

현미멥쌀가루와 찰쌀가루의 이화학적 특성

김 경 애
전남대학교 가정교육과

Physicochemical Properties of Nonwaxy and Waxy Brown Rice Flour

Kyung-Ae Kim

Dept. of Home Economics Education, Chonnam National University

Abstract

Physicochemical properties of nonwaxy (Dongjin byeo) and waxy (Sin-seunchal byeo) brown rice flour were investigated. The proximate composition of nonwaxy brown rice flour was 7.02% of protein, 1.14% of ash, 3.2% of lipid and that of waxy brown rice was 7.74% of protein, 1.48% of ash, 4.83% of lipid. X-ray diffraction patterns were A types, and relative crystallinity of nonwaxy brown rice flour was higher than that of waxy brown rice flour. Swelling power and solubility increased with the increase of temperature, waxy brown rice flour showed higher than nonwaxy rice flour until 70°C, but lower after 80°C. The gelatinization temperature, breakdown and consistency of nonwaxy brown rice flour by amylogram were higher than those of the waxy brown rice flour but setback was same. The initial gelatinization temperature and the enthalpy of nonwaxy brown rice flour by DSC were higher than those of the waxy brown rice flour.

Key words: brown rice flour, physicochemical properties, gelatinization

I. 서 론

전보¹⁾에서 보고된 바와 같이 현미는 백미에 비하여 외피가 두껍고 질기며 수분의 침투가 어려워 수분 흡수율이 낮기 때문에 호화 제한성이 따른다²⁾. 현미는 외피 중에 섬유소, 무기질, 비타민, 지방질 등이 많이 포함되어 있어^{3,4)} 이들 성분의 기능성으로 인하여 최근 현미에 대한 관심이 높아지면서 현미를 이용한 제품 개발이 다양하다. 그러나 현미의 이화학적 특성⁵⁻¹⁰⁾은 물론 현미의 구성성분이 호화에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 현미 중의 구성성분이 현미가루의 호화에 어떤 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 멥쌀 현미가루와 찰쌀 현미가루의 일반성분을 분석하고 이화학적 성질, 호화 양상을 측정, 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1994년에 수확한 멥쌀인 동진현미와 찰쌀인 신선현미를 전라남도 농촌진흥원에서 구입하여 사용하였다.

2. 현미가루의 제조

현미의 표면 거를 제거한 후 miller(Jhonsem company)를 사용하여 마쇄하고 실온에서 풍건분쇄하여 70메쉬체에 통과시켜 데시케이터에 보관하면서 시료로 사용하였다.

3. 현미가루의 이화학적 성질

현미가루의 일반성분은 A.O.A.C.방법¹¹⁾에 의하여 분석하였다. X-선 회절도는 X-ray diffractometer(X-ray D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 Target: Cu-K α , Filter: Ni, Voltage: 40 kV, Current: 20 mA, Full scale range: 3,000 cps, Scanning speed: 8°/min으로 회절각도(2 θ) 40°~5°까지 회절시켜 분석하였다¹²⁾. 물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법¹³⁾으로, 팽윤력과 용해도는 Schoch 방법¹⁴⁾에 따라 측정하였다.

4. 현미가루의 호화 특성

호화액의 투명도는 현미가루 현탁액(0.1%)을 50~90°C까지 각 온도에서 10분간 가열한 후 분광광도계(Shimadzu UV-120 spectrophotometer)로 625 nm에서 광투과도를 측정하였다¹⁵⁾. Amylograph에 의한 현미가

루의 호화양상은 Medcalf와 Gilles의 방법¹⁶⁾에 따라 현미가루의 농도를 10%(건량기준)로 하고 30°C에서부터 95°C까지 1.5°C/min의 일정한 속도로 상승되게 조절하였다. 95°C에서 15분간 유지시킨 후 1.5°C/min의 속도로 50°C까지 냉각시켜 측정하였다. 아밀로그래프 특성치는 최고점도, 95°C에서 15분 유지한 후의 hot paste viscosity, 50°C에서의 냉각점도와 이로부터 consistency, breakdown, setback을 구하였다. 시료에 대한 DSC(Differential Scanning Calorimeter, PL DSC-700, PL Thermal Sci., U.K.)분석은 Donovan¹⁷⁻¹⁹⁾ 등의 방법으로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 현미가루의 일반성분

