



밥과 죽 조리에 따른 일부 곡류의 기능성 성분 및 항산화 활성 변화

김다경¹ · 이상훈² · 최용민² · 김영화^{1,*}

¹경성대학교 식품응용공학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

Changes in Content of Functional Components and Antioxidant Activity in Cooked Rice and Porridge of Selected Grains

Dageong Kim¹, Sang-Hoon Lee², Youngmin Choi², Younghwa Kim^{1,*}

¹School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyungsoong University

²Department Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

Abstract

The purpose of this study was to investigate the changes in the content of functional components and the antioxidant activity of cooked rice and porridge composed of selected grains. The results of the study showed that brown rice and oat contained considerable amounts of γ -oryzanol (78.099~238.566 mg/100 g). However, cooked rice showed a decreased content of the same. The highest content of γ -aminobutyric acid (GABA) was observed in brown rice from Samgwang. The contents of biotin in all samples also decreased in cooked rice compared to raw cereal grains. The highest content of total polyphenols and flavonoids were observed in Heukjinmi rice, and the highest radical scavenging activity was also found in this variety. The cooking process led to a decrease in the content of functional components including γ -oryzanol, GABA, biotin, polyphenols, and flavonoids versus the corresponding raw cereal grains. These results may be useful in the development and application of home meal replacements using cereal grains.

Key Words : Cereal grain, cooked rice, porridge, γ -aminobutyric acid, γ -oryzanol, biotin, antioxidant activity

1. 서 론

쌀(*Oryza sativa*)은 밀, 옥수수과 함께 세계 3대 곡물 중 하나로 우리나라를 비롯한 동양권에서 주식으로 이용하는 중요한 식량 작물이다(Prasanna et al. 2001). 쌀은 전 세계적으로 100여 개국에서 재배되지만 전체 쌀 생산량 7억 3천만 톤 중 약 91%는 아시아에서 생산되고 있다(FAO 2013). 현미는 가공 과정 중 벼의 왕겨 부분만을 제거하여 얻어지며 현미에서 도정 과정을 거쳐 백미로 가공된다. 따라서 쌀의 영양성분과 기능성 성분은 배아, 호분층 및 과피를 포함하는 미강층에 주로 존재하기 때문에 쌀의 도정도가 높아짐에 따라 양적 감소와 더불어 단백질, 지방질 및 섬유질 등의 영양 성분도 감소된다(Cho et al. 2017). 현미는 백미에 비하여 식이섬유, 비타민 B₁, γ -aminobutyric acid (GABA), γ -oryzanol, phytic acid, tocopherol, phenolic 화합물과 같은 영양성분 및 항산화 성분이 더 많이 함유되어 있으며, 콜레스테롤 저하 및 항산화 효과 등의 다양한 생리활성 작용이 보고되어 있다(Xu et al. 2001). 특히, 곡류의 GABA는 혈압과 심박

수를 조절하고 통증과 불안을 완화하는 역할을 하는 필수 아미노산으로 항산화 활성, 심장 질환 및 암 위험을 감소시키는 등의 생리적 효과가 우수한 것으로 보고되어 있다(Yu et al. 2021).

잡곡은 멥쌀 및 찰쌀을 제외한 곡류를 칭하는 말로 보리, 귀리, 울무, 조, 수수 및 흑미 등이 이에 속하며 쌀에 비해 비타민, 미네랄 및 식이섬유 등이 다량 함유되어 있을 뿐만 아니라 식물성 섬유질을 포함한 효소, 탄수화물 및 단백질과 같은 영양소와 기능성 성분을 함유하고 있는 것으로 보고되어 있다(Fresco 2005; Kim & Lee 2006). 또한 잡곡은 혈당지수(Glycemix index, GI)가 낮아 당뇨병, 고지혈증과 같은 여러 성인병과 대사질환을 위한 식이요법으로도 많이 이용되고 있다(Jenkins et al. 1988; Fresco 2005).

밥은 물을 가하여 죽보다 되게 조리한 것으로, 우리나라에서는 주식으로 섭취하고 있으며 최근에는 건강에 대한 관심이 증가하여 쌀밥 위주에서 현미 상태의 유색미를 혼합한 잡곡밥의 섭취량이 늘고 있는 추세이다(Lim et al. 2003). 죽은 쌀이나 잡곡 등의 곡류를 수침하여 많은 양의 물을 첨가해

*Corresponding author: Younghwa Kim, School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyungsoong University, Busan, 48434, Republic of Korea
Tel: +82-51-663-4652 Fax: +82-51-622-4986 E-mail: younghwakim@ks.ac.kr

오랜 시간 가열함으로써 쌀알이 부서지고 녹말이 완전히 호화 상태가 되도록 만드는 유동식을 일컫는다. 죽은 소화가 용이하여 일반적으로 유아식, 노인식 및 치료식으로 이용되고 있으며(Lee et al. 1997), 재료와 형태에 따라 종류가 다양하여 최근에는 레토르트 형태의 애플타이저나 식사 대용품으로 개발되어 시판되고 있다(June et al. 1998). 밥과 죽 등의 조리 과정은 온도, 시간 및 물의 비율 등과 같은 여러 조리 조건에 따라 전분의 호화 및 팽윤에 영향을 끼쳐 식감에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(Briffaz et al. 2012). 뿐만 아니라 조리 과정은 식품의 화학적 조성 및 물리적 구조를 변화시키며, 지질 산화에 의해 미네랄과 비타민 손실 및 지방산 구성의 변화를 일으킬 수 있다고 보고되어 있다(Zhang & Hamauzu 2004). 건강에 대한 관심 증대로 보리 및 귀리와 같은 잡곡의 소비 및 섭취는 증가하고 있으나, 이들의 조리 과정에 따른 영양성분의 변화에 대한 정보는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 쌀, 보리 및 귀리와 같이 밥이나 죽의 원료로 사용되는 곡류의 조리에 따른 기능성 성분 및 항산화 활성의 변화를 조사하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 재료 및 시료

