J Korean Soc Food Sci Nutr
40(12), 1797~1801(2011)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.12.1797

아밀로오스 함량이 다른 현미의 제분방법별 이화학적 특성

– 연구노트 –

이영택† · 김연우

경원대학교 식품생물공학과

Physicochemical Properties of Brown Rice Flours Differing in Amylose Content Prepared by Different Milling Methods

Young-Tack Lee† and Yeonu Kim

Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, Gyeonggi 461-701, Korea

Abstract

Two brown rice samples differing in amylose content, 20.1 (normal) and 7.3% (low amylose) were milled by different milling methods, and their physicochemical properties were tested. Particle size of brown rice flour prepared by dry milling using a pin mill (DM) was lower than that prepared by wet milling using a roll mill (WM). Particle size was further reduced by successive dry milling of the flour after wet milling and drying (WM/DM). Damaged starch contents in the wet milled brown rice flour were 14.6 and 15.6% for the normal and low amylose samples, respectively, whereas they were only 4.2 and 4.8% for the dry milled samples. WM/DM method resulted in a lower damaged starch (%) than DM, despite a reduced flour particle size. Water absorption index (WAI) of the brown rice flour was the lowest after WM/DM, and the water solubility index (WAI) was higher in the order of DM, WM/DM, and WM. Brown rice flour with normal amylose content appeared to have significantly higher pasting viscosities, as determined using a Rapid Visco Analyzer (RVA). Compared to dry milled brown rice flour, wet milled brown rice flour showed lower peak viscosity and higher final viscosity, resulting in increased setback value.

Key words: brown rice, amylose content, milling method, physicochemical properties

서 론

국내에서 쌀은 90% 이상이 주로 밥의 형태로 소비되고 있으며 일부가 떡류, 면류, 주류, 장류, 빵류, 과자류 등 가공원료로 이용되고 있다. 쌀을 가공원료로 이용하기 위해서는 대부분 쌀가루로의 제조가 선행되어야 하며, 최근 쌀 가공식품이 다양화됨에 따라 쌀가루를 주 원료로 하는 새로운 가공제품의 개발과 함께 쌀가루의 제조기술 분야에도 관심이 높아지고 있다. 쌀가루의 제조 시 쌀의 종류, 품종에 따른 특성 차이 등의 요인과 아울러 사용되는 제분기의 종류 및 제분방법들이 쌀가루의 기능성에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(1-3).

쌀가루의 제조방법에는 건식과 습식제분 방법이 있는데 쌀을 그대로 분쇄하는 건식제분은 공정이 간단하고 시간이 절약되는 장점이 있으나 쌀가루의 전분손상이 크고 열 발생을 초래한다. 한편 수침, 분쇄, 건조 등의 과정을 거치는 습식제분은 수침과정에서 쌀 곡립 성분과 수분과의 상호 작용에 따라 쌀가루의 입자크기, 손상전분, 호화 양상 등에 변화를 주어 쌀가루의 성질이 건식제분과 다른 것으로 보고되었다(3,4). 습식제분 시 쌀은 품종, 아밀로오스/아밀로펙틴 비율에 따른 멥쌀과 찹쌀(5), 그리고 수침과정 중 수침시간 또는 수침온도에 따라 쌀가루와 전분의 이화학적 및 호화 특성에 영향을 준다고 하였다(6,7).

쌀은 주로 현미 상태로 섭취되지 않고 식미 향상을 위해 도정하여 백미로 소비되고 있다. 현미는 미강층과 배아가 제거된 백미에 비해 단백질, 비타민, 무기질 등의 영양성분이 풍부하고, 특히 식이섬유가 백미의 2배 정도를 함유하고 있으며, 감마오리자놀(γ-oryzanol), 옥타코사놀(octacosanol), phytosterol(β-sitosterol), γ-aminobutyric acid(GABA), tocopherol, tocotrienol 등의 생리활성물질들을 풍부히 함유하고 있다(8). 이들 생리활성물질들은 혈압강하, 혈당강하, 콜레스테롤 저하, 항암성의 효과가 있음이 알려지고 있다(9). 이러한 현미의 건강기능성 효과로 인해 현미가루를 첨가재로 사용하여 식빵, 쿠키, 국수, 떡류에 이용하고자 하는 연구들이 진행되었다(10-12).

