as the different milling recoveries increased. The major contributors to the different milling recoveries of aromatic rice were total polyphenol (28.11-33.84 mg/100 g), amylose (24.97-31.06 mg/100 g), total starch (68.27-73.04%) content. In addition, three different roasting methods were applied; the aromatic rice was roasted at 250 °C for 0 min (BAR-0M), 15 min (BAR-15M), or 30 min (BAR-30M). As a result, the color in terms of the L value decreased, whereas the a and b values increased. Also, the total phenolic and flavonoid contents in BAR-30M (41.65 mg/100 g and 22.30 mg/100 g, respectively) were higher than those in BAR-0M (33.00 mg/100 g and 20.78 mg/100 g, respectively). Similarly, the amylose and total starch contents in BAR-30M (26.10 g/100 g and 81.81%, respectively) were higher than those in BAR-0M (22.10 g/100 g and 74.26%, respectively). Furthermore, the DPPH, superoxide radical scavenging activity, and ferric reducing antioxidant potential of BAR-0M at 5,000 µg/mL were found to be 67.78%, 52.90%, and 0.79 mM, respectively. Based on these results, we can conclude that in order to provide the best physicochemical characteristics of aromatic rice, it should be manufactured in the following conditions: 20% milling recovery of the aromatic rice and roasting at 250 °C for 30 min.

**Key words :** aromatic rice, milling recovery, roasting, physicochemical properties, antioxidant activities

#### 서 론

식생활의 고급화 및 다양화와 쌀 시장 개방으로 인해

매년 쌀 소비량이 감소하고 있어 농촌의 사회적 및 경제적 문제점이 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해서는 쌀을 에너지 공급원의 기능뿐만 아니라 생리활성이 풍부하고 맛 및 향이 우수한 품종 개발 및 가공기술이 개발되어야 한다 (1). 그 중 향미는 인도, 남미, 유럽 및 북동아시아 등에서 재배하고 있으며 자스민 및 옥수수수과 같은 다양한 향을 가지고 일반미와 비교하면 고부가가치 쌀로 알려져 있다 (2). 그러나, 향미의 다양한 향 및 색을 가지는 품종 개발 및 유전적 연구는 이루어지고 있으나 가공 기술에 관한

\*Corresponding author. E-mail : ksyoun@cu.ac.kr

Phone : 82-53-850-3209, Fax : 82-53-850-3209

Received 6 April 2018; Revised 23 April 2018; Accepted 23 April 2018.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

연구는 부족한 실정이다(3,4).

쌀의 껍질 부분을 제거한 현미는 도정률이 높은 백미에 비교하여 vitamin B, 지방 및 단백질이 풍부하고 식이섬유 함량도 우수하기 때문에 현미를 백미로 도정할 때 도정률이 높아질수록 양적 감소와 호분층에 다량 함유된 각종 영양분의 감소가 동시에 발생하게 된다(5). 또한, 우리나라의 경우 쌀은 주식인 밥으로 주로 이용되며 가공품으로서 떡 및 한과 등으로 이용되고 있어 영양물질의 손실 최소화와 현대인의 미각에 맞는 적절한 도정 가공을 통해 기호성을 향상할 수 있어야 한다(6).

향미의 생리활성을 향상시키기 위한 로스팅 처리는 식품의 화학적 성분 조정, 물리적 성질, 색, 향기 및 조직감 등과 같은 다양한 품질에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(7,8). 이러한 열처리 가공 기술은 식품의 저장 수명을 연장하고 생리활성을 향상시키기 위한 목적으로 이용되어 왔다. 또한, 열처리가 일어나는 동안 식물체 내의 이화학적 변화에 의하여 페놀성 화합물이 증가된다는 연구결과가 보고되어 있으며, 증가된 총 폴리페놀 함량은 항산화 활성과 양의 상관 관계가 있음이 보고된 바 있다(9). 따라서, 향미의 품종에 따라 폴리페놀 및 전분이 결합되어 있는 방식이 다르므로 열처리 조건에 따라 생리활성 성분 및 효과가 달라지므로 효율적인 열처리 방법의 연구가 필요하다(10).

따라서 본 연구에서는 향미의 식품 가공용 소재로의 활용을 위해 도정도별 시료를 제조한 다음 이화학적 특성을 확인 하였으며, 생리활성 향상을 위해 로스팅 조건을 다르게 하여 이화학적 품질특성 및 항산화 활성에 대하여 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 향미벼(북경미)는 국립식량과학원 남부작물부에서 2016년도 수확한 시료를 제공받아 본 실험에 사용하였다. 제공 받은 향미벼는 이물질을 제거한 다음 4℃에 냉장 보관하면서 도정 및 로스팅 실험에 사용하였다.