본 실험에서 사용된 총 15가지 시료는 2019~2020년에 국립식량과학원 표준재배지에서 수확한 백미 5품종, 현미 6품종, 보리 3품종 및 귀리 1품종이었으며, 2020년 국립농업과학원 식생활영양과에서 생것, 밥 및 죽을 제공받아 실험에 사용하였다. 비오틴 표준품, GABA, NADP⁺, GABase, Folin-Ciocalteu's reagents, α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH), (+)-catechin, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS)는 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 이동상으로 사용되는 *o*-phosphoric acid는 Merck사(Darmstadt, Germany), acetonitrile은 Thermo Fisher Scientific (Portsmouth, NH, USA)에서 구매하여 실험에 사용하였다. 메탄올은 Burdick & Jackson사(Muskego, MI, USA)에서 구입하였고, 이밖에 사용된 모든 용매 및 시약은 high-performance liquid chromatography (HPLC) 등급을 사용하였다.

2. 밥과 죽의 조리

밥 조리 시에 곡류 1.5 kg을 3회 수세한 다음 물에 30분간 침지한 후 물기를 제거하였다. 가수량은 찰쌀을 제외한 곡류에서는 시료 무게의 1.5배인 2.25 kg, 찰쌀의 경우 시료 무게의 1.2배인 물 1.8 kg을 첨가하여 전기밥솥(CRP-K1060SR, Cuckoo, Yangsan, Gyeongnam)의 기본 설정 시간에 따라 취반하였다. 죽 조리는 쌀 0.5 kg을 3회 수세한 뒤 30분간 침지하여 3.3 kg의 물을 가수하여 전기밥솥(CRP-K1060SR)의 취사 조건에 따라 약 20분간 취반하였다.

3. 비오틴 분석

비오틴 추출 방법은 immunoaffinity column (EasiExtract Biotin, r-Biopharm, Glasgow, UK)을 이용한 Joseph et al. (2016)의 방법을 변형하여 실시하였다. 균질화된 시료 약 5 g을 칭량하여 추출용액 25 mL를 넣은 후 autoclave를 이용하여 121°C에서 25분간 추출하였다. 추출된 시료는 상온에서 냉각한 뒤 추출용액 25 mL를 가하여 원심분리한 후 Whatman No. 2 (GE Healthcare, Amersham Place, UK)를 이용해 여과하여 사용하였다. 비오틴 분석을 위한 농축 및 정제는 immunoaffinity column (Easi-Extract Biotin, r-Biopharm, Glasgow, UK)을 사용하였다. 그 후 질소농축기(MG-2200, EYELA, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 메탄올을 완전히 제거한 후 3차 증류수 0.5 mL로 재용해하여 HPLC 분석에 사용하였다. 이동상 조건은 0분 A 용매 90%와 B 용매 10%, 21분 C 용매 100%, 29분 A 용매 90%와 B 용매 10%이었다. HPLC 분석에 사용한 column은 Kinetex Phenyl-Hexyl (150×4.6 mm, 2.6 μ m, Phenomenex, Torrance, CA, USA)이었고, UV detector를 사용하여 200 nm에서 검출하였다.

4. γ -Oryzanol 분석

시료의 γ -oryzanol 함량은 Lilitchan et al. (2008)에 따라 측정하였다. 시료 1 g을 칭량하여 hexan 4 mL와 8 mL를 각각 넣은 후 vortexing하여 10분간 원심분리하여 상층액을 분리하였다. 상층액의 흡광도 값을 분광광도계(Thermo Scientific Ltd., Lafayette, CO., USA)를 이용하여 314 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 Wako Pure Chemical Industries의 γ -oryzanol을 사용하였으며, 표준 검량선은 3-30 μ g/mL 사이의 값을 사용하였다.

5. GABA 분석

시료의 GABA 함량은 Zhang & Bown(1996)의 방법을 일부 수정하여 실험하였다. 시료 0.1 g에 메탄올 400 μ L를 넣고 잘 섞은 뒤 water bath에서 약 1시간 동안 건조시켰다. 여기에 70 mM lanthanum chloride 1 mL를 가하여 혼합한 후 원심분리하였다. 원심분리한 상층액 700 μ L를 취하여 1 M KOH 160 μ L를 첨가한 후 원심분리하여 GABA 측정에 이용하였다. GABA 함량 측정은 GABase를 이용한 효소 측정 방법으로 진행하였고 생성되는 NADPH의 양을 ELISA reader기(Thermo Scientific Ltd., Lafayette, CO, USA)를 이용하여 340 nm에서 측정하였다.

6. Total polyphenol 및 flavonoid 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin & Denis(1912)의 방법을 일부 변형하여 측정하였고, 총 플라보노이드 함량은 Zhishen et al. (1999)에 따라 측정하였다. 총 폴리페놀 함량 측정 시 메탄올 추출 시료 50 μ L에 2% NaHCO₃ 1 mL를 가하였다. 이

후 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μ L를 가하여 암소에서 5분간 방치한 뒤 ELISA reader기를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 그린 뒤 mg gallic acid equivalent (GAE)/100 g sample로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량 측정은 시료 250 μ L에 증류수 1,250 μ L를 가한 뒤 5% NaNO₂를 넣고 교반하여 반응을 위해 5분간 암소에서 방치하였다. 10% AlCl₃·6H₂O 150 μ L를 넣고 암소에 5분간 방치한 뒤 1 M NaOH 1 mL를 첨가하여 교반한 후 ELISA reader기를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. Catechin을 표준물질로 사용하여 표준곡선을 작성한 후 시료의 총 플라보노이드 함량을 구하였으며, mg catechin equivalent (CE)/100 g sample로 나타내었다.