쌀 가공제품의 원료로서 현미가루를 이용한 가공제품과 관련한 연구는 일부 보고되었으나 아직까지 현미가루의 제조방법에 관련한 연구는 제한적이다. 본 연구에서는 아밀로

†Corresponding author. E-mail: ytlee@kyungwon.ac.kr
Phone: 82-31-750-5565, Fax: 82-31-750-5273

오스 함량에 차이가 있는 현미를 사용하여 제분방법을 달리하여 현미가루를 제조하였으며 이에 따른 현미가루의 이화학적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 현미는 2010년산 일반 멥쌀 현미와 찰현미로 농협(서울, 양재)에서 구입하여 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 일반 현미와 찰현미의 아밀로오스 함량은 각각 20.1, 7.3%이었다.

현미가루의 제조

현미를 120 mesh 스크린을 장착한 pin mill(대화정밀, 충남 천안)을 사용하여 분쇄하여 건식제분(DM) 현미가루를 제조하였다. 습식제분 현미가루의 제조를 위해 현미를 상온에서 5시간 동안 수침한 후 수화된 현미를 체반에 건져 60분간 탈수하였으며 이를 roll mill(신풍이엔지, 경기 광주)에 통과시켜 분쇄한 다음 50°C 열풍건조기로 건조하여 습식제분(WM) 현미가루를 제조하였다. 습식제분 한 현미가루는 다시 pin mill로 2차 건식분쇄 하여 습식/건식제분(WM/DM) 현미가루로 하였다. 현미가루의 제조방법은 Fig. 1에 요약되어 있다.

입도분포

현미가루의 입도분포는 sieve shaker(HAVER EML 200 digital plus., Oelde, Germany)에 표준망체 60~325 mesh size(250~45 μm)를 이용하여 측정하였다. 즉, 현미가루 100 g을 2.5 mm의 amplitude로 60초 간격으로 interval을 주어 2분간 체질 한 후 각 표준망체에 잔류한 현미가루의 무게를 측정하여 입도분포를 나타내었다.

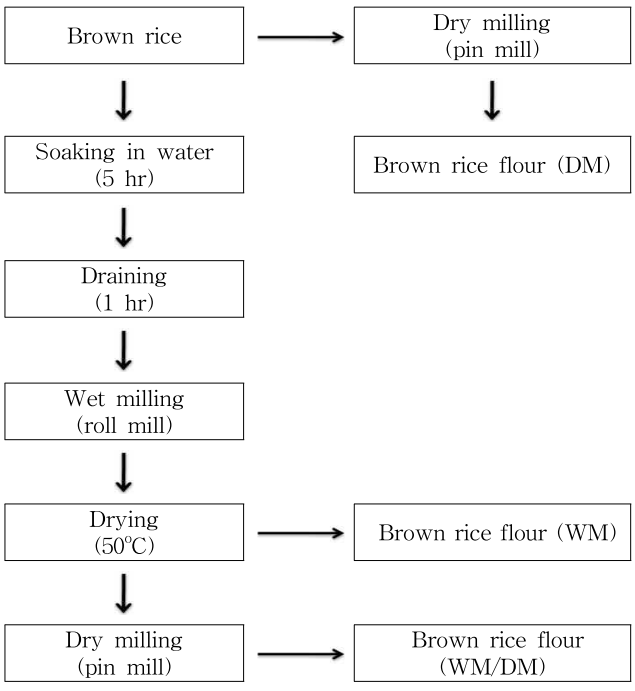

Fig. 1. Procedures for preparation of brown rice flours by different milling methods.

전분손상도

현미가루의 전분손상도는 AACC 방법(76-31)(13)에 따라 starch damage assay kit(Megazyme Pty, Ltd., Wicklow, Ireland)를 사용하여 측정하였다.

