

도정도에 따른 쌀의 수화와 이화학적 특성

김경애 · 전은례*

전남대학교 가정교육과
*전남대학교 식품영양학과

Physicochemical Properties and Hydration of Rice on Various Polishing Degrees

Kyung-Ae Kim and Eun-Ryae Jeon

Department of Home Economics Education, Chonnam National University

*Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

The physicochemical and gelatinization properties of rice flours, which were prepared by polishing nonwaxy brown rice (Dongjin byeo), depending on polishing degrees were investigated. The contents of protein, ash, lipid and fiber decreased significantly as the degrees of polishing increased and water uptake of rice grains decreased during hydration. When the surface of the soaked rice grains was examined by the SEM, extensive crack formation was observed. The water binding capacities, swelling power and solubility of rice flour increased as the polishing degree increased. By the amylogram, the initial gelatinization temperatures of rice flour decreased as the polishing degree increased and the peak viscosities, the breakdown and consistency of rice flour increased as the polishing degree increased.

Key words: rice (Dongjin byeo), polishing degree, hydration, physicochemical properties

서 론

쌀(*Oryzae sativa* L.)은 우리 나라를 비롯, 동남아시아 등 세계 여러 나라의 중요한 식량자원의 하나이다. 한국인은 식품 총 섭취량의 반 이상을 백미를 비롯한 곡류로 섭취하고 있으며, 최근에는 건강증진을 위해 백미 대신 현미를 섭취함이 좋다는 주장이 일각에서 일어나고 있다. 현미는 벼에서 겉겨만을 제거한 것으로, 백미로 도정하는 동안 제거되는 섬유소, 무기질, 비타민 특히, 비타민 B₁, 지방질 등이 종피에 많이 포함^(1,2)되어 있어 그 중, 섬유소는 생리작용으로 악성종양을 포함한 장관의 질환, 동맥경화증 및 비만증 같은 여러 가지 질병의 억제효과가 있다고 생각되어 현미에 대한 관심이 높아지고 있다.

현미에 관한 연구로는 일반계 및 다수계 현미의 이화학적 특성⁽³⁾, 현미와 백미의 무기질 함량⁽⁴⁾, 현미입내의 칼슘, 인, 철, 비타민 B₁ 및 B₂의 분포⁽⁵⁾, 식이 섬유

유⁽⁶⁾, 지방질 함량 및 조성⁽⁷⁾ 등이 연구되고 있으며 현미의 회분, 지방질, 섬유소 등의 영양성분들은 도정도가 증가함에 따라 감소가 많은데, 이는 이 성분들이 주로 겨층에 많이 분포되어 있기 때문이다⁽⁸⁾.

그러나 현미는 백미에 비하여 외피가 두껍고 질기며 수분의 침투가 어려워 수분 흡수율이 낮기 때문에 현미는 소화 제한성이 따른다⁽⁹⁾. 그러므로 최근에는 도정도를 증가시킴으로써 도정도가 소화양상에 미치는 영향에 대한 연구⁽¹⁰⁾가 진행되고 있다. Desikachar 등⁽¹¹⁾은 현미의 외피 1% 정도를 제거함으로써 수분흡수가 증가하였다고 보고하였으며, Champagne 등⁽¹²⁾도 현미의 소화온도는 현미의 과피와 종피가 전분입자의 수분흡수를 방해하여 소화온도를 높인다고 하였다. 따라서 도정도에 따라 현미의 외피층 제거에 의해 현미의 소화온도는 감소된다고 하였다. Juliano 등⁽¹³⁾은 전분 이외의 구성성분의 영향으로 소화온도가 높은 쌀은 상대적으로 전분함량이 증가되어 소화온도가 낮은 쌀보다 더 오랜 조리시간이 요구된다고 하였다.