7. Total anthocyanin 함량

시료 중 흑진미와 흑수정찰의 총 안토시아닌 함량은 Türker & Erdoğan(2006)의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료 0.5 g에 0.1% HCl이 포함된 메탄올 10 mL를 가하여 초음파 추출기(SD-350H, Sungdong Ultrasonic Co., Seoul, Korea)로 30분간 혼합한 뒤 4000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취해 안토시아닌 분석을 위한 시료로 사용하였다. 시료 추출물 1 mL에 0.025 M potassium chloride buffer (pH 1.0)와 0.4 M sodium acetate buffer (pH 4.5)를 각각 1 mL씩 가하여 반응액을 ELISA reader기를 이용하여 510 nm와 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 안토시아닌 함량(mg/100 g)은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수($\epsilon=26,900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용한 식으로 계산하였다.

Total anthocyanin content (mg/100 g)

$$= \frac{A \times MW \times DF \times 1,000}{\epsilon \times l}$$

A (absorbance) = $(A_{510} - A_{700})_{\text{pH}1.0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}4.5}$

MW (molecular weight of cyanidine-3-glucoside) = 449.2

DF (dilution factor) = dilution ratio of sample

$\epsilon=26,900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

8. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Re et al. (1999)의 방법을 참고하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate를 혼합 후 상온의 암소에서 12시간 이상 방치하여 ABTS 라디칼을 형성시킨 뒤 735 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되게 증류수로 희석하여 사용하였다. 시료 추출물 25 μ L에 희석된 ABTS 용액을 500 μ L 가하여 암소에서 약 30분간 방치하였다. 이후 96-well에 200 μ L씩 옮겨 ELISA reader기를 이용하여 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법을 이용하여 실험을 진행하였다. 시료 추출물 25 μ L에 DPPH 용액 500 μ L를 첨가한

뒤 30분간 암소에 반응시켜 ELISA reader기로 520 nm에서 측정하였다. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능의 표준물질로 gallic acid를 사용하였으며, mg gallic acid equivalent (GAE)/g residue로 나타내었다.

9. 통계분석

본 연구의 결과 값은 2회 이상 반복하여 실시한 결과이며, 평균 \pm 표준편차로 표시하였다. 연구 결과의 통계적인 유의성 검증은 SAS ver. 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 소프트웨어를 사용하여 one-way ANOVA를 실시하였고, Duncan's multiple range test를 통해 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 밥과 죽 조리에 의한 γ -oryzanol 및 GABA 함량 변화

본 연구에서는 다양한 곡류의 밥과 죽 조리에 의한 γ -oryzanol 및 GABA 함량 변화를 알아보았으며, 분석 결과는 <Table 1>에 나타내었다. 실험 결과 백미와 보리 생것의 시료에서 γ -oryzanol은 검출되지 않았다. 그러나 현미 생것에는 γ -oryzanol의 함량이 160.694-238.566 mg/100 g, 귀리 생것에는 78.099 mg/100 g으로 나타났다. 분석 시료 중 가장 높은 함량을 보인 것은 찹쌀 현미의 보람찰 품종(238.566 mg/100 g)으로 확인되었다. 밥으로 조리하였을 때 γ -oryzanol의 함량은 3.110-20.013 mg/100 g으로 모든 시료에서 감소한 것으로 나타났다. γ -Oryzanol은 steryl과 ferulic acid의 triterpenyl ester 화합물로 강력한 항산화제이며, 산화적 스트레스로 인한 퇴행성 질환을 줄이는 데 효과적이다(Xu et al. 2001). 뿐만 아니라 이는 혈장 콜레스테롤과 중성지방의 수준을 감소시키고 콜레스테롤의 생합성 감소를 통해 동맥 경화증을 예방하는 것으로도 알려져 있다(Rukmini & Raghuram 1991). Chotimarkorn et al. (2008)은 태국에서 재배되는 여러 품종의 미강에 존재하는 γ -oryzanol의 함량은 0.56-1.08 mg/g이라고 보고하였으며, Ham et al. (2013)의 연구에서도 우리나라에서 재배되는 다양한 품종의 쌀에 함유된 γ -oryzanol의 함량은 1.0-3.0 mg/g의 수준이라고 하였고, 본 연구 결과는 이전 연구 결과와 유사한 값을 나타내었다. Srichamnong et al. (2016)에 의하면 쌀 조리 시 물은 호화 과정에서 중요한 요인이며, 조리 시 과도한 물은 조리수로 γ -oryzanol의 침출을 야기하여 γ -oryzanol의 함량이 감소할 수 있다고 보고하였다.

GABA는 야채, 녹차, 곡물류에 존재하는 비단백질 아미노산으로 포유동물에 존재하는 신경 전달 물질로 알려져 있으며, 체내에서 혈압상승 억제, 중성지방의 증가 억제 및 비만 방지 등의 작용 외에도 긴장을 완화시키는 등의 효과가 있어 식품 가공에 따른 변화에 관심이 높아지고 있다(Lim & Kim 2009). 본 연구 결과, 곡류 생것의 GABA 함량은 0.117-

<Table 1> γ -Oryzanol and GABA contents in cooked rice and porridge of selected grains

