

유색미 화학성분의 품종간 차이

이호훈* · 김홍열** · 고희종* · 류수노***†

*서울대학교 농업생명과학대학 식물생산과학부, **농촌진흥청 작물과학원

***한국방송통신대학교 자연과학대학 농학과

Varietal Difference of Chemical Composition in Pigmented Rice Varieties

Ho-Hoon Lee*, Hong-Yeol Kim**, Hee-Jong Koh*, and Su-Noh Ryu***†

*Dep. of Plant Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

**National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

***Dep. of Agricultural Science, Korea National Open University, Seoul 110-791, Korea

ABSTRACT The composition of fatty acids, minerals, total dietary fiber and vitamin B₁, B₂, in pigmented rice varieties were determined. Proximate composition and color were also compared among pigmented rice varieties. Crude protein contents of black rice were higher than those of red and white rice, especially, C3GHi line had the highest protein content. There were no significant differences in lipid and crude ash contents between pigmented and white rice. Black rice showed lower Hunter value L and b value compared with red, green and white rice. But, Green rice showed lower Hunter value a compared with black rice. Green rice showed the higher contents in total dietary fiber, vitamin B₁ and B₂ compared with white and black rice. The major fatty acids of pigmented rice were palmitic acid, oleic acid and linoleic acid. The contents of oleic acid was similar to that of linoleic acid in white rice. Oleic acid contents was lower than linoleic acid in black rice, but higher in red rice. Most mineral contents of pigmented rice except Fe, Zn and Mn were higher than those of white rice. Especially, Green rice had the highest mineral content.

Keywords : pigmented rice, red rice, black rice, white rice, green rice, chemical composition

서 언

최근 식품의 고급화, 다양화 추세가 증대되고, 기능성식품에 대한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 색깔이 있는 기능성 쌀의 소비가 크게 증가하고 있다(Ryu *et al.*, 2005).

†Corresponding author: (Phone) +82-2-3668-4631
(E-mail) ryusn@knou.ac.kr

유색미는 흑자색, 적갈색, 녹색 등에 이르는 다양한 천연 색소를 함유하고 있는데, 일반적으로 흑자색계 현미에는 안토시아닌계 색소가 다량 함유되어 있으며, 적갈색계 현미에는 탄닌계 색소가 포함되어 있는 것으로 알려져 있다(Choi *et al.*, 1994, 1996).

유색미는 식이섬유를 다량 함유하고 있으며 각종 미네랄과 비타민, 불포화지방산과 같은 미량원소가 많아 항종양, 항산화 등의 활성과 인체의 종합조절 기능을 개선하고 면역력을 강화시켜 노화방지, 질병예방의 효과가 인정되어 식품학적으로 이용가치가 높은 것으로 보고 되고 있다(Choi *et al.*, 1994, 1996; Wang, 1997).

유색미 중에서도 C3GHi계통은 안토시아닌 색소가 흑진주벼보다 7배 이상 높고 가공적성에 알맞은 특성을 갖고 있다(Ryu *et al.*, 1998, 2000, 2005). 한편, 녹색쌀은 식이섬유와 무기성분이 많아 기능성 쌀로서의 개발 가능성이 크다.

따라서 본 연구는 흑자색쌀, 적갈색쌀, 녹색쌀 등의 생리 기능특성을 구명하는 연구의 일환으로 주요 화학성분의 조성을 조사 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 이용한 벼는 12품종으로 흑자색(흑진주벼, C3GHi계통, 길림흑미, 상해향혈나), 적갈색(자광도, 흑향미, 수원451호), 녹색(생동찰벼, 합계41호), 흰색(추청벼, 동진벼, 일품벼) 품종을 농촌진흥청 작물과학원 시험포장과 서울대학교 부속농장 시험포장에서 재배한 현미를 분석시료로 사용하였다.

일반성분분석

일반성분은 AOAC방법(1996)에 따라 정량하였다. 수분 함량은 105°C의 건조법으로, 조단백질 함량은 semi-micro kjeldhal 방법(Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator, Sweden)을 이용하여 측정하였으며, 조지방은 Soxhlet방법, 그리고 조회분은 550°C 직접회화법으로 측정하였다.