### 시료 제조

향미벼 500 g을 도정기(RSKM-5B, Tohoku Satake CO., Iwate-ken, Japan)로 도정하여 시료를 제조 하였으며, 도정률별 시료는 수율을 기준으로 도정 무처리(BA-0), 도정률별 10%(BA-1), 20%(BA-2), 40%(BA-4) 및 60%(BA-6)를 각각 제조 하였다. 로스팅 처리는 도정된 향미 500 g을 교반기가 장착된 자동 전기 볶음기(THDRE-01, Taehwan automation Ind, Bucheon, Korea)로 250℃에서 로스팅 무처리(BAR-0M), 로스팅 15분(BAR-15M) 및 30분(BAR-30M)간 처리 하여

제조하였다. 색도, 아밀로오스 및 전분 함량 분석에 사용된 시료는 위의 방법으로 제조된 시료를 사용하였다. 그외의 분석에 사용된 시료는 70% 에탄올에 시료 30 g을 첨가하고 95℃에서 5시간 동안 환류냉각추출기(CA-1112, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 추출 후 감압농축기(Model N-1N, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 농축하였으며, 동결건조(FreeZone 2.5, Labconco Co, Kansas city, MO, USA)하여 -70℃ 이하의 압소에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

### 색도 측정

향미의 색도 측정은 표준색도가  $Y=94.5$ ,  $a=0.18$ ,  $b=0.32$ 로 보정된 색차계(Chromameter CR400, Minolta Co, Osaka, Japan)를 사용하여, 밝기를 나타내는 L(lightness), 적색도를 나타내는 a(redness), 황색도를 나타내는 b(yellowness) 값을 측정하였으며, 색차  $\Delta E$ 는 무처리 구간을 대조구로 하여 아래와 같이 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

### 갈색도 및 탁도

갈색도 및 탁도는 시료 2.5 g에 증류수 50 mL를 가한 다음 실온에서 3시간 동안 교반하였다. 교반(BS-31, Jeio Tech., Daejeon, Korea) 후 원심분리(3,000 ×g, 30분)하여 상층액을 얻은 다음 420 nm 및 590 nm에서 흡광도(Ultraspex 2100pro, Amersham Co., Uppsala, Sweden)를 측정하였다.

### 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 함량은 Singleton법(11)에 따라 시료 1 mL에 1 N Folin Ciocalteu(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) reagent 1 mL를 혼합하여 반응 시킨 후 20% sodium carbonate 1 mL를 첨가하고 실온의 압소에서 30분간 반응시킨 다음 725 nm에서 흡광도(Ultraspex 2100pro, Biochrom Ltd.)를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 정량하여 작성한 표준곡선으로부터 계산하였다.

총 플라보노이드 함량은 Davis(12)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 1 mL에 5% sodium nitrite 150 μL를 혼합하여 실온에서 6분간 반응 시킨 후 10% aluminium chloride 300 μL를 첨가하고 실온에서 5분간 반응 시킨 다음 1 N NaOH 1 mL와 혼합한 후 510 nm에서 흡광도(Ultraspex 2100pro, Biochrom Ltd.)를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 rutin(Sigma-Aldrich Co.)을 정량하여 작성한 표준곡선으로부터 계산하였다.

### 아밀로오스 함량 측정

아밀로오스 함량은 Williams 등(13)의 방법에 의해 측정

하였다. 시료 0.1 g에 95% ethanol 1 mL과 1 N NaOH 9 mL를 첨가하여 분산시키고, 진탕 향온수조(BS-31, Jeio Tech.)에 넣어 100°C에서 10분 동안 반응시켰다. 반응용액 5 mL를 취하고 1 N acetic acid 1 mL와 iodine-potassium iodine 용액(w/v) 2 mL를 첨가한 후 증류수를 이용하여 100 mL가 되도록 정용하였으며, 30분 동안 방치한 다음 620 nm에서 흡광도(Ultaspec-2100pro, Amersham Co.)를 측정하였다. 아밀로오스함량은 amylose from potato(Sigma-Aldrich Co.)를 정량하여 작성한 표준곡선으로부터 계산하였다.

