

有色米 色度 및 營養特性的 品種間 變異

고희종* · 원용재* · 차건완* · 허문희*

Varietal Variation of Pigmentation and Some Nutritive Characteristics in Colored Rices

Hee Jong Koh*, Yong Jae Won*, Geon Wan Cha* and Mun Hue Heu*

ABSTRACT : Colored rices have been used for specific purposes by rice consumers due to the color and nutritive values empirically recognized. In this study, varietal variations of pigmentation and nutritive values were investigated in brown, red, purple and black rices.

Pigments were localized in seed coat to pericarp region in all varieties tested. Pigments were slightly resided on the surface of milled rice. Anthocyanin content per g brown rice was 1.63~17.62 μg in brown and reddish-brown rices, 3.56~11.10 μg in red rices, 28.11~401.22 μg in purple rices, and 3,665.98 μg in a black rice. A variety DZ 78 showed the highest protein content out of colored rices analyzed for protein. Normal and colored rices were found to have the similar composition of amino acids, and so was in between brown rice without embryo and milled rice. Colored rices, LK₁B-4-12-1-1 and DK 1, showed higher content of vitamin B₁ compared with Hwacheongbyeo, a check variety of no specific color, and LK₁B-2-1-1 and LK₁B-4-12-1-1 showed much higher content of vitamin B₂ in brown rice without embryo. Cation contents such as K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ and Fe²⁺ were significantly increased in most of the colored rices tested implying that the increase might be associated with color pigmentation.

Key words : Colored rice, Pigmentation, Anthocyanin, Nutritive values.

우리나라에서 그동안 쌀은 주로 밥용으로 이용되어 왔기에 그 품질 향상을 위한 유전육종, 생산 기술, 수확후 관리 등 모든 분야의 연구노력은 외견상 맑고 보기 좋으며 식미가 뛰어나고 영양가치가 향상된 쌀의 생산 공급에 주력되어 왔다. 근래에는 가공용 수요가 증가하고 쌀의 소비성향이 품질의 고급화와 다양화를 추구함에 따라 주식용 품질 만이 아닌 특수가공용 품질 개발이 촉구되고 있고, 주식용 중에서도 입맛 다변화에 따른 다양

한 시각, 미각, 영양학적 품질이 요구되고 있다. 유색미는 우선 그 색깔 때문에 품질의 다양화와 가공을 위한 재료가 되는데 색깔 이외에도 단백질 함량, 비타민함량, 미네랄 함량 등 영양적 가치가 보통의 흰쌀 품종에 비해 월등히 높아 특수용도미로서 이용가치가 크다고 알려지고 있다^{1,5)}. 이에 본인들은 그동안 수집 또는 육성한 연갈색, 갈색, 적색, 자색, 흑색의 현미색을 가진 유색미 품종들에 대해 색도 특성과 단백질, 비타민, 미네랄 등

* 서울대학교 농업생명과학대학 (College of Agriculture and Life Science, Seoul Natl' Univ., Suwon 441-744, Korea)

〈'96. 7. 30 接受〉

몇가지 영양적 가치를 분석하였고 그 결과를 보고한다. 아미노산 분석과 비타민 분석에 협조하여 주신 작물시험장 유수노 박사님과 전 농촌영양개선연수원 이동태 박사님께 감사드린다.

材料 및 方法

공시재료는 表 1과 그림 1에 제시되었듯이 연갈색, 갈색, 적색, 자색, 흑색 등 다양한 현미의 외관색상을 가진 유색미 품종을 사용하였다. 그들중 HP833-1-3-1-1-1, HP883-1-1-1-B-1-1-1 계통은 본대학 식물육종실험실에서 육성한 통일찰벼 배경의 동질유전자 계통이고 나머지는 모두 수집종이어서 출수기나 간장, 수장, 수수 등 생육형질에서 매우 다양한 특성을 나타내었다(表 1). 이들 유색미의 영양가치를 검토하기 위하여 종자를 수확 후, 胚芽를 제거한 현미와 백미(현미를 Kett 소형 백미기에서 1분간 정백)에 대해 영양성분과 양이온함량을 분석하였고 종실내 착색부위, 전anthocyanin 함량, 현미와 백미의 색도 등을 조사하였다.