색도측정

현미의 낱알을 60 mesh로 분쇄한 분말의 색도는 색차계(Color and color difference mater, Model No. CR-300. Minolta Co., Japan)를 이용하여 명암도를 나타내는 L값(lightness), 붉은색의 정도를 나타내는 a값(redness), 노란색의 정도를 나타내는 b값(yellowness)으로 나타내어 변화된 값을 비교하였다.

총식이섬유분석

총식이섬유는 Prosky법을 이용하여 분석하였다. 각 시료는 1 g씩 0.1 mg 단위로 측정하여 500 ml tall 비이커에 넣고 0.08M phoshate buffer(pH6.0) 50 ml를 첨가한 후 any-lase, protease, amyloglucosidase로 차례로 가수분해 한 다음 방열시키고 4배정도의 95% 에탄올을 가하여 하룻밤을 방치하였다. 미리 cellite를 넣어 항량을 구해놓은 crucible로 여과하여 105°C 건조기에서 over night 한 다음 0.1 mg 단위로 측정한 후 각각의 단백질 및 회분함량을 측정하여 총식이섬유 함량을 구하였다(Prosky *et al.*, 1987).

비타민 B₁, 비타민 B₂ 분석

시료의 비타민 B₁, 비타민 B₂ 분석은 HPLC-형광검출기를 이용하여 분석하였다. 시료 1 g에 10배의 100 mM phosphate buffer(pH 3.0)를 가하여 sonicator에서 5분동안 추출한 다음 4500 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 membrane filter(0.42 μ m)로 여과하여 HPLC로 분석하였다(AOAC, 1996).

지방산분석

현미 시료로부터 chloroform : methanol(2 : 1)로 추출한 총 지질을 약 200 mg 취하여 BF₃-methanol로 methylation 시킨 다음 GC를 사용하여 지방산을 분석하였다. 이때 GC의 작동조건은 GC : Hewlett packard 6890, USA, Column : HP-FFAP(0.32 mm \times 25 m), Injection port : 230°C, detector : FID, detection port : 250°C, Oven : 160~210°C

(3°C/min), split ratio = 50 : 1, carrier gas : nitrogen로 분석하였다(Fujino, 1978).

무기질분석

무기질분석은 inductively coupled plasma-atomic emission spectrophotometer(ICP-AES, Jobin Yvon JY 138 Ultrace)를 이용하였으며, 무기질의 전처리하는 건식법으로 하였다. 시료 1 g을 취해 회분도가니에 넣고 예열한 다음, 온도를 서서히 올려 500°C에서 2시간 회화시켰다. 실온에서 방열시킨 후 회화된 시료에 탈이온수 10방울을 떨어뜨린 후 질산용액(농질산 : 증류수 = 1 : 1) 3 ml를 가하여 질산을 휘발시키고, 완전하게 건조시킨 후 염산(농염산 : 증류수 = 1 : 1) 10 ml를 천천히 가하여 회화된 시료를 완전하게 용해된 시료에 탈이온수를 이용하여 50 ml로 정용하고 무(無)회분 여과지로 여과하여 여액을 ICP-AES에 주입하여 분석하였다(Julian, 1985).

결과 및 고찰

색도

현미의 색깔별 분말과 낱알의 색도를 Table 1에 나타내었다. 현미 낱알 색도의 L값은 흰색 > 녹색 > 적갈색 > 흑자색의 순으로 낮았다. 흑자색의 L값은 17~26의 범위로 상해향혈라와 길림흑미가 가장 높게 나타났고, 흑진주벼와 C3GHi계통이 가장 낮았다. 적갈색은 36~40의 범위로 나타났으며, 수원451호가 가장 낮았고, 자광도가 가장 높았다. b값은 적갈색이 흰색에 비하여 약간 낮은 반면 녹색이 가장 높았고 흑자색은 적갈색이나 흰색에 비하여 현저하게 낮은 값을 나타내었다. a값은 적갈색(8.36~10.55), 흑자색(2.99~4.11), 흰색(1.96~3.52), 녹색(0.01~0.82)의 순으로 낮게 나타났고, 녹색의 값은 1이하의 값을 보여 녹색도가 높음을 알 수 있었다. 현미 분말 색도의 L값은 흰색 > 녹색 > 적갈색 > 흑자색의 순으로 낮았고, a값과 b값도 낱알의 색도와 동일한 순서를 보이고 있다.

