

수원415호 유색미의 이화학적 특성

이유석 · 조지미 · 이종옥*

전남대학교 식품공학과 및 농업과학기술연구소

Physicochemical Properties of Pigmented Rice (Suwon-415)

You-Seok Lee, Ji-Mi Cho and Chong-Ouk Rhee*

Department of Food Science and Technology & Institute of Agricultural Science and Technology,
Chonnam National University

Physicochemical properties and water uptake rate of pigmented rice were determined. The median and mean particle sizes of pigmented rice flour were 15.18 and 38.53 μm , whereas brown rice flour were 11.46 and 33.41 μm , respectively. Water-binding capacity, swelling power, and solubility of pigmented rice flour were higher than those of brown rice flour. X-ray diffraction patterns showed traditional A type of cereals. Moisture gain of pigmented rice kernels increased continuously up to 60 min at soaking temperature (20~50°C). Water uptake rate constants of pigmented rice during soaking at 20~50°C also increased.

Key words: pigmented rice, brown rice, physicochemical properties, water uptake rate

서 론

유색미는 우리가 상용하는 일반미보다 수확량이 약 10% 적고 가격은 3~5배 정도 비싸지만 1990년에 처음으로 중국에서 우리나라에 들어와 전남지방을 중심으로 재배되면서 지금은 그 재배면적이 점차적으로 확대되어 가고 있다⁽¹⁾. 유색미는 적갈~흑자색에 이르는 다양한 천연색소를 함유하고 있는데, 일반적으로 흑자색계 쌀에는 안토시아닌계 색소가 다량 함유되어 있으며, 적갈색계 쌀에는 탄닌계 색소가 포함되어 있는 것으로 알려지고 있다⁽²⁾. 안토시아닌계 색소는 항산화 기능, DNA 손상 및 발암억제 기능 등 건강 기능성이 높아 식품학적으로 이용 가치가 높은 것으로 보고되어 있으며, 탄닌계 색소는 금속이온 및 염기성 화합물과의 결합에 의하여 유해성 중금속의 제거 및 변이원 물질 생성을 억제시키는 등의 효과가 있는 물질로 알려지고 있다⁽³⁾.

대부분의 유색미는 현미상태로 식이섬유를 다량 함유하고 있으며 독특한 향미를 가지고 있다. 또한 각종 미네랄과 비타민, 불포화지방산, 수분, 단백질 등의 영양가가 풍부하여 항중양·항산화 등의 활성과 인체의 종합조절 기능을 개선하고 면역기능을 강화시켜 노화방지, 질병예방 등에 효과가

있는 등 건강 기능성이 높아 식품학적으로 이용 가치가 높은 것으로 보고되어 있다⁽⁴⁾.

최근 유색미에 대한 관심이 증대되면서 유색미 품종별 일반성분에 관한 분석⁽⁵⁾, 유색미 색소의 특성 및 항산화 활성⁽⁶⁾에 관한 연구 등이 진행하였으며, 유색미를 이용한 떡⁽⁷⁾, 식혜의 원료⁽⁸⁾, 무증자 유색주의 개발⁽⁹⁾, 혼용밥의 취반 특성⁽¹⁰⁾ 등에 관한 연구들이 보고되고 있다.

유색미 중에서도 수원415호는 우리나라에서 육성한 흑자색 유색미로 숙기가 빠르고 안토시아닌 색소 함량이 높은 양질의 유색미로 가공적성에 알맞은 특성을 갖고 있다. 따라서 이러한 유색미의 이화학적 특성을 조사하여 현미와 비교함으로써 유색미를 식품가공에 적용할 수 있는 기본 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

유색미(1999년산, 수원415호, 멥쌀)는 시중에서 구입하였으며, 현미(1999년산, 일미벼, 멥쌀)는 전라남도 농촌진흥원에서 분양받아 현미로 도정(한성공업주식회사, HSMC-4)하여 정선하여 이들 시료를 실험용 분쇄기(Cemotec 1090, Sweden)를 이용하여 분쇄한 후 100 메쉬 체에 통과시켜 쌀가루 시료로 하였고, 이를 냉장실(4±1°C)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

입도분석

쌀가루의 입도 분포는 particle size analyser(Malven PSA,

*Corresponding author : Chong-Ouk Rhee, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, 300 Yongbong-Dong, Gwangju 500-757, Korea
Tel: 82-62-530-2142
Fax: 82-62-530-2149
E-mail: corhee@chonnam.ac.kr

England)를 사용하여 분석하였다. 증류수를 이용하여 농도 0.15~0.30%가 되도록 분산시킨 후 focal length: 100 mm, beam length: 2.2 mm의 조건으로 입도분석을 실시하였다.