따라서 도정도를 달리하였을 때, 도정에 의해 제거된 성분들이 쌀의 수화와 쌀가루의 이화학적 특성 및

Corresponding author: Kyung-Ae Kim, Department of Home Economics Education, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

호화에 어떤 영향을 미치는가를 규명하기 위해, 도정도에 따른 쌀의 수화와 쌀가루중의 일반성분, 이화학적 특성 및 호화특성을 조사하고 그 차이점을 알아보 고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

1993년에 수확한 멥쌀인 동진 품종의 현미를 전라남도 농촌진흥원에서 구입하여 사용하였다.

쌀가루의 제조

현미를 미강기(Rice Clean Machine, DM-101, 동도)를 사용하여 도정도를 증가시켜가며 2분도, 5분도, 7분도미로 도정하였다. 도정도에 따른 쌀 중 일부는 폴리에틸렌 백에 500 g씩 넣어 밀봉한 다음, 8°C의 냉장고에 보관하고, 일부는 1,000 ml의 물로 2회 씻어 물기를 제거한 후 miller (Jhonsem company)를 사용하여 마쇄하고 실온에서 풍건 분쇄하여 70메쉬 체를 통과시켜 데시케이터에 보관하면서 시료로 사용하였다.

수화에 의한 쌀의 수분 증가량

도정도별 쌀 1 g을 25°C에서 각각 침지하여 일정시간 간격으로 수분을 흡수시킨 다음 꺼내어 여과지 위에 굴리어 표면수를 제거하였고 그 무게 증가량을 측정하였다. 무게의 증가량으로부터 시료 1 g당 수분 증가량을 계산하였다^(9,13).

수화에 의한 쌀의 표면형태

도정도별로 25°C에서 침지시켰을 때 수분함량이 평형에 도달하는 시간을 기준으로 하여 현미와 2분도미는 9시간, 5분도미와 7분도미는 2시간동안 수침시켜, 그 표면형태를 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)으로 가속전압 15 kV, phototime 85초, 35배의 배율로 관찰하였다⁽¹⁴⁾.

쌀가루의 이화학적 성질의 분석

도정도별 쌀가루의 일반성분은 A.O.A.C.방법⁽¹⁵⁾에 의하여 분석하였고, 물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹⁶⁾에 따라 측정하였으며, 팽윤력과 용해도는 Schoch방법⁽¹⁷⁾에 따라 50~90°C온도 범위에서 5°C간격으로 측정하였다. X-선 회절도는 X-ray diffractometer (D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 target : Cu-K, filter : Ni, voltage : 40 kV, current : 20 mA, full scale range : 3,000 cps, scanning speed : 8°/min의 조건

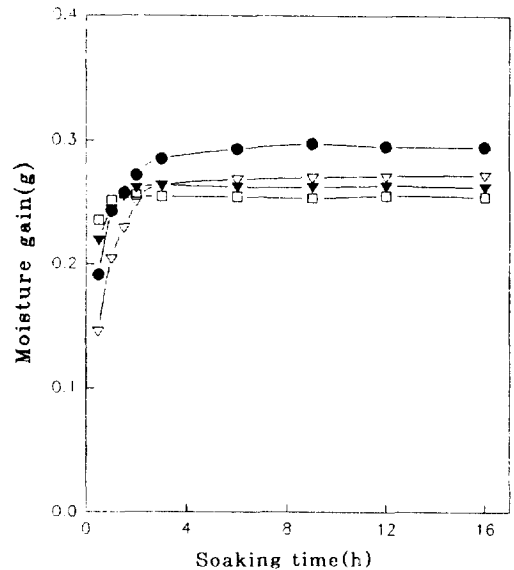


Fig. 1. Water absorption during hydration of 1 g rice grains on polishing degree (25°C) ●—●: brown rice, ▽—▽: 20% polished rice, ▼—▼: 50% polished rice, □—□: 70% polished rice

으로 실시하였으며, 회절각도(2θ)를 40°~5°까지 회절시켜 분석하였다⁽¹⁸⁾.