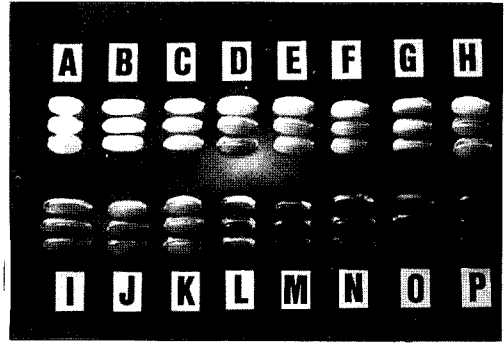


Fig. 1. Appearance of colored rices used in this study.

(A: Dongjinbyeo, B: Taebaekbyeo, C: SC-5, D: LK₁B-4-12-1-1, E: Jumlocal-1, F: DV 139, G: wx124-163-45-7-1-1-1, H: Pankhari 203, I: Usen, J: DK 1, K: Muthumanikam, L: HP833-1-3-1-1-1, M: HP883-1-1-1-B-1-1-1, N: LK₁D-2-12-1, O: LK₁B-2-1-1, and P: Gilimheukmi)

단백질 함량은 Micro-Kjeldahl법에 의해²⁾, 아미노산 조성은 아미노산 자동분석기(Hitachi, 835)

Table 1. Some agronomic characteristics of colored rices

Variety or line	Heading date	Culm length(cm)	Panicle length(cm)	Panicle No.	Color of brown rice
SC-5	Aug. 9	115.7	21.7	16.0	Light brown
LK ₁ B-4-12-1-1	Aug. 13	125.2	27.2	10.4	Brown
Jumlocal-1	Aug. 15	168.0	31.2	13.8	"
DZ 78	Aug. 2	110.2	21.2	10.6	Reddish-brown
DV 139	Aug. 10	116.0	22.8	17.0	"
wx124-341-23-10-1-1-1-1-B-1-1	Aug. 11	64.2	19.9	12.4	Red
Pankhari 203	Aug. 5	111.2	20.0	16.4	"
Usen	Aug. 19	152.0	22.6	13.2	"
wx124-163-45-7-1-1-1	Aug. 18	58.2	17.4	15.0	"
DK 1	Aug. 2	95.2	21.6	14.2	"
B-89-11-2	Aug. 10	62.6	18.7	23.2	"
Muthumanikam	Aug. 20	140.0	23.6	14.2	"
HP833-1-3-1-1-1	Aug. 3	68.2	20.8	17.0	Purple
HP883-1-1-1-B-1-1-1	Aug. 3	58.9	21.2	17.8	"
LK ₁ D-2-12-1	Aug. 29	125.4	26.4	8.8	Dark purple
LK ₁ A-2-12-1-1	Sep. 1	120.6	22.3	7.6	" "
LK ₁ B-2-1-1	Aug. 19	104.8	22.0	11.2	" "
Gilimheukmi	Jul. 28	89.2	23.9	11.3	Black

를 이용 측정하였다. Vitamin B₁ 함량은 Thiochrome 형광법, B₂는 Lumiflavin 형광법, Niacin은 König법으로 정량하였다.

종실내 착색부위는 현미의 중앙부위를 박편하여 염색하지 않고 현미경 검경하였고, 현미 및 정백미의 색도는 색도계 Minolta Chroma Meter (CR-200)로 측정하였다. 전 anthocyanin 함량은 품종별로 현미 1g씩을 1%의 HCl/methanol 용액에서 4℃ 48시간 추출하고 그 상등액에 대해 530nm에서 흡광도를 측정 후 cyanidin 3-mono-glucoside 표준곡선에 의하여 결정하였다.

양이온 K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Fe²⁺의 함량은 시료를 cyclone sample miller로 제분하고 0.5g 씩 3반복으로 채취하여 H₂SO₄-H₂O₂ 습식 분해한 후 Atomic absorption spectrophotometer(Perkin Elmer 3300)로 측정하였고, 시료 100g 당 함량으로 환산하였다.