### 전분함량

전분함량은 total starch kit(Megazyme international Ireland Ltd., Wicklow, Ireland)를 이용하여 제조사의 지침에 따라 측정하였다. 시료 0.1 g에 80% 에탄올 0.2 mL를 가한 다음, 열에 안정한  $\alpha$ -amylase 3 mL를 가하여 교반 후 끓는 물에서 6분간 반응시켰다. 실온에서 50°C로 냉각 시킨 후 amyloglucosidase 0.1 mL를 가하여 교반한 다음 50°C water bath에서 30분간 반응한 다음 시료를 100 mL로 정용한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리된 상등액 0.1 mL를 취하여 (D-Glucose Assay Kit)GOPOD 용액 3 mL를 가하고 50°C에서 20분간 발색시킨 다음 510 nm에서 흡광도(Ultaspec- 2100pro, Amersham Co.)를 측정하였다. 전분 함량은 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{Starch}(\%) = \Delta A \times F / W \times FV \times 0.9$$

$\Delta A$  : absorbance

F : 100  $\mu$ g of D-glucose/absorbance for 100  $\mu$ g of D-glucose

W : weight of sample

FV : final volume

### DPPH radical 소거활성

DPPH radical 소거활성 측정은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma-Aldrich Co.)의 환원력을 이용하여 측정하였다(14). 5 mg/mL 농도로 희석한 시료 1 mL에  $4 \times 10^{-4}$  M DPPH 용액(99.9% ethyl alcohol에 용해) 1 mL를 가하여 총액의 부피가 2 mL가 되도록 하였다. 이 반응액을 약 10초간 혼합하고 실온에서 30분 방치한 다음 525 nm에서 흡광도(Ultaspec 2100pro, Amersham Co.)를 측정하였으며, DPPH radical 소거활성은 시료의 첨가 전과 후의 차이를 아래와 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH Radical scavenging activity}(\%) = \left(1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{control absorbance}}\right) \times 100$$

### Superoxide radical 소거활성

Superoxide radical 소거 활성은 Nishikimi 등(15)의 방법

에 따라 다음과 같이 측정하였다. 시료 500  $\mu$ L에 0.1 M Tris-HCl 완충용액(pH 8.5) 100  $\mu$ L, 100  $\mu$ M phenazine methosulfate(PMS, Sigma-Aldrich Co.) 200  $\mu$ L를 혼합하여 반응 시킨 후 500  $\mu$ M nitro blue tetrazolium(NBT, Sigma-Aldrich Co.) 200  $\mu$ L 및 500  $\mu$ M  $\beta$ -nicotinamide adenine dinucleotide(NADH, Sigma-Aldrich Co.) 400  $\mu$ L를 첨가하여 실온에서 10분간 반응시킨 다음 560 nm에서 흡광도(Ultaspec 2100pro, Biochrom Ltd.)를 측정하였다. Superoxide radical 소거활성은 향미의 첨가 전과 후의 차이를 아래와 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{Superoxide radical scavenging activity}(\%) = \left(1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{control absorbance}}\right) \times 100$$

### FRAP

Ferric reducing antioxidant potential(FRAP)법에 의한 환원력은 Benzie와 Strain(16)의 방법에 따라 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine, Sigma-Aldrich Co.) 용액 및 20 mM  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich Co.)를 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 혼합하여 37°C의 수욕상에서 가온한 것을 FRAP 기질 용액으로 사용하였다. 96-well plate에 5 mg/mL 농도로 희석한 시료액 25  $\mu$ L와 FRAP 기질액 175  $\mu$ L를 차례대로 혼합하여 37°C에서 4분간 반응 시킨 후 microplate reader(UVM-340, ASYS Co.)를 사용하여 590 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 통계 처리

실험결과는 3회 반복실험의 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었고 SPSS(19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 각 측정 평균값의 유의성( $p < 0.05$ )은 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 도정률별 향미의 이화학적 특성

향미의 도정률별 이화학적 특성은 Table 1에 나타내었다. 색도는 무처리(BA-0) 구간에서 L 값, a 값 및 b 값이 각각 81.76, 1.20, 13.10을 나타내었으며, 도정(BA-1, BA-2, BA-4, BA-6)구간에서는 도정률이 증가함에 따라 L 값(81.63-85.10)은 증가하고 a 값(1.09-0.29) 및 b 값(12.90-10.42)은 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 무처리를 기준으로  $\Delta E$  값은 BA-1에서 0.26으로 가장 낮고 BA-6에서 4.38로 가장 높게 나타나 도정률이 증가할수록 색의 변화가 증가하였다. 도정률별 갈색도와 탁도는 도정률이 증가함에 따라 각각 0.32-0.40 및 0.15-0.26을 나타내어 무처리 구간 각각