쌀가루의 호화 특성의 측정

도정도별 쌀가루 현탁액(0.1%)의 광투과도는 50~90°C의 온도범위에서 5°C간격으로 항온수조에서 10분간 가온한 후 분광광도계(Shimadzu UV-120 spectrophotometer)를 사용하여 625 nm에서 측정하였다. Amylograph에 의한 쌀가루의 호화양상은 Brabender Visco/Amylograph를 이용하여 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹⁹⁾에 따라 측정하였다. 시료의 농도를 10% (db, w/w)로 하여 30°C에서 95°C까지 1.5°C/min의 일정한 속도로 가열하고 95°C에서 15분간 유지한 후 다시 같은 속도로 50°C까지 냉각하였다. 이 때 얻어진 아밀로그 램으로부터 초기 호화온도, 최고점도, 95°C에서의 15°C 유지한 후의 점도, 50°C에서의 점도, breakdown, consistency 및 setback을 구하였다.

결과 및 고찰

수화에 의한 쌀의 수분 증가량

도정도별 쌀의 수화양상은 Fig. 1과 같이, 도정도에 따라 다른 양상을 보여 25°C에서 수침시켰을 때 현미와 2분도미는 9시간 이후에 수분함량이 평형에 도달

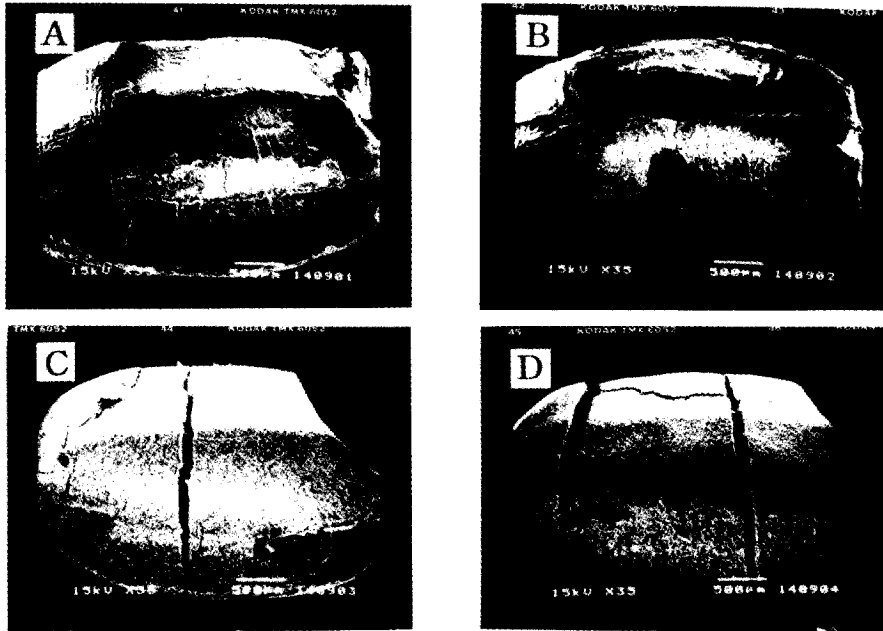


Fig. 2. Scanning electron micrographs of soaked rice grains with equilibrium moisture content (X 35) A: brown rice, B: 20% polished rice, C: 50% polished rice, D: 70% polished rice

하였고, 5분도미와 7분도미는 2시간 이후에 수분함량이 평형에 도달하였다. 도정도가 증가함에 따라 수침 초기에서부터 평형 수분함량에 도달하였을 때의 수분증가량은 점점 감소하는 경향을 보였다. 이는 김 등⁽²⁰⁾의 아끼바레와 밀양 23호 현미의 평형 수분함량 도달 시간보다 빨랐는데, 박과 우⁽²¹⁾가 현미의 수분흡수 양상에 대하여 수침온도보다는 수침시간과 품종의 구조적 특성의 영향이 더 크다고 하였고, 김 등⁽¹⁹⁾은 백미에 있어서 쌀의 수분 흡수속도는 품종마다 독특한 값을 보인다고 한 것으로 보아 품종의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