結果 및 考察

현미를 횡으로 절단하여 공시 유색미들의 색소 침지부위를 관찰한 결과 그림 2에서와 같이 색소는 공시품종 모두에서 과피~중피에 존재하고 있었다. Juliano⁵⁾도 동일 결과를 정리한 바 있는데 이제까지 알려진 모든 유색미의 색소는 외피층에만 존재하는 것으로 알려져 있어 유색미의 용도를 제한시키는 원인이 되고 있다. 색도계를 사용하여 현미와 백미의 외관 색도를 측정하여 보면(表 2) 현미의 明度(L), 赤色度(a), 黃色度(b)는 가시적인 색감과 대체로 일치함을 알 수 있었다. 백미 상태에서 일부 유색미들의 명도가 대조품종보다 낮고 적색도 및 황색도의 수치가 낮게 나타난 것은 Kett 소형 백미기를 이용하여 bulk로 정백하였기

Table 2. Color values^{a)} of brown and milled rice measured by Minolta Chroma Meter(CR-200)

Variety	Brown rice			Milled rice			Visual color of brown rice
	L	a	b	L	a	b	
Dongjinbyeo	62.2	2.3	19.2	69.5	-0.5	8.4	White
Taebaekbyeo	65.7	1.6	18.3	68.3	-0.3	8.3	"
SC-5	52.9	6.6	24.0	67.2	0.1	11.7	Light brown
LK ₁ B-4-12	44.9	6.8	22.0	67.9	-0.1	11.5	Brown
Jumlal.1	41.5	8.8	20.1	60.6	0.2	9.9	"
DZ 78	39.6	9.2	18.8	65.9	1.4	11.5	Reddish-brown
DV 139	39.7	10.4	22.6	57.6	1.3	10.5	" "
wx124-341(wx)	44.7	14.2	25.8	78.7	0.4	10.0	Red
Pankh. 203	42.6	13.6	23.3	73.7	1.0	10.9	"
Usen	38.4	12.5	23.6	60.8	1.4	10.0	"
wx124-163(wx)	44.3	14.3	28.1	80.0	0.1	10.9	"
DK 1	37.7	15.0	22.2	62.7	2.0	11.0	"
B-89-11-2	38.6	13.0	23.6	55.5	2.1	10.9	"
Muthumanikam	42.1	13.2	24.0	65.4	1.3	10.5	"
HP833-1-3	29.7	6.8	11.7	62.1	1.2	10.0	Purple
HP883-1-1	29.1	5.9	8.8	60.2	1.6	12.7	"
LK ₁ D-2-12	26.1	6.6	7.0	58.1	2.1	9.4	Dark purple
LK ₁ A-2-12	22.1	6.1	5.9	64.6	2.0	9.7	"
LK ₁ B-2-1-1	25.8	6.5	7.5	60.0	2.0	9.1	"
Gilimheukmi	19.1	1.4	0.2	60.0	2.5	6.6	Black

a) The L scale (±60) means lightness, the a scale (±60) redness when positive and greenness when negative, and the b scale (±60) yellowness when positive and blueness when negative.

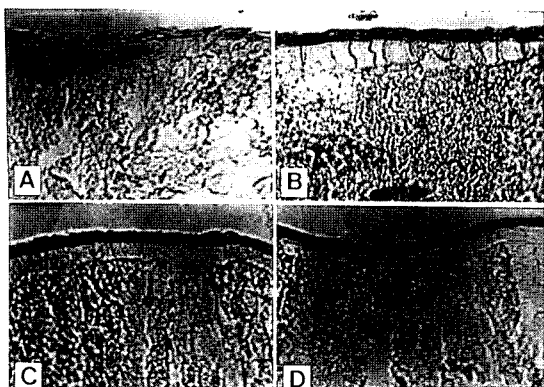


Fig. 2. Color-pigmented layer of brown rices. (A: No pigmentation of Hwacheongbyeo, B: Brown pigmentation of LK₁B-4-12-1-1, C: Red pigmentation of DK 1, and D: Purple pigmentation of LK₁B-2-1-1)

때문에 백미의 표면에 색소가 일부 잔류되어 나타난 결과이었다.

