

슈퍼자미의 이화학적 특성 및 항산화 활성

김기쁨¹ · 최수근¹ · 김동석^{2†}

경희대학교 조리·서비스경영학과¹ · 서원대학교 외식산업학과²

Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of *Superjami*

Ki-Bbeum Kim¹, Soo-Keun Choi¹ and Dong-Seok Kim^{2†}

¹Dept. of Culinary Service Management, Kyunghee University

²Dept. of Food Service Industry, Seowon University

Abstract

This study attempted to investigate the characteristics of *Superjami*, which had a high C3G (cyandin-3-glucoside) content by comparing it with common rice (*Ilpum*) and black rice (*Heougjinju*, Suwon 415) for their components and physio-chemical characteristics. There were no significant differences in the water content, however there were significant differences in crude protein and crude fat in the order of *Ilpum* < *Superjami* < *Heougjinju*. As for the morphological characteristics of grains, it had been learned that *Superjami* was heavier and longer than the common rice, moreover *Superjami* had bigger seeds. As for the hardness of grains, the longer the time of steeping, the more decreased their hardness was at large. In the case of color, they showed significant differences in all the L, a, and b values of grains and flours. As a result of the experiment of pigment elution after steeping of the rice flours at 20°C and 40°C, the longer the time steeping, the more increased the pigment elution became. The values are bigger with *Heougjinju* and *Superjami* than with *Ilpum*. As for the elution pH after rice steeping, the longer the time of steeping, the lower pH all the assays tended to have. As a result of the analysis of the total polyphenol contents of *Ilpum*, *Heougjinju*, and *Superjami*, it had turned out that the total polyphenol contents of *Heougjinju* and *Superjami* are 1.2 times as high as *Ilpum*, a common rice, and that *Superjami* is significantly higher than *Heougjinju*. As a result of the experiment of DPPH radical scavenging ability, there are significant differences among the assays in the order of *Superjami* > *Heougjinju* > *Ilpum*. Futher, it has turned out that *Superjami* has a higher DPPH radical scavenging ability than *Heougjinju*. Consequently, it can be stated that *Superjami* has a strong anti-oxidative ability. Thus, we should more precisely grasp the cooking characteristics of *Superjami*, which is in the state of brown rice, via comparing it with a common brown rice, and also provide opportunities to apply *Superjami* to more foods by studying its starch characteristics in addition to its grain and flour properties.

Key words : pigmented rice, *Superjami*, physicochemical properties, antioxidant activity

1. 서론

수천 년 전, 벼농사가 시작된 후로부터 쌀은 우리의 주요

식량이 되었고, 죽, 떡, 밥의 형태로 발달 과정을 거치면서 주식뿐만 아니라 절식, 의례음식으로서 우리 식생활에서 중요한 부분을 차지하여 왔다(Kim JS 1997). 그 외에도 식초, 엿, 식혜와 같은 전래식품과 근래에는 쌀로 가공된 인스턴트 식품의 개발까지 다양하게 이용되고 있다(Yoon HH 등 1995). 그러나 농업의 발달로 쌀의 생산량이 증가하는데 반해(Kim SK 2003), 식생활의 외부화, 편리화, 서구화 경향에 따라 1990년대 이후 소비량이 급속히 감소하는 추세이다(이계임과 김민정 2003). 그리고 우리나라의 벼농사는 영농 규모 면에서 너

[†]Corresponding author : Dong-Seok Kim, Dept. of Food Service Industry, Seowon University
Tel: +82-43-299-8463
Fax: +82-43-299-8460
E-mail: winehappy@naver.com

무 영세하고 토지 용역비 비중이 과중하기 때문에 미국, 호주 등지 등에 비해 생산비가 현저히 높아져서 가격 경쟁이 되지 못한다. 또한 생활수준이 향상되어 식생활 패턴이 고급화됨에 따라 밥맛 좋고 안전하며 건강 기능성이 높은 쌀 상품을 찾는 요구도 크게 높아졌다. 이러한 시대적 흐름에 발맞추어 소비자 요구에 부응하는 양질의 쌀이나 특수미 상품을 생산하고 판매하고자 하는 분위기가 점차 고조되고 있다. 품질의 고급화를 위한 기능성 특수미 품종 개발과 이의 효율적 가공 이용을 통하여 쌀 상품의 가치를 높이고자 하는 연구개발이 이루어지고 있다. 소비자의 웰빙 열풍, 식생활 패턴의 고급화 등으로 기능성 쌀을 선호하는 추세이며, 그 중 생리·기능적 측면에서 쌀이 가지고 있는 천연색소의 역할이 주목되고 있다. 유색미는 쌀겨 고유의 색 외에 적색이나 자색을 띠고 있는 쌀로서, 우리나라에는 1990년에 중국에서 처음 들여와 전남지방 중심으로 재배되기 시작되었고 그 재배 면적이 점차 확대되어 가고 있다(Kim JS 1997). 대부분의 유색미는 현미상태로 식이섬유를 다량 함유하고 있으며 특유의 향미를 지니고 있다. 또한 각종 미네랄과 비타민, 불포화지방산, 단백질 등이 영양가가 풍부하여 식품학적 이용가치가 높을 뿐 아니라 그 색깔 때문에 품질의 다양화와 가공을 위한 재료로 다양한 사용 범위를 가진 특수 용도미로서 소비가 크게 증가하고 있다.