일반성분

Table 2에서 보는 바와 같이 현미 색깔별 단백질함량 범위는 흑자색이 9.25~10.74%로 7.01~8.66%의 흰색과 9.02~9.13%의 녹색에 비하여 비교적 높은 값을 보였고, 그 중에서도 C3GHi 계통이 10.74%로 가장 높게 나타났다. 지방함량은 흑자색과 적갈색이 녹색과 흰색에 비해 상대적으로

Table 1. Hunter values of pigmented rice grain and powder.

Brown rice color	Varieties	Powder			Grain		
		L	a	b	L	a	b
Black	Kilimheugmi	63.35±0.04*	3.21±0.03	1.55±0.05	24.76±0.10	3.96±0.10	0.45±0.03
	Sanghaehyanghyeolla	70.50±0.03	2.48±0.06	3.54±0.15	26.60±0.15	4.11±0.30	3.87±0.55
	Heugjinjubyeo	61.88±0.14	1.93±0.03	3.82±0.03	17.22±0.14	2.99±0.20	0.43±0.16
	C3GHi line	57.85±0.11	1.77±0.05	3.20±0.06	17.68±0.11	2.13±0.08	0.97±0.12
Red	Jakwangdo	77.38±0.39	4.00±0.11	10.52±0.08	40.02±0.31	9.82±0.13	18.20±0.21
	Heughyangmi	77.81±0.11	2.54±0.13	9.31±0.05	38.69±0.89	8.36±0.21	19.68±0.83
	Suwon 451	74.83±0.05	4.03±0.05	9.65±0.03	36.11±0.10	10.55±0.35	14.01±0.09
Green	Saengdongchalbyeo	80.01±0.35	0.71±0.03	15.07±0.10	56.20±0.13	0.01±0.02	26.06±0.03
	Hexi 41	82.07±0.31	0.46±0.05	12.60±0.12	57.18±0.14	0.82±0.04	24.02±0.04
White	Chuchungbyeo	87.79±0.10	0.36±0.01	9.54±0.13	58.15±0.51	3.11±0.23	19.55±0.36
	Dongjinbyeo	88.54±0.16	0.29±0.03	8.38±0.08	58.10±0.70	1.96±0.16	18.54±0.25
	Ilpumbyeo	83.29±0.24	0.22±0.05	12.06±0.09	56.49±1.30	3.52±0.05	24.10±0.05

*Mean±S.D. of triplicate determination

Table 2. Proximate composition of pigmented rice varieties.

Brown rice color	Varieties	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)
Black	Kilimheugmi	9.75±0.06*	2.85±0.03	1.62±0.01
	Sanghaehyanghyeolla	9.25±0.01	2.98±0.01	1.41±0.06
	Heugjinjubyeo	10.42±0.15	3.13±0.02	1.86±0.01
	C3GHi line	10.74±0.21	3.18±0.04	1.78±0.03
Red	Jakwangdo	8.44±0.03	3.33±0.05	1.37±0.05
	Heughyangmi	9.12±0.05	3.00±0.06	1.68±0.03
	Suwon 451	8.99±0.10	2.89±0.03	1.59±0.03
Green	Saengdongchalbyeo	9.13±0.08	2.78±0.04	1.38±0.04
	Hexi 41	9.02±0.06	2.81±0.03	1.41±0.04
White	Chuchungbyeo	7.51±0.03	2.69±0.03	1.19±0.02
	Dongjinbyeo	8.66±0.01	2.66±0.04	1.61±0.02
	Ilpumbyeo	7.01±0.05	2.61±0.03	1.19±0.03

*Mean±S.D. of triplicate determination

높게 나타났으며 회분함량은 현미 색깔별로 함량차이가 뚜렷하지 않았다. 이는 일부 유색미를 대상으로 한 연구결과 (Kim *et al.*, 1998; Goto *et al.*, 1996)와도 유사함을 알 수 있었다.