이화학적 성질

물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹¹⁾에 따라 행하였으며 요오드 반응은 Williams 등⁽¹²⁾의 방법에 따라 측정하였다. X-선 회절도에 의한 결정형 특성을 조사하기 위해 X-ray diffractometer(D/MAX-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 target: Cu-K α , filter: Ni, voltage: 35 kv, current: 15 mA, time constant: 1 sec, F.S.R.: 1×10^3 cps 조건으로 회절각도 (2 θ) 4-40°까지 회절하여 분석하였다. 결정성 영역(Ac)과 무정형 영역(Aa)으로 나누어 Ac/(Ac+Aa)로 상대결정도를 구하였다⁽¹³⁾.

팽윤력과 용해도

Leach 등⁽¹⁴⁾의 방법에 따라 시료 0.5 g(건량기준)을 50 mL의 원심분리관에 취한 후 증류수 25 mL를 가하여 잘 분산시켜 50~80°C의 교반 항온 수조에서 각각 30분간 가열한 후 3,000 rpm에서 40분간 원심분리하여 침전된 시료의 무게와 상정액을 120°C 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시켜 얻은 무게를 얻어 팽윤력은 원심분리 후 침전물의 중량을 측정하였고 용해도는 상정액을 건조한 고형물의 중량으로부터 구하였다.

수분흡수속도 측정

시료 1 g을 20, 30, 40 및 50°C 항온수조에 침지하면서 일정 시간별로 꺼내어 여과지에 굴려서 표면수를 제거한 다음 무게 증가량으로부터 건물 1 g당 수분 증가량을 계산하였다. 실험은 최소한 3회 반복하여 그 평균값을 취하고, 수분흡수 속도는 Becker⁽¹⁵⁾의 확산방정식에 의하여 계산하였다.

$$m - m_0 = k\sqrt{t}$$

여기서 m 은 일정시간 침지 후의 수분 증가량(g H₂O/g dry matter), m_0 은 쌀알의 초기 수분 함량(g H₂O/g dry matter), k 는 수분흡수 속도상수(g H₂O/min^{1/2}), t 는 침지시간(min)이다.

결과 및 고찰

입자크기분포

유색미와 현미 쌀가루의 입자 크기를 5구간으로 나누어 보면 Table 1과 같다. 현미 쌀가루는 6.23 μ m에서 유색미 쌀가루는 6.84 μ m에서 피크를 보였으며 현미 쌀가루의 평균입경과 중심입경은 각각 33.41 μ m와 11.46 μ m, 유색미 쌀가루는 각각 38.53 μ m와 15.18 μ m로 나타났다.

쌀가루의 입도 분포는 쌀가루의 paste 특성과 gel consistency 등의 이화학적 특성을 변화시킴으로써 최종제품의 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 정확한 입도 크기를 파악하는 것이 중요하다⁽¹⁶⁾.

이화학적성질

유색미와 현미 쌀가루의 물결합능력은 Table 2와 같다. 유색미와 현미의 물결합능력은 각각 133.19%, 112.08%로 유색미의 물결합능력이 더 높았다. 탈지에 의해 물결합능력이 감소하였다⁽¹⁷⁾는 연구를 볼 때 쌀가루의 성분 중 식이섬유가 수분과 결합하여 부피감을 제공하며 지질 또한 물결합 능력증대에 영향을 미치는 것으로 추측된다. 물결합능력은 전분입자의 수분흡수의 정도를 나타내는 것으로 전분입자 내에 분자들의 관여정도를 나타내며⁽¹⁴⁾, Beleia 등⁽¹⁸⁾은 전분입자의 비결정 부분이 많이 포함되면 더 많은 수분을 흡수할 수 있기 때문에 수분흡수가 크다고 하여 유색미 쌀가루가 현미 쌀가루보다 내부치밀도가 낮고 비결정부분이 많은 것을 알 수 있었다.

요오드 반응 결과는 Table 2와 같이 625 nm에서의 흡광도와 최대흡수파장은 현미가 유색미 보다 높았다. 즉, 625 nm에서 흡광도는 유색미와 현미가 각각 0.104, 0.133으로 나타났으며 최대흡수파장은 553 nm, 565 nm로 나타났다. 요오드 반응은 전분의 직쇄상 분자의 상대적인 양을 나타내는 지표이므로 요오드 반응이 높다는 것은 직쇄상 분자가 많음을 가리킨다⁽¹⁹⁾. 따라서 이들의 결과에 의해 유색미는 현미보다 요오드 반응이 낮으므로 직쇄상 분자가 적다는 것을 의미한다.

