

Characteristics of Pop-rice and Rice Tea Using Black Sticky Rice with Giant Embryo

Sang-Ik Han^{1*}, Woo Duck Seo¹, Ji-Young Park¹, Dong-Soo Park¹, Jun-Hyun Cho¹, Jong-Hee Lee², Kyung-Hye Seo¹, Eun-Yeong Sim¹ and Min-Hee Nam¹

¹Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Milyang 627-803, Korea

²Research and Development Bureau, RDA, Jeonju 560-500, Korea

Received October 17, 2014 / Revised November 23, 2014 / Accepted November 26, 2014

Recently developed black waxy rice with a giant embryo ('Nunkeunheukchal', BGE) was selected and processed to produce high quality nutritional food. BGE contains high levels of several phytochemicals with antioxidant activities, as well as other reported health beneficial properties. In addition, the giant embryo has high protein, lipid, and amino acids contents. Within the free amino acids, γ -aminobutyric acid (GABA), a major inhibitory neurotransmitter, has long been used for treating the aftereffects of brain injuries and stroke. A method for manufacturing pop-rice and black rice tea by popping process in BGE is provided to increase a taste, nutrition and functionality. The produced 'pop-rice' showed increased protein (11.3%) and lipid (3.7%) contents compared with control variety, IB ('Ilmibyeo'). In addition, melanoidin related products, polyphenol and functional amino acid contents were increased by the popping process. Pop-rice tea made of BGE showed the highest extraction of total sugar, glucose, raffinose and sucrose (4 times higher than brown rice) by hot water. Scavenging activity (SC₅₀) of processed BGE rice powder showed strong antioxidative activity of 0.24 mg/ml using DPPH and 1.82 mg/ml using ABTs method. Thereafter, these results suggested that the popping processed rice of BGE could be one of the promising materials for healthy food development.

Key words : Black rice tea, black sticky rice with giant embryo, 'Nunkeunheukchal', nutrition, pop-ri-

서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 현재 우리나라, 일본, 중국 등 동남아시아 국가에서 주식으로 이용되고 있는 주요 곡물중의 하나이며 우리는 대부분의 칼로리를 밥으로부터 얻고 있다[19]. 쌀은 에너지 공급원뿐만 아니라 우수한 단백질, 지방, 건강기능성분 등을 함유하여 비만방지, 콜레스테롤 저하 등 인체에 다양한 생체 조절기능을 가진 식품으로 알려져 있다[2, 12]. 최근 건강에 대한 관심 증가로 소비자들은 기존의 맛과 영양에서 쌀의 기능성에 많은 관심을 가지게 되었고, 이에 따라 쌀 고유의 건강기능성분에 대한 관심도 같이 증가하게 되었으며 역학 조사를 통해 쌀을 주식으로 하는 국민들의 만성질병에 대한 발병률이 현저히 낮음을 조사한 보고도 쉽게 찾을 수 있다[5, 7]. 특히나 쌀의 주요 영양성분이 쌀눈에 많이 함유되어 있음을 확인하여 쌀눈이 큰 품종에 대한 개발과 주요 영양성분에 대한 보고와 현미를 받아시켰을 경우 항산화 성분의 함량 증

가와 그 활성에 대한 보고도 있다[9, 15, 18, 20]. 쌀을 이용한 차로 음용은 주로 녹차의 부원료로 현미녹차의 형태로 많이 이용되고 있고, 녹차의 떫은맛을 감소시키고 현미의 구수한 맛과 향을 가미한 제품이 개발되어 이용되고 있다[14]. 또한 쌀을 폭발시켜 팝콘(popcorn)에 대응하는 팝라이스(pop-rice)로 제조하여 현미를 이용한 가공품을 개발한 보고도 있다[10].