**Table 1. Hunter's color, browning degree and turbidity of aromatic rice prepared with different milling recovery**

| Samples <sup>1)</sup> | Hunter's color value     |                        |                          | $\Delta E$             | Browning degree (A420) | Turbidity (A590)       |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                       | L                        | a                      | b                        |                        |                        |                        |
| BA-0                  | 81.76±0.71 <sup>2)</sup> | 1.20±0.11 <sup>a</sup> | 13.10±0.35 <sup>a</sup>  | -                      | 0.55±0.03 <sup>a</sup> | 0.42±0.03 <sup>a</sup> |
| BA-1                  | 81.63±0.33 <sup>c</sup>  | 1.09±0.05 <sup>c</sup> | 12.90±0.12 <sup>ab</sup> | 0.26±0.04 <sup>b</sup> | 0.40±0.01 <sup>b</sup> | 0.26±0.1 <sup>b</sup>  |
| BA-2                  | 82.27±0.07 <sup>c</sup>  | 0.91±0.06 <sup>b</sup> | 12.57±0.01 <sup>b</sup>  | 0.79±0.13 <sup>b</sup> | 0.39±0.01 <sup>b</sup> | 0.22±0.00 <sup>c</sup> |
| BA-4                  | 84.05±0.17 <sup>b</sup>  | 0.53±0.09 <sup>c</sup> | 11.02±0.32 <sup>c</sup>  | 3.17±0.34 <sup>c</sup> | 0.36±0.01 <sup>c</sup> | 0.20±0.00 <sup>c</sup> |
| BA-6                  | 85.10±0.40 <sup>a</sup>  | 0.29±0.04 <sup>d</sup> | 10.42±0.18 <sup>d</sup>  | 4.38±0.40 <sup>d</sup> | 0.32±0.01 <sup>d</sup> | 0.15±0.01 <sup>d</sup> |

<sup>1)</sup>BA-0, Aromatic rice; BA-1, 10% milling recovery of aromatic rice; BA-2, 20% milling recovery of aromatic rice; BA-4, 40% milling recovery of aromatic rice; BA-6, 60% milling recovery of aromatic rice.

<sup>2)</sup>The values are means±SD of three experimental data. Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

0.55 및 0.42에 비해 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 Park 등의(17)의 제조조건에 따른 현미쌀가루의 품질특성에서 도정에 의해 L 값은 높고 a 값 및 b 값은 낮게 나타난다고 보고하였으며, Kim 등(18)의 도정도에 따른 쌀의 칼라 모델링 연구에서 색도에서 0-20% 범위에서 도정 후 L 값은 증가한다고 보고하여, 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내다. 이는 향미의 도정 중 미강층이 감소하고 전분 배유층이 나타남에 따라 색의 변화가 나타난 것으로 사료된다.

#### 도정률별 향미의 폴리페놀, 아밀로오스 및 전분 함량

향미 도정률에 따른 총 폴리페놀, 아밀로오스 함량 및 전분 함량은 Table 2에 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 무처리 구간에서 35.53 mg/100 g을 나타내었으나, 도정률이 증가함에 따라 28.11-33.84 mg/100 g으로 함량이 감소하였다. 이는 Kim 등(19)의 품종 및 도정도별 총 폴리페놀 함량 연구에서 도정률이 증가함에 총 폴리페놀 함량은 유의적으로 감소되었으며, Chang 등(20)도 도정률이 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 감소한다고 보고하였다. 향미의 주요 페놀산은 대부분 pericarp와 aleurone layer을 포함한 왕겨층 및 미강층에 분포하고 있으며, 페놀산은 주로 식물 세포벽에 arabinoxylan에 ester 결합으로 존재하거나 lignan

에 ester 및 ether 결합 상태로 존재하므로 이들 성분의 효율적인 이용을 위한 도정률 선정은 중요한 것으로 판단된다(21). 아밀로오스 함량 및 전분함량의 경우에는 무처리 구간에서 23.02 g/100 g 및 64.24%를 나타내었으며, 도정률이 증가함에 따라 24.97-31.06 g/100 g 및 68.27-73.04%으로 아밀로오스 및 전분 함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 아밀로오스 함량은 쌀의 조리특성과 밥의 조직감이나 팽택 등 기호도를 결정하는 가장 중요한 인자라고 보고되어 있으며(22), Lee 등(23)은 무농약 재배 쌀의 특성 비교 연구에서 전분함량은 도정에 의해 감소하였으며, 이는 단백질, 지방질, 회분 및 식이섬유 등이 감소하여 상대적으로 전분 함량이 증가한 것으로 보고하였다. 따라서, 향미의 품질특성이 감소되지 않는 20% 도정률 구간을 선정하여 향 후 실험을 진행하였다.