벼에서의 색소는 크게 anthocyanin 계열과 그 이외의 것으로 나뉘어지며 anthocyanin은 갈색 (Prp-b) 및 자색을 나타낸다⁴⁾. 表 3은 현미 1g 당 (수분함량 9~10%) anthocyanin 함량을 측정한 것인데, 자색현미 품종에서 월등히 높았다. 특히 吉林黑米는 anthocyanin 함량이 현미 1g당 3.67mg으로서 대단히 높아 천연색소원으로도 이용될 수 있을 것으로 보였다. 적색현미의 경우에는 자색현미보다 그 함량이 현저히 낮아서 적색현미에는 anthocyanin 이외의 색소가 주류를 이루고 있을 것으로 생각되었다.

表 4는 유색미 8개 품종과 화청벼, 태백벼의 단백질함량과 아미노산 조성을 분석한 것이다. 배를 제거한 현미 및 백미의 단백질함량은 적갈색미인 DZ 78이 가장 높았고 吉林黑米의 백미에서 가장 낮았다. 아미노산 조성은 품종간에 또는 현미와 백미간에 특별한 경향이 없이 대체로 비슷하였다. 즉 유색미의 아미노산 조성은 보통의 백미와 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

表 5는 보통벼인 화청벼와 갈색미인 LK₁B-4-12-1-1, 적색미인 DK 1, 자색미인 LK₁B-2-1-1의 vitamin함량을 분석한 것이다. Vitamin B₁ 함량은 LK₁B-4-12-1-1과 DK 1에서 다소 높았지만 배를 제거한 현미와 백미간에는 차이가 없어서 색소 침적에 의한 직접효과는 없는 것으로 보였다. Vitamin B₂ 함량은 LK₁B-2-1-1과 LK₁B-4-12-1-1에서 화청벼나 DK 1보다 월등히 높았고, 현미와 백미의 차이 즉 호분층 + 종피 + 과피의 효과가 두드러졌는데 그 차이는 갈색미인 LK₁B-4-12-1-1과 자색미인 LK₁B-2-1-1에서 가장 심하였다. 즉 갈색 및 자색의 외피에 의한 vitamin B₂ 함량의 증가가 뚜렷하여 그 이용성이 기대되었다. 그러나 이 특성이 모든 갈색미, 자색미에 적용될 수 있을지는 더 검토가 요망된다. Niacin 함량에서는 품종별로 배를 제거한 현미와 백미간에는 차이가 컸는데 화청벼와 유색미간에 비교하여 보면 도리어 화청벼의 호분층+종피+과피의 효과가 큰 것으로 나타났다. 결과적으로 유색미에서의 vitamin 함량을 화청벼와 비교하여 볼 때 B₁과 niacin에서는 차이가 없고, B₂는 적색미인 DK 1에서는 차이가 없었으나 자색미인 LK₁B-2-1-1과 갈색미인

Table 3. Anthocyanin content of colored brown rice

Variety	Anthocyanin content (μg /g)	Variety	Anthocyanin content (μg /g)
Dongjinbyeo	0.00	wx124-163-45-7.	5.50
Taebaekbyeo	0.00	DK 1	6.31
SC-5	1.63	B-89-11-2	6.31
LK ₁ B-4-12-1-1	3.26	Muthumanikam	6.52
Jumlocal-1	5.80	HP833-1-3-1-1-1	28.11
DZ 78	12.63	HP883-1-1-1-B-1-1-1	30.24
DV 139	17.62	LK ₁ D-2-12-1	307.53
wx124-341-23-10.	6.21	LK ₁ A-2-12-1-1	401.22
Pankhari 203	11.10	LK ₁ B-2-1-1	307.55
Usen	3.56	Gilimheukmi	3665.98

