

가온 수침처리가 습식제분 쌀가루의 특성에 미치는 영향

김상숙¹ · 강경아¹ · 최소연² · 이영택^{2*}

¹한국식품연구원
²경원대학교 생명공학부

Effect of Elevated Steeping Temperature on Properties of Wet-milled Rice Flour

Sang Sook Kim¹, Kyung-A Kang¹, So-Yeon Choi² and Young-Tack Lee^{2*}

¹Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

²Dept. of Food and Bioengineering, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea

Abstract

Newly harvested milled rice and stored milled rice for 2 years were steeped at the elevated temperatures of 40, 50, and 60°C for 2 hr, and physicochemical properties of the wet-milled rice flour were investigated. The lightness of rice flour was slightly higher in the newly harvested milled-rice, while yellowness was higher in the stored milled rice. For both newly harvested and stored milled rice, WAI, WSI, and gel consistency increased as steeping temperature increased. The amylograph pasting properties indicated that increasing steeping temperature increased peak viscosity. The differential scanning calorimetry (DSC) results of the rice flour showed that increasing steeping temperature increased onset and peak temperatures, with reduced gelatinization enthalpy, suggesting partial annealing occurred. Particle size of rice flour from newly harvested milled rice was larger than that from stored milled rice.

Key words: steeping, wet-milling, rice flour, annealing

서 론

우리나라 국민의 식품 소비가 다양해지면서 1인당 쌀 소비는 지속적으로 감소하고 있으며 아울러 쌀의 재고량은 증가하여 저장에 따른 경제적 손실이 크게 발생하고 있다(1). 쌀의 소비 촉진을 위해서는 쌀을 밥의 형태로만이 아닌 가공식품의 원료로써 사용하여야 할 필요성이 증대되고 있다. 쌀 가공식품의 형태로는 주로 떡류, 과자류, 국수류, 주류 등이 대부분이며, 이러한 가공식품의 원료로서 쌀을 이용하기 위해서는 우선 분말화하여 쌀가루로서 제조해야 할 필요성이 있다. 쌀가루를 만들기 위해 제분시 사용되는 제분기의 종류 및 제분방법은 쌀가루의 기능성에 크게 영향을 주는 것으로 알려져 있다(2-4).

쌀가루의 제조방법에는 쌀을 물에 침지하였다가 분쇄하는 습식제분 방법과 수침과정을 거치지 않고 그대로 분쇄하여 쌀가루를 만드는 건식제분의 두 가지가 주로 쓰이고 있다. 습식제분에 비해 건식제분에 의한 쌀가루는 전분손상도가 높아 떡류나 과자류 등의 쌀가공식품에 바람직하지 못한 영향을 주는 것으로 보고된 바 있다(5). 습식제분의 경우에는 침지 과정에서 쌀 곡립 성분과 수분과의 상호 작용에 따

라 쌀가루의 입자크기, 손상전분, 호화 양상 등에 변화를 주어 건식제분과 그 특성이 다른 것으로 보고되었다(6,7). 또한 쌀의 수침온도 및 수침시간에 따라 쌀가루의 pH, 일반성분 함량, 수분결합능, pasting 특성 등에 영향을 주어 쌀가루의 기능성에 변화를 가져다 준다고 하였다(8).

쌀가루의 물리적인 변성을 주기 위한 방법으로 annealing은 쌀을 호화온도 이전까지 상승된 온도에서 충분한 수분에 일정시간 수침하였을 때 나타나는 현상이다(9). 옥수수의 습식제분에서 43~57°C의 온도에서 수침처리하였을 때, 전분 입자에 부분적인 annealing 현상을 유발하는 것으로 나타났으며(10), 장기간 저장한 쌀에 annealing 처리를 하면 전분의 기능성에 변화가 일어나 호화특성이 개선된다고 보고되었다(11). 옥수수를 50~70°C의 온도에서 annealing처리를 하였을 때 전분 입자의 amylose와 amylopectin 사이 상호작용에 의해 호화특성이 변한다고 하였으며(12), 전분 결정성 영역내의 amylopectin double helices의 재배열을 유도하고 호화개시 온도를 높이며 호화엔탈피를 증가시킨다고 보고하였다(13).

본 실험에서는 햅쌀과 저장쌀을 사용하여 쌀가루의 가공성을 변화시키기 위한 방안으로 실온보다 높은 온도(40, 50, 60°C)에서 가온 수침처리한 후 제분하여 얻어진 쌀가루의

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

특성을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 햅쌀 백미로 2002년산 경기 추청미를 사용하였으며, 저장쌀은 2000년산 경기 추청미를 백미상태로 양평농협으로부터 제공받아 10°C에서 2년 동안 저장된 백미였다.