'눈큰흑찰' 쌀은 국립식량과학원에서 2013년 개발한 신품종으로 약배양을 통해 개발된 거대배의 특성과 찰쌀의 특성을 같이 가지고 있는 변이체인 'YR23517Acp79'을 모본으로 하여 '조생흑찰'과 인공교배하여 개발된 품종으로 일반쌀에 비해 배(배아)의 크기가 3배 이상 크고 아미노산, 지방, 무기성분, 안토시아닌 등의 다양한 기능성 성분을 다량 함유한 신품종이다. 특히나 고혈압과 신경안정 효과가 우수한 수용성 기능성 아미노산인 GABA (γ -aminobutyric acid)를 다량 함유하고 있음을 확인하였다[9, 15, 17, 18]. 본 연구에서는 흑미이며 찰쌀이고 거대배아의 특성을 모두 보유한 눈큰흑찰을 이용하여 팝라이스로 가공하였을 경우와 현미차 형태로 가공하였을 경우의 영양성분과 건강 기능성분을 분석하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 연구에 사용된 재료는 농촌진흥청 국립식량과학원 포장

*Corresponding author

Tel : +82-55-350-1217, Fax : +82-55-352-3059

E-mail : han0si@korea.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에서 2012년 생산된 '눈큰흑찰(BGE)', '조생흑찰(BR)' 그리고 일반미로 '일미(IB)' 벼를 이용하였으며 원료곡인 정조를 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시험재료로 사용하였다.

팝라이스(pop-rice) 제조

눈큰흑찰을 이용하여 기호성이 우수한 가공품을 제조하기 위해 현미를 볶아 제조하는 방법을 사용하였으며, 온도는 150 내지 170°C 조건을 사용하였다. 볶음 시간은 5 내지 20분으로 회전시키면서 고루 호화가 이루어지는 조건을 찾았다.

경도(hardness) 분석

팝라이스로 가공한 현미의 경도를 측정하기 위해 Stable micro system사의 TA-XT2 texture analyzer를 이용하여 종자의 강도를 측정하였다. 직경 5 mm의 팁으로 종자가 파단점에 도달할 때까지의 시간과 이동거리 그리고 이때의 강도를 측정하였다.

현미차 제조

눈큰흑찰을 이용하여 현미차 재료로 사용하기 위해 밥과 열판에 볶는 과정을 수행하였다. 밥은 쌀 200 g을 잘 씻은 후 쌀의 수분함량에 따라 가수량을 조정(쌀 수분함량 14% 기준, 가수량 1.2배)하였다. 20°C 물에 20분 불린 후, 10분간 물을 빼고, 일반 전기밥솥을 이용하여 밥을 지었다. 스위치가 꺼진 후 10 내지 15분이 지난 후 시료의 건조를 위하여 건조용 용기에 담긴 후 40°C 열풍건조와 동결건조를 사용하여 건조하였다.

일반성분 분석

단백질 함량 분석은 Kim 등(2006)의 방법에 따른 Kjeldahl 자동 분석기(Kjeltech Auto 8560, Foss Tecator AB, Hoeganaes, Sweden)를 이용하여 분석하였고, 지방분석은 Soxhlet 분석법(FOSS 2050 SOXTEC AVANTI Automatic Soxhlet Extraction system, Foss Tecator AB, Hoeganaes, Sweden)에 따라 분석을 수행하였다[8]. 지방산 조성은 가스 크로마토그래피(GC)를 이용하여 분석을 수행하였다. 0.5 g의 분쇄시료에 10 ml의 헥산을 이용하여 50°C에서 2시간 동안 지용성분을 추출하고 농축하여 0.15 ml를 취하여 5 ml의 methylation solution [H₂SO₄ : methanol (MeOH) : Toluene = 1 ml : 20 ml : 10 ml]을 첨가하여 100°C에서 1시간 동안 메틸레이션화하였다. 냉각한 시료에 5 ml의 증류수를 첨가하여 층을 분리하고 상등액을 취하여 anhydrous Na₂SO₄ 를 이용하여 수분을 제거하였다. 1 ml을 취해서 GC (Agilent 7890A gas chromatograph equipped with a FID and HP-FFAT capillary column, Santa Clara, CA)로 분석하였다. 분석조건은 oven 온도는 150에서 230°C까지 2.5°C 간격으로 상승시켰고, injector 온도는 250°C이었으며 검출기 온도는 230°C 유지하였고, 질소를 이동

상(1 ml/min)으로 사용하였다.