유색미와 현미 쌀가루의 X-선 회절도에 의한 결정형은 Fig. 1과 같이 전형적인 A형을 보여 다른 곡류 전분의 결정형과

Table 1. Percent particle size distribution of pigmented and brown rice flours

Sample	Range of particle size (μ m)					Median (μ m)	Mean (μ m)
	<3.0	3.0~<10.0	10.0~<30.0	30.0~<100	>100		
Pigmented rice	8.2	31.6	21.2	24.5	14.5	15.18	38.53
Brown rice	11.1	35.5	17.9	24.7	10.8	11.46	33.41

Table 2. Physicochemical properties of pigmented rice flour

Sample	Water binding capacity (%)	λ_{max} (nm)	Absorbance at λ_{max}	Absorbance at 625 nm	Relative Crystalline (Ac/Ac+Aa) ¹⁾
Pigmented rice	133.19	553	0.154	0.104	0.35 \pm 0.02
Brown rice	112.08	565	0.182	0.133	0.36 \pm 0.01

¹⁾Ac and Aa mean crystalline area and amorphous area of X-ray diffractogram, respectively.

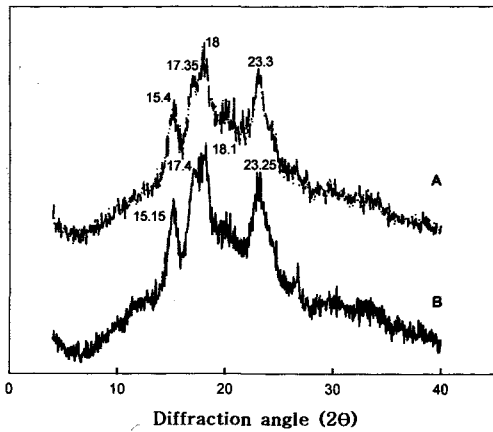


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of pigmented and brown rice flours.
A: Pigmented rice, B: Brown rice

같았으며, 유색미와 현미 간에 결정 강도의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다. 아밀로오스와 아밀로펙틴 분자가 전분의 입자 속에서 어떻게 연합되어 있는지에 대해서는 아직 완전히 알려져 있지 않지만 전분의 결정성은 짧은 사슬들이 평행하게 집합체를 이루기 때문이며 주로 아밀로펙틴에서 기인한다고 하였다⁽²⁰⁾. 한편 Fig. 1을 이용하여 상대결정도를 면적비로 계산한 결과는 Table 2와 같으며, 유색미 쌀가루와 현미 쌀가루는 각각 0.35, 0.36으로 큰 차이를 보이지 않았다.

팽윤력과 용해도

유색미와 현미 쌀가루의 팽윤력과 용해도는 Table 3과 같이 온도가 상승함에 따라 팽윤력과 용해도가 증가하였다. 유색미가 현미보다 팽윤력과 용해도가 더 높은 것으로 나타났는데 이는 현미의 내부 치밀도가 높기 때문인 것으로 사료된다.

온도의 상승에 따른 용해도의 증가는 전분 분자의 linear fraction의 용출을 의미하는 것으로 알려져 있으며⁽¹⁴⁾, 김과 안⁽²¹⁾은 cellulase 처리를 한 결과 쌀가루의 팽윤력과 용해도가 증가하였는데 이는 가열시 전분립의 자유로운 팽윤을 억제하는 배유세포벽이 cellulase에 의하여 붕괴되어 전분립으로의 수분침투가 용이해졌기 때문이라 하였다.

수분흡수속도

유색미의 수분흡수속도는 20~50°C에서 60분 동안 침지하면서 일정시간별로 꺼내어 무게차로 조사하였다. Fig. 2와 같이 모든 침지온도에서 시간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며 온도가 상승할수록 수분흡수량은 더 크게 나타났다. 또한 Becker⁽¹⁵⁾의 수분흡수방정식에 준하여 Fig. 2의 직