Samples	Cultivar	γ -Oryzanol (mg/100 g)			GABA (mg/100 g)			
		Raw	Cooked rice	Porridge	Raw	Cooked rice	Porridge	
Rice	Non-glutinous rice	<i>Samgwang</i>	ND	ND	ND	0.143±0.004 ^e	ND	ND
		<i>Saeilmi</i>	ND	ND	ND	0.568±0.027 ^{ef}	ND	ND
		<i>Sindongjin</i>	ND	ND	ND	0.117±0.020 ^e	ND	ND
		<i>Odae</i>	ND	ND	ND	0.259±0.005 ^{fg}	ND	ND
	Glutinous rice	<i>Boramchal</i>	ND	ND	ND	0.351±0.003 ^{fg}	0.023±0.005 ^d	ND
Brown rice	Non-glutinous brown rice	<i>Samgwang</i>	161.775±0.209 ^d	7.323±0.014 ^d	-	6.403±0.340 ^a	ND	-
		<i>Saeilmi</i>	160.694±0.134 ^d	3.110±0.017 ^e	-	2.899±0.249 ^b	ND	-
		<i>Sindongjin</i>	195.195±5.078 ^b	11.989±0.136 ^b	-	1.055±0.000 ^d	0.861±0.052 ^b	-
		<i>Odae</i>	175.074±1.271 ^c	20.013±0.591 ^a	-	0.365±0.000 ^{efg}	ND	-
	Glutinous brown rice	<i>Boramchal</i>	238.566±1.504 ^a	9.179±0.258 ^c	-	0.370±0.041 ^{efg}	ND	-
Barley	Naked barley	<i>Nurichal</i>	ND	ND	-	1.069±0.080 ^d	0.582±0.028 ^c	-
		<i>Hogang</i>	ND	ND	-	2.670±0.146 ^b	1.316±0.138 ^a	-
	Unhulled barley	<i>heuksujeongchal</i>	ND	ND	-	2.241±0.370 ^c	1.141±0.028 ^a	-
Oat	Naked oats	<i>daeyang</i>	78.099±0.949 ^e	3.439±0.008 ^c	-	0.727±0.088 ^{dc}	0.671±0.118 ^{bc}	-

All values are mean±standard deviation of duplicate determination.

ND: not detected.

Means with different superscripts in the same column are significantly different by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

6.403 mg/100 g 범위에서 나타났으며, 분석 시료 중 멥쌀 현미 삼광 품종(6.403 mg/100 g)이 가장 높은 GABA 함량을 보였다. 본 연구에서도 밥과 죽 조리 시에는 GABA 함량이 감소하였다. 밥 조리 후 GABA 함량은 7-93% 감소하거나 검출되지 않았으며, 죽 조리 시에는 아예 검출되지 않았다. Yu et al. (2021)의 연구에서 압력 조리로 조리된 현미에서 GABA 함량이 15.8-48.3%까지 감소하며, 이는 조리 시 압력 및 온도 조건에 따라 GABA 분해에 의한 손실로 보고되어 있다. Kong & Lee(2010)의 연구에서도 발아현미를 첨가한 국수에 조리수를 첨가하여 조리한 경우에는 GABA의 함량이 감소했다고 보고하였다. 본 연구 결과 현미는 백미에 비해 생것과 밥을 한 경우 모든 품종에서 γ -oryzanol 및 GABA 함량이 높게 나타났다. 또한 조리수가 사용되는 밥과 죽은 대부분의 곡류에서 생것에 비하여 γ -oryzanol 및 GABA 함량이 현저히 감소된 것으로 나타났다.

2. 밥과 죽 조리에 의한 비오틴 함량 변화

비오틴(biotin)은 비타민 B군으로 분류되는 수용성 비타민으로 대부분의 식품에 미량 존재하며, 포유류에서 비오틴은 지방산 합성, 아미노산 대사 및 포도당 생성에서 필수적인 보조 인자 역할을 한다고 알려져 있다(Pacheco-Alvarez et al. 2002). 비오틴은 장내 박테리아에 의해 합성되기 때문에 비오틴 결핍은 흔하게 일어나지는 않지만 결핍 시 피로, 식욕 감퇴, 우울증, 근육통 등의 이상을 보인다고 알려져 있다(Zempleni & Mock 1999). 본 연구에서는 곡류의 밥과 죽 조리에 따른 비오틴 함량 변화를 알아보기 위하여 HPLC를

이용하여 분석을 진행하였고, 이에 대한 분석 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 본 연구 결과 귀리 생것(5.038 μ g/100 g)에서 가장 높게 나타났다. 백미 생것 중 삼광 및 보람찰 품종에서는 각각 1.287 μ g/100 g 및 0.337 μ g/100 g의 비오틴이 검출되었지만 밥으로 조리한 경우에는 각각 0.637 μ g/100 g 및 0.105 μ g/100 g으로 나타났고, 죽으로 조리하였을 때는 아예 검출되지 않았다. 현미 생것에서는 0.875-2.723 μ g/100 g의 범위의 비오틴 함량을 보였고, 현미 중 삼광 품종에서 유의적으로 높은 비오틴 함량(2.723 μ g/100 g)을 나타내었다. 현미에서는 밥 조리로 인해 품종에 따라 19-52%의 손실을 보이는 것으로 나타났다. 밥으로의 조리로 인해 현미에서는 품종에 따라 비오틴 함량이 19-52%까지 감소한 것으로 나타났다. 보리의 비오틴 함량은 1.025-1.184 μ g/100 g으로 흑수 정찰 품종에서 가장 높은 값이 나타났으며, 보리밥 조리 때 비오틴의 함량이 감소하는 경향을 보였다. 보리밥 조리 시 비오틴 함량은 0.352-0.490 μ g/100 g이었고, 이는 생것에 비하여 약 52-66%가 감소된 수치였다. 또한 대양 귀리 품종은 본 연구에서 사용된 시료 중 유의적으로 높은 비오틴 함량(5.038 μ g/100 g)을 나타내었고, 귀리밥을 한 경우 약 47%가 감소된 3.268 μ g/100 g의 함량을 나타내었다. Gropper et al. (2018)에 따르면 비오틴은 주로 열에 안정한 특성을 가져 다른 수용성 비타민에 비하여 조리 중 손실이 적다고 알려져 있다. 그러나 밥 및 죽 조리 시 수세와 침지 과정은 미네랄과 비타민의 용출로 함량이 감소한다고 보고되어 있다(Liu et al. 2019). 본 연구 결과, 현미는 백미보다 비오틴의 함량이 높았으며, 밥과 죽으로의 조리는 곡류의 비오틴 함량 감