멜라노이딘(Melanoidin) 물질 분석

멜라노이드 반응에 의한 멜라노이딘 물질의 함량은 420 nm에서의 갈색도를 분광광도계(Spectrophotometer Versa max, Molecular Devices Co., Sunnyvale, CA)를 사용하여 측정하였다[1].

총 폴리페놀 함량 분석

침종과 발아에 따른 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Ciocalteu colorimetric method을 사용하여 분석하였다[4]. 분말 시료를 70% 메탄올을 이용하여 37°C에서 12시간 동안 교반 추출하였고, 추출물 0.1 ml을 0.2 ml의 Folin-Ciocalteu's phenol 용액과 혼합한 후 3 ml의 5% Na₂CO₃ 용액과 혼합하였다. 혼합용액은 30°C에서 2시간 동안 반응시킨 후 분광광도계(Spectrophotometer Versa max, Molecular Devices Co., Sunnyvale, CA)를 이용하여 765 nm에서의 흡광도를 측정하였고, 폴리페놀 함량 계산은 chlorogenic acid (CGA mg/100 g extract)의 함량과 비교하여 계산하였다[11].

가바(GABA)와 아미노산 분석

가바를 포함한 아미노산은 Lee 등[13]의 방법을 변형한 Kim 등[9]의 방법에 따라 분석을 수행하였다. 분쇄된 시료 1.0 g에 초순수 4 ml를 첨가하고 초음파 추출(Wisclean bath (WUC-N47H), 36.7 kHz)기를 이용하여 5시간 동안 30°C에서 추출하였고, 4°C에서 20,000× g로 10분 원심분리한 후 상등액을 회수하여 가바와 아미노산 함량을 측정하였다. 아미노산 분석은 UPLC (AccQ-tag UPLC detection system, Waters)를 이용하여 분석을 수행하였다. 0.2 µm로 필터(Woongki Ltd., Seoul, Korea)한 20 µl 시료에 60 µl의 AccQ-fluor borate buffer와 20 µl의 AccQ-fluor reagent를 혼합하여 55°C에서 5분간 반응시키고 AccQ-Tag Ultra column (2.1×100 mm, Waters)를 이용하여 30°C에서 AccQ-Tag 시약 A (AccQ-Tag Ultra Eluent A, Waters)와 AccQ-Tag 시약 B (AccQ-Tag Ultra Eluent B, Waters)의 혼합 용매 조건으로 PDA eλ detector (Waters)를 이용하여 표준품의 검량선과 대조하여 함량을 계산하였다. 크로마토그램은 Empower software (Waters)를 이용하여 분석하였다.

당 함량 분석

눈큰흑찰의 현미와 현미차로 우려낸 시료의 유리당 함량은 HPLC (2695 Alliance system, Waters)를 이용하여 분석을 수행하였고, 글루코오스, 프락토오스, 말토오스, 슈크로오스, 레피노오스 등의 1-3 탄당류를 표준품의 검량선과 대조하여 함량을 측정하였다. 유리당은 시료 1 g과 증류수 20 ml을 혼합하여 vortex 후 30°C에서 12시간 초음파로 추출하였고, 15,000

rpm에서 30분 동안 원심분리 한 후 여과하여 칼럼은 Sugar-Pak 칼럼(85℃, 10 μm, 6.5 mm x 300 mm, Waters)과 RI 검출기를 이용하여 분석을 수행하였다.

항산화 활성분석

눈큰흑찰 현미와 팥라이스의 항산화 활성 검정은 DPPH법과 ABTs의 라디칼 소거능을 측정하여 검정하였다. DPPH에 의한 라디칼 소거능은 Hatano 등[6]의 방법에 따라 분석을 수행하였다. 일정농도로 조정된 시료에 DPPH-ethanol용액을 가하여 10초간 잘 혼합한 다음 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 라디칼 소거능은 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 흡광도 비(%)로 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{Antioxidant activity of DPPH (\%)} = \frac{A \text{ blank} - A \text{ sample}}{A \text{ blank}} \times 100$$

