

Nutritional Characteristics of Pigmented Rice

Mi Kyung Lee¹, Young Mo Kim¹, Jung Suk Park² and Hwan Sik Na^{3*}

¹Department of Food and Nutrition, Gwangju Health College, Gwangju 506-701, Korea

²Department of Complementary Alternative Medicine, Kwangju Womens University, Gwangju 506-713, Korea

³Food & Drug Analysis Division, Jeollanamdo Institute of Health and Environment, Muan 534-821, Korea

유색미의 영양학적 특성

이미경¹ · 김영모¹ · 박정숙² · 나환식^{3*}

¹광주보건대학교 식품영양과, ²광주여자대학교 대체의학과, ³전라남도보건환경연구원 식품약품분석과

Abstract

The excellence of pigmented rice with respect to its nutritional composition was proven and the physicochemical properties of five kinds of rice (Jindo black rice, Jindo jeongmi, Boseong black rice, red rice, and green rice) were compared. The crude protein content of black rice harvested in Boseong (10.15%) were higher than that of the other varieties. The crude fat contents of pigmented rice (black, red, and green) were higher than those of polished rice (Jindo-jeongmi and black rice). Boseong black rice had the highest crude fat content. The major free sugar types in the rice varieties were maltose and glucose. The major mineral contents of the unpolished rice (pigmented rice) varieties were as follows: of P, 361.32~570.11 mg%; K, 196.63~210.04 mg%; Mg, 104.11~128.02 mg%; Na, 2.49~8.14 mg%; and Ca, 12.10~16.82 mg%. The major fatty acids in the five kinds of rice were linoleic acid, oleic acid and palmitic acid. The fatty acid contents of the rice varieties did not differ significantly. The black rice (Boseong) had a higher amino acid content than the other varieties. The hunter color values of rice varieties were affected by the colors of the samples. The L (lightness) value of black rice (Jindo, Boseong) was lower than that of the other samples. The thiamine and riboflavin contents of the red rice (0.48 mg/100 g and 0.14 mg/100 g, respectively) were higher than those of the other varieties (thiamine: 0.36~0.24 mg/100 g and riboflavin: 0.09~0.06 mg/100 g). The hardness of the rice varieties differed significantly (10.75~14.64 kg).

Key words : pigmented rice, nutritional composition, physicochemical properties, hardness

서 론

식생활이 바뀌고 쌀의 수입물량이 증가하면서 쌀 재고량이 많아지고, 소비량은 점차 감소하고 있는 실정으로 우리 쌀의 경쟁력을 높이기 위해서는 고급화, 특수미 등의 품종 개발과 더불어 소비 증진을 위한 쌀 가공품 개발이 필요하다(1). 최근 기능성 식품에 관한 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 현미를 비롯하여 유색미와 같은 특수미의 섭취가 증가하고 있다. 일본의 경우에는 이미 거대배아미, 저 알러지미, lipoxigenase 결손미, 향미, 흑미, 적미 등 다양한 특수미가 개발되어 있으며 이들 각각의 이용가능성에 대해서도

연구가 병행되고 있다(2). 유색미(검정쌀)가 국내에 처음 도입된 것은 1990년경으로 중국에서 들어와 전남지방(진도)을 중심으로 재배되면서 지금은 그 재배 면적이 점차 확대되어 가고 있으며, 최근에는 육종선발, 제품개발, 재배 기술 등을 활발히 연구하기 시작하여 새로운 수요를 창출하고 있다(3,4).

현재 전 세계적으로 수집 보존되고 있는 유색미 품종들의 색깔은 담적색, 농적색, 농자갈색, 흑자색 등 이르는 다양한 변이를 보이는데, 색소성분으로서는 적색계 쌀은 탄닌계, 자색계 쌀은 안토시아닌계 색소로 알려져 있다(5). 유색미는 본초강목에 의하면 개위익중, 자음보신, 건비완간, 명목활혈 한다고 하며 매일 상식하면 인체의 종합조절 기능과 면역기능을 개선하고 강화시켜 질병 예방과 어린이나 임산부의 빈혈, 피부의 노화방지 및 여성의 미용에 효과가 있고

*Corresponding author. E-mail : hsa0103@korea.kr
Phone : 82-61-240-5257, Fax : 82-61-240-5260

식이섬유를 다량 함유하고 있으며, 독특한 향미를 가지고 있다. 그리고 각종 미네랄과 비타민, 불포화지방산, 단백질 등의 영양가가 풍부하여 항종양, 항산화 등의 활성 등 건강 기능이 높아 이용가치가 높은 것으로 보고되어 있다(6,7).