유색미에는 흑자색, 적갈색, 녹색 등에 이르는 다양한 천연색소를 함유하고 있는데(Choi ID 2010), 이 중 흑자색미에 함유된 안토시아닌 색소의 80% 정도는 cyanidin-3-glucoside(C3G)이며, peonidin-3-glucoside(P3G) 5%, malvidin, pelargonidin 및 delphinidin 등을 함유하고 있다(Ryu SN 등 1998). 안토시아닌은 항산화 활성(Osawa T 1995, Han SJ 등 2004, Kim HY 등 2010), 항염효과(Wang H 등 1999), 항암(Dai J 등 2009), 항아토피(Han SJ 등 2009), 항당뇨(Kim HY 등 2010) 및 심혈관계 질병(Verlangieri AJ 등 1985) 등의 예방과 치료에 효과가 있는 것으로 밝혀진 성분이다. 슈퍼자미벼는 흑진주 벼와 수원 425호의 후대계통인 C3GHi벼와 쌀알의 크기가 일반 쌀알의 1.5배인 대립벼 1호를 교배하여 C3G 함량이 높은 계통으로 육성한 것으로(Kwon SW 등 2010), 흑진주벼에 비해 C3G 색소가 10배 이상 높으며 혈당 감소 효과와 아토피 치료 효과가 뛰어난 기능을 가지고 있다(Ryu SN 2010).

유색미를 이용한 선행연구가 이뤄지고 있지만, 기존 유색미보다 C3G 함량이 높고 그 아토피 억제효과 및 항당뇨 효과를 인정받은 슈퍼자미에 대한 조리과학적 연구가 미흡한 가운데 슈퍼자미의 이화학적 특성을 밝혀 기초자료를 확립하고, 기존의 쌀과의 차이점을 알아낼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 C3G 함량이 높은 슈퍼자미, 일반 매편(일품벼)과 흑미(흑진주, 수원 415호)의 이화학적 특성 및 항산화활성을 비교하여 슈퍼자미의 특성을 알아보고, 이를 직접적으로 밥과 떡의 조리에 이용하기 위한 슈퍼자미의 실제적인 이용 가능성을 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

슈퍼자미는 2010년 수확된 품종으로 중부평야에서 재배하여 현미상태로 도정된 것을 한국방송통신대학교 농학과에서 제공받아 시료로 사용하였다. 일반쌀은 일품벼(2010년산 경기미)를, 유색미는 흑진주벼(2010년산 경북 칠곡군)를 경동시장에서 구입하여 밀봉하여 4℃의 냉장고에서 보관하여 사용하였다. 쌀가루는 분쇄기(Heavy Duty Blender, Model 24CB10C, WARING Commercial, MD, USA)로 분말을 만들어 40 mesh의 표준체(청계상공사)로 통과되어진 것을 사용하였다.

2. 일반성분 측정

시료의 수분함량은 수분측정기(Moisture Analyzer, MB 45, Ohaus, Switzerland)를 이용하여 측정하였고, 조단백질, 조지방은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였다. 조단백은 Micro Auto Kjeldahl법으로 질소함량을 구한 후 질소계수 5.95를 곱하여 계산하였고, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 측정하였다.

3. 쌀알의 형태적 특성 측정

쌀알의 형태적 특성을 측정하기 위한 쌀알의 길이와 폭은 caliper(Model No. CD-15CP, Japan)로 입자 100알을 측정하였고, 쌀알의 무게는 전자저울(electron scale, UMX2V, Mettler Toledo, Switzerland)을 이용하였다. 쌀알의 부피는 Na HS 등(2002)의 연구에서 사용한 식으로부터 구하였다.

$$V = \frac{4}{3} \pi ab^2$$

여기에서 a는 시료의 장반경(mm), b는 시료의 단반경(mm)이고, V는 부피(mm³)이다. 또한 밀도는 무게를 부피로 나누어 구하였다.



Fig. 1. Photographs of 2 varieties of Korean rices used in the present study.

4. 수침 중 쌀알의 경도

수침한 쌀의 hardness는 Kum JS 등(2004)의 방법을 참고하여 각각 0, 1, 2, 3시간 수침한 쌀 1알을 Texture Analyzer(TA-XT Express, Stable Micro Systems, Ktd, UK)를 이용하여 Table 1과 같은 조건에서 반복하여 측정하였다.

Table 1. Operating condition of texture analyzer for hardness of rice grain during soaking at 20°C for 0, 1, 2 and 3 h

Caption	Parameter
Pre-test speed	1.0 mm/sec
Test speed	1.0 mm/sec
Post-test speed	1.0 mm/sec
Strain	50%
Distance	0.2 mm
Time	1.00 sec
Plunger type	20 mm
Trigger force	1.0 g

5. 쌀알과 쌀가루의 색도 분석

쌀과 쌀가루는 각각 petri dish(35 × 10 mm)에 담아 colorimeter(JC-801, Color Techno Corporation, Japan)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였다. 이 때 사용된 표준 백관의 L값 93.63, a값 -1.21, b값은 1.58이었다.