현미 멥쌀가루와 찰쌀가루의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분함량이 12.11%, 11.97%이었고, 조단백함량은 7.02%, 7.74%, 회분함량은 1.14%, 1.48%이었으며 총지질함량이 3.26%, 4.83%로 멥쌀가

Table 1. Proximate Composition of brown rice flour

Brown rice flour	Moisture (%)	Protein (N×5.95) (%)	Ash (%)	Lipid (%)	
				Crude	Total
Nonwaxy rice	12.11	7.02	1.14	1.76	3.26
waxy rice	11.97	7.74	1.48	2.58	4.83

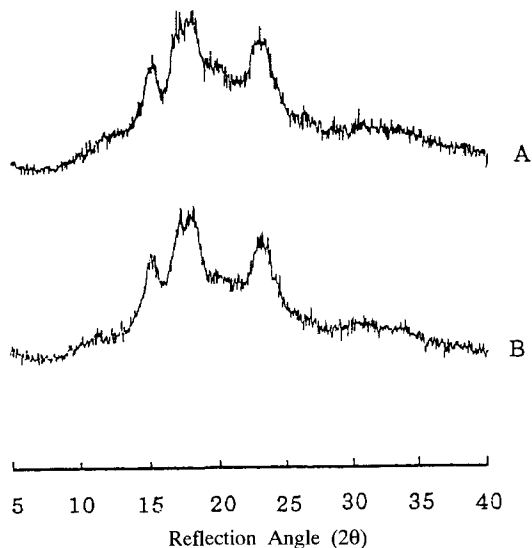


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of brown rice flour. A: nonwaxy rice, B: waxy rice.

루보다 찰쌀가루가 각각 높았다. 다른 품종의 현미 멥쌀에서는 8.90%~10.50%의 단백질을 함유하고 1.14%~1.19%의 회분, 2.12~2.26%의 총지질이었고¹⁵⁾ 또 단백질이 9.64%와 회분이 1.56%, 총지질함량이 2.33~2.97%라는 보고^{59,10)}들과 비슷하였으나 총지질함량이 다소 높은 경향이었다.

2. 현미가루의 이화학적 성질

현미 멥쌀과 찰쌀가루의 X-선 회절도는 Fig. 1과 같다. 현미멥쌀과 찰쌀가루 모두 쌀 전분에서와 같이 회절각도(2θ) 15.3, 18.0, 22.8°에서 peak를 보이는 전형적인 A형을 보였다. 또한 회절각도 22.8°에서 구한 현미가루의 상대결정강도는 멥쌀 현미가루가 100%일 때 찰쌀 현미가루는 84.6%로 멥쌀 현미가루의 결정성이 컸다. 이는 멥쌀전분이 100%일 때 찰쌀 전분은 89.2%였다는 보고²⁰⁾와 유사한 경향이었다.

물결합능력은 멥쌀 현미가루가 115.8%, 찰쌀 현미가루는 120.2%로 찰쌀 현미가루의 물결합능력이 높았다. 현미가루에 결합된 물은 현미가루입자에 침투된 것과 입자표면에 흡착된 것으로써 Halick와 Kelly²¹⁾는 전분입자의 내부 치밀도가 낮은 것이 수분흡수가 크다고 하여 멥쌀가루중의 전분이 찰쌀가루중의 전분보다 비결정부분이 적고 내부치밀도가 높음을 알 수 있었다. X-선 회절도에 의한 결정도도 멥쌀가루가 커서 쌀 전분과 같은 경향을 보였다.