유색미에 대한 관심이 증가되면서 흑미 뿐만 아니라 적미와 녹미 등 새로운 품종도 개발되고 있다. 현재 보성 등지에서 생산한 적미와 녹미는 야생 상태로 자생하는 벼를 채집하여 증식한 장립형 계통의 쌀로서 현미상태로 가공 생산하고 있으나, 이들 유색미에 관한 영양성분이나 이화학적 특성에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 또한 유색미는 영양학적·기능적인 측면에서 백미보다 훨씬 우수함에도 불구하고, 백미와 혼용하는 일종의 잡곡 형태로 이용되고 있을 뿐 활용도가 낮아 소비자의 기호도 및 선호도를 높이기 위한 연구가 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 유색미의 소비를 촉진하고, 영양학적으로 우수한 기능성 쌀로 이용하기 위한 일환으로 전라남도 내에서 생산되는 유색미 5종을 선별하여 영양학적, 이화학적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

실험에 사용된 시료는 진도산 흑미 2종(현미, 정미), 보성산 흑미, 적미, 녹미 등 5건으로서 진도산 흑미는 전라남도 진도군에서 생산 가공한 것이며, 보성산 유색미의 경우에는 전라남도 보성군에서 수확하여 현미로 도정한 제품을 시료로 사용하였다. 시료 중 진도산과 보성산 흑미는 상해 향혈나 품종이며, 적미와 녹미는 자생하는 벼를 채집 증식한 장립형 계통의 품종으로 분석에 사용된 시료는 mixer (FM-909T, Hanil, Korea)로 분쇄한 다음 100 mesh에 통과시켜 밀봉한 후 4°C에 보관하면서 사용하였다.

일반성분

유색미의 일반성분은 AOAC 방법(8)과 식품공전(9)에 따라 분석하였다. 즉, 수분은 상압가열건조법, 조회분은 건식회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백질은 자동질소 증류장치를 이용한 Microkjeldahl 법으로 각각 분석하였다.

유리당

유리당은 Gancedo 등의 방법(10)에 따라 시료에 증류수를 가하여 추출한 다음 추출물을 Sep-pak C₁₈ cartridge로 정제한 후 0.45 µm membrane filter (Millipore Co, USA)로 여과한 후 High Performance Liquid Chromatography (HPLC-RID, Shiseido nanospace SI-2, Japan)를 이용하여 분석하였다.

무기성분

유색미의 무기성분은 식품공전(9) 및 Osborn과 Voogt 방법(11)에 따라 여과지 시료를 건식법으로 전처리한 다음 여과하여 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy, Jovin Yvon 138 Ultrace, France)로 정량하였다. 분석조건은 RF generator 40.68 MHz, sample flow rate 2.5 mL/min, Nebulizer gas flow rate 0.30 L/min, Coolant gas flow rate 12 L/min의 조건으로 분석하였다.

지방산

지질의 추출은 Folch 등의 방법(12)에 의하여 추출하였으며, AOAC 방법(8)에 따라서 지방산을 methyl ester화 한 후 분석하였다. 분석조건은 Gas Chromatography (GC/FID, Agilent Technologies, Califinis, USA)를 이용하여 column은 Stabilwax-DA (30 m×0.25 mm×0.25 µm), Injector와 Detector 온도는 각각 220°C와 240°C, Injection volume은 1 µL(split 20:1)로 분석하였다.

구성아미노산

균질화된 시료 0.2 g을 각각 시험관에 취해 0.05%(w/v) 2-mercaptoethanol (C₂H₆SO)을 함유한 6 N HCl 15 mL를 가하여 110±1°C에서 24시간 가수분해 한 후 여과하고, 감압·농축하여 염산을 제거하고 증류수로 2~3회 수세하여 감압·농축하였다. 농축분을 pH 2.2 sodium citrate buffer에 정용하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 여액을 아미노산 전용 분석기(LC-10 Avp, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다(13).

색도 및 경도

시료의 낱알 및 100 mesh로 분쇄한 쌀가루의 색도는 색차계(Color and color difference meter, Model No. TC-3600, Tokyo Denshoku Co, Ltd, Tokyo, Japan)로 측정하여 Hunter system 의 3 자극치인 L (lightness), a (redness), b (yellowness) 값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준백판은 L = 90.5, a = 0.4, b = 3.5였다.

시료의 경도는 형태가 균일한 것만을 취하여 Texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems Survey, West Sussex, England)를 이용하여 경도(hardness)를 측정하였다. 측정조건은 load cell 5 kg, deformation rate : 85%, speed : 1.0 mm/sec, plunger diameter : 4 mm 이었다. 측정은 시료당 20회 이상 반복하였다.

비타민 B₁, B₂ 분석

비타민 B₁과 B₂ 분석은 분말 형태의 시료 일정량을 취하여 이동상(1% acetic acid 함유 5 mM 1-octanesulfonic acid)에 녹인 후 1시간 정도 충분히 교반한 다음 원심분리하여 상등액만 취한다. Chloroform과 1:1로 섞어준 후 상등액만

취한 후 원심분리하여 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 HPLC (Shiseido nanospace SI-2 PDA system, Kyoto, Japan)로 분석하였다(9,14).