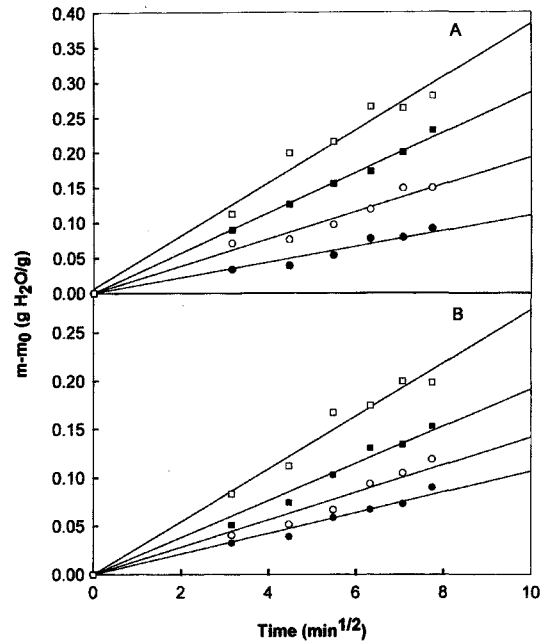


Fig. 2. Relationship between the moisture gain and the square root of soaking time of rice kernel.

A: Pigmented rice B: Brown rice
- ● -: 20°C - ○ -: 30°C - ■ -: 40°C - □ -: 50°C

Table 4. Calculated value of the water uptake rate constant of rice kernel

Sample	Soaking temperature (°C)	K ₀ (min ^{-1/2})
Pigmented rice	20	0.0111
	30	0.0194
	40	0.0286
	50	0.0388
Brown rice	20	0.0107
	30	0.0142
	40	0.0191
	50	0.0273

선기울기로부터 구한 초기 수분흡수단계에서의 수분흡수속도상수(K₀)를 계산한 결과는 Table 4와 같다. 즉, 50°C에서 유색미와 현미의 수분흡수속도상수는 각각 0.0388 min^{-1/2}, 0.0273 min^{-1/2}으로 유색미가 더 높게 나타났다.

식미가 좋은 품종으로 알려진 쌀은 수분흡수속도가 낮으며 대부분의 통일계 품종은 중간정도의 수분흡수속도를 보이고 쌀알의 초기수분흡수속도가 빠르게 일어난다고 알려져 있다⁽²²⁾. 일반현미와 진도 흑미, 수원 415호에 대한 20°C에서

Table 3. Comparison of swelling power and solubility of pigmented and brown rice flours

Sample	Swelling power					Solubility (%)				
	50°C	60°C	65°C	70°C	80°C	50°C	60°C	65°C	70°C	80°C
Pigmented rice	1.64	3.97	7.38	10.67	12.73	0.68	1.26	3.96	5.56	6.32
Brown rice	1.42	2.85	7.85	8.14	8.87	0.49	1.17	3.60	5.23	6.00

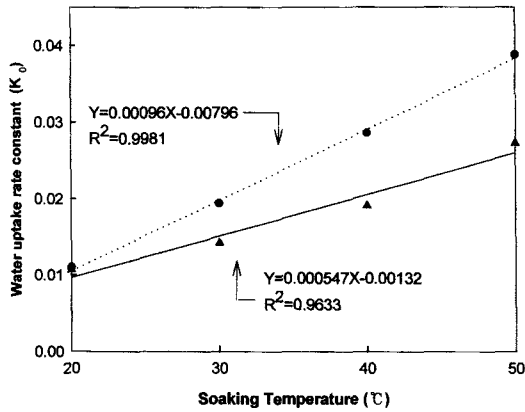


Fig. 3. Relationship between the water uptake rate and the soaking temperature for rice kernel.

...●...: Pigmented rice -▲-: Brown rice

수분흡수량을 조사한 김 등⁽¹⁰⁾의 보고에 의하면 평형수분함량에 도달하는 시간은 11시간 이후였으며 각각 23~24%, 28~29%, 31%로 수원 415호의 수분흡수량이 높다고 하였다.

이 등⁽²³⁾은 품종과 온도에 따른 수화경향을 조사한 결과 시간이 경과함에 따라 품종간의 흡수속도의 차이는 적어졌으며, Indica 품종이 Japonica 품종 보다 수분흡수속도가 컸으며 평형상태에 도달하였을 때 수분함량은 침지수의 온도에 영향을 받지 않고 품종에 의하여 결정된다고 하였다. 또한 Bhattachaya와 Sowbhagya⁽²⁴⁾는 동일한 아밀로오스 함량일지라도 쌀알의 입장, 입폭 등에 의해서 가수량이 달라지며 평형 수분함량 또한 품종간에 다소 차이가 있다고 보고하였다.

한편 Fig. 3은 침지온도에 따라 수분흡수속도상수의 관계를 직선회귀방정식으로 나타낸 것으로 유색미는 R²=0.9981, 현미는 R²=0.9633의 정의 직선적인 관계를 나타내었다.