현미가루의 팽윤력과 용해도는 Fig. 2, 3과 같이 온

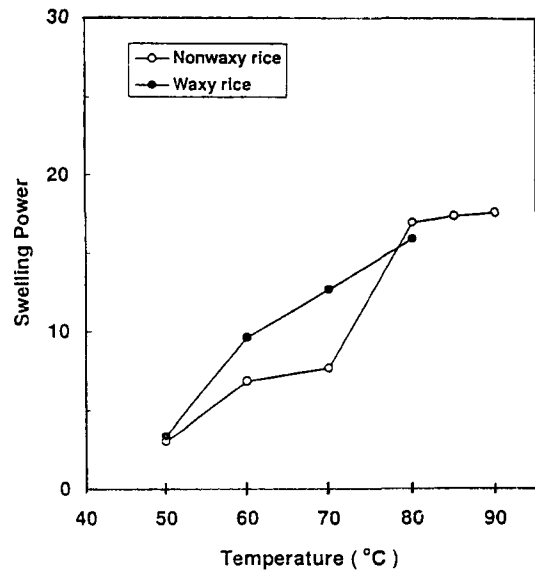


Fig. 2. Swelling power of brown rice flour.

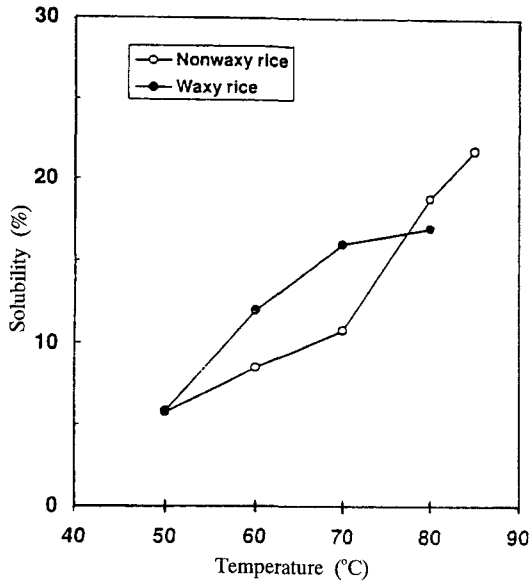


Fig. 3. Solubility patterns of brown rice flour.

도가 상승함에 따라 증가하였다. 멥쌀 현미가루는 팽윤력이 70°C 이후부터 급격히 증가하였고 85°C 이후에서는 완만하였다. 찰쌀 현미가루도 70°C부터 급격한 증가를 보였으며 80°C 이후에서는 팽윤력을 측정할 수가 없었다. 65°C 이후에는 찰쌀전분이 멥쌀전분보다 낮은 팽윤력을 나타내었다는 보고²⁰⁾와 같은 경향이었으나 백미보다 낮은 팽윤력을 보였다. Leach 등²²⁾은 온도에 따른 팽윤양상이 전분입자 내부의 결합력과 전분입자의 회합정도에 따라서 다르며 입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 결합정도가 강한 전분은 팽윤에 대해 강하게 저항하므로 온도증가에 따른 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합강도를 알 수 있다고 하였다. Wong과 Leliever²³⁾도 팽윤력이 전분입자내의 결정성과 상관관계를 갖는다고 하였다. 용해도도 멥쌀 현미가루는 70°C 이후부터 급격히 증가하였고 찰쌀 현미가루는 50°C 이후에서 70°C 까지는 멥쌀 현미가루보다 높았으나 80°C 이후에는 더 낮은 양상을 보였다.

3. 현미가루의 호화 특성

0.1% 현미가루 현탁액의 광투과도에 의한 변화는 Fig. 4와 같다. 멥쌀 현미가루는 60°C 이후에서 서서히 증가하기 시작하여 75°C 이후 급격히 증가하였으며 현미 찰쌀가루는 50°C 이후에서 증가하기 시작하여 60°C 이후에서 80°C까지 급격한 증가를 보였으며 그 후 완만하였고 증가정도는 찰쌀 현미가루가 더 컸다.