통계처리

각 실험은 3회 반복하여 얻은 결과를 평균과 표준편차로 나타내었으며, 그 결과는 SAS package로 통계처리 하였으며, 시료간의 유의검증은 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

결과 및 고찰

유색미의 일반성분

유색미의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1에 나타내었다. 조회분은 적미가 1.48%로 가장 높게 나타났으며 진도 흑미(정미)가 0.85%로 가장 낮은 함량을 보였다. 조단백질은 보성산 흑미가 10.15% 진도산 흑미가 8.77%로 가장 높은 함량을 보인 반면 녹미와 진도 흑미(정미)가 각각 7.57%와 7.85%로 가장 낮았다. 조지방은 3.08%(보성 흑미)~1.55%(진도 흑미, 정미)의 분포로 나타나 전체적으로 5종의 품종 중 진도산 흑미(정미)가 가장 낮은 함량을 보였으며 나머지 현미 시료의 경우 서로 비슷하였으며, 이러한 결과는 진도 흑미(정미)의 도정에 따른 배아 제거가 원인인 것으로 생각된다.

유색미의 단백질 함량은 진도 흑미 9.9%, 수원415 11.2%의 결과와, 흑미 8.4%~11.1%의 범위와 유사한 경향으로 나타났고, 조지방의 결과도 흑미와 적미의 2.7%~3.3%의 범위와 비슷한 결과를 보였다(15,16). 한국인 영양권장량 식품영양가 표에서 제시한 현미와 백미의 조단백질 함량은 각각 6.4%와 6.6%이며, 지방 함량이 현미와 백미가 각각 2.7%, 0.4%라고 보고하여 본 실험 결과인 유색미의 성분 함량이 더 높은 것으로 나타났다(17). 또한 양질미 선별 기준 중 단백질 함량의 경우 7~9%의 범위 내의 쌀이 양질미가 되는데 본 실험 재료 5종 모두 이 범위 내에 포함되었으며, 이러한 쌀의 단백질 함량은 주로 쌀알 외층에 많이 분포하며, 전분입자 사이에 분포하기도 하여 쌀의 수분 흡수 및 취반시에 특수성이나 전분입자의 호화에 지대한 영향을 준다고 한다(1).

유리당

유색미 시료별 유리당 종류 및 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 모든 시료에서 glucose, fructose, maltose와 mannose가 검출되었다. 당의 종류별 함량은 glucose, maltose, fructose, mannose 순으로 높게 나타났으며, 전체 함량의 경우 진도 흑미(4,258.02 mg%)와 녹미(3,720.10 mg%)로 타 시료에 비해 조금 높은 함량을 보였다. Glucose 함량은 녹미가 3,511.17 mg%로 가장 많았으며, maltose는 진도산 흑미가 1,648.56 mg%로 높게 나타났다. 또한 mannose와 fructose 함량은 흑미(진도산, 보성산)와 적미는

Table 1. Proximate compositions of 5 kinds of pigmented rice

	Moisture	Crude Ash	Crude protein ¹⁾	Crude lipid	Carbohydrate ²⁾
Black rice Jindo	12.93±0.31 ³⁾	1.35±0.09	8.77±0.68	2.73±0.09	74.22±0.95
Black rice Boseong	12.23±0.19	1.45±0.06	10.15±0.77	3.08±0.16	73.09±0.83
Red rice	11.87±0.20	1.48±0.10	8.61±0.81	2.79±0.10	75.25±0.90
Green rice	13.23±0.17	1.18±0.16	7.57±0.54	3.06±0.22	74.96±0.69
Black rice Jindo-jeongmi	13.89±0.35	0.85±0.11	7.85±0.60	1.55±0.13	75.86±0.75

¹⁾N × 5.95

²⁾100 - sum of moisture, ash, crude protein and crude lipid contents

³⁾Values are mean±standard deviation of triple determinations

Table 2. Free sugar contents of 5 kinds of pigmented rice

	Black rice Jindo	Black rice Boseong	Red rice	Green rice	Black rice Jindo-jeongmi
Maltose	1,648.56±21.46 ¹⁾	613.88±21.63	537.73±20.57	149.31± 9.86	1,226.37±18.84
Glucose	2,187.55±47.65	1,915.61±56.47	1,518.78±51.43	3,511.17±88.60	1,308.89±23.65
Mannose	155.72±10.43	213.91±14.71	197.85±13.93	15.32± 0.97	121.03±14.31
Fructose	266.19±12.17	221.53±20.10	183.30±17.85	44.30± 3.14	114.05± 8.43
Total	4,258.02	2,964.93	2,437.66	3,720.10	2,770.34

¹⁾Values are mean±standard deviation of triple determinations

Table 3. Mineral compositions of 5 kinds of pigmented rice

(mg%)