<Table 2> Biotin contents in cooked rice and porridge of selected grains

Samples	Cultivar	Biotin (µg/100 g)			
		Raw	Cooked rice	Porridge	
Rice	Non-glutinous rice	<i>Samgwang</i>	1.287±0.103 ^e	0.637±0.020 ^{de}	ND
		<i>Saeilmi</i>	ND	ND	ND
		<i>Sindongjin</i>	ND	ND	ND
		<i>Odae</i>	ND	ND	ND
	Glutinous rice	<i>Boramchal</i>	0.337±0.030 ^h	0.105±0.004 ^g	ND
Brown rice	Non-glutinous brown rice	<i>Samgwang</i>	2.723±0.018 ^b	1.749±0.093 ^b	-
		<i>Saeilmi</i>	2.534±0.054 ^{bc}	1.739±0.006 ^b	-
		<i>Sindongjin</i>	2.467±0.003 ^c	1.728±0.074 ^b	-
		<i>Odae</i>	1.957±0.054 ^d	1.831±0.208 ^b	-
		<i>Heukjinmi</i>	2.499±0.109 ^c	1.190±0.062 ^c	-
Glutinous brown rice	<i>Boramchal</i>	0.875±0.001 ^g	0.708±0.059 ^d	-	
Barley	Naked barley	<i>Nurichal</i>	1.025±0.004 ^{fg}	0.490±0.001 ^{ef}	-
		<i>Hogang</i>	1.060±0.049 ^{fg}	0.352±0.017 ^f	-
	Unhulled barley	<i>heuksujeongchal</i>	1.184±0.063 ^{ef}	0.433±0.004 ^f	-
Oat	Naked oats	<i>daeyang</i>	5.038±0.272 ^a	3.268±0.036 ^a	-

All values are mean±standard deviation of triplicate determination.

ND: not detected.

Means with different superscripts in the same column are significantly different by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

소를 가져왔다. 특히 귀리는 비오틴 함량이 유의적으로 높은 편으로 비오틴의 급원식품으로 가치가 높은 것으로 생각된다.

3. 밥과 죽 조리에 의한 총 폴리페놀, 플라보노이드, 및 안토시아닌 함량 변화

밥과 죽 조리에 의한 곡류의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 안토시아닌 함량을 측정한 결과는 <Table 3>과 같다. 폴리페놀 화합물은 식물에 널리 존재하는 성분으로 곡류에는 주로 배아, 호분층 및 미강층에 분포되어 있다. 본 연구에서 알아본 곡류의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 생것에서 각각 1.567-203.953 mg GAE/100 g, 0.266-81.602 mg CE/100 g으로 나타났으며, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 유색미인 흑진미 품종은 다른 품종에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. 또한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 밥과 죽 조리에 따라 감소가 관찰되었다. 밥 조리 시 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량은 각각 생것에 비하여 15-85% 및 7-88% 감소되었고, 죽 조리 시에는 백미 삼광 품종에서 91%까지 감소되었다. Park et al. (2016)의 연구에서 흑미의 품종에 따른 폴리페놀 함량은 262-955 mg GAE/100 g이라고 하였고, 본 연구에서도 흑진미의 폴리페놀 함량은 203.953 mg GAE/100 g으로 유사하게 나타났다. 본 연구에서 알아본 보리의 폴리페놀 함량은 8.854~13.647 mg GAE/100 g으로 Jo et al. (2013)이 보고한 보리의 보고한 도정에 따른 보리의 폴리페놀 함량(3.06-5.67 mg GAE/100 g)과 유사하였다.

흑진미 및 보리 흑수정찰 품종에서는 안토시아닌 함량을

측정하였고, 생것인 경우에만 각각 545.553 mg/100 g 및 39.409 mg/100 g을 함유하고 있었으며, 밥으로 조리된 경우에는 안토시아닌이 검출되지 않았다. 조리 중 수용성 페놀 화합물은 조리수로 침출되고 열처리 중에는 페놀 화합물의 수산기가 파괴되어 페놀 화합물의 함량이 감소하는 것으로 알려져 있다(Kita et al. 2013). 특히 안토시아닌은 수용성 성분으로 조리수를 이용하여 조리하는 경우 쉽게 손실될 수 있으며, 주요 성분인 cyanidin-3-glucoside와 delphinidin-3-glucoside는 열에 불안정하기도 하다(Goufo & Trindade 2014). Bhawamai et al. (2016)에 의하면 유색미에 함유된 안토시아닌은 전기밥솥으로 조리한 경우, 생것에 비하여 약 80%의 안토시아닌이 감소하는 것으로 보고하였다. 본 연구 결과, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 유색 곡류인 흑진미 품종에서 유의적으로 높았고, 밥과 죽으로 조리한 경우에는 모든 시료에서 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 감소하거나 아예 검출되지 않는 것으로 나타났다.