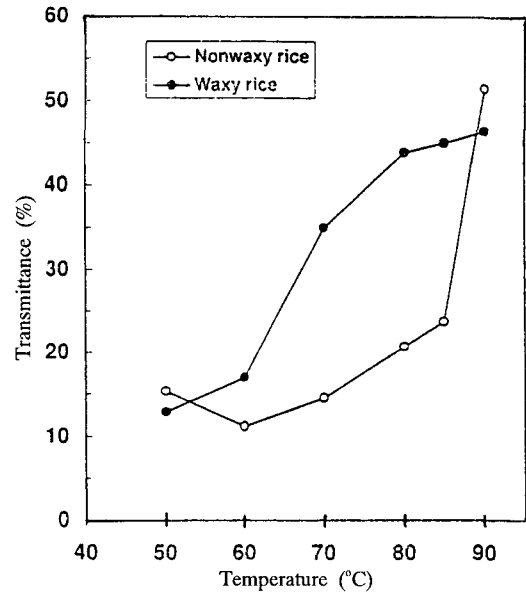


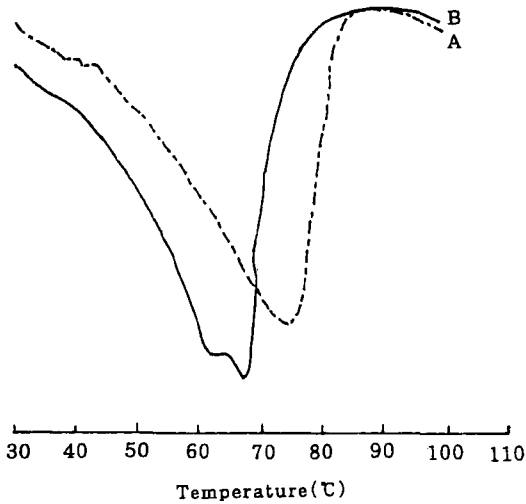
Fig. 4. Transmittance patterns of 0.1% brown rice flour solutions.

이 결과로 찰쌀 현미가루가 멥쌀 현미가루보다 호화가 빨리 시작함을 알 수 있었다. Biliaderis 등²⁴⁾은 전분의 경우 초기호화온도는 전분입자의 결정에 영향을 받으며 이는 아밀로펙틴의 분지정도와 상관관계가 있다고 보고하여 분지도가 클수록 결정성이 낮고 호화온도를 낮춘다고 밝힘으로서 광투과도의 변화양상에 의해 결합강도와 입자내부의 치밀한 정도를 예측할 수 있다고 하였다.

현미가루의 아밀로그래프로 얻은 아밀로그래프의 특성값은 Table 2와 같다. 초기호화온도는 멥쌀 현미가루는 79.5°C였으며 찰쌀 현미가루는 69.5°C로 찰쌀 현미가루가 낮아 광투과도에 의한 결과와 같은 경향이 있었다. 최고점도(P)는 멥쌀 현미가루가 360 B.U로 찰쌀가루 240 B.U보다 더 높았으며 호화 중 전분의 열 또는 전단력에 의한 저항을 나타내는 breakdown(P-H)도 최고점도(P)와 같은 경향으로 멥쌀가루가 더 높았는데 breakdown은 아밀로오스 함량과 음의 상관보인다는 Juliano²⁵⁾의 결과와 차이를 보였으나 김²⁶⁾의 보고와는 일치함을 보였다. 50°C의 냉각점도(C)는 전분호화액을 냉각시 무질서한 상태로 존재하던 아밀로오스 분자들이 나란히 배열되어 분자간의 보다 많은 수소결합을 통해 회합체를 이룸으로써 점도가 증가됨을 나타내고, 전분의 노화 경향을 예측할 수 있는 consistency(C-H)와 setback(C-P)은 값이 클수록 노화가 쉽게 일어난다고 하였다²⁶⁾. 50°C의 냉각점도의 증가와