	Black rice Jindo	Black rice Boseong	Red rice	Green rice	Black rice Jindo-jeongmi
Mg	124.90±2.10 ¹⁾	126.55±1.94	128.02±1.46	104.11±1.07	77.45±0.94
Ca	16.82±0.20	16.08±0.24	15.71±0.13	12.10±0.10	14.29±0.10
Na	7.91±0.09	8.14±0.10	2.49±0.04	2.78±0.05	9.49±0.06
K	196.63±2.47	205.95±6.84	210.04±7.96	197.07±5.59	148.65±6.84
Zn	0.86±0.04	0.93±0.03	1.03±0.06	0.53±0.02	0.82±0.04
Cu	0.07±0.01	0.12±0.02	0.12±0.04	0.11±0.01	0.10±0.01
Fe	0.87±0.09	1.27±0.08	0.84±0.10	0.68±0.07	0.77±0.07
Mn	1.87±0.31	1.97±0.16	3.81±0.43	3.29±0.36	1.36±0.20
P	407.01±9.97	570.11±21.43	491.57±14.66	361.32±17.43	267.21±13.84
Total	756.94	931.12	853.63	681.99	520.14

¹⁾Values are mean±standard deviation of triple determinations**Table 4. Composition of fatty acids in 5 kinds of pigmented rice**

(%)

	Black rice Jindo	Black rice Boseong	Red rice	Green rice	Black rice Jindo-jeongmi
Myristic acid (C _{14:0})	0.44	0.34	0.26	0.44	0.51
Pentadecanoic acid (C _{15:0})	0.05	0.00	0.03	0.05	0.00
Palmitic acid (C _{16:0})	18.78	17.50	17.18	20.65	19.43
Palmitoleic acid (C _{16:1})	0.11	0.16	0.17	0.16	0.13
Heptanoic acid (C _{17:0})	0.00	0.00	0.05	0.06	0.00
Stearic acid (C _{18:0})	1.95	2.03	2.09	1.97	2.15
Oleic acid (C _{18:1})	34.14	36.34	38.75	32.54	36.97
Linoleic acid (C _{18:2})	38.76	38.71	37.26	39.64	37.15
Linolenic acid (C _{18:3})	1.62	1.34	1.32	1.43	1.45
Arachidic acid (C _{20:0})	0.67	0.80	0.81	0.58	0.69
Eicosenoic acid (C _{20:1})	0.51	0.49	0.60	0.46	0.51
Eicosadienoic acid (C _{20:2})	0.05	0.00	0.00	0.07	0.00
Behenic acid (C _{22:0})	0.39	0.41	0.42	0.33	0.33
Docosatrienoic acid (C _{22:3})	1.47	1.08	0.00	0.83	0.00
Lignoceric acid (C _{24:0})	0.85	0.80	0.79	0.70	0.69
Tetracosenoic acid (C _{24:1})	0.20	0.00	0.25	0.10	0.00
SFA ¹⁾	23.14	21.88	21.65	24.77	23.79
USFA ²⁾	76.86	78.12	78.35	75.23	76.21
MUFA ³⁾	34.96	36.99	39.77	33.26	37.61
PUFA ⁴⁾	41.90	41.13	38.58	41.97	38.60
MUFA/SFA	1.51	1.69	1.84	1.34	1.58
PUFA/SFA	1.81	1.88	1.78	1.69	1.62
PUFA/MUFA	1.20	1.11	0.97	1.26	1.03
USFA/SFA	3.32	3.61	3.62	3.04	3.20

¹⁾Saturated fatty acid²⁾Unsaturated fatty acid³⁾Monounsaturated fatty acid⁴⁾Polyunsaturated fatty acid

그 함량이 유사하였으나 녹미와 정미의 경우 상대적으로 낮은 값을 보였다.

Kim 등(18)은 일반벼와 당질미의 유리당 함량을 비교한 결과 일반벼의 유리당 함량이 3.2%(남평벼)라고 보고하여 유색미와 유사한 결과를 보인 것으로 생각된다.

무기성분

유색미의 무기성분 함량은 Table 3과 같다. 분석된 9개 미량성분의 총 함량을 보면 도정을 한 진도 정미가 520.14 mg%로 가장 낮게 나타났으며, 현미생태인 4종의 유색미는 681.99~931.12 mg%로 보성 흑미, 적미, 진도 흑미, 녹미, 진도 정미 순으로 높게 나타났다. Mg와 K의 경우 도정을 한 흑미(정미)를 제외한 모든 시료에서 104.11~128.02 mg%와 196.63~210.04 mg%로 나타났고, Na는 적미와 녹미에서 2.49 mg%, 2.78 mg%로 진도 흑미와 보성 흑미 보다는 상대적으로 낮은 함량을 보였으며, Mn은 적미와 녹미가 3.81 mg%, 3.29 mg%로 타 시료에 비해 높은 함량을 보였다. P 함량은 보성산 흑미 570.11 mg%, 적미 491.57 mg%로 다른 품종에 비하여 많은 함량을 보였으며, 그 외 Ca, Zn, Cu와 Fe은 서로 비슷한 함량을 보였다.