Table 4. Protein content and amino acid composition of colored rices

	Hwacheongbyeo		Taebaekbyeo		LK ₁ B-4-12-1-1		DZ 78		Pankhari 203	
	Brown	Mill.	Brown	Mill.	Brown	Mill.	Brown	Mill.	Brown	Mill.
Protein (%)	7.9	7.1	9.7	9.4	11.5	11.1	12.2	11.8	11.2	11.1
Amino acid composition										
Alanine	6.5	6.9	7.1	7.3	6.9	7.1	6.5	7.3	6.9	7.4
Arginine	6.0	6.3	5.5	5.9	6.1	6.5	5.7	5.8	5.6	5.8
Aspartic acid	10.0	10.0	9.5	9.5	9.9	9.8	9.5	9.2	9.7	9.5
Glutamic acid	21.3	22.5	22.3	23.4	22.0	22.9	23.1	24.2	22.7	24.0
Glycine	4.1	3.9	4.0	3.5	4.0	3.7	3.8	3.5	3.8	3.5
Histidine	1.9	1.7	1.6	1.5	1.5	1.3	1.4	1.3	1.5	1.3
Isoleucine	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	3.4	3.2	3.2	3.2
Leucine	8.8	8.7	8.7	9.0	8.9	8.9	8.9	9.0	8.7	8.9
Lysine	3.0	2.9	2.8	2.3	2.9	2.9	2.7	2.7	2.7	2.6
Methionine	2.2	1.9	2.1	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9
Phenylalanine	5.2	5.3	5.2	5.4	5.2	5.4	5.4	5.6	5.4	5.6
Proline	3.1	3.0	3.2	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	3.4	2.8
Serine	4.2	4.9	4.1	4.6	4.0	4.6	4.3	4.6	4.3	4.8
Threonine	2.6	2.6	2.7	2.8	2.5	2.6	2.6	2.5	2.7	2.6
Tyrosine	4.1	3.6	4.1	4.0	4.1	3.9	4.2	3.5	3.6	3.5
Valine	6.3	6.0	6.4	6.2	6.5	6.2	6.4	6.2	6.4	6.1
Ammonia	7.4	6.6	7.6	6.6	7.3	6.3	7.4	6.7	7.4	6.4

	Usen		DK 1		HP883-1-1-1		LK ₁ B-2-1-1		Gilmheukmi	
	Brown	Mill.	Brown	Mill.	Brown	Mill.	Brown	Mill.	Brown	Mill.
Protein (%)	10.0	9.8	10.9	10.7	11.5	11.4	10.1	10.0	8.3	5.6
Amino acid composition										
Alanine	7.0	8.2	7.3	7.8	7.0	7.2	7.2	7.5	7.5	7.5
Arginine	5.0	5.6	6.0	5.6	6.8	6.6	6.4	6.1	6.3	6.1
Aspartic acid	10.1	9.6	9.5	9.4	10.0	9.5	10.0	9.7	10.2	9.9
Glutamic acid	22.2	23.3	23.1	23.3	22.0	23.0	21.7	22.5	21.6	21.8
Glycine	4.0	3.7	3.7	3.6	3.8	3.8	4.0	3.9	4.0	3.8
Histidine	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	2.0
Isoleucine	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.4	3.2	3.3	3.3	3.4
Leucine	8.7	8.7	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7	8.9	8.8	8.9
Lysine	3.0	2.3	2.8	2.7	3.0	2.9	3.1	2.9	3.1	2.9
Methionine	2.0	1.4	2.1	1.9	1.8	1.7	2.0	1.9	1.7	1.8
Phenylalanine	5.4	5.5	5.5	5.5	5.4	5.5	5.2	5.3	5.3	5.3
Proline	3.4	3.3	3.0	3.0	2.9	3.0	2.9	3.1	3.1	3.2
Serine	4.2	4.9	4.1	4.8	4.4	4.3	5.0	4.6	4.6	4.7
Threonine	2.8	2.9	2.6	2.8	2.6	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7
Tyrosine	2.9	3.4	4.2	3.8	4.3	3.7	4.5	3.7	3.8	3.4
Valine	6.5	6.0	6.3	6.0	6.3	6.2	6.0	6.1	6.1	6.1
Ammonia	7.7	6.5	6.5	6.4	6.2	6.2	6.0	6.3	6.3	6.5

LK₁B-4-12-1-1에서 월등히 증가하였다. 표에는 제시하지 않았지만 α-tocopherol 함량을 측정코자 시도하였는데 상기 4품종의 배를 제거한 현미 및 백미 모두 HPLC상에서 정량되지 않았다.