6. 쌀가루의 색소 용출액의 흡광도 및 pH 변화

수침 시간 및 온도를 달리하였을 때 안토시아닌 색소(C3G(cyanidin-3-glucoside), P3G(peonidin-3-glucoside))의 용출 정도를 알아보기 위하여 시료 5 g을 증류수 100 mL에 넣고 20, 40°C에서 20분 간격 120분까지 수침시킨 후 524 nm에서 spectrophotometer (Shimadzu, UV-1201, Japan)를 이용하여 흡광도를 측정하였고(Harborne JB 1984), 색소 용출액의 pH 변화를 pH meter(Orion pH meter, Model 420A, USA)로 측정하였다.

7. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis 방법을 변형하여 실시하였다(Gutfiger T 1981). n-hexane 용액을 사용하여 soxhlet 연속용출기로 24시간 동안 용출한 후, 탈지된 쌀가루를 넓은 트레이에 얇게 펴서 용매의 냄새를 맡을 수 없을 때까지 실온에서 air-dry시킨 후 유리지방질을 탈지 한 시료 5 g에 70% methanol 50 mL를 넣고 90°C에서 30분간 환류냉각 한 후 여과하고 남은 잔사에 50 mL의 70% methanol을 넣고 환류냉각, 여과과정을 3회 반복하였다. 이렇게 여과액을 농축하여 50 mL로 정용한 다음 11,000 rpm으로 5°C에서 15분 원심분리시

켜 얻은 상등액을 총 폴리페놀 함량 측정용 시료로 사용하였다. 검액 100 μ L를 취하여 2% Na₂CO₃ 2 mL와 잘 혼합하고 2분 후, 50% folin 시약을 100 μ L 첨가하여 발색시켰다. 30분 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 표준물질 (+)-catechine equivalent 기준으로 환산하였다(Damir AA 1985).

8. 전자공여능

전자공여능(Electron Donating Ability, EDA)은 DPPH(1, 1-diphenyl 1-2-picrylhydrazyl)의 환원성을 이용하여 516 nm에서 UV/Visible spectrophotometer(Shimadzu, UV-1201, Japan)로 측정하였다(Blois MS 1958). 즉, 추출물 0.1 mL에 methanol 4 mL, 0.15 mM (DPPH) 1 mL를 혼합하여 실온에서 30분간 안정화시킨 다음 sample 첨가구와 무 첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능을 측정하였으며 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{EDA (\%)} = (1 - \text{absorbance value of sample} / \text{absorbance value of control}) \times 100$$

9. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하여 그 결과를 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였고, p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 각 시료간의 유의적 차이를 검증하였으며, 통계분석은 SPSS 16.0을 이용하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

1. 일반성분

일품, 흑진주, 슈퍼자미의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 수분함량은 일품이 10.57%로 가장 높았고, 흑진주, 슈퍼자미 순이었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 조단백의 경우 일품이 6.88%로 가장 낮았고, 슈퍼자미가 8.38%, 흑진주가 9.67%로 유의적(p<0.001)으로 높게 나타났고, 조지방의 경우에도 이와 같은 순이었다. 쌀의 단백질, 지방, 아미로오스 등의 구성 성분의 차이는 다양한 이화학적 특성을 부여하여 텍스처, 소화 특성 및 수분 흡수력 등을 달라지게 한다. 선행연구(Ha TY 등 1999, Lee HH 등 2006, Kim EO 등 2008, Kwon SW 등 2011)에서 유색미의 조단백은 8.68~11.07%이었고, 조지방은 2.5~3.35%이었다. 일반적으로 단백질 함량이 높으면 영양 면에서는 우수하지만 색깔과 흡수성이 떨어지고, 전분의 소화 및 팽창 억제, 취반 시 밥이 단단하고 부착성이 떨어지는 등의 문제로 인해 취반 시 식미 특성에 낮게 평가된다고 하였다(Son JR 등 2002, Kim SK 2003). 또한 쌀에 소량 존재하는 지방질은 전분의 소화 중에 아미로

오스와 복합체를 형성하여 전분입자의 팽윤을 저지한다고 하였는데(Tester RF와 Morrison WR 1990), 본 연구 결과 흑진주와 슈퍼자미의 조지방 함량이 일품보다 높아 팽윤이 잘 일어나지 않을 것이라 사료된다.