#### 로스팅 향미의 이화학적 특성

향미의 로스팅 조건에 따른 이화학적 특성은 Table 3에 나타내었다. 로스팅 조건에 따른 색도는 향미 도정 후 로스팅 무처리(BAR-0M) 구간에서 L 값, a 값 및 b 값이 각각 83.53, 0.66, 11.61을 나타내었으며, 도정 후 로스팅 구간(BAR-15M 및 BAR-30M)에서는 로스팅 시간이 증가함에 따라 L 값(80.44-82.21)은 감소하고 a 값(0.79-1.48) 및 b 값(12.62-16.11)은 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 무처리를 기준으로 본  $\Delta E$  값은 BAR-30M에서 5.53으로 가장 높게 나타나 로스팅 시간이 증가할수록 색의 변화가 증가하였다. 로스팅 조건별 갈색도와 탁도는 로스팅 시간이 증가함에 따라 각각 1.94-1.95 및 1.42-1.50를 나타내어 무처리 구간 각각 1.88 및 1.30에 비해 갈색도 및 탁도는 증가하는 경향을 나타내었다. Ko 등의(24)의 볶음시간에 따른 수수의 이화학적 특성 연구에서 볶음 시간이 증가할수록 L 값은 감소하고 a 값 및 b 값은 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였으며, 이는 향미의 로스팅 과정에서 maillard 반응에 의해 melanoidin 생성량 증가로 갈색도가 증가하는 것으로 알려져있다. 또한, 로스팅에 의한 향미의 조직 변화로 불용성 전분의 용출이 증가하여 탁도가 증가하는 것으로 보고되어 있다(25).

**Table 2. Total polyphenol, and amylose and total starch of aromatic rice prepared with different milling recovery**

| Samples <sup>1)</sup> | Total polyphenol (mg/100 g) | Amylose content (g/100 g) | Total starch (%)        |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| BA-0                  | 35.53±0.42 <sup>2)</sup>    | 23.02±0.21 <sup>d</sup>   | 64.24±0.43 <sup>c</sup> |
| BA-1                  | 33.84±0.26 <sup>b</sup>     | 24.97±0.03 <sup>c</sup>   | 68.27±0.40 <sup>d</sup> |
| BA-2                  | 33.00±0.35 <sup>b</sup>     | 25.54±0.09 <sup>b</sup>   | 70.46±0.27 <sup>c</sup> |
| BA-4                  | 30.57±0.02 <sup>c</sup>     | 25.57±0.03 <sup>b</sup>   | 71.29±0.35 <sup>b</sup> |
| BA-6                  | 28.11±0.10 <sup>d</sup>     | 31.06±0.36 <sup>a</sup>   | 73.04±0.66 <sup>a</sup> |

<sup>1)</sup>BA-0, Aromatic rice; BA-1, 10% milling recovery of aromatic rice; BA-2, 20% milling recovery of aromatic rice; BA-4, 40% milling recovery of aromatic rice; BA-6, 60% milling recovery of aromatic rice.

<sup>2)</sup>The values are means±SD of three experimental data. Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

**Table 3. Hunter's color, browning degree and turbidity of aromatic rice prepared with roasting**

| Samples <sup>1)</sup> | Hunter's color value     |                        |                         | $\Delta E$             | Browning degree (A420) | Turbidity (A590)       |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                       | L                        | a                      | b                       |                        |                        |                        |
| BAR-0M                | 83.53±0.43 <sup>2)</sup> | 0.66±0.03 <sup>b</sup> | 11.61±0.20 <sup>c</sup> | -                      | 1.88±0.00 <sup>c</sup> | 1.30±0.00 <sup>c</sup> |
| BAR-15M               | 82.21±0.26 <sup>b</sup>  | 0.79±0.05 <sup>b</sup> | 12.62±0.18 <sup>b</sup> | 1.25±0.28 <sup>b</sup> | 1.94±0.01 <sup>b</sup> | 1.42±0.00 <sup>b</sup> |
| BAR-30M               | 80.44±0.31 <sup>c</sup>  | 1.48±0.10 <sup>a</sup> | 16.11±0.41 <sup>a</sup> | 5.53±0.50 <sup>a</sup> | 1.95±0.00 <sup>a</sup> | 1.50±0.01 <sup>a</sup> |

<sup>1)</sup>BAR-0M, 20% milling recovery of aromatic rice; BAR-15M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 15 min; BAR-30M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 30 min.

<sup>2)</sup>The values are means±SD of three experimental data. Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

**로스팅 향미의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, 아밀로오스 및 전분 함량**

향미 로스팅 조건에 따른 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, 아밀로오스 및 전분 함량은 Table 4에 나타내었다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 무처리 구간에서 33.00 mg/100 g 및 20.78 mg/100 g을 나타내었으나, 로스팅 시간이 증가함에 따라 37.41-41.65 mg/100 g 및 21.93-22.30 mg/100 g으로 함량이 증가하였다. Kwan 등(25)은 열처리 온도에 따른 현미 에탄올 추출물의 항산화 성분 및 활성 변화 연구에서 고온에서 현미를 볶음(180°C)처리 하는 동안 아미노산, 당 및 펩타이드 성분들이 maillard 반응으로 총 폴리페놀 및 페놀 유사 화합물들을 생성하여 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가한다고 보고하였다.