수화에 의한 쌀의 표면형태

수분평형에 도달되는 시간까지 수침시킨 도정도별 쌀의 표면형태는 Fig. 2에서와 같이, 도정도가 증가함에 따라 쌀 낱알표면에 나타나는 틈의 형성이 점차 현저하였다. Marshall⁽¹⁰⁾은 도정이나 탈지로 인한 낱알표면의 틈 형성과 변형이 전분의 호화에 중요한 변화를 일으키는 전분입자에의 수분 이용성을 증가시킬 것이라고 보고하였는데, 도정도에 따른 틈 형성의 증가는 호화온도에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

쌀가루의 이화학적 성질

도정도별 쌀가루의 일반성분은 수분 함량이 현미,

Table 1. Physicochemical properties of rice (Dongjin-byeo) flour on polishing degree

	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C (%)	Solubility at 80°C (%)
Brown rice	103.5	9.3	10.2
20% Polished rice	103.6	9.4	12.1
50% Polished rice	105.1	10.8	14.6
70% Polished rice	126.7	14.0	16.3

2분도미, 5분도미, 7분도미에서 각각 11.35%, 12.99%, 13.04%, 13.09%이고 단백질 함량이 7.07%, 6.92%, 6.67%, 6.40%이며, 회분 함량이 1.28%, 1.25%, 0.69%, 0.39%였다. 조지방 함량은 1.86%, 1.80%, 0.45%, 0.17%이고 총지방 함량은 3.76%, 3.11%, 1.32%, 0.73%이며 섬유소 함량은 0.64%, 0.58%, 0.31%, 0.21%였다. 도정도가 증가할수록 회분, 지방질, 조섬유 함량은 5분도미에서 크게 감소하였고 7분도미에서 더욱 감소함을 보였는데, 이는 현미의 과피, 중피, 호분층의 겨층에 회분, 지방질, 섬유소 등이 특히 많이 분포되어 있기 때문이며, Corazon 등⁽⁸⁾의 보고와 유사한 경향이였다.

도정도별 쌀가루의 물결합 능력은 Table 1에서와 같이, 도정도가 증가할수록 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 쌀가루가 현미가루보다 상당히 높은 수분 결합력을 나타냈다는 최와 김⁽²¹⁾의 결과와 같은 경

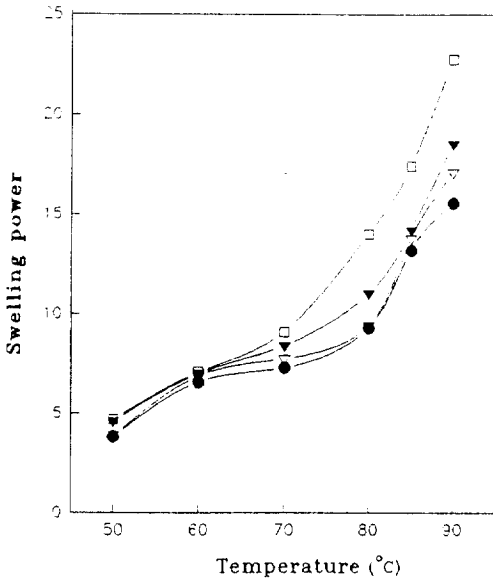


Fig. 3. Swelling patterns of rice flour on polishing degree ●—●: brown rice, ▽—▽: 20% polished rice, ▼—▼: 50% polished rice, □—□: 70% polished rice