Table 2. Pasting characteristics of brown rice flour

Brown rice flour	Initial pasting temp (°C)	Peak viscosity (B.U) P	15-min Height (B.U) H	Height at 50°C (B.U) C	Breakdown (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
Nonwaxy rice	79.5	360	300	380	60	80	20
Waxy rice	69.5	240	230	260	10	30	20

**Fig. 5. DSC thermograms of brown rice flour. A: nonwaxy rice, B: waxy rice.**

consistency의 결과를 통하여 찹쌀 현미가루가 멥쌀 현미가루보다 노화가 더디게 일어날 것으로 생각되나 setback값은 찹쌀과 멥쌀 현미가루가 같음은 특이한 결과였다. Schoch와 Maywald²⁷⁾는 아밀로그래프의 점도가 직쇄상 부분이 많으면 안정화되며 전분입자내에 존재하는 긴 직쇄상 분자들에 의해 점도의 안정도가 강화된다고 보고하였으며 또한 점도의 차이가 입자크기, 결정성 정도와 종류, 전분의 이온성 전하, 지방, 단백질, 전분분자의 가지친 정도에 기인된다고 하였다.

현미 멥쌀과 찹쌀가루의 시차주사열량기에 의한 호화양상은 Fig. 5와 같이 모두 단일 peak를 보였다. 이때 구한 특성치는 Table 3과 같이 초기호화온도는 멥쌀 현미가루는 52.20°C, 찹쌀 현미가루가 50.10°C로 멥쌀이 높았고 아밀로펙틴의 용융 peak라고 생각되는 호화 peak(T_p : melting temperature)는 찹쌀이 낮았으며 호화엔탈피도 낮았다. 이는 아밀로그래프에 의한 호화양상의 결과와 일치함을 보였다. DSC transition 온도는 호화온도와 높은 상관관계를 보여 멥쌀 현미가루가 호화되는데 더 시간이 걸림을 보였으며 호화엔탈피가 높으면 호화되는데 저항을 가지며 구조를 무정형으로 하는데 많은 에너지를 필요로 한다. 멥쌀 현

Table 3. DSC characteristics of brown rice flour

Brown rice flour	T_0 (°C)	T_p (°C)	ΔH (cal/g)
Nonwaxy rice	52.20	74.44	180.60
Waxy rice	50.10	66.51	126.00

T_0 : Onset temperature, T_p : Peak temperature.

미가루의 높은 호화엔탈피 값을 보임은 멥쌀이 높은 호화엔탈피 값을 보인다는 Marshall 등²⁸⁾의 보고와 일치함을 보였다.

IV. 요약

현미 중의 구성성분이 현미 쌀가루의 호화에 어떤 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 동진 멥쌀 현미와 신선 찹쌀 현미가루의 이화학적 특성, 호화특성을 비교, 검토하였다.

현미 멥쌀과 찹쌀가루의 일반성분은 각각 수분 12.11%와 11.97%, 단백질 7.02%와 7.74%, 회분 1.14%와 1.48%, 총지질이 3.26%와 4.83%로 현미 찹쌀가루가 더 높은 함량을 보였다. 현미멥쌀과 찹쌀가루의 X-선 회절도는 전형적인 A형을 보였고, 22.8°에 구한 상대 결정성이 멥쌀 현미가루가 더 컸다. 팽윤력과 용해도는 온도가 증가함에 따라 증가하였고 찹쌀 현미가루의 팽윤력, 용해도가 70°C 온도에서는 높았으나 80°C 이후에서는 더 낮았다. 물결합능력이 찹쌀 현미가루의 물결합력이 높았다.

아밀로그래프에 의한 초기호화온도는 멥쌀 현미가루 79.5°C, 찹쌀 현미가루 69.5°C로 멥쌀 현미가루의 초기호화온도가 높고 breakdown, consistency값도 높았으나 setback값은 같았다. DSC에 의한 초기호화온도도 멥쌀 현미가루가 높았고 호화엔탈피도 높았다.