향미 로스팅 조건에 따른 아밀로오스 및 전분 함량 변화는 로스팅 처리를 통해 각각 25.06-26.10 g/100 g 및 76.38-81.81%를 나타내어 무처리 구간 22.10 g/100 g 및 74.26% 비해 전반적으로 함량이 증가하였으며, 특히, 로스팅 30분 처리 구간에서 가장 높은 함량 증가를 나타내었다. 이는 Lee(26)의 잡곡류를 가열처리한 다음 아밀로오스 및 전분 함량이 증가하였으며, 이러한 전분 함량의 증가는 식품의 색, 조직, 촉감, 식품 성분의 유리방지 및 풍미 개선에 도움이 되는 것으로 보고되어 있다(27).

**Table 4. Total polyphenol, total flavonoid, amylose and total starch of aromatic rice prepared with roasting**

| Samples <sup>1)</sup> | Total polyphenol content (mg/100 g) | Total flavonoid (mg/100 g) | Amylose content (g/100 g) | Total starch (%)        |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| BAR-0M                | 33.00±0.35 <sup>2)</sup>            | 20.78±0.36 <sup>b</sup>    | 22.10±0.25 <sup>c</sup>   | 74.26±0.90 <sup>c</sup> |
| BAR-15M               | 37.41±0.41 <sup>b</sup>             | 21.93±0.38 <sup>a</sup>    | 25.06±0.22 <sup>b</sup>   | 76.38±0.41 <sup>b</sup> |
| BAR-30M               | 41.65±0.27 <sup>a</sup>             | 22.30±0.27 <sup>a</sup>    | 26.10±0.29 <sup>a</sup>   | 81.81±0.48 <sup>a</sup> |

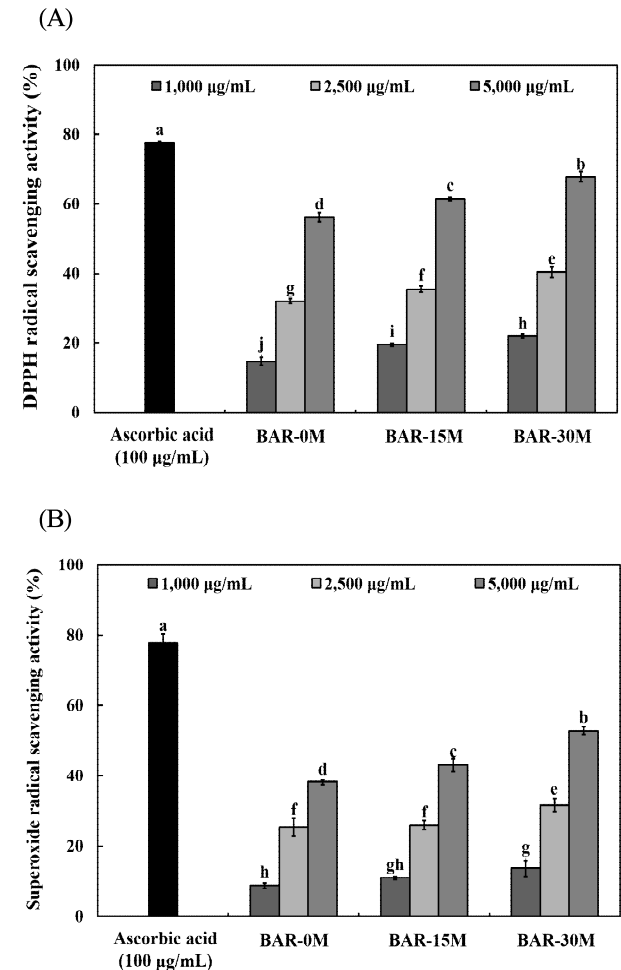
<sup>1)</sup>BAR-0M, 20% milling recovery of aromatic rice; BAR-15M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 15 min; BAR-30M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 30 min.