Table 2. Proximate composition of rice

	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)
<i>Ilpum</i>	10.57±0.29	6.88±0.06 ^c	0.83±0.01 ^c
<i>Heouginju</i>	10.53±0.42	9.67±0.11 ^a	3.45±0.00 ^a
<i>Superjami</i>	9.76±0.36	8.38±0.59 ^b	3.33±0.07 ^b
F-value	4.70NS	922.94 ^{***}	4014.31 ^{***}

Mean±S.D. (n=3) NS : no signification *** p<0,001
^{abc} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

2. 쌀알의 형태적 특성

쌀알의 무게는 슈퍼자미가 일품과 흑진주보다 유의적(p<0.001)으로 무거웠는데, 이는 슈퍼자미가 흑진주와 수원 425호를 교배하여 만든 높은 C3G를 포함하는 C3GHi벼에 종실이 큰 대립체를 교배하여 만들었기 때문이며, Ryu SN(2011)의 연구에서 흑진주벼의 현미 천립중이 16.5 g이었고 슈퍼자미의 현미 천립중이 26.4 g이었던 것과 같은 결과이었다. 장

축의 길이는 슈퍼자미 > 흑진주 > 일품 순이었고, 단축의 길이는 일품 > 슈퍼자미 > 흑진주 순이었으며 유의적(p<0.001)인 차이를 나타내었다. 장폭비는 길이/폭의 비율에 의해 3.0 이상은 세장형, 2.1~3.0은 중원형, 1.1~2.0은 단원형, 1.1 이하는 원형으로 구분하는데 일품보다 유색미가 유의적(p<0.001)으로 컸고, 슈퍼자미와 흑진주가 2.09의 단원형으로 나타났다. 부피는 일품과 흑진주보다 슈퍼자미가 유의적(p<0.001)으로 크다고 나타났고, 밀도는 일품이 흑진주와 슈퍼자미보다 다소 높았으나 유의적 차이를 보이지 않았다. 따라서 슈퍼자미는 일반쌀보다 무겁고 길이가 길며 종실의 크기가 큰 것을 알 수 있었다(Table 3).

3. 수침 중 쌀알의 정도

일품, 흑진주, 슈퍼자미의 수침 중 정도를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 수침 시간이 지나 갈수록 모든 시료의 정도가 유의적으로 감소하였는데, 일품(p<0.01)의 경우 1시간 수침 후 급격하게 정도가 감소하였고, 흑진주(p<0.05)는 수침 2시간까지 완만한 정도의 감소를 보였다. 슈퍼자미(p<0.01)의 경우 수침 1시간까지 큰 정도의 차이를 보이지 않다가 2시간째 감소를 나타내었다. 선행연구 결과 수침 시간이 길어질수록 정도가 감소하다가 일정 시간이 지나면 수분 평형이 되면서 정도 또한 큰 변화가 없는 것으로 나타났고(Oh GS 2001), 본 연구도 같은 경향을 나타내었으며, 그 속도는 일품 > 흑진주 > 슈퍼자미라는 것을 알 수 있었다. 모든 수침 시간에서 쌀의 정도는 슈퍼자미 > 흑진주 > 일품벼 순이었다. 수침

Table 3. Dimensions and weight of rice grains

	Weight (mg)	Length (mm)	Width (mm)	L/W	Volume (mm ³)	Density (mg/mm ³)
<i>Ilpum</i>	21.75±0.19	4.72±0.18 ^c	2.85±0.12 ^a	1.66±0.08 ^b	16.07±0.17 ^b	1.37±0.01
<i>Heouginju</i>	20.32±0.24	5.57±0.47 ^b	2.67±0.22 ^c	2.09±0.18 ^a	16.88±0.07 ^b	1.27±0.00
<i>Superjami</i>	22.82±0.42	5.75±0.39 ^a	2.77±0.21 ^b	2.09±0.17 ^a	18.58±0.08 ^a	1.27±0.00
F-value	1.21NS	224.86 ^{***}	20.61 ^{***}	276.07 ^{***}	17.79 ^{***}	0.54 ^{NS}

Mean±S.D. (n=3) NS : no significant *** p<0,001
^{abc} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

Table 4. Hardness of rice grains soaked at 20°C

(g)

	Soaking time(hours)				F-value
	0	1	2	3	
<i>Ilpum</i>	739.87±23.13 ^A	339.70±14.15 ^{Bb}	269.87±12.22 ^{Bb}	236.27±16.73 ^B	9.73 ^{**}
<i>Heouginju</i>	822.73±25.61 ^A	572.13±26.31 ^{ABab}	464.27±31.00 ^{Ba}	299.80±17.11 ^B	5.20 [*]
<i>Superjami</i>	872.83±33.52 ^A	736.23±29.53 ^{Aa}	565.57±25.78 ^{Ba}	469.80±21.61 ^B	14.92 ^{***}
F-value	0.38 ^{NS}	6.50 [*]	12.86 ^{**}	4.90 ^{NS}	

Mean±S.D. (n=3) NS : no signification * p<0,05 ** p<0,01
^{AB} Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test
^{ab} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

Table 5. Hunter's color values of rice grain and powder

	Grain			Powder		
	L	a	b	L	a	b
<i>Ilpum</i>	66.66±0.97 ^a	1.76±0.09 ^a	12.23±0.14 ^a	86.91±0.22 ^a	2.17±0.05 ^a	6.45±0.08 ^a
<i>Heougjinju</i>	17.87±0.32 ^c	-1.88±0.02 ^c	2.71±0.14 ^b	48.78±0.37 ^c	0.85±0.07 ^c	2.07±0.01 ^c
<i>Superjami</i>	21.37±0.48 ^b	-0.21±0.01 ^b	2.54±0.02 ^b	49.38±0.22 ^b	1.10±0.04 ^b	2.31±0.07 ^b
F-value	3.87 ^{***}	73.59 ^{***}	325.55 ^{***}	1.82 ^{***}	99.09 ^{***}	4.46 ^{***}