비타민 B₁, B₂ 및 총식이섬유 함량

비타민 B₁과 B₂ 및 총식이섬유함량을 Table 3에 나타내었다. 비타민 B₁은 녹색이 0.80~0.83 mg%로 흰색의 0.53

~0.65 mg%보다 높은 값을 나타내었으며, 흑자색은 0.63~0.78 mg%로 녹색보다는 낮았으나 흰색보다는 높은 값을 보였다. 비타민 B₂에 있어서도 녹색과 흑자색이 흰색 보다 높은 값을 나타내었다. 식이섬유 함량은 흰색이 2.9~3.5%의 범위였으며, 흑자색이 4.4~5.8%, 녹색이 5.4~5.9%, 적갈색이 3.5~4.8%의 범위를 보여 녹색과 흑자색이 흰색보다 식이섬유함량이 현저히 높은 경향을 나타내어 Wang *et al.*(1998)의 연구결과와 같은 경향을 보여주고 있다.

Table 3. Contents of total dietary fiber (TDF), vitamin B₁ and vitamin B₂ of pigmented rice varieties.

Brown rice color	Varieties	TDF (%)	Vitamin (% , mg/100 g)	
			B ₁	B ₂
Black	Kilimheugmi	5.5±0.38*	0.69	0.03
	Sanghaehyanghyeolla	5.8±0.20	0.63	0.03
	Heuginjubyeyo	4.4±0.56	0.68	0.03
	C3GHi line	5.8±0.83	0.78	0.04
Red	Jakwangdo	4.8±0.22	0.61	0.03
	Heughyangmi	4.8±0.68	0.97	0.04
	Suwon 451	3.5±0.84	0.50	0.03
Green	Saengdongchalbyeo	5.9±0.63	0.80	0.03
	Hexi 41	5.4±0.73	0.83	0.04
White	Chuchungbyeo	2.9±1.56	0.65	0.02
	Dongjinbyeo	3.2±0.38	0.61	0.02
	Ipumbyeo	3.5±0.31	0.53	0.02

*Mean±S.D. of traccate determination

Table 4. Composition of fatty acids in pigmented rice varieties.

Brown rice color	Varieties	Fatty acid (%)				
		Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid
Black	Kilimheugmi	16.9	1.9	38.1	42.0	1.5
	Sanghaehyanghyeolla	18.3	1.8	37.1	41.8	1.7
	Heuginjubyeyo	17.4	1.9	36.8	42.7	1.5
	C3GHi line	18.2	5.9	36.5	41.7	1.7
Red	Jakwangdo	14.9	1.5	44.1	38.0	1.3
	Heughyangmi	16.1	1.6	44.1	36.9	1.3
	Suwon 451	16.9	1.6	43.4	35.9	1.5
Green	Saengdongchalbyeo	17.3	1.8	38.1	41.9	1.6
	Hexi 41	17.4	1.9	36.8	42.7	1.6
White	Chuchungbyeo	16.6	1.6	40.7	40.1	1.5
	Dongjinbyeo	15.9	1.8	40.9	40.2	1.5
	Ipumbyeo	15.8	1.6	40.9	40.1	1.6

지방산 조성

현미 색깔별 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 쌀에 함유되어 있는 지방산은 팔미틴산, 올레산, 리놀레산이 주된 지방산으로 전체의 95%를 차지한다(Fujino, 1978).

적갈색은 리놀레산 함량이 낮은 반면에 올레산 함량이 높았고, 흑자색과 녹색은 리놀레산과 올레산 함량이 많았고 올레산보다는 리놀레산 비율이 높았다.