<sup>2)</sup>The values are means±SD of three experimental data. Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

**로스팅 향미의 항산화 활성**

로스팅 조건에 따른 향미의 항산화 활성을 확인하기 위

해 DPPH 및 superoxide radical 소거활성 및 ferric reducing antioxidant potential(FRAP)를 1,000-5,000 µg/mL 농도에서 측정 한 결과는 Fig. 1 및 2와 같다. 로스팅 처리 구간의 DPPH 및 superoxide radical 소거활성은 5,000 µg/mL 농도에서 각각 61.56-67.78% 및 43.14-52.90%를 나타내어 무처리



**Fig. 1. DPPH radical scavenging (A) and superoxide radical scavenging (B) of aromatic rice prepared with different roasting.**

BAR-0M, 20% milling recovery of aromatic rice; BAR-15M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 15 min; BAR-30M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 30 min.

Means with different letters above the bars are significantly different (p<0.05).

구간 56.25% 및 38.19%에 비해 우수한 항산화 활성을 나타내었다. 또한, FRAP 활성에서도 로스팅 처리 구간에서 0.72-0.79 mM을 나타내어 무처리 구간 0.65  $\mu$ M에 비해 우수한 항산화 활성을 나타내었으며, 특히, 로스팅 30분 처리 구간에서 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다. 이는 향미에 함유되어 있는 페놀 성분 함량이 항산화 활성을 나타내는 중요한 척도로 알려져 있으며(28), Lee 등(29)의 볶음 및 침출 조건에 따른 발아 벼차의 항산화 활성 연구에서 볶음 시간이 증가할수록 총 페놀 함량의 증가에 의해 높은 항산화 활성을 나타낸다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한, kiligaya 등(30)의 갈색화 반응 물질인 melanoidin에 의한 항산화력과 항산화 활성은 갈색도와 비례관계에 있다고 보고되어 있다. 따라서, 향미는 도정 후 로스팅에 의한 갈색화, 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 증가에 의해 항산화 활성이 증진된 것으로 사료된다.

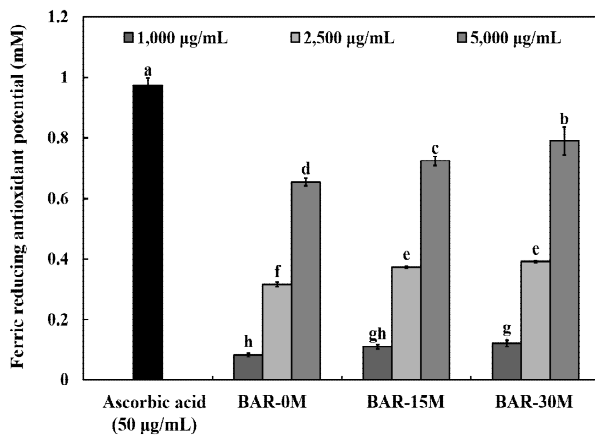


Fig. 2. Ferric reducing antioxidant potential of aromatic rice prepared with different roasting.

BAR-0M, 20% milling recovery of aromatic rice; BAR-15M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 15 min; BAR-30M, 20% milling recovery aromatic rice prepared with roasting for 30 min.

Means with different letters above the bars are significantly different ( $p < 0.05$ ).

## 요 약

향미의 도정률에 따른 색도는 도정률이 증가할수록 L 값은 증가하고 a 값 및 b 값은 감소하였으며, 갈색도 및 탁도는 감소하는 경향을 나타내었다. 총 폴리페놀, amylose 및 전분 함량은 도정률이 증가할수록 각각 28.11-33.84 mg/100 g, 24.97-31.06 mg/100 g 및 68.27-73.04%로 폴리페놀은 감소하고 아밀로오스 및 전분 함량은 증가하였다. 향미의 품질 향상을 위한 로스팅 처리는 시간이 증가할수록 L 값은 감소하고 a 값 및 b 값은 증가하였다. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 로스팅 처리 구간에서 각각 37.41-41.65 mg/g 및 21.93-22.30 mg/g으로 무처리 구간

33.00 mg/g 및 20.78 mg/g보다 전반적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 아밀로오스 및 전분 함량 또한 로스팅 처리를 통해 25.06-26.10 g/100 g 및 76.38-81.81%로 무처리구에 비해 증가하였다. DPPH 및 superoxide radical 소거활성 및 FRAP에서는 로스팅 처리한 향미벼에서 61.56-67.78%, 43.14-52.90% 및 0.72-0.79 mM을 나타내어 무처리 구간보다 높은 소거활성을 나타내었다. 이상의 결과에서, 향미를 20% 도정한 다음 30분 로스팅 처리로 인해 가공적성 및 항산화 활성이 증진되어 식품가공용 소재로 다양하게 활용 가능할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2017년도 농촌진흥청 어젠다사업(과제번호: PJ011647)의 연구비 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