Mean±S.D. (n=3) *** P<0.001

^{abc} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

전에는 유의적인 차이가 없었으나 수침 1(p<0.05), 2(p<0.01) 시간째에는 유의적인 차이를 나타내었고, 수침 3시간째에는 유의적인 차이가 없었다. 일반쌀보다 유색미의 경도가 큰 것은 유색미는 현미 상태이므로 과피의 영향에 의한 것이라 여겨지며, 슈퍼자미는 흑진주벼보다 과피의 두께가 더 두껍다는 Ryu SN(2011)의 연구결과에 따라 수침 시 경도가 더 큰 것으로 사료된다.

4. 쌀알과 쌀가루의 색도

Table 5는 쌀 낱알 및 가루의 색도를 나타내었다. 일품, 흑진주 및 슈퍼자미 낱알의 L, a, b값 모두 유의적(p<0.001) 차이를 나타내었는데, L, a값은 일품이 가장 높았고, 슈퍼자미, 흑진주 순이었으며, 황색도를 나타내는 b값은 일품 > 흑진주 > 슈퍼자미 순이었다. 가루의 색도는 L, a, b값 모두 일품 > 슈퍼자미 > 흑진주 순이었으며, 시료 간에 유의적(p<0.001)인 차이를 나타내었다. 낱알과 가루의 색도에 차이를 보인 것은 일반미 쌀가루의 색도는 입자가 미세해짐에 따라 L값은 증가하고 b값은 감소하였다는 선행연구(Nishita KD와 Bean MM 1985)와 같은 이유라 사료된다. 또한 유색미의 경우 색소가 주로 과피 부분에 집적되어 있어 쌀을 가루로 만들었을 때 색소 함량이 낮은 배유 부분이 과피 부분과 섞이게 되어서

나타난 결과라 사료된다. Lee HJ 등(2006)의 유색미 품종의 화학성분 연구의 결과 흑자색미의 경우 낱알의 L값이 17.22~26.60, a값이 2.13~4.11, b값이 0.43~3.87, 쌀가루의 L값은 57.85~70.50, a값이 1.77~3.21, 1.55~3.82로 본 연구의 낱알 a값과 쌀가루의 L, a값이 다소 낮았다. 한편 Kwon SW 등(2011)의 연구결과에 따르면 안토시아닌의 주색소인 C3G의 함량의 경우 슈퍼자미가 흑진주보다 10.9배 더 많다고 보고되어 있는데, 이는 본 연구의 결과 흑진주보다 슈퍼자미의 a, b 값이 높은 것에 영향을 미친 것이라 여겨진다.

5. 쌀가루 색소의 용출

쌀 5 g을 각각 증류수 100 g에 넣고 20℃와 40℃에서 20, 40, 60, 80, 100, 120분 수침시킨 후 색소의 용출을 실험한 결과는 Table 6과 같다. 20℃와 40℃ 모두 수침시간이 길어질수록 색소용출이 유의적으로 증가하며, 일품보다는 흑진주와 슈퍼자미가 유의적(p<0.001)으로 컸다. 온도에 있어서는 20℃보다 40℃에서 더 활발하게 용출되었다. 흑진주와 슈퍼자미의 색소 용출 양상은 비슷하게 나타났고, 수침 80분까지는 온도에 관계없이 비슷하게 나타나다가 수침 100분부터는 20℃ 용출액보다 40℃에서 다소 용출이 활발한 것으로 나타났다. Lee HJ 등(2008)의 연구에 따르면 안토시아닌을 물 추출 할 경우

Table 6. Effect of soaking temperature on absorbance (at 524 nm) of the extraction from rice

	Soaking time (min)							
	20	40	60	80	100	120	F-value	
20℃	<i>Ilpum</i>	0.88±0.09 ^{Cb}	0.95±0.05 ^{Cb}	1.00±0.06 ^{Cb}	1.34±0.07 ^{Bb}	1.44±0.07 ^{ABb}	1.47±0.05 ^{Ab}	42.27 ^{***}
	<i>Heougjinju</i>	2.35±0.08 ^{Ca}	2.53±0.13 ^{BCb}	2.80±0.08 ^{ABa}	2.88±0.13 ^{ABa}	2.99±0.12 ^{Aa}	3.07±0.17 ^{Aa}	5.54 ^{**}
	<i>Superjami</i>	2.21±0.07 ^{Ca}	2.68±0.06 ^{Ba}	2.78±0.09 ^{Ba}	3.04±0.19 ^{Aa}	3.06±0.05 ^{Aa}	3.20±0.11 ^{Aa}	24.59 ^{***}
	F-value	38.91 ^{***}	346.34 ^{***}	556.19 ^{***}	69.83 ^{***}	333.23 ^{***}	179.94 ^{***}	
40℃	<i>Ilpum</i>	0.91±0.07 ^{Eb}	1.07±0.01 ^{Db}	1.27±0.07 ^{Cb}	1.38±0.01 ^{BCb}	1.48±0.05 ^{ABc}	1.53±0.04 ^{Ab}	29.91 ^{***}
	<i>Heougjinju</i>	2.38±0.03 ^{Da}	2.63±0.08 ^{CDa}	2.84±0.11 ^{BCa}	2.97±0.13 ^{Ba}	3.57±0.07 ^{Aa}	3.58±0.15 ^{Aa}	25.22 ^{***}
	<i>Superjami</i>	2.27±0.13 ^{Ea}	2.73±0.10 ^{Da}	3.01±0.09 ^{Ca}	3.16±0.07 ^{BCa}	3.33±0.12 ^{ABb}	3.43±0.10 ^{Aa}	38.67 ^{***}
	F-value	159.25 ^{***}	200.76 ^{***}	151.74 ^{***}	154.66 ^{***}	572.91 ^{***}	135.65 ^{***}	