색도, 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

현미가루의 색도는 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 L(lightness)값을 측정하였다. 현미가루의 수분흡수지수와 수분용해도지수는 Anderson의 방법(14)에 의해 측정하였다. 즉, 현미가루 2.5 g과 30 mL 증류수를 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 분산시킨 후 가끔 흔들어주면서 30°C에서 30분간 방치한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 105°C에서 하룻밤 건조하여 남은 고형분량을 측정하여 2.5 g 시료에 대한 백분율로서 수분용해도지수를 산출하였다. 수분흡수지수는 원심분리 하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 계산하였다.

Rapid Visco-Analyzer(RVA) 측정

현미가루의 호화양상을 신속점도측정계(Rapid Visco-Analyzer, Newport Scientific, Sydney, Australia)로 점도변화를 측정하였다. 즉, 현미가루 3.5 g(14% moisture basis)을 증류수에 분산시켜 25 mL로 조제한 시료를 RVA cup에 넣고 50°C에서 1분간 유지한 후 분당 12.16°C 속도로 95°C까지 증가시켰으며 95°C에서 2.5분간 유지시킨 후 다시 11.84°C의 속도로 50°C로 냉각시켜 측정하였다. 이로부터 호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough, 95°C에서 2.5분 후의 점도), 50°C로 냉각후의 최종점도(final viscosity)를 측정하였다.

결과 및 고찰

현미가루의 입도분포

아밀로오스 함량에 차이가 있는 현미를 제분방법을 달리하여 현미가루로 제조한 후 그 입도분포를 sieve shaker를 사용하여 측정한 결과는 Table 1과 같다. 일반 멥쌀 현미와 저아밀로오스 현미(찰현미) 모두에서 pin mill로 건식제분한 현미가루의 입자크기가 roll mill에 의해 습식제분 한 현미가루에 비해 작았다. 쌀가루의 경우 습식제분 한 쌀가루가 건식제분에 비해 입자크기가 작은 것으로 보고한 바 있으나(15), 본 실험의 현미가루에서 roll mill에 의한 습식제분 시 입자크기가 다소 크게 나타난 것은 현미 제분에 사용한 roll 간격의 차이 때문으로 사료되었다. 한편 roll mill로 습식제

Table 1. Particle size distribution (%) of brown rice flours differing in amylose content prepared by different milling methods

Brown rice flour	Milling method[1)]	Mesh size						
		+60	+100	+140	+200	+230	+325	-325
Normal	DM	33.26	35.24	28.51	2.93	0.02	0	0
	WM	62.75	10.61	11.76	8.63	3.31	1.40	0.04
	WM/DM	24.91	32.83	33.99	6.77	0.45	0.03	0
Low amylose	DM	32.53	33.04	31.13	2.55	0.11	0	0
	WM	73.22	8.74	13.19	2.75	0.75	0.06	0
	WM/DM	17.42	33.81	32.77	14.25	1.02	0.04	0

[1)]DM, dry milling with a pin mill; WM, wet milling with a roll mill; WM/DM, wet milling, followed by dry milling.

분한 후 건조한 다음 2차로 pin mill로 재 분쇄하는(습식/건식) 방식으로 제조한 현미가루의 입자크기가 가장 작은 것으로 분석되었다. 아밀로오스 함량이 다른 일반 멥쌀 현미와 저아밀로오스 현미에서 각각의 제분방법별 현미가루의 입도분포 간에는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 측정되었다. 쌀가루의 입도분포는 쌀가루의 호화도, 수분흡수력, paste 특성과 gel consistency 등의 이화학적 특성을 변화를 주어(16) 현미가루의 가공 시에도 품질에 직접적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되었다.