- Seo SJ, Choi YG, Lee SM, Kong SH, Lee JS (2008) Antioxidant activities and antioxidant compounds of specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 129-135
- Kim JS, Park OS, Ahn SN, Lee JR, Gwag JG, Kim TS, Lee SY (2008) Quantification of 2-acetyl-1-pyrroline from the aroma rice germplasm by gas chromatography. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 516-521
- De Kimpe NG, Stevens CV, Keppens MA (1993) Synthesis of 2-acetyl-1-pyrroline, the principal rice flavor component. *J Agric Food Chem*, 41, 1458-1461
- Kim CY, Lee JC, Kim YH, Pyon JY, Lee SG (1999) Volatile flavor components of scent, colored, and common rice cultivars in Korea. *Korean J Crop Sci*, 44, 181-185
- Lee JG, Im MH (2013) Effect of processing treatment on physicochemical characteristics of brown rice varieties with different amylose content. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 613-618
- Han GJ, Lee HY, Park HJ, Park YH, Cho YS (2007) Cooking technique development to improve the taste of cooked rice: A consumer survey on purchasing rice and cooked rice consumption. *Korean J Food Cookery Sci*, 23, 452-460
- Park JH, Han JS, Choi HK (1999) Effect on quality of pan-fired green tea by 1st pan firing time. *Korean J Med Crop Sci*, 7, 101-106

8. Chung HS, Kim KJ, Youn KS (2006) Effects of roasting temperature on phytochemical properties of Job's tears (*Coix lachrymajobi* L. var. mayeun) powder and extracts. Korean J Food Preserv, 13, 477-482
9. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J (2006) Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chem, 99, 381-387
10. Chandrasekara N, Shahidi F (2011) Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. J Agric Food Chem, 59, 5006-5014
11. Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic, 16, 144-158
12. Davis WB (1947) Determination of flavonones in citrus fruits. Anal Chem, 19, 476-478
13. Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I (1970) A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chem, 47, 411-421
14. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-1200
15. Nishikimi M, Rao NA, Yagi K (1972) The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen. Biochem Biophys Res Commun, 46, 849-854
16. Benzie IFF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal biochem, 239, 70-76
17. Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY (2006) Physicochemical properties of brown rice flours produced under different drying and milling conditions. Korean J Food Sci Technol, 38, 495-500
18. Kim OW, Kim H, Lee SE (2005) Color modeling of milled rice by milling degree. Korean J Food Preserv, 12, 141-145
19. Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY (2004) Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. Korean J Food Sci Technol, 36, 930-936
20. Chun HS, You JE, Kim IH, Cho JS (1999) Comparative antimutagenic and antioxidative activities of rice with different milling fractions. Korean J Food Sci Technol, 31, 1371-1377
21. Tian S, Nakamura K, Kayahara H (2004) Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. J Agric Food Chem, 52, 4808-4813
22. Ali SZ, Bhattacharya KR (1972) Hydration and amylose-solubility behaviour of parboiled rice. Lebensm Wiss Technol, 5, 207-212
23. Lee SH, Kim MY, Kim HY, Ko SH, Shin MS (2010) Comparison of rice properties between rice grown under conventional farming and one grown under eco-friendly farming using hairy vetch. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 1684-1690
24. Ko JY, Woo KS, Song SB, Seo HI, Kim HY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS (2012) Physicochemical characteristics of sorghum tea according to milling type and pan-fried time. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 1546-1553
25. Kwak JE, Oh SK, Kim DJ, Lee JH, Yoon MR, Kim HW, Lee JS (2013) Effects of heat-treated brown rice on total phenolics and antioxidant activities. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 534-541
26. Lee YT (2006) Effect of heat treatments on *in vitro* starch hydrolysis of selected grains. J Korean Soc Food Sci Nutr, 35, 1102-1105
27. Koo SC, Jeon MG, Lee YH, Kim HY, Kang BK, Go JM, Baek IY, Yun HT, Choi MS (2014) Screening of soybean germplasm with high starch content. Korean J Breed Sci, 46, 52-57
28. Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun A, Hong HC, Lee JS, Kim YK (2010) Antioxidant compounds and antioxidant activities of the 70% ethanol extracts from brown and milled rice by cultivar. Korean J Breed Sci, 39, 467-473
29. Lee SH, Lee YR, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Jeong HS (2009) Antioxidant activities and quality characteristics of germinated rough rice tea according to roasting temperature, time and leaching condition. Korean J Food Sci Technol, 41, 386-391
30. Kirigaya N, Kato H, Fujimaki M (1968) Studies on antioxidant activity of nonenzymic browning reaction products: part I. relations of color intensity and reductones with antioxidant activity of browning reaction products. Agric Biol Chem, 32, 287-290