Lee 등(19)은 백미와 유색미(흑미, 적미, 녹미)의 무기성분(8종)을 분석한 결과 정미(백미)의 총 함량은 636.17 mg%, 유색미는 753.41~790.11 mg%로 무기성분이 높았다고 하여 본 실험 결과와 일치하였다. 또한 Choe 등(20)의 결과와 비교해 볼 때 Fe, Zn 등은 백미와 현미 모두 비슷한 수준이었고, P와 Mg의 경우는 본 실험 결과가 조금 높게 나타났으며, Na과 Fe 경우에는 더 낮은 결과를 보였다. 또한 Ha 등(16)의 결과와는 적미에서 Mg, Na, Mn, Ca의 함량은 유사한 경향을 보였고 K, Zn, Fe에서는 낮은 결과로 검출되었다.

지방산 조성

유색미의 지방산 조성을 비교한 결과는 Table 4와 같다. Linoleic acid (C_{18:2})가 적미를 제외한 모든 품종에서 가장 높은 함량(37.15~39.64%)을 보였고, oleic acid (C_{18:1})가 32.54~38.75%로 나타났으며, palmitic acid (17.18~20.65%) 순으로 나타났다. 적미의 경우 oleic acid가 38.75%로 가장 높게 분석되었고 시료간 큰 차이는 보이지 않았다. 지방산 중 불포화 지방산 조성은 적미 78.35%, 보성 흑미가 78.12%, 진도 흑미 76.86% 순으로 나타났다.

일반적으로 쌀에 함유된 지방산은 palmitic acid, oleic acid와 linoleic acid가 주된 지방산으로 전체의 95%를 차지한다고 보고하였다(16,21). 또한 현미의 지방산 분석 결과 linoleic acid, oleic acid 순으로 나타났으며, 일반적으로 쌀의 지방산 조성 중 가장 큰 비중을 차지한 지방산이 oleic acid, linoleic acid, palmitic acid 라고 하여(22-24), 본 실험결과와 일치하였다. 지방산 조성은 쌀의 품종간에도 달라진

다고 하여 Japonica type은 Indica type에 비하여 linoleic acid 비율이 oleic acid보다 높다고 하였으며, 벼의 재배시기에 따라서도 지방산 조성이 변화하며 그 주요인도 등숙기온에 기인한다고 하였다. 즉 등숙기온이 높을수록 지방함유율과 oleic acid는 증가하는 반면 linoleic acid는 감소하는 등 재배 환경에 따라 지방산 조성에 차이를 보인다고 하여(25), 본 실험에서 지방산의 차이는 이런 외적인 요인에 의한 것으로 판단된다.

구성 아미노산

시료별 구성 아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 5에 나타내었다. 분석된 전체 아미노산 함량은 보성 흑미, 진도 흑미, 녹미, 적미, 진도 정미 순으로 높게 나타났으며, 필수 아미노산의 함량은 보성 흑미 3,913.6 mg%, 녹미가 3,379.8 mg%, 적미 3,140.3 mg%, 진도 흑미 3,110.9 mg%과 진도 정미 2,554.0 mg%로 나타나 보성 흑미가 가장 높게 나타났으며 진도 정미가 가장 적은 결과를 보여주었다. 필수 아미노산중에서 phenylalanine은 진도 흑미에서 가장 높게 검출되었고, 보성 흑미는 threonine이, 적미와 녹미는 lysine이 높은 함량을 보였으며, 전체적으로 가장 적었던 것은 methionine이었다.

전체 아미노산에 대한 필수아미노산의 함량의 비율은 보성 흑미가 43.6%로 가장 높았으며 녹미와 적미는 거의 유사하였다. 이는 FAO (26)가 제시한 32.3% 보다는 모든 쌀 종류에서 높은 것으로 나타났다. 시료별 조성은 진도 흑미의 경우 alanine (1,133.3 mg%)과 glutamic acid (918.2 mg%)가 주 구성 아미노산이었고, 보성 흑미는 threonine (1,276.6 mg%)과 glutamic acid (1,049.9 mg%)순이었다. 적미와 녹미에서 lysine이 729.9 mg%, 996.8 mg%로 흑미에 비하여 높게 나타났다.