ABTs (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) 라디칼 소거능 측정은 Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) 분석법에 따라 수행하였다[3, 16]. ABTs용액은 7 mM ABTs용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시킨 다음 암실에서 4~8시간 동안 반응시킨 후 흡광도 값이 안정되도록 기다려 사용하였다. 즉, 이 ABTs용액 0.9 ml에 일정농도의 시료액 0.1 ml을 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 1분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ABTs 라디칼 소거능은 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

$$\text{Antioxidant activity of ABTs (\%)} = \frac{[A \text{ blank} - A \text{ sample}]}{A \text{ blank}} \times 100$$

시료의 SC₅₀ (Scavenging Activity)는 시료 첨가 후 DPPH와 ABTs의 농도가 50% 감소하는데 필요한 시료의 농도로 나타내었다.

통계처리

자료분석은 SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하였다. 실험결과는 3번 반복값을 구하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 각 변수에 대해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검정으로는 Duncan's multiple range test를 적용하였으며, α=0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

팥라이스 제조

기호성이 우수한 팥라이스를 제조하기 위하여 눈큰흑찰과 일미 현미의 볶음을 통해 팽화가 골고루 일어나고 타지 않은 조건을 탐색한 결과는 Table 1에 나타난 것과 같이 가공 온도의 범위는 눈큰흑찰은 155℃에서 160℃ 사이가 적당하였고, 최적 가공온도는 157℃였다. 이때의 볶음 시간은 5~20분이 적

Table 1. Optimum processing condition for making pop-rice in BGE (Nunkeunheukchal) and IB (Ilmibyeo)

Variety	Popping temp range (°C)	Optimum temp (°C)
IB	165~170	167
BGE	155~160	157

당하였다. 반면 대조인 일반미 일미의 경우는 165℃에서 170℃의 범위가 가공에 적합하였고, 최적 가공 온도는 눈큰흑찰보다 10℃가 높은 167℃로 분석되었다. 볶음 시간은 눈큰흑찰과 유사한 5~20분이 적당하였다. 볶음 온도에서 쌀 품종간 차이를 보이는 이유는 눈큰흑찰의 경우 160℃ 이상으로 온도를 높일 경우나 일반미의 경우 170℃ 이상으로 온도를 높일 경우 종자의 외피가 타는 현상이 발생하여 상품성이 떨어짐을 확인하였다. 또한 낮은 온도에서 오래 볶는 것이나 고온에서 짧은 시간 볶는 것은 팥라이스 형태로 폭열이 일어나지 않아 가공 조건으로 적합하지 않았다(Fig. 1).

팥라이스 종자의 경도 분석

눈큰흑찰 팥라이스의 단단함을 비교하기 위하여 경도를 분석하였다. 종자의 경도는 직경 5 mm의 팁이 받는 무게와 파단점까지의 시간과 이동 거리로 분석하였다. 팥라이스의 경도는 폭열이 잘되는 눈큰흑찰이 9.9 kg/φ 5mm으로 일미의 21.3 kg/φ 5mm에 비해 부드러움이 관찰되었고 이때의 종자 표면에서부터 파단점까지 이동거리는 3.3 mm였고, 이동시간은 6.7초가 소요되었다(Table 2).

팥라이스의 단백질 및 지방 분석

팥라이스의 주요 영양성분으로 단백질과 지방함량을 분석한 결과는 Table 3에 나타난 것과 같이 단백질 함량은 눈큰흑찰이 11.3%로서 일미의 7.1% 보다 높음을 보이고 있고, 김 등 [9]이 보고한 눈큰흑찰 현미의 단백질 함량과 비교해서도 가공에 의한 단백질 함량과 두드러진 차이를 보이고 있지는 않다.

팥라이스의 당 함량 및 조성 분석

눈큰흑찰 팥라이스의 총 당함량과 당조성 분석에서는 총 당함량은 일미의 0.55%에 비해 눈큰흑찰은 2.04%로서 2배 이



Fig. 1. Pop-rice of BGE.