요 약

현미 쌀가루의 평균입경과 중심입경은 각각 33.41 μm와 11.46 μm, 유색미 쌀가루는 각각 38.53 μm와 15.18 μm로 유색미의 입경이 현미보다 더 컸다. 유색미와 현미의 물결합능력은 각각 133.19%, 112.08%로 유색미의 물결합능력이 더 높았으며 X-선 회절도에 의한 결정형은 전형적인 A형을 보였으며 상대결정도는 유색미 쌀가루와 현미 쌀가루는 각각 0.35, 0.36으로 큰 차이를 보이지 않았다. 유색미와 현미를 20~50°C의 온도에서 60분 동안 침지하면서 조사한 수분흡수속도는 수침온도와 시간이 증가할수록 수분흡수량이 더 크게 나타났으며, 50°C에서 유색미와 현미의 수분흡수속도상수는 각각 0.0388 min^{-1/2}, 0.0273 min^{-1/2}으로 유색미가 더 높았다.

문 헌

1. Kim, J.S. Development of cooked food using speciality rice. Rural Home Economics 18: 5-8 (1997)
2. Choi, H.C. and Oh, S.K. Diversity and function of pigments in colored rice. Korean J. Crop Sci. 41: 1-9 (1996)

3. Tsuda, T., Horio, F. and Osawa, T. Dietary cyanidin-3-O-β-D-glucoside increases ex vivo oxidation resistance of serum in rats. Lipids 33: 583-588 (1998)
4. Nam, S.H. and Kang, M.Y. Comparison of inhibitory effect of rice bran-extracts of the colored rice cultivars on calcinogenesis. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 41: 78-83 (1998)
5. Ha, T.Y., Park, S.H., Lee, C.H. and Lee, S.H. Chemical composition of pigmented rice varieties. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 336-341 (1999)
6. Yoon, J.M., Cho, M.H., Hahn, T.R., Paik, Y.S. and Yoon, H.H. Physicochemical stability of anthocyanins from a korean pigmented rice variety as natural food colorants. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 211-217 (1997)
7. Kim, K.S. and Lee, J.K. Effects of addition ratio of pigmented rice on the quality characteristics of Seolgiddeok. Korean J. Soc. Food Sci. 15: 507-511 (1999)
8. Kim, M.S., Hahn, T.R. and Yoon, H.H. Saccharification and sensory characteristics of Sikhe made of pigmented rice. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 672-677 (1999)
9. Kim, S.D., Kim, M.H. and Ham, S.S. Preparation and quality of uncooked-colored wine using black rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 224-230 (2000)
10. Kim, D.W., Eun, J.B. and Rhee, C.O. Cooking conditions and textural changes of cooked rice added with black rice. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 562-568 (1998)
11. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. Cereal Chem. 42: 558-568 (1965)
12. Williams, D.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chem. 47: 411-420 (1970)
13. Komiya, T. and Nara, S. Changes in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. Starch 38: 9-13 (1986)
14. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chem. 36: 534-544 (1959)
15. Becker, H.A. On the absorption of liquid water by the wheat kernel. Cereal Chem. 37: 309-311 (1960)
16. Kim, Y.J. and Kim, S.S. Comparison of size distribution of rice flour measured by microscope, sieve, coulter counter, and aerodynamic methods. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 184-187 (1994)
17. Kim, S.K. and Shin, M.S. Physicochemical properties of defatted nonwaxy and waxy rice starches. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 347-352 (1992)
18. Beleia, A., Varriano-Marston, E. and Hosney, R.C. Characterization of starch from pearl millets. Cereal Chem. 57: 300-303 (1980)
19. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P. : Iodimetric determination of amylose. p. 168 In: Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. IV, Whistler, R.L. (ed.) Academic Press, Inc., New York, USA (1964)
20. French, D. Fine structure of starch and its relationship to the organization of starch granules. J. Japanese Soc. Starch Sci. 19: 8-13 (1972)
21. Kim, Y.K. and Ahn, S.Y. The effect of cellulase treatment on the physicochemical properties of rice and the texture of cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 720-729 (1996)
22. Kim, S.K. and Suh, C.S. Water uptake rate of brown rice at 100°C. J. Korean Agric. Chem. Soc. 33: 261-263 (1990)
23. Lee, E.Y., Jung, J.H., Shin, H.H., Lee, S.H. and Park, Y.R. Studies on optimum cooking conditions for commercial continuous rice cooker. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 90-96 (2000)
24. Bhattachaya, K.R. and Sowbhagya, C.M. Water uptake by rice during cooking. Cereal Sci. Today 16: 420-426 (1971)