Table 5. Vitamin content of colored rices (mg /100g)

		Vitamin B ₁ (Thiamine)	Vitamin B ₂ (Riboflavin)	Niacin
Hwacheongbyeo	Brown(A) ^{a)}	0.265	0.041	5.734
	Milled(B)	0.229	0.017	2.012
	Diff. (A vs B)	ns	**	**
	A-B	-	0.024	3.722
LK ₁ B-4-12-1-1	Brown(A) ^{a)}	0.319	0.094	4.082
	Milled(B)	0.306	0.028	2.012
	Diff. (A vs B)	ns	**	**
	A-B	-	0.066	2.070
DK 1	Brown(A) ^{a)}	0.328	0.045	5.618
	Milled(B)	0.257	0.022	3.052
	Diff. (A vs B)	ns	**	**
	A-B	-	0.023	2.566
LK ₁ B-2-1-1	Brown(A) ^{a)}	0.224	0.118	4.622
	Milled(B)	0.231	0.043	2.186
	Diff. (A vs B)	ns	**	**
	A-B	-	0.075	2.436

a) Brown rice without embryo

Juliano³⁾는 현미(배 부착) 1g 당 α -tocopherol의 함량은 9~25 μ g, 백미에는 1~3 μ g, 배에는 76 μ g으로 분석 결과를 정리한 바 있는데 본 실험에서는 현미에서 배를 제거하여 분석하였기 때문에 극미량이어서 정량되지 않았을 것으로 생각된다.

배아를 제거한 현미와 백미의 양이온 함량을 분석한 것이 그림 3이다. 대조구의 백색미는 화청벼와 동진벼를 사용하였다. K⁺ 함량은 백미에서 품종간에 차이는 있지만 대조구와 유색미간 일정 경향이 없었던 반면 현미에서는 유색미가 백색미에 비해 유의하게 높은 K⁺ 함량을 보였고 그것도 색깔이 진한 품종들에서 더욱 함량이 높았다. Mg²⁺ 함량도 백미에서는 품종간 차이에 일정 경향이 없었으나 현미에서는 유색미가 백색미에 비해 월등히 높은 함량을 보였다. Ca²⁺ 함량은 백미에서의 품종간 차이가 미미하였고 현미에서는 유색미가 백색미에 비해 대체로 높은 경향이었지만 유색미 내에서도 품종간 차이가 심하였다. Fe²⁺ 함량은 백미에서는 품종간에 차이가 없었고 현미에서는 유색미에서 대체로 그 함량이 증가되었으나 유색미 품종간 차이가 컸다. 상기 4가지 양이온 분석 결과를 종합하여 보면 백미에서는 백색미 품종과 유색미 품종간 양이온 함량 변이에 뚜렷한 경향

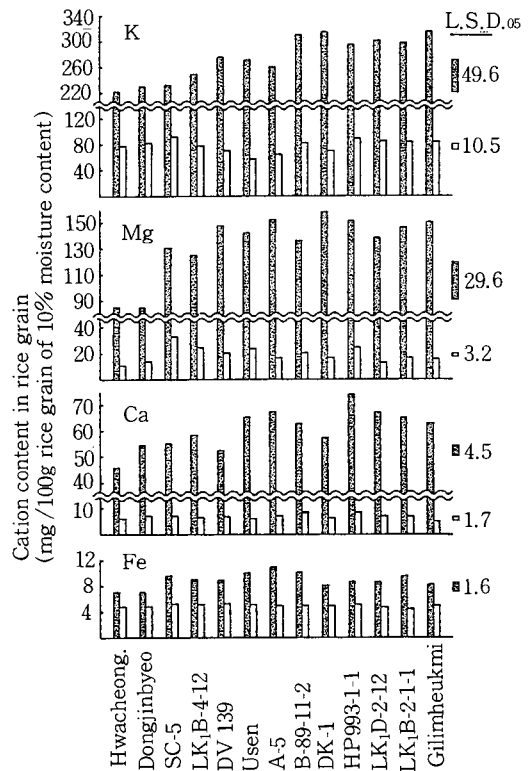


Fig. 3. Cation content of grain in colored rice varieties.