4. 밥과 죽 조리에 의한 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성

곡류의 밥과 죽 조리에 따른 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과는 <Table 4>에 나타내었다. 조리 전 시료의 ABTS 라디칼 소거활성은 1.139-73.648 mg GAE/100 g의 범위였고, 흑진미(73.648 mg GAE/100 g)에서 가장 높았으며, 그 다음으로는 누리찰이었다. 밥으로 조리 시 ABTS 라디칼 소거능은 생것에 비해 4-87%까지 감소하였으며, 죽으로 조리하였을 때는 백미인 새일미 품종에서 최대

<Table 3> Total polyphenols, flavonoids and anthocyanin contents in cooked rice and porridge of selected grains

Samples	Cultivar	Total polyphenol (mg GAE/100 g sample)			Total flavonoid (mg CE/100 g sample)			Total anthocyanin (mg/100 g)		
		Raw	Cooked rice	Porridge	Raw	Cooked rice	Porridge	Raw	Cooked rice	Porridge
Rice	<i>Samgwang</i>	1.882±0.043 ^f	0.642±0.044 ^{ls}	0.525±0.045 ^b	0.923±0.104 ⁱ	0.148±0.000 ^h	0.106±0.000 ^c	-	-	-
	<i>Saeilmi</i>	2.186±0.045 ^f	0.943±0.000 ^{fs}	0.845±0.042 ^a	0.707±0.042 ^{ijk}	0.158±0.000 ^h	0.085±0.000 ^d	-	-	-
	<i>Sindongjin</i>	1.904±0.133 ^f	0.531±0.000 ^{ls}	0.387±0.036 ^c	0.408±0.051 ^{jk}	0.152±0.000 ^h	0.083±0.000 ^c	-	-	-
	<i>Odae</i>	2.397±0.168 ^f	1.137±0.171 ^f	0.617±0.089 ^b	0.883±0.073 ^{ji}	0.150±0.000 ^h	0.109±0.000 ^b	-	-	-
Brown rice	<i>Boramchal</i>	1.567±0.072 ^f	0.379±0.043 ^g	0.257±0.044 ^d	0.266±0.051 ^k	0.151±0.000 ^h	0.143±0.000 ^a	-	-	-
	<i>Samgwang</i>	10.24±0.224 ^d	5.333±0.223 ^{cd}		5.464±0.333 ^d	3.223±0.039 ^d		-	-	-
	<i>Saeilmi</i>	9.911±0.086 ^d	5.142±0.481 ^d		6.029±0.110 ^c	2.302±0.069 ^f		-	-	-
	<i>Sindongjin</i>	10.636±0.282 ^{cd}	6.230±0.037 ^b		4.977±0.586 ^{de}	2.724±0.116 ^{ef}		-	-	-
Glutinous brown rice	<i>Odae</i>	9.050±0.147 ^{de}	4.140±0.091 ^c		2.434±0.183 ^h	1.886±0.040 ^g		-	-	-
	<i>Heukjinmi</i>	203.953±5.047 ^a	30.025±0.342 ^a		81.602±0.000 ^a	27.389±0.369 ^a		545.553±44.634 ^a	ND	-
Barley	<i>Boramchal</i>	6.994±0.140 ^e	5.947±0.106 ^{bc}		3.364±0.182 ^g	2.638±0.193 ^{ef}		-	-	-
	<i>Nurichal</i>	13.224±0.134 ^{bc}	5.513±0.102 ^{cd}		8.432±0.470 ^b	4.281±0.082 ^b		-	-	-
	<i>Hogang</i>	8.854±0.366 ^d	3.832±0.116 ^c		4.829±0.285 ^c	2.747±0.218 ^c		-	-	-
Oat	<i>heuksujeongchal</i>	13.647±2.105 ^b	5.016±0.114 ^d		5.194±0.219 ^{de}	2.692±0.577 ^{ef}		39.409±3.306 ^b	ND	-
	<i>daeyang</i>	10.054±1.561 ^d	5.647±0.208 ^{bcd}		4.048±0.000 ^f	3.782±0.069 ^c		-	-	-

All values are mean±standard deviation of triplicate determination.

ND: not detected.

Means with different superscripts in the same column are significantly different by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

<Table 4> ABTS and DPPH radical scavenging activity in cooked rice and porridge of selected grains

Samples	Cultivar	ABTS (mg GAE/100 g sample)			DPPH (mg GAE/100 g sample)			
		Raw	Cooked rice	Porridge	Raw	Cooked rice	Porridge	
Rice	Non-glutinous rice	<i>Samgwang</i>	1.550±0.034 ^{hi}	0.671±0.080 ^{li}	0.464±0.022 ^b	0.830±0.063 ^f	0.256±0.000 ^{hi}	0.145±0.000 ^f
		<i>Saeilmi</i>	1.686±0.047 ^h	0.729±0.009 ^{hi}	0.382±0.016 ^c	1.040±0.195 ^f	0.443±0.000 ^{hi}	0.302±0.000 ^a
		<i>Sindongjin</i>	1.314±0.034 ^{ji}	0.727±0.058 ^{hi}	0.423±0.016 ^{bc}	0.748±0.059 ^f	0.159±0.000 ⁱ	0.092±0.000 ^d
		<i>Odae</i>	1.499±0.009 ^{hi}	0.924±0.061 ^h	0.581±0.019 ^a	0.968±0.110 ^f	0.680±0.000 ^{hi}	0.197±0.000 ^b
	Glutinous rice	<i>Boramchal</i>	1.139±0.044 ^j	0.693±0.071 ⁱ	0.267±0.047 ^d	0.731±0.000 ^f	0.277±0.000 ^{hi}	0.044±0.000 ^c
Brown rice	Non-glutinous brown rice	<i>Samgwang</i>	6.170±0.086 ^f	4.362±0.030 ^d	-	4.707±0.079 ^d	2.576±0.229 ^{cd}	-
		<i>Saeilmi</i>	5.922±0.030 ^f	3.794±0.137 ^r	-	5.198±0.174 ^d	1.678±0.313 ^{de}	-
		<i>Sindongjin</i>	6.725±0.055 ^c	4.291±0.052 ^d	-	4.715±0.042 ^d	2.013±0.147 ^{de}	-
		<i>Odae</i>	6.593±0.005 ^{cd}	3.055±0.046 ^e	-	3.441±0.337 ^e	1.644±0.042 ^e	-
		<i>Heukjinmi</i>	73.648±0.359 ^a	9.227±0.327 ^a	-	31.265±1.193 ^a	3.981±0.124 ^a	-
	Glutinous brown rice	<i>Boramchal</i>	5.093±0.146 ^e	4.858±0.045 ^b	-	3.073±0.101 ^e	2.452±0.136 ^{cd}	-
Barley	Naked barley	<i>Nurichal</i>	7.058±0.026 ^b	4.575±0.060 ^c	-	8.356±0.125 ^b	3.344±0.334 ^b	-
		<i>Hogang</i>	6.032±0.045 ^f	2.979±0.185 ^e	-	5.405±0.011 ^d	2.314±0.270 ^{de}	-
	Unhulled barley	<i>heuksujeongchal</i>	6.374±0.020 ^{de}	3.568±0.087 ^f	-	7.017±0.053 ^c	2.841±0.345 ^c	-
Oat	Naked oats	<i>daeyang</i>	6.506±0.443 ^{cd}	3.822±0.153 ^r	-	5.445±1.116 ^d	2.099±0.337 ^f	-