Taira *et al.*(1982)은 불포화지방산인 올레산과 리놀레산 간의 함량사이에는 부의 상관관계가 나타났으며 특히 팔미틴산과 리놀레산 함량은 품종간에 뚜렷한 차이가 있다고 보고하였다. 또한 Taira *et al.*(1980, 1982, 1988)은 벼의 품종과 재배시기에 따라서도 지방산 조성이 변화하며 주요 요인은 등숙기 기온에 있다고 보고 하였다.

Table 5. Mineral composition of pigmented rice varieties.

Brown rice color	Varieties	Mineral (% , mg/100 g)									Mean
		Na	Ca	Fe	K	Mg	P	Mn	Zn	Total	
Black	Kilimheugmi	2.03	18.20	1.12	340.6	103.9	361.3	4.02	1.45	832.62	783.74
	Sanghaehyanghyeolla	3.40	18.15	0.98	336.4	107.3	287.4	4.51	1.42	759.56	
	Heugjinjubyeo	3.00	15.92	1.18	314.5	119.6	303.4	3.36	1.81	762.77	
	C3GHi line	3.13	18.35	1.24	336.9	113.2	301.5	3.98	1.74	780.04	
Red	Jakwangdo	1.55	16.39	1.39	255.7	123.8	311.4	2.80	1.93	714.96	753.41
	Heughyangmi	3.66	15.96	1.27	316.5	114.3	312.5	4.40	1.68	770.27	
	Suwon 451	1.79	18.10	1.20	323.4	105.2	321.6	2.34	1.36	774.99	
Green	Saengdongchalbyeo	2.35	16.35	1.49	310.5	146.2	310.3	3.78	1.28	792.25	790.11
	Hexi 41	2.40	17.34	1.71	311.4	138.3	311.4	4.12	1.29	787.96	
White	Chuchungbyeo	1.09	12.21	1.99	261.8	83.4	236.4	2.76	1.06	600.71	636.17
	Dongjinbyeo	1.36	14.12	1.10	263.7	95.1	282.1	3.65	1.59	662.72	
	Ilpumbyeo	1.09	12.14	1.68	254.3	93.1	278.3	2.86	1.60	645.07	

무기질 함량

현미 색깔별 8개 원소의 무기질 함량을 Table 5에 나타내었다. 분석된 8개 원소의 총무기질 함량의 평균을 보면 녹색은 790.11 mg%, 흑자색 783.74 mg%, 적갈색 753.41 mg%, 흰색 636.17 mg%으로 녹색 > 흑자색 > 적갈색 > 흰색 순으로 낮았다. Ca함량은 흰색이 12.14~14.12 mg%인 반면 흑자색은 15.92~18.35 mg%, 적갈색은 15.96~18.10 mg%, 녹색은 16.35~17.34 mg%의 범위로 높은 값을 나타내었다. Fe, Mn, Zn 함량은 현미 색깔에 따른 차이보다는 품종간 변이가 컸다. K함량은 흰색에 비하여 적갈색, 흑자색, 녹색 모두에서 현저하게 높은 값을 보여주었다. Mg함량은 흰색이 83.4~95.1 mg%인데 비하여 녹색은 138.3~146.2 mg%로서 높은 함량을 나타내었고, P함량도 흰색이 236.4~282.1 mg%인데 비하여 녹색은 310.3~311.4 mg%로서 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 중국산 유색미의 영양성분을 분석한 Wang *et al.*(1998)의 연구결과 및 Ha *et al.*(1995, 1999)의 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

적 요

유색미의 이화학적 특성을 구명하고자 현미 색깔이 서로 다른 품종을 재배하여 색도, 일반성분, 지방산, 무기질, 비타민, 식이섬유 등 주요 화학성분을 비교 분석하였다. 그 결과 현미의 색도 L값은 흰색 > 녹색 > 적갈색 > 흑자색의 순으로 낮았고, a값은 적갈색 > 흑자색 > 흰색 > 녹색의 순