Table 2. Comparison of popping processed grain hardness, breaking time and distance of pop-rice

Variety	Hardness (kg)	Time (sec.)	Distance (mm)
IB	21.3±2.5	4.7±0.6	2.3±0.3
BGE	9.9±2.3	6.7±1.0	3.3±0.5

* ϕ 5 mm tip, 0.5 mm/sec, max 5 mm

Table 3. Nutritional contents of popping processed rice varieties

Variety	Protein (%)	Lipid (%)
IB	7.1±0.1	2.9±0.0
BGE	11.3±0.3	3.7±0.0

* All values are mean ± SD (n=3).

상의 당을 함유하고 있음을 확인하였다. 당 조성에서는 눈큰흑찰의 sucrose 함량이 1,752.6 mg/100 g으로 일미의 468.1 mg에 비해 함량이 높음을 보였다(Table 4).

팝라이스의 기능성분 분석

눈큰흑찰 팝라이스의 기능성 성분 분석에서는 볶음 가공을 통해 종자의 갈변과정에서 생성되는 멜라노이딘 성분의 함량은 갈변도 측정을 통해 비교하였다[1]. 눈큰흑찰의 경우 일미에 비해 4배(OD 0.2) 함량이 많은 것으로 분석되었고, 폴리페놀 함량의 경우 눈큰흑찰 팝라이스는 4.54 mg/g로서 일미의

1.52 mg/g에 비해 함량이 많음을 보이고 있다. 반면 가바와 아미노산의 함량은 눈큰흑찰의 경우 5.0 mg/100 g과 41.7 mg/100 g으로 기존에 분석된 함량[9]에 비해 가공처리에 의해 함량이 감소함을 관찰하였다. 이것은 열에 의해 가바와 아미노산의 함량 감소와 멜라노이딘 생성에 기인한 것으로 사료된다(Table 5).

팝라이스를 이용한 현미차 추출물의 당 성분 분석

눈큰흑찰 팝라이스를 현미차로 음용을 위해 5 g의 가공된 형태의 시료에 50 ml의 끓인 물로 30분간 우려내었을 경우의 주요 성분의 분석을 수행하였다. 먼저 유리당 함량 비교 분석 결과 가공하지 않은 현미를 사용하였을 경우에 비해 모든 성분에서 추출률이 높음을 보였다. 특히나 sucrose의 경우 현미의 143 mg/100g에 비해 추출률이 우수하여 632.5 mg/100 g이 추출됨을 확인할 수 있었다. Glucose와 raffinose의 경우는 눈큰흑찰 팝라이스에서 유일하게 추출됨을 확인할 수 있었고, 또한 총 당함량에서도 677.9 mg/100 g이 추출됨을 확인하여 일미 팝라이스의 158.9 mg에 비해 우수한 추출률을 보였다(Table 6).

팝라이스를 이용한 현미차 추출물의 기능 성분 분석

눈큰흑찰 팝라이스의 현미차 추출에 의한 기능성분은 폴리페놀 추출률에서 1.41 mg/g으로 일미의 0.41 mg/g에 비해

Table 4. Total sugar contents and composition of popping processed rice

Variety	Total sugar (%)	Glucose (mg/100 g)	Sucrose (mg/100 g)	Raffinose (mg/100 g)	Fructose (mg/100 g)
IB	0.55±0.1	15.9±1.8	468.1±39.7	62.0±17.6	5.4±1.5
BGE	2.04±0.3	46.7±4.2	1752.6±204.7	179.6±32.5	59.8±22.1

* All values are mean ±SD (n=3).

Table 5. Functional substances contents of popping processed rice

Variety	Color intensity* (OD 420 nm)	Polyphenol (mg/g)	GABA (mg/100 g)	Total amino acid (mg/100 g)
IB	0.05±0.00*	1.52±0.06	2.1±0.1	18.9±0.6
BGE	0.20±0.03	4.54±0.08	5.0±0.5	41.7±4.0

*Color intensity are expressed as absorbance (at 420 nm) of Melanoidin related products.

*All values are mean ± SD (n=3).