Mean±S.D. (n=3) ** p<0.01 *** p<0.001

^{A-E} Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

^{abc} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

물 온도 보다는 수침시간에 영향이 있는 것으로 보고되었고, 본 연구의 결과에서도 같은 결과를 나타내었다. 따라서 슈퍼자미를 섞어서 밥을 지을 때 수침 온도보다는 수침 시간이 밥의 색에 영향을 미칠 것이라 사료된다.

6. 쌀가루 용출액의 pH 변화

쌀을 수침한 후 용출액의 pH의 변화는 Table 7과 같다. 모든 시료에서 수침 시간이 길어질수록 pH가 낮아지는 경향을 보였는데 이는 쌀의 수침 중 생성되는 유기산 또는 지방산에 의한 것이라는 선행연구 결과(Kim & Bang 1996)와 같은 이유라 사료된다. 유색미의 pH가 일품벼에 비해서 현저히 낮았으며, 유색미 용출액의 pH 변화 결과 20℃에서는 다소 낮아지는 것으로 나타났으나, 40℃에서는 20℃에 비하여 감소 정도가 큰 것으로 나타나 수침 온도에 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 흑진주의 경우 슈퍼자미 보다 낮은 pH를 보였으며, 20℃와 40℃ 모두 수침 시간에 따른 유의미한 차이를 보였다 (p<0.001).

Table 7. Changes of pH during soaking of rice

Temperature	Soaking time (min)	Ilpum	Heougjinju	Superjami
20℃	20	7.40±0.06 ^a	6.38±0.02 ^a	6.44±0.01 ^a
	40	7.25±0.01 ^b	6.29±0.01 ^b	6.42±0.00 ^b
	60	7.22±0.01 ^{cc}	6.27±0.01 ^b	6.41±0.01 ^{bc}
	80	7.18±0.01 ^{cd}	6.25±0.01 ^c	6.41±0.01 ^c
	100	7.16±0.02 ^d	6.24±0.00 ^{cd}	6.38±0.00 ^d
	120	7.07±0.02 ^e	6.22±0.01 ^d	6.36±0.01 ^e
F-value		49.752	71.467	127.2
40℃	20	7.24±0.01 ^a	6.22±0.03 ^a	6.31±0.02 ^a
	40	7.24±0.01 ^a	6.16±0.01 ^b	6.28±0.02 ^b
	60	7.22±0.01 ^a	6.12±0.02 ^c	6.24±0.01 ^c
	80	7.19±0.00 ^b	6.08±0.01 ^d	6.19±0.02 ^d
	100	7.17±0.02 ^b	6.03±0.01 ^e	6.17±0.01 ^e
	120	7.12±0.03 ^c	6.01±0.00 ^e	6.15±0.01 ^e
F-value		28.826	68.564	72.48

Mean±S.D. (n=3) *** P<0.001

^{abc} Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

7. 총 폴리페놀 함량

일품, 흑진주, 슈퍼자미의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 흑진주와 슈퍼자미에 대한 총 안토시아닌과 C3G에 대하여 Ryu SN(2011)의 연구에 따르면 총 안토

시아닌은 슈퍼자미가 2,943 mg(100 g종자) 흑진주는 398.8 mg(100 g종자)이고, 슈퍼자미의 C3G 함량은 2,655 mg(100 g종자)이고, 흑진주는 250 mg(100 g종자)이다. 일반계 쌀인 일품에 비해 흑진주와 슈퍼자미의 총 폴리페놀 함량이 1.2배 가량 높은 것으로 나타났고, 흑진주 보다 슈퍼자미의 함량이 유의적(p<0.001)으로 높은 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 Choi BK 등(2006)의 제분조건에 따른 흑미 쌀가루 보다 높은 경향을 나타냈는데, 흑미의 페놀화합물은 배유부분이나 세포벽에 결합된 형태보다는 외피, 과피에 유리형의 형태로 대부분 존재한다는 Chung YA와 Lee BK(2003)의 연구 결과에 따라 Choi BK 등(2006)의 쌀가루는 수침을 거쳤기 때문에 수침 과정에서 유리형 페놀화합물이 손실된 결과로 사료되며, 실제적으로 슈퍼자미의 이용 시에 세척과 수침에 의해서 손실이 나타날 것으로 사료된다. 그러나 Choi BK 등(2006)의 연구 결과 열처리에도 폴리페놀의 손실은 없는 것으로 나타나 조리 중의 손실은 낮을 것이라고 판단된다. 페놀성 화합물은 식물체에 널리 분포되어 있는 물질로 다양한 구조와 분자량을 가지며 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 나타나(Choi JH와 Koh BK 2003), 이러한 페놀성 화합물이 쌀에 함유되어 있는 양은 소량이기는 하지만 슈퍼자미를 밥과 같은 주식으로 매일 섭취한다면 페놀성 화합물의 항산화 및 항암효과에 대한 효능을 볼 수 있을 것으로 사료된다.