현미가루의 전분손상도

제분방법별로 분쇄하여 제조한 현미가루의 전분손상도를 분석한 결과는 Table 2에 나타나 있다. 쌀의 전분 입자들은 제분과정중 기계적 손상을 받게 되고 손상을 입은 전분들은 손상을 받지 않은 전분들과는 여러 가지 면에서 다른 특성을 가진다. 쌀의 제분 시 미세하게 분쇄된 가루는 전분손상도가 증가하며(2,17), 수침에 따른 전분손상의 감소는 제분 시 결정성 영역의 결합력 약화에 의한 것으로 보인다(18)고 하였다. 현미가루의 전분손상도는 건식제분 한 현미가루가 각각 일반 현미 15.6%, 저아밀로오스 현미 14.6%로 가장 높았고 습식제분 한 현미가루가 4.2, 4.8%로 가장 낮았으며 습식/건식제분 한 현미가루가 8.4, 10.8%로 분석되었다. 습식제분 한 현미가루에 비해 건식제분 현미가루의 전분손상도가 약 10% 이상 높아 현미가루의 가공적성에 서로 큰 차이가 있을 것으로 예상되었다. 한편 습식 후 건식으로 분쇄하여 제조한 현미가루는 건식제분 현미가루에 비해 입자크기가 감소함에도 불구하고 전분손상도가 훨씬 낮은 것으로 나타났다. 이는 습식과 건식분쇄를 병용한 쌀가루에서 전분의 손상도가 건식분쇄기만을 사용한 경우보다 낮은 결과(19)와도 유사하며 현미의 제분 시 습식제분 후 2차로 건식 재분쇄하는 방식이 그대로 건식제분 하는 방식에 비해 전분의 기계적 손상도를 줄일 수 있는 방법으로 여겨졌다. 제분방법에 따른 현미 쌀가루의 전분손상도의 차이가 가공적성에 영향을 주기 때문에(20) 현미가루를 이용한 가공용도에 적합한 다양한 제분방법을 모색할 필요가 있는 것으로 사료되었다.

Table 2. Amylose and damaged starch of brown rice flours differing in amylose content prepared by different milling methods (%)

Brown rice flour	Milling method[1)]	Moisture	Amylose	Damaged starch
Normal	DM	9.28[2)]	20.6	15.56
	WM	8.56	19.8	4.20
	WM/DM	10.53	19.8	8.38
Low amylose	DM	9.34	7.6	14.61
	WM	11.93	6.6	4.77
	WM/DM	10.30	7.6	10.81

[1)]DM, dry milling; WM, wet milling; WM/DM, wet milling, followed by dry milling.
[2)]Values are means of duplicate determinations.

현미가루의 색도, 수분흡수지수 및 수분용해도지수

제분방법에 따른 현미가루의 색도, 수분흡수지수 및 수분용해도지수를 측정한 결과는 Table 3에 나타나 있다. 색차계에 의한 현미가루의 색도를 측정한 결과 수침 후 습식제분한 현미가루의 L값이 건식제분 한 현미가루에 비해 약간 높아 밝아지는 경향을 보여주었다. 또한 습식/건식제분 한 현미가루에서 L값이 가장 높게 나타났는데 이는 현미가루의 입자크기가 감소하여 색상이 밝아지기 때문으로 현미가루의 색상은 쌀의 수침에 따라 L값이 증가하고 쌀가루의 입도가 미세해질수록 L값의 증가를 보인다는 이전의 결과(18,20)와 유사하였다.

현미가루의 수분흡수지수는 건식과 습식제분에서 큰 차이를 보이지 않았으며 습식/건식 현미가루에서 가장 낮은 수치를 주었다. 쌀가루의 물 결합능력은 멥쌀가루는 건식분쇄에 비해 수침처리 한 경우에서 감소하였고 찹쌀가루에서는 거의 비슷하거나 약간 증가한다고 보고하여(5) 본 실험의 일반 현미와 저아밀로오스 현미가루와 비슷한 결과를 주었

Table 3. Color, water absorption index (WAI), and water solubility index (WSI) of brown rice flours differing in amylose content prepared by different milling methods

Brown rice flour	Milling method[1)]	L[2)] value	WAI (g/g)	WSI (%)
Normal	DM	87.46[3)]	2.34	5.61
	WM	90.98	2.13	3.09
	WM/DM	91.10	1.96	3.28
Low amylose	DM	88.38	2.20	9.61
	WM	88.83	2.35	2.95
	WM/DM	89.50	1.97	4.46

[1)]DM, dry milling; WM, wet milling; WM/DM, wet milling, followed by dry milling.
[2)]L: lightness.
[3)]Values are means of duplicate determinations.