Table 6. Released sugar contents during steeping with hot water for 30 min

Variety	Treatment	Glucose (mg/100 g)	Sucrose (mg/100 g)	Raffinose (mg/100 g)	Total sugar (mg/100 g)
IB	Brown rice	-	106.5±0.5	-	106.5±0.5
	Pop-rice	-	158.9±1.5	-	158.9±1.5
BGE	Brown rice	-	143.9±0.6	-	143.9±0.6
	Pop-rice	4.5±0.6	632.5±0.9	56.5±3.1	677.9±1.0

* All values are mean ± SD (n=3).

Table 7. Released functional substances contents during steeping with hot water for 30 min

Variety	Treatment	Polyphenol (mg/g)	GABA (mg/100 g)	Amino acid (mg/100 g)
IB	Brown rice	0.13±0.0	4.6±0.3	27.0±0.3
	Pop-rice	0.41±0.0	1.0±0.0	2.0±0.0
BGE	Brown rice	0.67±0.0	6.5±0.6	28.9±3.1
	Pop-rice	1.41±0.0	4.0±0.0	11.8±0.3

* All values are mean ± SD (n=3).

Table 8. The effect of popping process on antioxidant activities and crude extracts contents with 80% MeOH

Variety	Treatment	Crude extracts with 80% MeOH (mg/g)	Anti-oxidative activity (SC ₅₀ , powder mg/ml)	
			DPPH	ABTs
IB	Brown rice	24.9±3.7	2.61±0.13	>20
	Pop-rice	17.5±0.8	1.88±0.03	>20
BGE	Brown rice	47.5±3.2	0.93±0.03	7.79±0.91
	Pop-rice	205.3±1.2	0.24±0.01	1.82±0.07

* All values are mean ± SD (n=3).

우수함을 관찰할 수 있었다. 가바와 아미노산 함량은 일반미에 비해 눈큰흑찰이 우수함을 보였으나, 현미에 비해서는 가바와 아미노산 함량에서 추출률이 줄어들음을 보였다. 이것은 볶음 가공에 의한 원 재료의 함량 감소와 같은 결과를 보였다(Table 7).

팝라이스를 이용한 현미차 추출물의 항산화 활성 분석

눈큰흑찰 팝라이스의 가공에 따른 항산화 활성을 검정한 결과는 Table 8에 나타난 것과 같이, DPPH 라디칼 소거에 따른 흡광도를 50% 감소시키는데 필요한 항산화 물질의 농도(SC₅₀)는 눈큰흑찰 팝라이스 추출물이 0.24 mg/ml로서 가장 낮아 활성이 가장 우수함을 보였고, 다음이 눈큰흑찰 현미가 0.93 mg/ml 이었으며, 대조인 일반미는 각각 1.88 mg/ml과 2.61 mg/ml임을 나타내었다. ABTs에 대한 항산화 활성 비교도 DPPH와 같은 결과를 보여 대조인 일반미는 항산화활성이 거의 없는 것으로 분석되었고, 반면 눈큰흑찰 팝라이스는 1.82 mg/ml로서 눈큰흑찰 현미의 7.79 보다 활성이 우수함을 보였다.

거대쌀눈의 특성과 검정쌀 그리고 찹쌀의 특성을 보유한 눈큰흑찰을 이용한 팝라이스 제조하고 현미차로 이용하였을 경우의 주요 특성과 성분을 분석한 결과 눈큰흑찰은 일반미를 동일조건으로 볶을 때보다 팝라이스 가공에 적합한 온도(157°C)가 일반미(167°C)보다는 10도 정도 낮음을 보였고 이것은 눈큰흑찰의 종피에 있는 안토시아닌 계열 색소가 열에 민감하여 쉽게 타는 현상에 기인한 것으로 사료된다. 그러나 폭열로 표현되는 팝라이스로 가공 특성은 일반미의 약하게 갈라짐에 비해 눈큰흑찰은 팝콘과 같이 최적 가공온도에서 폭열이 일어나서 상품성에서 더 적합한 품질임을 확인하였다. 또한 눈큰흑찰 팝라이스는 대조로 사용된 일반미의 팝라이스에 비해 단백질, 지방, 당 함량 등이 높음을 보였고, 멜라노이딘 색소,

폴리페놀, 가바, 총아미노산 함량 등에서도 눈큰흑찰 팝라이스가 영양면에서 우수함을 보여 팝라이스를 그대로 후레이크로 이용하거나 아니면 선식으로 복용해도 좋을음을 확인하였다.