Table 8. Total amount polyphenols in rice

	Ilpum	Heougjinju	Superjami	F-value
Total polyphenols (mg/g)	0.10±0.00 ^c	1.22±0.01 ^b	1.27±0.00 ^a	76223.73 ^{***}

Mean±S.D. (n=3) *** P<0.001

^{abc} Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

8. 전자 공여능

전자공여능 실험 결과는 Table 9와 같다. 각 시료 간에는 유의적(p<0.001)인 차이가 있었고, 슈퍼자미 > 흑진주 > 일품 순으로 나타났다. 유색미가 일반 백미보다 항산화 활성이 높은 것은 선행 연구(Kim EO 등 2008, Ko MR 2011)와도 같은 결과이었다. 그 중 Ko MR(2011)의 연구 결과 일반쌀, 영라이스, 현미, 흑미 중 흑미의 항산화 활성이 가장 높았으며 흑미 중에서도 흑진주벼가 가장 높은 것으로 나타났는데, 본 연구에서는 흑진주 보다 슈퍼자미의 DPPH 라디칼 소거능이 높은 것으로 나타나 슈퍼자미가 강한 항산화 활성 능력을 가졌다고 사료된다. 이는 유색미의 미강층에 존재하는 안토시아닌을 포함한 다량의 항산화 활성 물질과 관련이 깊다고 여겨지는데, 슈퍼자미의 경우 안토시아닌의 주색소인 C3G가 흑진주의

약 10배 정도(Kwon SW 등 2011)이므로 이에 기인하는 결과라고 사료된다.

참고문헌

Table 9. DPPH radical scavenging activity in rice

	Ilpum	Heougjinjumi	Superjami	F-value
DPPH radical scavenging activity (%)	5.64±0.74 ^c	37.56±1.16 ^b	44.19±1.48 ^a	933.19 ^{***}

Mean±S.D. (n=3) *** P(0,001)

^{abc} Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 C3G 함량이 높은 슈퍼자미와 일반 멥쌀(일품벼), 흑미(흑진주, 수원 415호)의 성분 및 이화학적 특성을 비교하여 슈퍼자미의 특성을 알아보려고 하였다. 수분함량은 유의적인 차이는 보이지 않았고, 조단백과 조지방은 유의적인 차이가 있었으며, 일품 < 슈퍼자미 < 흑진주 순으로 나타났다. 쌀알의 형태적 특성에서 슈퍼자미는 일반쌀보다 무겁고 길이가 길며 종실의 크기가 큰 것을 알 수 있었고, 수침 중의 쌀알의 경도는 수침 시간이 길어질수록 모두 경도가 유의적으로 감소하였다. 색도는 낱알과 가루의 L, a, b값 모두 유의적인 차이를 나타내었고, 쌀가루를 20℃와 40℃에서 수침시킨 후 색소의 용출을 실험한 결과 20℃와 40℃ 모두 수침시간이 길어질수록 색소용출이 유의적으로 증가하며, 일품보다는 흑진주와 슈퍼자미가 유의적으로 컸다. 쌀을 수침한 후 용출액의 pH는 모든 시료에서 수침 시간이 길어질수록 pH가 낮아지는 경향을 보였다. 일품, 흑진주, 슈퍼자미의 총 폴리페놀 화합물 함량을 분석한 결과, 일반계 쌀인 일품에 비해 흑진주와 슈퍼자미의 총 폴리페놀 화합물 함량이 1.2배 가량 높은 것으로 나타났고, 흑진주 보다 슈퍼자미의 함량이 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 전자공여능 실험 결과 각 시료 간에는 유의적인 차이가 있었고, 슈퍼자미 > 흑진주 > 일품 순으로 나타났는데, 본 연구에서 흑진주보다 슈퍼자미의 DPPH 라디칼 소거능이 높은 것으로 나타나 슈퍼자미가 강한 항산화 활성 능력을 가졌다고 사료된다. 따라서 향후 현미상태인 슈퍼자미와 일반 현미와의 비교를 통하여 조리적 특성을 좀 더 정확히 파악하여야 할 것이며, 슈퍼자미 낱알과 쌀가루 외에도 전분의 특성을 연구하여 좀 더 많은 식품에 접목할 수 있는 계기를 마련해야 하겠다.