쌀 및 쌀가루의 색도

각 시료의 쌀 낱알과 마쇄하여 얻은 쌀가루의 색도를 분석한 결과는 각각 Table 6과 7에 나타내었다. 먼저 낱알의 색도를 보면 백색도를 나타내는 L 값은 정미와 녹미가 47.91과 54.16으로 타 시료에 비해 백색에 가장 가까웠으며, 적미의 경우는 31.44, 진도 흑미와 보성 흑미에서 22.47과 19.60순으로 검정색에 가까웠다. 붉은 색의 정도를 나타내는 a 값은 적미에서 12.66 으로 가장 높은 값을 보인 반면, 녹미와 보성 흑미는 1.61과 1.89로 낮게 나타내었고 진도 흑미는 4.47로 나타났다. 노란색의 정도를 나타내는 b값은 녹미와 적미에서 24.01과 17.04로 흑미에 비하여 현저하게 높게 나타나 각 시료별 고유의 색에 따라 색도 값이 달라지는 것을 알 수 있었다.

Lee 등(19)은 색깔별 유색미(흑자색, 적갈색, 녹색, 흰색)의 색도를 분석한 결과 흑자색의 L값은 17~26 범위, 적갈색은 36~40 범위, 녹색 56~57 범위, 흰색 56~58 범위라고

하였고, b값의 경우에도 적갈색이 흰색에 비해 낮고 녹색이 가장 높았으며 흑자색은 적갈색이나 흰색에 비해 현저하게 낮았다고 하여 본 결과와 일치함을 알 수 있었다. 또한 Ha 등(16)은 낱알은 L값이 흑미가 24~26, 적미에서 34~40의 범위라고 하여 본 결과가 약간 낮은 값이었으며, a값은 흑미와 적미가 각각 0.44~4.09와 7.75~10.63의 범위로 유사한 경향이였다.

현미 쌀가루의 색도 중 L값과 b 값은 녹미, 진도 정미, 적미, 진도 흑미, 보성 흑미 순으로 높게 나타나 쌀의 색도와 동일한 결과를 보였으며, a값은 분말에서는 서로 유사한 값으로 나타났다.

흑미의 색소는 안토시아닌계 색소로서 그 주성분이 cyanidin-3-glucoside이며 적미는 탄닌계 색소인 것으로 알려져 있다(4). 또한 안토시아닌 색소는 항산화 활성이 있는 것으로 알려져 있으며(27,28), linoleic acid system에서 유색미의 cyanidin-3-glucoside가 천연 항산화제인 α -tocopherol 만큼의 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려졌다(29).

쌀의 경도

낱알의 길이가 긴 부분을 대상으로 전체를 측정하기 위하여 4 mm plunger를 사용하여 측정한 결과는 Table 8과 같다. 낱알의 경도는 보성 흑미가 14.64 kg/cm²으로 가장

Table 5. Comparison of amino acid contents in 5 kinds of pigmented rice

	Black rice Jindo	Black rice Boseong	Red rice	Green rice	Black rice Jindo-jeongmi
Aspartic acid	79.5	178.9	434.9	48.7	65.3
Glutamic acid	918.2	1,049.9	892.2	584.1	494.3
Serine	318.4	309.7	315.4	298.4	243.5
Glycine	553.3	554.8	495.6	570.7	440.4
Histidine	156.1	214.6	194.9	147.1	125.8
Threonine	526.2	1,276.6	486.1	455.9	389.4
Alanine	1,133.3	649.9	441.8	775.1	952.9
Arginine	647.4	984.6	620.2	1,048.3	593.5
Proline	554.7	544.0	469.7	573.2	512.2
Tyrosine	252.3	335.6	249.5	239.3	203.6
Valine	415.2	509.0	441.4	359.2	302.2
Methionine	132.1	155.4	160.8	146.7	100.1
Cysteine	299.7	245.5	188.0	270.2	249.6
Isoleucine	257.0	312.4	293.2	211.2	220.2
Leucine	358.3	444.3	441.4	305.6	266.9
Phenylalanine	785.5	688.5	587.2	904.3	684.4
Lysine	636.5	527.3	729.9	996.8	590.7
Total A.A. ¹⁾	8,023.8	8,981.1	7,442.1	7,935.1	6,434.9
EAA ²⁾	3,110.9	3,913.6	3,140.0	3,379.8	2,554.0
EAA/Protein	4.42	4.30	4.90	5.63	5.06
EAA/Total A.A	0.39	0.44	0.42	0.43	0.40

¹⁾Amino acid

²⁾Essential amino acid

Table 6. Hunter color values of 5 kinds of pigmented rice

	L	a	b
Black rice Jindo	22.47±0.06 ¹⁾	4.47±0.29	3.37±0.18
Black rice Boseong	19.60±0.44	1.89±0.20	1.48±0.39
Red rice	31.44±0.47	12.66±0.27	17.04±0.60
Green rice	54.16±0.54	1.61±0.56	24.01±0.23
Black rice Jindo-jeongmi	47.91±0.91	4.49±0.26	8.01±0.44

¹⁾Values are mean±standard deviation of triple determinations

높았으며, 진도 흑미 13.98 kg/cm², 진도 정미 12.47 kg/cm², 적미 10.84 kg/cm², 녹미가 10.75 kg/cm² 순으로 나타났다.