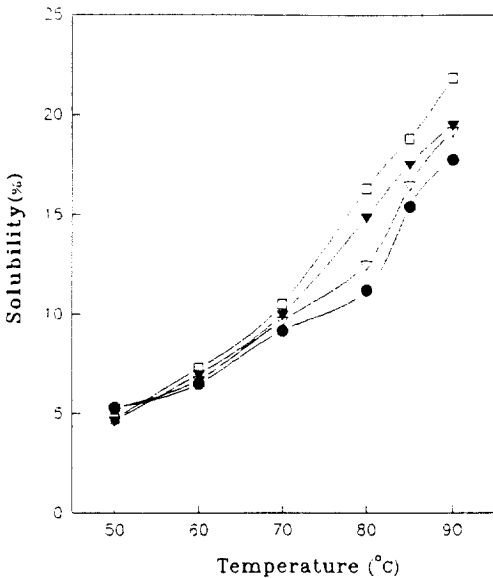


Fig. 4. Solubility of rice flour on polishing degree ●—●: brown rice, ▽—▽: 20% polished rice, ▼—▼: 50% polished rice □—□: 70% polished rice

향이었다.

도정도별 쌀가루의 팽윤력을 측정한 결과는 Fig. 3과 같고, 80°C에서의 팽윤력은 Table 1과 같다. 팽윤력은 온도가 상승함에 따라서 모두 증가하였으며, 현미와 2분도미는 80°C이후부터 급격한 증가를 보였으

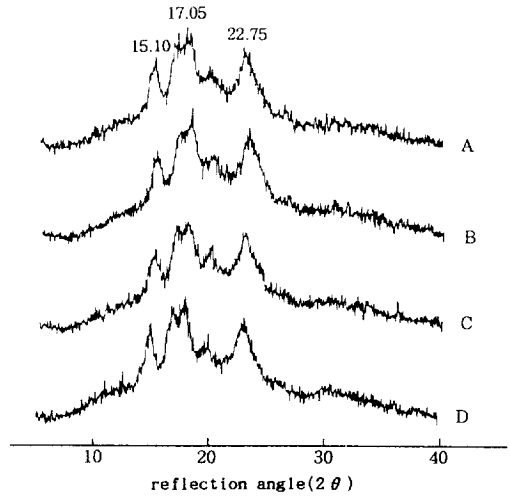


Fig. 5. X-ray diffraction pattern of rice flour on polishing degree A: brown rice, B: 20% polished rice, C: 50% polished rice, D: 70% polished rice

나 5분도미와 7분도미는 70°C 이후에서 급격한 증가를 보였다. 또한 현미와 2분도미는 서서히 증가하다가 급격히 증가하는 두 단계 양상을 보였으나 5분도미와 7분도미는 온도가 상승함에 따라서 계속 증가하여 다른 양상을 나타내었다. 같은 온도에서의 팽윤력은 물 결합능력에서와 같이 도정도가 클수록 높은 값을 보였다. 용해도 측정 결과는 Fig. 4에서와 같이 팽윤력의 변화 양상과 마찬가지로 온도가 상승함에 따라 증가하고, 같은 온도에서의 용해도는 도정도가 클수록 높은 값을 보였다.

도정도별 쌀가루의 X-선 회절도는 Fig. 5와 같다. 현미, 2분도미, 5분도미, 7분도미 모두 회절각도(2θ) 15.10, 17.05, 22.75°에서 강한 peak를 보이는 전형적인 A형의 특징을 보였다. 도정도에 따른 결정형의 변화는 없었고, 회절각도 22.75°에서 구한 쌀가루의 상대 결정강도도 거의 변화가 없었다.

쌀가루의 호화 특성

0.1% 쌀가루 현탁액의 광투과도의 변화는 Fig. 6과 같다. 현미, 2분도미, 5분도미, 7분도미 모두 70°C 이후에 서서히 증가함을 보이다가 75°C에서 급격한 증가를 보였다. 이 결과로 도정도가 증가할수록 호화가 빨리 시작됨을 알 수 있었고, 도정도가 증가할수록 광투과도가 높게 나타났다. 이는 팽윤력과 용해도에서의 결과와 같은 양상이었다.