Table 4. Rapid Visco-Analyzer (RVA) pasting properties of brown rice flours differing in amylose content prepared by different milling methods

Brown rice flour	Milling method[1)]	Pasting temp (°C)	Viscosity (RVU)[2)]				
			Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
Normal	DM	74.1[3)]	251.17	138.25	112.92	268.34	17.17
	WM	61.1	232.42	149.04	83.38	285.71	53.30
	WM/DM	71.0	226.92	162.30	64.63	300.84	73.92
Low amylose	DM	71.0	73.21	34.42	38.79	46.00	-24.21
	WM	66.6	40.25	32.34	7.92	46.38	6.13
	WM/DM	66.6	67.04	29.25	37.79	41.04	-26.00

[1)]DM, dry milling; WM, wet milling; WM/DM, wet milling, followed by dry milling.
[2)]Trough=minimum viscosity after the peak, breakdown=peak viscosity minus trough viscosity, setback=final viscosity minus peak viscosity.
[3)]Values are means of duplicate determinations.

다. 그러나 건식제분 한 쌀가루에서 수분흡수지수는 입자크기가 감소하고 전분손상도가 클수록 높아지는 경향을 준다는 결과(2,17)와 다소 상이하여 현미가루의 수분흡수지수는 쌀의 종류, 품종에 따른 아밀로오스 함량 차이, 제분방법 등이 영향을 줄 수 있는 요소로 생각되었다.

현미가루의 수분용해도지수는 건식, 습식/건식, 그리고 습식제분 순으로 높았다. 이는 건식제분에 의해 제조된 쌀가루가 습식제분에 비해 상당히 높은 수분용해도지수를 주었다는 보고(21)와 유사하며 입자크기와 손상전분의 함량과 관련이 있는 것으로 판단되었다. 한편 습식/건식 제분한 현미가루는 입자크기가 감소하였지만 건식 현미가루에 비해 수분용해도지수가 낮게 분석되었다. 저아밀로오스 현미가루의 수분용해도지수는 건식제분 또는 습식/건식 제분한 경우 멥쌀 현미가루에 비해 다소 높게 분석되었다.

현미가루의 호화 특성

현미가루의 호화 특성을 신속점도측정계(RVA)를 사용하여 측정한 결과는 Table 4와 같이 아밀로오스 함량에 따른 현미의 종류 및 제분방법에 따라 호화양상에 차이가 있음을 알 수 있었다. 건식제분 한 현미가루의 호화개시온도는 일반 현미 74.1°C로 저아밀로오스 현미 71.0°C에 비해 높았으며 이는 찹쌀 현미가루가 멥쌀 현미가루에 비해 호화개시온도가 낮다고 한 결과(5,22)와 유사하였다. 한편 습식제분 한 현미가루의 호화개시온도는 저아밀로오스 현미가루가 일반 멥쌀 현미에 비해 높게 나타났다.

제분방법별 멥쌀 현미가루의 평균 최고점도, trough, breakdown, 최종점도는 각각 236.84, 149.86, 86.98, 284.96 RVU로 저아밀로오스 현미가루의 60.17, 32.00, 28.17, 44.47에 비해 훨씬 높았다. 일반 멥쌀 현미가루는 습식제분 또는 습식/건식제분이 건식제분보다 최고점도가 낮고 최고점도와 trough 점도의 차이로서 가공중의 안정도와 관련 있는 breakdown이 낮게 나타났다. 저아밀로오스 현미가루의 경우 습식제분 한 현미가루는 건식제분에 비해 최고점도와 breakdown이 감소하고 setback은 증가한 반면, 습식/건식에서는 최고점도와 breakdown, setback에 별 차이가 없었던 것으로 나타났다. 50°C 냉각점도는 paste를 냉각 시 무질서한 상태로 존재하던 아밀로오스 분자들이 나란히 배열되어 분자간의 보다 많은 수소결합을 통해 회합체를 이룸으로써 점도가 증가되어 setback 값이 클수록 노화가 쉽게 일어난다고 하였다(22). 일반 멥쌀 현미에 비해 저아밀로오스 현미가루에서 전분의 노화정도를 반영하는 setback 점도가 현저하게 낮아 전분의 노화가 서서히 진행될 수 있음을 예측할 수 있다.