Lee 등(30)은 숙기가 다른 쌀의 경도를 조사하여 조생종인 오대벼가 10.75 kg, 중생종인 안중벼 9.95 kg, 화성벼 9.41 kg 순으로 나타났고, 숙기별 평균값은 조생종이 9.76 kg, 중생종이 9.20 kg, 중만생종이 8.68 kg 순으로 숙기에 따라 경도가 달라진다고 보고하였다. 이러한 결과로 보아 현미 상태인 유색미의 경도가 정미보다는 더 단단한 것으로

나타났으며, 이러한 정도는 다양한 조건(품종, 숙기 등)에 따라 달라진다고 볼 수 있다.

Table 7. Hunter color values of 5 kinds of pigmented rice powder

	L	a	b
Black rice Jindo	60.72±0.21 ¹⁾	2.38±0.05	3.03±0.07
Black rice Boseong	53.74±0.36	2.61±0.03	1.81±0.09
Red rice	63.87±0.33	5.21±0.03	11.65±0.16
Green rice	77.31±0.08	-0.07±0.03	15.00±0.12
Black rice Jindo-jeongmi	70.69±0.14	2.26±0.04	3.94±0.06

¹⁾Values are mean±standard deviation of triple determinations

Table 8. Vitamin B₁, B₂ contents and Hardness of 5 kinds of pigmented rice

	Vitamin B ₁ (mg/100 g)	Vitamin B ₂ (mg/100 g)	Hardness (kg/cm ²)
Black rice Jindo	0.33±0.03 ¹⁾	0.09±0.03	13.98±1.61
Black rice Boseong	0.32±0.01	0.07±0.03	14.64±1.47
Red rice	0.48±0.02	0.14±0.03	10.84±1.32
Green rice	0.36±0.03	0.07±0.03	10.75±1.56
Black rice Jindo-jeongmi	0.24±0.01	0.06±0.04	12.47±1.49

¹⁾Values are mean±standard deviation of triple determinations

비타민 B₁, B₂ 분석

비타민 B₁과 B₂를 분석한 결과, 비타민 B₁은 적미가 0.48±0.02 mg/100 g으로 가장 높았으며, 흑미 2종과 녹미는 서로 비슷하였고, 진도 정미가 0.24±0.01 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 비타민 B₂의 경우에도 적미가 0.14±0.03 mg/100 g으로 타 시료에 비해 높은 값을 나타냈고, 진도 정미가 가장 낮아 비타민 B₁ 분석 결과와 유사한 경향을 보였다(Table 8).

Lee 등(19)의 보고에 의하면 비타민 B₁의 경우 0.50~0.97 mg/100 g, B₂는 0.02~0.04 mg/100 g 정도라고 하여 본 실험과 비교한 결과 B₁은 조금 높고, B₂의 경우에는 조금 낮은 결과를 보였다.

요 약

유색미의 영양학적 특성을 알리고, 소비를 촉진하기 위해 전라남도 내에서 생산되는 유색미 5종을 대상으로 영양학적, 이화학적 특성을 조사하였다. 일반성분 중 조단백질의 경우 보성 흑미가 10.15%로 가장 높았고 진도 정미(7.85%)와 녹미(7.57%)가 가장 낮아 도정된 쌀보다 유색미가 전반적으로 높은 함량을 보였으며, 조지방은 모든 시료가 도정된 흑미(1.55%)보다 높게(2.73~3.08%) 나타났다.

유리당의 경우 glucose, fructose, maltose와 mannose가 검출되었으며, maltose는 찰흑미에서, mannose는 흑향미와 적미에서, fructose는 찰흑미, 흑향미에서 높은 결과를 보였다. 무기질의 경우 P, K, Mg, Na, Ca과 Mn 등은 분석 시료에서 고루 함유하고 있었으며, 흑미와 적미가 녹미와 도정된 진도산 흑미에 비해 무기성분 함량이 다소 높은 결과를 보였다. 특히 P (361.32~570.11 mg%), K (196.63~210.04 mg%)과 Mg (104.11~128.02 mg%)는 도정된 정미에 비해 높은 함량을 나타냈다. 지방산 조성은 적미를 제외한 모든 품종에서 linoleic acid가 oleic acid 보다는 더 높게 분석되었으며, 적미에서는 oleic acid가 높게 검출되었다. 구성 아미노산은 보성 흑미, 진도 흑미, 녹미, 적미, 진도 정미 순으로서 보성 흑미가 가장 높게 나타났으며, 특히 녹미는 필수아미노산인 lysine이 996.8 mg%로 높은 함량을 보였다. 쌀의 색도는 낱알에서 L값이 녹미, 진도 정미, 적미, 진도 흑미, 보성 흑미의 순이었고, a값은 적미, 진도 정미, 진도 흑미, 보성 흑미, 녹미 순이며 b값은 녹미, 적미, 진도 정미, 진도 흑미, 보성 흑미 순으로 높게 나타났다. 비타민 B₁과 B₂는 적미가 각각 0.48 mg/100 g, 0.14 mg/100 g으로 타 시료에 비해 높게 분석되었으며, 시료별 정도는 10.75~14.64 kg/cm²으로 시료간 차이를 보였으며 정미보다는 현미 상태가 더 높은 결과를 보였다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 광주보건대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Choi HC (2002) Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. Korean J Crop Sci, 47, 15-32
2. Ha TY, Park SH, Lee SH, Kim DC (1999) Gelatinization properties of pigmented rice varieties. Korean J Food Sci Technol, 31, 564-567
3. Kim JS (1997) Development of cooked food using speciality rice. Rural Home Economics, 18, 5-8
4. Choi HC, OH SK (1996) Diversity and function of pigments in colored rice. Korean J Crop Sci, 41, 1-9
5. Choi SW, Nam SH, Choi HC (1994) Antioxidative activity of ethanolic extracts of rice bran. Foods and Biotech, 5, 305-309
6. Wang H, Cao G, Prior RL (1997) Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J Agric Food Chem, 45, 304-309