참고문헌

1. 김경애, 정난희, 전은례: 취반조건이 현미밥의 식미특성에 미치는 영향, 한국조리과학회지, 11: 5 (1995).
2. 박혜우, 우경자: 품종별 현미의 수화와 취반에 관한 연구. 한국조리과학회지, 7: 25 (1991).
3. Champagne, E.T., Marshall, W.E., and Goynes, W.R.:

- Effects of degree of milling and lipid removal on starch gelatinization in the brown rice kernel. *Cereal Chem.*, **67**: 6 (1990).
4. Champagne, E.T., Hron, R.J., SR., and Abraham, G.: Stabilizing brown rice products by aqueous ethanol extraction. *Cereal Chem.*, **68**: 3 (1991)
 5. 송보현: 일반계 및 다수계 현미의 이화학적 특성에 관한 연구. *한국농화학회지*, **30**: 2 (1987).
 6. 김성곤, 한양일, 김을상: 일반계 및 다수계 현미와 백미의 무기질 함량. *한국영양식량학회지*, **19**: 4 (1990).
 7. 김성곤, 최홍식: 현미입 내의 칼슘, 인, 철, 비타민 B₁ 및 B₂의 분포에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **11**: 2 (1979).
 8. 이회자, 변시명, 김형수: 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **20**: 4 (1988).
 9. 이회자, 이현주, 변시명, 김형수: 현미와 백미의 지질 함량 및 중성지질의 조성에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **20**: 4 (1988).
 10. Corazon, P.V., Jerry, W.M and Juliano, B.O.: Nutrient content and retention during milling of brown rices from the International Rice Research Institute. *Cereal Chem.*, **68**: 4 (1991).
 11. Association of Official Analytical Chemists: Official methods of analysis, 15th ed., Washington, D.C. (1990).
 12. Biliaderis, C.S., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Structural characterization of legume Starches, II. Studies on acid treated starches. *Cereal Chem.*, **58**: 502 (1981).
 13. Medcalf, D.F. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**: 558 (1965).
 14. Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In "Methods in Carbohydrate Chemistry" ed. by Whistler, R.L., vol. 4, p. 106-108, Academic press, New York (1964).
 15. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.F. and Synder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybean. *Cereal Chem.*, **55**: 661 (1978).
 16. Medcalf, D.F. and Gilles, K.A.: Effects of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starch. *Stärke*, **18**: 101 (1966).
 17. Donovan, J.W.: Phase transitions of the starch-water system, *Biopolymers*, **18**: 263 (1979).
 18. 신말식: 수분과 계면활성제가 밀전분의 호화와 노화에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **23**: 116 (1991).
 19. Krog, N.: Theoretical aspects of surfactants in relation to their use in breadmaking. *Cereal Chem.*, **58**: 158 (1981).
 20. 김수경: 취반조건이 밥의 노화에 미치는 영향. 전남대학교 박사학위논문 (1994).
 21. Halick, J.V., Kelly, V.J. : Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.*, **36**: 91 (1959).
 22. 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.*, **35**: 534 (1959).
 23. Wong, R.B.K. and Lelievre, J.: Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Starch*, **34**: 159 (1982).
 24. Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Structural Characterization of legume Starches, I. Studies on amylose, amylopectin and beta-limit dextrins. *Cereal Chem.*, **58**: 496 (1981).
 25. Juliano, B.O.: Criteria and test for quality In "Rice: Chemistry and technology.", p. 486, AACC (1985).
 26. Leelarathi, K., Indrani, D. and Sidhu, J.S.: Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches. *Starch*, **39**: 378 (1987).
 27. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Starches and low molecular weight carbohydrates from chick pea and horse bean flours. *Cereal Chem.*, **45**: 304 (1968).
 28. Marshall, W.E., Normand, F.L., and Golynes, W.R.: Effects of lipid and protein removal on starch gelatinization in whole grain milled rice. *Cereal Chem.*, **67**: 5 (1990).

(1996년 10월 28일 접수)