요 약

아밀로오스 함량에 차이가 있는 일반 멥쌀 현미(아밀로오스 20.1%)와 저아밀로오스 현미(아밀로오스 7.3%)를 제분방법을 달리하여 현미가루로 제조한 후 제분방법별 현미가루의 이화학적 특성을 비교 조사하였다. Pin mill로 건식제분 한 현미가루의 입자크기가 수침후 roll mill에 의해 습식제분 한 현미가루에 비해 작았고 입자크기는 습식제분 하여 건조한 현미가루를 2차 건식 재분쇄하는(습식/건식) 제분방식에 의해 더 감소하였다. 현미가루의 전분손상도는 건식제분 현미가루가 14.6~15.6%로 습식제분 4.2~4.8%에 비해 현저하게 높았으나 습식/건식제분이 그대로 건식제분 하는 방법에 비해 입자크기가 미세해지면서 현미가루의 전분손상도는 줄여줄 수 있는 것으로 나타났다. 현미가루의 수분흡수지수는 습식/건식 현미가루에서 가장 낮았으며 수분용해도지수는 건식>습식/건식>습식제분 순이었다. 습식제분 한 현미가루가 건식제분보다 최고점도가 낮은 반면에 paste의 최종점도는 증가하여 setback은 증가하는 경향을 보였다. 제분방법별 일반 현미가루의 평균 최고점도, trough, breakdown, 최종점도, setback이 저아밀로오스 현미가루에 비해 훨씬 높게 나타났으며 전분의 노화 정도에 서로 차이가 있을 것으로 예측되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Bean MM. 1986. Rice flour-its functional variations. *Cereal Foods World* 31: 477-481.
2. Nishita KD, Bean MM. 1982. Grinding methods; the impact on rice flour properties. *Cereal Chem* 59: 46-50.
3. Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci* 35: 85-94.
4. Choi EJ, Kim HS. 1997. Physicochemical and gelatinization properties of glutinous rice flour and starch steeped at different conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 17-24.
5. Kim WS, Shin M. 2007. The properties of rice flours prepared by dry- and wet-milling of soaked glutinous and normal grains. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 908-918.
6. Kim SK, Bang JB. 1996. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1026-1032.
7. Kim MH, Park MW, Park YK, Jang MS. 1993. Physicochemical properties of rice flours as influenced by soaking time of rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 9: 210-214.
8. Lin PY, Lai HM. 2011. Bioactive compounds in rice during grain development. *Food Chem* 127: 86-93.
9. Liu RH. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *J Cereal Sci* 46: 207-219.
10. Renzetti S, Arendt EK. 2009. Effect of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: from textural and rheological properties to biochemistry and microstructure. *J Cereal Sci* 50: 22-28.
11. Lee MH, Oh MS. 2006. Quality characteristics of cookies with brown rice flour. *Korean J Food Culture* 21: 685-694.
12. Lee WJ, Jun JK. 2002. Quality characteristics and preparation of noodles from brown rice flour and colored rice flour. *Korean J Culinary Research* 8: 267-278.
13. AACC. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
14. Anderson RA. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. *Cereal Chem* 59: 265-271.
15. Chen JJ, Lu S, Lii CY. 1999. Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chem* 76: 796-799.
16. Kum JS, Lee SH, Lee HY, Kim KH, Kim YI. 1993. Effect of different milling methods on distribution of particle size of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 25: 541-545.
17. Kum JS, Lee HY. 1999. The effect of the varieties and particle size on the properties of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1542-1548.
18. Kim RY, Kim CS, Kim HY. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1076-1083.
19. Park YK, Seog HM, Nam YJ, Shin DW. 1988. Physicochemical properties of various milled rice flours. *Korean J Food Sci Technol* 20: 504-510.
20. Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. 2006. Physicochemical properties of brown rice flours produced under different drying and milling conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 495-500.
21. Kim SS, Kim YJ. 1995. Effect of moisture content of paddy on properties of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 27: 690-696.
22. Kim KA. 1996. Physicochemical properties of nonwaxy and waxy brown rice flour. *Korean J Soc Food Sci* 12: 557-561.

(2011년 10월 14일 접수; 2011년 10월 25일 채택)