현미차나 현미녹차로의 활용면에서는 녹차의 떫은 맛을 부드럽게 하기 위해 사용되는 현미의 구수한 특성을 눈큰흑찰 팝라이스가 더 좋게 만들고 있는데, 이것은 볶음 가공에 의한 멜라노이딘 색소의 생성에 의한 것이며, 이것은 멜라노이딘 색소의 생성량 비교와 같은 결과임을 확인하였다. 현미차 형태로 눈큰흑찰 팝라이스를 뜨거운 물로 우려내었을 경우도 글루코오스, 슈크로오스, 라피노오스와 총 당함량에서 일반미에 비해 다량 용출됨을 보였고, 특히 당도와 가장 밀접한 관계가 있는 슈크로오스는 현미에 비해 4배 이상 용출량이 증가함을 보였다. 따라서 본 연구에서는 눈큰흑찰 가공을 통해 제조된 팝라이스가 단백질, 당분 등의 영양성분과 폴리페놀, 항산화력 등의 생리활성도 우수함을 확인하여 향후 기능성 현미차 등의 가공용과 선식 등의 건강기능성 식품 원료로도 사용이 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 눈큰흑찰 이용 비만과 황반변성 예방 소재 특성 연구, 세부과제번호: PJ010059)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Cheigh, H. S., Lee, J. S. and Lee, C. Y. 1993. Antioxidative characteristics of melanoidin related products fractionated from fermented soybean sauce. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* **22**(5), 570-575.

2. Choe, J. S., Ahn, H. H. and Nam, H. J. 2002. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 885-892.
3. Choi, Y. M., Ku, J. B., Chang, H. B. and Lee, J. S. 2005. Antioxidant activities and total phenolics of ethanol extracts from several edible mushrooms produced in Korea. *Food Sci. Biotechnol.* **14**, 700-703.
4. Choi, Y. M., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B. and Lee, J. S. 2006. Influence of heat treatment of the antioxidant activities and polyphenolic compound of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* **99**, 381-397.
5. Goufo, P. and Trindade, H. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, gamma-oryzanol, and phytic acid. *Food Sci. Nutr.* **2**(2), 75-104.
6. Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T. and Okuda, T. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root: Their relative astringency and radical scavenging effects. *Chem. Pharm. Bull.* **36**, 1090-2097.
7. Huh, C. K., Lee, J. W. and Kim, Y. D. 2012. Fermentation and Quality Characteristics of Yakju According to Different Rice Varieties. *Kor. J. Food Preserv.* **19**(6), 925-932.
8. Juliano, B. O. 1985. Biochemical properties of rice. In *Rice: Chemistry and Technology*, pp. 175-205. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
9. Kim, J. Y., Seo, W. D., Park, D. S., Jang, K. C., Choi, K. J., Kim, S. Y., Oh, S. H., Ra, J. E., Yi, G. H., Park, S. K., Hwang, U. H., Song, Y. C., Park, B. R., Park, M. J., Kang, H. W. and Han, S. I. 2013. Comparative studies on major nutritional components of black waxy rice with giant embryos and its rice bran. *Food Sci. Biotechnol.* **22**(S), 1-8.
10. Kim, S. W., Park, I. J., Lee, Y. Shin, H. R., Park, H. G., Kwon, O. D., Kim, D. H. and Kim, S. C. 2005. Pop-rice and a method for preparing the pop-rice with unhulled rice. Korea Patent No. 10-0478829.
11. Kweon, M. H., Hwang, H. J. and Sung, H. C. 2001. Identification and antioxidant activity of novel chlorogenic acid derivatives from bamboo (*Phyllostachys edulis*). *J. Agric. Food Chem.* **49**, 4646-4655.
12. Kyoung, O. Y., Oh, S. H., Kim, H. J., Yoon, Y. K., Kim, H. M. and Kim, M. R. 2006. Analyses of nutrients and anti-nutrients of rice cultivars. *Kor. J. Food Cook Sci.* **22**, 949-956.
13. Lee, Y. R., Kim, C. E., Kang, M. Y. and Nam, S. H. 2007. Cholesterol-lowering and antioxidant status-improving efficacy of germinated giant embryonic rice (*Oryza sativa* L.) in high cholesterol-fed rats. *Ann. Nutr. Metab.* **51**, 519-526.
14. Moon, K. S., Lee, S. J. and Baik, J. H. 2008. Preparation method of parched unpolished rice with excellent taste. Korea Patent No. 10-0836034.
15. Park, D. S., Park, S. K., Lee, B. C., Song, S. Y., Jun, N. S., Manigbas, N. L., Cho, J. H., Nam, M. H., Jeon, J. S., Han, C. D., Choi, K. J., Kim, D. H., Woo, Y. M., Koh, H. J., Kang, H. W. and Yi, G. H. 2009. Molecular characterization and physicochemical analysis of a new giant embryo mutant gene (get) in rice (*Oryza sativa* L.). *Genes Genom.* **31**, 277-283.
16. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol. Med.* **26**, 1231-1237.
17. Saikusa, T., Horino, T. and Mori, Y. 1994. Accumulation of γ -amino butyric acid (GABA) in rice germ during water soaking. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **58**, 2291-2292.
18. Seo, W. D., Kim, J. Y., Park, D. S., Han, S. I., Jang, K. C., Choi, K. J., Kim, S. Y., Oh, S. H., Ra, J. E., Yi, G. H., Park, S. K., Hwang, U. H., Song, Y. C., Park, B. R. and Kang, H. W. 2011. Comparative analysis of physicochemicals and antioxidative properties in new giant embryo mutant, 'YR23517Acp79', in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* **54**, 700-709.
19. Stork, C. R., Silva, L. P. and Fagundes, C. A. A. 2005. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. *J. Food Chem. Anal.* **18**, 333-341.
20. Zhang, L., Hu, P., Tang, S., Zhao, H. and Wu, D. 2005. Comparative studies on major nutritional components of rice with a giant embryo and a normal embryo. *J. Food Biochem.* **29**, 653-661.