All values are mean±SD of triplicate determination.

Means with different superscripts in the same column are significantly different by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

77%까지 감소하였다. DPPH 라디칼 소거능도 ABTS 라디칼 소거능과 마찬가지로 현미 흑진미(31.265 mg GAE/100 g)에서 유의적으로 높았으며 누리찰과 흑수정찰 품종이 그 다음으로 높았다. DPPH 라디칼 소거능은 흑진미로 밥을 한 경우 약 87%까지 감소하였고, 죽으로 조리한 경우에는 백미인 보람찰 품종에서 최대 94%까지 감소하였다. 분석에 사용된 모든 시료에서 조리 후 DPPH 라디칼 소거능은 감소하는 것으로 나타났다. Liu et al. (2010)에 의하면 흑미에는 폴리페놀 함량이 높으며 라디칼 소거능도 우수하다고 하였고, 본 연구에서도 흑미 품종인 흑진미에서 가장 높은 라디칼 소거능을 보여 주어 이전 연구와 일치하는 결과를 보여 주었다. 이러한 결과는 흑미 과피층에 존재하는 폴리페놀 화합물을 비롯하여 cyanidin-3-O-glucoside와 peonidin-3-O-glucoside 등의 안토시아닌 및 탄닌 등에 의한 효과로 사료된다(Hou et al. 2013). 또한 고압으로 조리된 현미와 백미는 가열 처리 과정에 의하여 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 감소되며, ORAC 활성도 감소되는 것으로 알려져 있다(Ti et al. 2015). 본 연구 결과, 유색 곡류인 흑진미의 라디칼 소거능은 다른 곡류에 비하여 우수하게 나타났으며, 분석된 모든 곡류의 조리 후 ABTS 및 DPPH 소거활성은 감소하는 것으로 나타났다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 곡류를 밥과 죽으로 조리한 경우 기능성 성분 함량 및 항산화 활성의 변화를 알아보고자 하였다. γ-

Oryzanol은 백미에서는 검출되지 않았으며, 현미와 귀리의 생것에서 78.099-238.566 mg/100 g으로 나타났고, 밥 조리 시에는 그 함량이 3.110-20.013 mg/100 g으로 생것에 비하여 감소하였다. GABA는 모든 시료에 존재하였고 현미인 삼광 품종에서 가장 높은 함량(6.403 mg/100 g)을 나타냈다. 밥과 죽 조리 시 GABA의 함량은 생것에 비하여 모두 감소하였고, 아예 검출되지 않은 시료도 있었다. 수용성 비타민인 비오틴의 함량은 생것에서 0.337-5.038 µg/100 g 범위였으며, 일부 백미에서는 검출되지 않았다. 밥으로 조리하였을 때 비오틴은 0.105-3.268 µg/100 g으로 감소하였으며, 죽으로 조리 시에는 모든 죽 시료에서 검출되지 않았다. 또한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 유색미인 흑진미에서 가장 높았다. 밥과 죽으로 조리한 경우는 생것에 비하여 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 모두 감소하였다. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능은 밥과 죽으로 조리한 경우 모두 감소하였고, 이는 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 본 연구를 통해 밥과 죽으로의 조리에 따른 일부 곡류의 기능성 성분 함량 및 항산화 활성 변화를 알 수 있었으며, 이는 곡류를 활용한 가공식품 개발에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

저자정보

김다경(경성대학교 식품생명공학과 대학원, 석사, 0000-0001-7973-1583)

이상훈(국립농업과학원, 농업연구사, 0000-0003-4190-3356)

최용민(국립농업과학원, 농업연구사, 0000-0002-8633-4671)

김영화(경성대학교 식품응용공학부, 교수, 0000-0003-4186-887X)

감사의 글

이 논문은 2020년도 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ013398042020)의 지원에 의하여 연구되었고, 일부 2020년도 Brain Busan 21 플러스사업에 의하여 지원되었으며, 이에 감사드립니다. 또한 시료를 제공해 준 국립식량과학원에 감사드립니다.