이었다. 단백질함량은 7.01~10.74%의 범위를 나타내어 현미색에 따른 차이가 컸고 그 중 흑자색인 C3GHi계통이 가장 높았다. 지방함량은 2.6~3.3%의 범위로 큰 차이가 없었다. 비타민 B₁, B₂ 함량과 식이섬유함량은 흰색에 비하여 녹색에서 현저하게 높은 값을 나타내었다. 지방산조성을 분석한 결과 흰색은 올레산과 리놀레산의 지방산 조성비율이 비슷하였으나 흑자색은 올레산보다는 리놀레산의 비율이 높았고, 적갈색은 반대로 리놀레산 보다 올레산의 조성비율이 더 높게 나타났다. Fe, Zn, Mn을 제외한 대부분의 무기질 함량은 유색미가 흰색 보다 높은 값을 보였고 그 중에서도 녹색이 가장 높았다.

인용문헌

A.O.A.C., 1996. Official Methods of Analysis. 16th ed., Association of official Analytical Chemists, Washington D.C.
 Choi, H. C. and Oh, S. K., 1996. Diversity and function of pigments in rice. Korean J. Crop Sci., 41 : 1-9.
 Choi, S. W., Nam, S. H. and Choi, H. C., 1994. Antioxidative activity of ethanolic extracts of rice bran. Foods and Biotech. 5 : 305-309.
 Fujino, Y., 1978, Rice lipid, Cereal Chem. 55 : 559-571.
 Goto, M., Murakami, Y. and Yamanaka, H., 1996. Comparison of palatability and physicochemical properties of boiled rice among red rice, Koshihikari and Minenishiki, Nippon Shokhin Kagaku Kaishi, 43 : 821-824.
 Ha, T. Y. and Kim, Y. Y., 1995. A study on th nutritional

- properties of rice, '94 Annual Report, Korean Food Research Institute, p. 25.
- Ha, T. Y., S. H. Park, C. H. Lee and S. H. Lee, 1999. Chemical composition of pigmented rice varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31(2) : 336-341.
- Julian, B. O., 1985. Growth composition. In *Rice Chemistry and technology*, Julian, B.O. (ed) Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN., p. 175.
- Proskey, L., Asp, N. G., Furda, I., Devreis, J. W., Scjweezer, T. F. and Harland, B. A. 1987. Determination of total dietary fiber in foods and food products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 68 : 677-684.
- Ryu, S. N., S. Z. Park, and C. T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *Journal of Food and Drug Analysis* 6 : 729-736.
- Ryu, S. N., S. Z. Park, S. S. Kang, E. B. Lee, and S. J. Han. 2000. Food safety of pigment in black rice cv. Heugjin-jubyeo. *Korean J. Crop Sci.* 45 : 370-373.
- Ryu, S. N., S. Z. Park, and S. S. Kang. 2005. Studies on exploration and expansive use of genetic variation of functional substances in rice. RDA report.
- Satue-Gracia, M. T., M. Heinonen, and E. N. Frankel. 1997. Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45 : 3362-3367.
- Taira, H. and Hiraiwa, S., 1982. Lipid content and fatty acid composition of brown rice and its milled rice of glutinous mutant. *Nippon sakumotsu Gakkai Kiji*, 51 : 159-164.
- Taira, H., Nakagahra, M. and Nagamine, T., 1988. Fatty acid composition of indica, sinica, javanica and javonica groups of nonglutinous brown rice. *J. Agric. Food Chem.*, 36 : 45-47.
- Taira, H., Taira, H. and Fujii, K. 1980. Influence of cropping season on lipid content and fatty acid composition of rice bran and milled rice. *Nippon Sakumotus Gakkai Kiji*, 49 : 559-568.
- Tsuda, T., M. Watanabe, K. Ohshima, S. Norinobu, S. W. Choi, S. Kawakishi, and T. Osawa. 1994. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O-b-D-glucoside and cyanidin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42 : 2407-2410.
- Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45 : 304-309.
- Wang, X. and Wang, W., 1998. A review on the development of black food. *Proceedings of the 1st International Conference Asian Food Product Development*, P. 12-17.