초록 : 흑찰거대배아미를 이용한 팍라이스와 흑미차의 품질 특성

한상익^{1*} · 서우덕¹ · 나지은¹ · 박지영¹ · 박동수¹ · 조준현¹ · 이종희² · 서경혜¹ · 심은영¹ · 남민희¹

(¹국립식량과학원 기능성작물부, ²농촌진흥청 연구정책국)

거대쌀눈의 특성과 검정쌀 그리고 찹쌀의 특성을 보유한 흑찰거대배아미인 '눈큰흑찰'을 이용한 팍라이스 제조와 이를 이용한 현미차로 이용하였을 경우의 주요 성분의 분석 결과, 눈큰흑찰을 이용한 최적의 팍라이스 가공조건은 157°C에서 5 ~ 20분 볶는 조건이 상품성이 가장 적당함을 확인하였다. 눈큰흑찰 팍라이스는 대조인 일미에 비해 단백질(11.3%)과 지방(3.7%)이 높음을 보였고, 당 함량과 조성에서도 일미에 비해 다량 함유함을 보였다. 멜라노이딘 색소 함량에서 일미에 비해 4배(0.2 OD) 증가하였고, 폴리페놀, 가바(GABA), 총 아미노산 등 주요 영양과 기능성분에서 가공에 의한 눈큰흑찰의 특성이 좋음을 확인하였다. 현미차로 눈큰흑찰 팍라이스를 우려내었을 경우도 글루코오스, 슈크로오스, 라피노오스, 총 당함량에서 현미와 일미에 비해 다량 용출됨을 보였고, 특히 당도와 가장 밀접한 관계가 있는 슈크로오스는 현미에 비해 4배 이상 증가함을 보였다. 항산화성 분석을 통한 생리활성 검정에서도 눈큰흑찰 팍라이스는 현미에 비해 4배(DPPH, SC₅₀, 0.24 mg/ml) 이상의 항산화력이 있음을 보여 주었다.