▨ : Brown rice without embryo,
□ : Milled rice

Table 6. Correlation matrix among color values in brown rice, cation and anthocyanin content in brown rice without embryo

	Color values			Anthocyanin cotent	Cation content of brown rice			
	L	a	b		K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺
L		0.033	0.756**	-0.550	-0.839**	-0.765**	-0.666**	-0.159
a			0.635*	-0.520	0.303	0.444	-0.083	0.498
b				-0.684*	-0.492	-0.258	-0.586	0.319
Anthocyanin					0.399	0.229	0.118	-0.233
K ⁺						0.748**	0.503	0.078
Mg ²⁺							0.390	0.380
Ca ²⁺								0.176
Fe ²⁺								

이 없었던 반면 현미에서는 모든 양이온 함량이 대부분의 유색미 품종에서 유의하게 증가하였다. 이러한 유색미에서의 양이온 함량 증대는 현미의 종피에 집적된 색소에 기인되는 것으로 볼 수 있겠다. 색소집적 양이온 함량 증대에 어떠한 경로로 영향을 미치는지는 추후 등숙생리적인 검토가 요망된다.

현미의 색도와 anthocyanin 함량, 배아를 제거한 현미의 양이온 함량 간에 상관관을 구한 것이 표 6이다. 표에서 볼 수 있듯이 anthocyanin 함량은 특히 황색도와 유의한 상관관이 있었고, 명도(L)는 Fe²⁺를 제외한 Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺ 함량과 유의한 負의 상관관이 있었다. 즉 색깔이 진한 유색미에서 그 함량이 높다는 결과인데, Fe²⁺의 경우는 명도가 낮은 자색미에서 보다는 명도가 상대적으로 높은 적색미들에서 그 함량이 높았기 때문에 상관이나 오지 않은 것으로 생각된다. 양이온 함량간에는 K⁺와 Mg²⁺ 간에 고도로 유의한 상관관이 있었는데 이는 유색미들에서 특히 K⁺와 Mg²⁺ 함량의 증가가 두드러졌기 때문에 연유된 결과로 보였다.

摘 要

벼에서 유색미의 이용성을 검토하고자 갈색, 적색, 자색, 흑색 등의 현미색을 가진 품종들에서 몇 가지 색소관련 특성 및 영양특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 有色米의 색소는 種皮~果皮에 浸積되어 있었으며, bulk로 精白時에는 白米에도 그 一部가 殘存하였다.
2. 有色米의 玄米 1 g 당 anthocyanin 含量은 褐色 및 赤褐色米 1.63~17.62 μg , 赤色米 3.56~11.10 μg , 紫色米 28.11~401.22 μg , 黑色米 665.98 μg 이었다.
3. 분석된 有色米 중 DZ 78에서 蛋白質含量이 가장 높았다. 아미노산 組成에서는 보통米과 有色米間, 배아를 제거한 玄米와 白米간에 특별한 경향이 없이 대체로 비슷하였다.
4. 有色米의 vitamin 含量을 화청벼와 비교하여 볼 때 B₁는 LK₁B-4-12-1-1과 DK 1에서 다소 증가했다. B₂는 LK₁B-2-1-1과 LK₁B-4-12-1-1의 배아를 제거한 현미에서 월등히 증가하였다.
5. 조사된 양이온 K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Fe²⁺의 함량은 대부분 유색미에서 유의하게 증가하여 색소 침적과 관련이 있는 것으로 나타났다.

引用文獻

1. Gu, Defa and Meiyu Xu. 1992. A study on special nutrient of purple black glutinous rice. Scientia Agric. Sinica 25(2): 36-41.
2. Juliano, B. O. 1974. Cereal chemistry procedures. IRRI, 165p.

3. _____ . 1985. Rice - Chemistry and Thecnology-. AACC Monograph Series, pp.17-58.
4. Kinoshita, T. 1984. Gene analysis and linkage map. in Biology of Rice, pp.187-274.
5. Zhao, Z. S., L. Z. Lai, and J. G. Zheng. 1995. Special rices in China. Shanghai Science & Technol. Publ. Co., China, 534p.