V. 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술개발연구사업의 지원에 의해 이루어진 것(주관과제번호 PJ907018)으로 이에 감사드립니다.

- 이계임, 김민정. 2003. 쌀 소비행태 분석. 한국농촌경제연구원, 서울 pp 88-95
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA pp 8-35
- Cho JH, Koh BK. 2003. A survey on the rice-based processed food consumption of the housewives at Deagu. Korean J Soc Food Cookery Sci 19(3):300-307
- Choi BK, Kum JS, Lee HY, Park JD. 2006. Physicochemical properties of black rice flours (BRFs) affected by milling conditions. Korean J Food Sci Technol 38(6):751-755
- Choi ID. 2010. Fatty acids, amino acids and thermal properties of specialty rice cultivars. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(3):1405-1409
- Chung YA, Lee JK. 2003. Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. J Korean Soc Food Sci Nutr 32(6):948-951
- Dai J, Gupta A, Gates L, Mumper RJ. 2009. A comprehensive study of anthocyanin-containing extracts from selected blackberry cultivars: Extraction methods, stability, anticancer properties and mechanisms. Food Chem Toxicol 47(4):837-847
- Damir AA. 1985. Comparative studies on the physicochemical properties and micro-structure of raw and parboiled rice. Food Chem 16(1):1-14
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols olive oils. J Am oil Chem Soc 58:966-968
- Ha TY, Park SH, Lee CJ, Lee SH. 1999. Chemical composition of pigmented rice varieties. Korean J Food Sci Technol 31(2):336-341
- Han SJ, Ryu SN, Kang SS. 2004. A new 2-arylbenzofuran with antioxidant activity from the black colored rice (*Oryza sativa* L) bran. Chem Pharm Bull 52(11):1365-1366
- Han SJ, Ryu SN, Trinh HT, Joh EH, Jang SY, Han MJ, Kim DH. 2009. Metabolism of cyanidin-3-O-β-D-glucoside isolated from black colored rice and its antiscratching behavioral effect in mice. Soc Food Sci Technol 74(8):253-258
- Harborn, JB. 1984. Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis. Chapman and Hall, NY, USA pp 37-99
- Kim EO, Oh JH, Lee KT, Im JG, Kim SS, Suh HS, Choi SW. 2008. Chemical compositions and antioxidant activity of the colored

- rice cultivars. Korean J Food Preserv 15(1):118-124
- Kim HY, Kim JH, Lee SA, Ryu SN, Han SJ, Hong SG. 2010. Antioxidative and anti-diabetic activity of C3GHi, novel black rice breed. Korean J Crop Sci 55(1):38-46
- Kim JS. 1997. Development of cooked food using speciality rice. Rural Home Economics. 18(4):5-8
- Kim SK, Bang JB. 1996. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. Korean J Food Sci Technol 28(6):1026-1032
- Kim SK. 2003. History and palatability of rice. J East Asian Soc Dietary Life 13(3):232-246
- Ko MR. 2011. Antioxidative compounds and antioxidant capacity of young, brown, black and milled rices. Kyung Hee University. M.S. Degree. Seoul pp 68-71
- Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. Korean J Food Preserv 11(2):182-188
- Kwon SW, Chu SH, Han SJ, Ryu SN. 2011 A new rice variety 'Superjami' with high content of cyanidin 3-glucoside. Korean J Breed Sci 43(3):196-200
- Lee HH, Kim HY, Koh HJ, Ryu SN. 2006. Varietal difference of chemical composition in pigmented rice varieties. Korean J Crop Sci 51(1S):113-118
- Lee HJ, Jang JS, Choi EY, Kim YH. 2008. Anthocyanin content and color stability in black rice according to different extract conditions and selected stabilizers. Korean J Food Nutr 21(2):127-134
- Na HS, Kim K, Oh GS, Kim SK, Park JH. 2002. Physical properties on waxy black rice and waxy rice. Korean J Food Sci Technol 34(2):339-342
- Nishita KD, Bean MM. 1985. Grinding methods: Their impacts on rice flour properties. Cereal Chem 59(1):46-49
- Osawa T. 1995. Antioxidative defense systems present on higher plants, and chemistry and function of antioxidative components. Food Food Ingredients J Jap 163:19-29
- Ryu SN, Park SZ, Ho CT. 1998. High performance liquid chromatographic determination on anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J Food Drug Anal 6(4):729-736
- Ryu SN. 2010. Science of functional rice. Episteme. Seoul pp 4
- Ryu SN. 2011. Quality characteristics of colored rice variety, "Superjami", Korean J Intl Agri 23(2):174-178
- Son JR, Jim JH, Lee JI, Youn YH, Kim JK, Hwang HG, Moon HP. 2002. Trend and further research of rice quality evaluation. Korean J Crop Sci 47:33-54
- Tester RF, Morrison WR. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. effects of amylopectin, amylose and lipids. Cereal Chem 67:551-557
- Verlangieri AJ, Kapeghian JC, el-Dean S, Bush M. 1985. Fruit and vegetable consumption and cardiovascular mortality. Med Hypotheses 16(1):7-15
- Wang H, Nair MG, Strasburg GM, Chang YC, Booren AM, Gray JI, DeWitt DL. 1999. Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. J Nat Prod 62(2):294-296
- Yoon HH, Paik YS, Kim JB, Hahn TR. 1995. Identification of anthocyanins from korean pigmented rice. Agr Chem Biotechnol 38(6):581-583