아밀로그래프에 의한 호화 양상은 전분 입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단력에 의한 안정

성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조차이 등에 의해 결정된다⁽²²⁾.

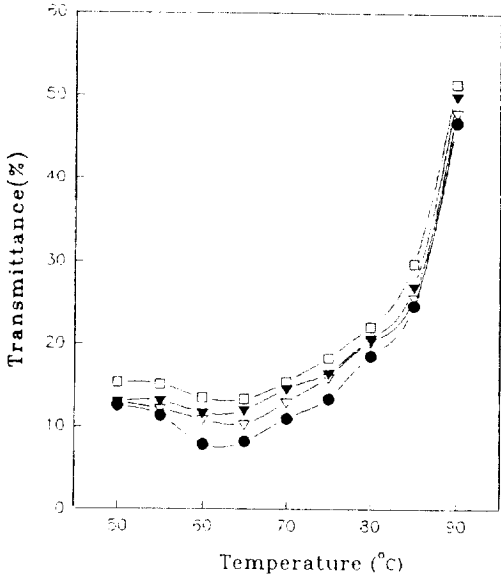


Fig. 6. Transmittance pattern of 0.1% rice flour solutions on polishing degree ●—●: brown rice, ▽—▽: 20% polished rice, ▼—▼: 50% polished rice □—□: 70% polished rice

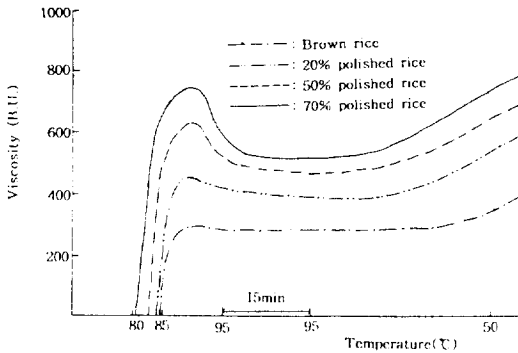


Fig. 7. Brabender amylogram of rice flour on polishing degree

도정도별 쌀가루의 아밀로그램은 Fig. 7과 같고, 이들로부터 구한 특성치는 Table 2와 같다. 초기 호화온도는 현미가 84.5°C, 2분도미가 84.0°C, 5분도미가 82.5°C, 7분도미가 80.5°C로 도정도가 증가할수록 초기 호화온도는 낮아졌다. 이는 도정도와 탈지 정도가 증가함에 따라 초기 호화온도가 낮아졌다는 Champagne 등⁽²³⁾의 결과와 일치하였다. 전분입자의 팽윤정도 및 열이나 전단력에 대한 팽윤된 입자의 저항 정도를 나타내는 최고점도(P)는 현미가 290B.U., 2분도미가 450B.U., 5분도미가 630B.U., 7분도미가 750B.U.로 도정도가 증가함에 따라 점점 더 높아졌다. 전분의 노화 경향을 예측할 수 있는 consistency (C-H)와 setback (C-P)은 값이 클수록 노화가 쉽게 일어나는데, 도정도가 증가할수록 consistency (C-H)는 증가하는 양상을 보였으나 setback (C-P)은 일정한 양상을 보이지 않았다. 팽윤된 전분립의 깨어지는 정도를 나타내는 breakdown (P-H)은 호화액의 안정성을 나타내는데, 도정도가 증가할수록 10에서 220으로 증가함을 보였다.

Schoch와 Maywald⁽²³⁾는 아밀로그램의 점도가 직쇄상 부분이 많으면 안정화되며, 전분입자 내에 존재하는 긴 직쇄상 분자들에 의해 점도의 안정도가 강화된다고 보고하였으며, 또한 점도의 차이가 입자크기, 결정성 정도와 종류, 전분의 이온성 전하, 지방질, 단백질, 전분분자의 가지친 정도에 기인된다고 하였다. 따라서 도정도가 증가할수록 감소되는 단백질, 회분, 지방질, 조섬유함량 등이 호화온도에 영향을 미침을 알 수 있었다.