Conflict of Interest

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

References

- Bhawamai S, Lin SH, Hou YY, Chen YH. 2016. Thermal cooking changes the profile of phenolic compounds, but does not attenuate the anti-inflammatory activities of black rice. *Food Nutr. Res.*, 60:32941
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181:1199-1200
- Briffaz A, Mestres C, Escoute J, Lartaud M, Dornier M. 2012. Starch gelatinization distribution and peripheral cell disruption in cooking rice grains monitored by microscopy. *J. Cereal Sci.*, 56(3):699-705
- Cho D, Park H, Lee S, Park J, Choi H, Woo K, Oh S. 2017. Differences in physicochemical and textural properties of germinated brown rice in various rice varieties. *Korean J. Crop Sci.*, 62(3):172-183
- Chotimarkorn C, Benjakul S, Silalai N. 2008. Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chem.*, 111:636-641.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.*, 12:239-243
- Fresco L. 2005. Rice is life. *J. Food Compos. Anal.*, 4(18):249-253
- Goufo P, Trindade H. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid. *Food Sci. Nutr.*, 2(2):75-104
- Gropper SS, Smith JL, Carr TP. 2018. Advanced nutrition and human metabolism. 7th ed. Wadsworth Cengage Learning, USA, p335-341
- Ham H, Oh S K, Lee JS, Choi IS, Jeong HS, Kim IH, Lee J, Yoon, S. W. 2013. Antioxidant activities and contents of phytochemicals in methanolic extracts of specialty rice cultivars in Korea. *Food Sci. Biotechnol.*, 22:631-637
- Hou Z, Qin P, Zhang Y, Cui S, Ren G. 2013. Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics. *Food Res. Int.*, 50:691-697
- Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL. 1988. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes Care*, 11:149-159
- Jo SH, Cho CY, Ha KS, Choi EJ, Kang YR, Kwon YI. 2013. The antioxidant and antimicrobial activities of extracts of selected barley and wheat inhabited in Korean peninsula. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 42(7):1003-1007
- Joseph G, Devi R, Marley EC, Leeman D. 2016. Determination of biotin by liquid chromatography coupled with immunoaffinity column cleanup extraction: Single-laboratory validation, First action 2016.02. *J. AOAC Int.*, 99:1110-1112
- June JH, Yoon JY, Kim HS. 1998. A study on the development of 'Hodojook'. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 13:509-518
- Kim YS, Lee GC. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul·Kyeonggi and Kangwon area. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 21:661-669
- Kita A, Bąkowska-Barczak A, Hamouz K, Kułakowska K, Lisińska G. 2013. The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red-and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *J. Food Compos. Anal.*, 32(2):169-175
- Kong SH, Lee JS. 2010. Quality characteristics and changes in GABA content and antioxidant activity of noodle prepared with germinated brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 39(2):274-280
- Lee GD, Kim HG, Kim JG, Kwon JH. 1997. Optimization for the preparation conditions of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29(4):737-744
- Lilitchan S, Tangprawat C, Aryasuk K, Krisnangkura S, Chokmoh S, Krisnangkura K. 2008. Partial extraction method for the rapid analysis of total lipids and γ -oryzanol contents in rice bran. *Food Chem.*, 106:752-759
- Lim S, Kang MS, Jwa MK, Song DJ, Oh YJ. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32(1):52-57
- Lim SD, Kim KS. 2009. Effects and utilization of GABA. *J. Milk Sci. Biotechnol.*, 27:45-51
- Liu K, Zheng J, Wang X, Chen F. 2019. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice. *Food Chem.*, 280:59-64
- Liu Q, Qiu Y, Beta T. 2010. Comparison of antioxidant activities of different colored wheat grains and analysis of phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 58:9235-9241
- Pacheco-Alvarez D, Solórzano-Vargas RS, Del Río AL. 2002. Biotin in metabolism and its relationship to human disease. *Arch. Med. Res.*, 33(5):439-447
- Park JY, Ham H, Han SI, Oh SH, Song YC, Cho JH, Choi Y, Lee YY, Lee BW, Choi YH. 2016. Comparison of

- antioxidant components and antioxidant activities of colored rice varieties (*Oryza sativa* L.) cultivated in Southern plain. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 45(8): 1214-1220
- Prasanna BM, Vasal SK, Kassahun B, Singh NN. 2001. Quality protein maize. *Current Sci.*, 81:1308-1319
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, RiceEvans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 26:1231-1237
- Rukmini C, Raghuram TC. 1991. Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran oil: a review. *J. Am. Coll. Nutr.*, 10:593-601
- Srichamnong W, Thiyajai P, Charoenkiatkul S. 2016. Conventional steaming retains tocopherols and γ -oryzanol better than boiling and frying in the jasmine rice variety Khao dok mali 105. *Food Chem.*, 191:113-119
- Ti H, Zhang R, Zhang M, Wei Z, Chi J, Deng Y, Zhang Y. 2015. Effect of extrusion on phytochemical profiles in milled fractions of black rice. *Food Chem.*, 178:186-194
- Türker N, Erdoğan F. 2006. Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.). *J. Food Eng.*, 76:579-583
- Xu Z, Hua N, Godber JS. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and γ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride. *J. Agric. Food Chem.*, 49(4):2077-2081
- Yu C, Zhu L, Zhang H, Bi S, Wu G, Qi X, Zhou L. 2021. Effect of cooking pressure on phenolic compounds, gamma-aminobutyric acid, antioxidant activity and volatile compounds of brown rice. *J. Cereal Sci.*, 97:103-127
- Zempleni J, Mock D. 1999. Biotin biochemistry and human requirements. *J. Nutr. Biochem.*, 10(3):128-138.
- Zhang D, Bown AW. 1996. The rapid determination of γ -aminobutyric acid. *Phytochemistry*, 44:1007-1009
- Zhang D, Hamauzu Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chem.*, 88(4):503-509
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.*, 64:555-559
- FAO, FAO rice market monitor 2013. Available from: <http://www.fao.org/economic/est/publications/rice-publications/rice-market-monitor-rmm/en>, [accessed 2020.01.20.]

Received February 15, 2021; revised April 30, 2021; accepted April 30, 2021