7. Nam SH, Kang MY (1998) Comparison of inhibitory effect of rice bran-extracts of the colored rice cultivars on carcinogenesis. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 41, 78-83
8. AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*. 15th ed, Association Official Analytical Chemists, Washington DC, USA
9. KFDA (2005) *Food Code*. A separate volume, Munyoung sa. Seoul, Korea, p 3-29
10. Gancedo M, Luh BS (1986) HPLC analysis of organic acids and sugars in tomato juice. *J Food Sci*, 51, 571-573
11. Osborne DR, Voogt P (1981) *The analysis of nutrients in foods*. Academic Press, Massachusetts, USA, p 166-270
12. Folch J, Less M, Sloanstanley GH (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*, 226, 497-509
13. Waters Associates (1990) *Analysis of amino acid by PICO.TAG System*. Young-in Scientific Co Ltd, Seoul, Korea, p 41-46
14. Lynch PLM, Young IS (2000) Determination of thiamine by high performance liquid chromatography. *J Chromatography*, A 881, 267-284
15. Kim DW, Eun JB, Rhee CO (1998) Cooking conditions and textural changes of cooked rice added with black rice. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 562-568
16. Ha TY, Park SH, Lee CH, Lee SH (1999) Chemical composition of pigmented rice varieties. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 336-341
17. The Korean Nutrition Society (2000) *Recommended Dietary Allowances for Korean*. 7th revision, Seoul, Korea, p 5-10
18. Kim SR, Song YC, Shin MS, Lee SY, Cho JH, Lee JY, Ha WG, Kim YD, Ku YC, Kim HY (2006) Physicochemical properties of sugary rice. *Korean J Crop Sic*, 51, 77-83
19. Lee HH, Kim HY, Koh HJ, Ryu SN (2006) Varietal difference of chemical composition in pigmented rice varieties. *Korean J Crop Sci*, 51, 113-118
20. Choe JS, Ahn HH, Nam HJ (2002) Composition of nutritional composition in Korean rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 31, 885-892
21. Fujino Y (1978) Rice lipid. *Cereal Chem*, 55, 559-571
22. Shin HS, Rhee JY (1986) Comparative studies on the lipid content and neutral lipid composition in nonglutinous and glutinous rice. *Korean J Food Sci Technol*, 18, 137-142
23. Son JR, Keum JW, Lee MH, Jeong JH, Oh MJ (1996) Chemical properties and fatty acid composition of layers of rice grain. *J Korean Soc Food Nutr*, 25, 497-503
24. National Rural Living Science Institute. RDA (2001) *Sixth Revision II, food composition table*, Suwon, Korea, p 248-249
25. Taira H, Fujii K (1980) Influence of cropping season on lipid content and fatty acid composition of rice bran and milled rice. *Nippon Sakumotsu Gakkai Kiji*, 49, 559-568
26. FAO (1970) *Amino acid content of food and biological data on protein*. Rome, Italy
27. Satue-Gracia MT, Heinonen M, Frankel EN (1997) Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipo-protein and lecithin-liposome systems. *J Agric Food Chem*, 45, 3362-3367
28. Sarma AD, Sreelakshmi Y, Sharma R (1997) Anti-oxidant ability of anthocyanins against ascorbic acid oxidation. *Phytochemistry*, 45, 671-674
29. Choi SW, Kang WW, Osawa T, Kawakishi S (1994) Antioxidative activity of cysanthemin in black rice hulls. *Foods and Biotech*, 3, 233-237
30. Lee SJ, Kim SK (1999) Hardness and effect of particles size on pasting properties of Korean rice differing in maturity. *J Korean Soc Agric Biotechnol*, 42, 45-48

(접수 2011년 12월 9일 수정 2012년 1월 30일 채택 2012년 3월 2일)