요 약

동진 품종의 현미를 2분도미, 5분도미, 7분도미로 도정하여, 도정도에 따른 쌀의 수화와 쌀가루의 이화학적 성질 및 호화 특성을 조사하였다. 쌀의 도정도가 증가하면 일반성분 중에서 단백질, 회분, 지방질, 섬유소의 함량이 감소되고, 쌀의 수분 증가량은 감소되고 SEM으로 관찰하였을 때 틈이 점점 현저하였다. 도정도가 증가할수록 쌀가루의 물결합능력, 팽윤력과 용

Table 2. Amylogram characteristics of rice flour on polishing degree

	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)
Brown rice	84.5	290	280	340	10	60	50
20% Polished rice	84.0	450	400	540	50	140	90
50% Polished rice	82.5	630	480	640	150	160	10
70% Polished rice	80.5	750	530	740	220	210	-10

해도는 증가하였다. 아밀로그래프에서의 초기 호화온도는 도정도가 증가할수록 낮아졌고 최고점도, break-down과 consistency는 높아졌다.

문 헌

1. 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)
2. Champagne, E.T., Hron, R.J., SR. and Abraham, G.: Stabilizing brown rice products by aqueous ethanol extraction. *Cereal Chem.*, **68**, 3 (1991)
3. 송보현: 일반계 및 다수계 현미의 이화학적 특성에 관한 연구. *한국농화학회지*, **30**, 2 (1987)
4. 김성근, 한양일, 김을상: 일반계 및 다수계 현미와 백미 무기질 함량. *한국영양식량학회지*, **19**, 4 (1990)
5. 김성근, 최홍식: 현미입 내의 칼슘, 인, 철, 비타민 B1 및 B2의 분포에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **11**, 2 (1979)
6. 이희자, 변시명, 김형수: 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **20**, 4 (1988)
7. 이희자, 이현주, 변시명, 김형수: 현미와 백미의 지질 함량 및 중성 지질의 조성에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **20**, 4 (1988)
8. 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)
9. 박혜우, 우경자: 품종별 현미의 수화와 취반에 관한 연구. *한국조리과학회지*, **7**, 2 (1991)
10. Marshall, W.E.: Effect of degree of milling of brown rice and particle size of milled rice on starch gelatinization. *Cereal Chem.*, **69**, 6 (1992)
11. Desikachar, H.S.R., Raghavendra Rao, S.N. and Nanthachar, T.K.: Effect of degree of milling on water absorption of rice during cooking. *J. Food Sci. Technol.* **11**, 110 (1965)
12. Juliano, B.O., and Perez, C.M.: Major factors affecting cooked milled rice hardness and cooking time. *J. Texture stud.* **14**, 235 (1983)
13. 김광중, 변유량, 조은경, 이상규, 김성근: 아끼바레와 밀양 23호 현미의 수화속도. *한국식품과학회지*, **16**, 3 (1984)
14. MacMaster, M.M.: Microscopic techniques for determining Starch granule properties, In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.C. (Ed.), Academic press, New York, Vol.4, p.233-240 (1964)
15. Association of Official Analytical Chemists: *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Washington, D.C. (1990)
16. Medcalf, D.F. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558 (1965)
17. Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (Ed.), Academic Press, New York, Vol. 4, p. 106-108 (1964)
18. 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)
19. 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)
20. 김성근, 정순자, 김관, 채제천, 이정행: 수화 특성에 의한 쌀의 분류. *한국농화학회지*, **27**, 3 (1984)
21. 최영선, 김영아: 현미첨가에 의한 백설기의 특성변화에 관한 연구. *한국조리과학회지*, **9**, 2 (1993)
22. Beleia, A., Varriano-Marston, E. and Hosney, R.C.: Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.*, **57**, 5 (1980)
23. 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)

(1996년 6월 28일 접수)