쌀의 일반 성분 분석

백미의 수분함량은 grain crusher(Kett, Japan)에 의해 분쇄한 후 AOAC 방법(14)에 의해 105°C 오븐 건조방법으로 측정하였고, 회분함량은 직접회화법(AACC 08-01)(15)에 의해 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet 법으로 측정하였다. 조단백질은 Kjeltac auto sampler system 1035 Analyzer(Tecator Co., Sweden)를 사용하여 Micro-Kjeldahl법(AACC 46-13)으로 측정된 질소량에 질소계수 5.95를 곱하여 산출하였다.

수침처리 및 쌀가루의 제조

햅쌀과 저장 백미를 각각 2시간 동안 40, 50, 60°C의 물에 침지한 후 체반에 건져 60분간 물기를 제거하였다. 수화된 백미를 roll mill(경창기계, 경기도 광주)에 두번 통과시켜 쌀가루를 제조하였다. 이때 roll mill의 첫번째 통과 간극을 0.475 mm로 두번째 통과 간극을 0.106 mm로 조절하였다. 제조된 쌀가루는 비닐백에 밀봉하여 -4°C 냉동고에 보관하였다.

쌀가루의 색도 측정

쌀가루의 색도는 원통형용기(지름×높이, 4×1 cm)에 담아 색도계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 L(lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 측정하였다.

Water absorption index(WAI), water solubility index(WSI), 전분손상도 및 gel consistency

쌀가루의 WAI와 WSI는 Anderson의 방법(16)에 의해 측정하였다. 즉, 60 mesh 이하의 쌀가루 2.5 g과 30 mL 증류수를 50 mL centrifuge tube에 넣고 가끔 저어주면서 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액은 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 건조하였으며 건조 후 남은 고형분을 2.5 g 시료에 대한 백분율로서 WSI를 산출하였다. 상등액을 제외한 나머지 침전물, gel의 무게를 시료에 대한 WAI로 계산하였다. 쌀가루의 전분손상도는 AACC method 76-31에 의한 damaged starch 측정 kit(Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland)를 사용하여 측정하였다. 쌀가루의 gel consistency는 Cagampang 등의 방법(17)에 의해 측정하였다. 즉, 쌀가루 100 mg을 시험관에 넣고 0.2 mL의 0.025% thymol blue 용액을 가하여 시료를 적게 한 후 0.2 N KOH 2 mL를 가하여 vortex mixer로 5초간

혼합하고 즉시 끓는 수조에서 8분간 가열한 후 5분간 실온에서 방치한 다음 얼음물에서 15분간 냉각하여 형광등 유리판 아래 그래핑 용지를 부착한 상자 위에서 시험관을 눕혀 30분 후 겔이 흐르는 길이를 측정하였다.

쌀가루의 amylograph 측정

쌀가루의 amylograph 특성은 Juliano 등의 방법(18)에 의하여 측정하였으며, 8%(w/w)의 시료농도로 Brabender® Viscograph(801360, OHG Duisburg, Germany)를 이용하여 측정하였다. Amylograph 측정조건으로 35°C에서 95°C까지 1.5°C/min의 속도로 가열하여 95°C에서 15분간 유지시킨 다음 다시 동일한 속도로 50°C까지 냉각하여 15분간 유지시킨 후 측정하였다. Amylograph 특성으로는 최고점도(P: peak viscosity), 95°C에서 15분간 유지시킨 후의 점도(H: hot paste viscosity), 50°C에서 15분간 유지시킨 후의 점도(C: cold paste viscosity), breakdown(P-H), total setback (C-H), 그리고 setback(C-P) viscosity를 산출하였다.

쌀가루의 DSC 측정

쌀가루 현탁액의 Differential Scanning Calorimeter(DSC)에 의한 상전이 특성은 Thermal Analysis Data Station(Norwalk, Conn., USA)이 연결된 DSC(Perkin Elmer, Unix DSC 7, USA)에 의해 관찰하였다. DSC는 indium metal에 의해 보정하였고, 시료의 비열의 균형을 잡기 위해 증류수를 넣은 stainless steel pan을 사용하였다. 시료 팬에 시료 9 mg을 넣고 주사기를 사용하여 증류수를 21 mL 넣어, 쌀가루:증류수가 3:7(dry weight basis)이 되도록 하였다. DSC를 작동하기 전에 뚜껑을 덮은 시료 팬을 2시간동안 상온에서 방치하였으며, 시료는 10°C/min의 속도로 30°C부터 130°C까지 가열하였다. DSC thermogram으로부터 쌀가루의 상변화에 흡수된 열량(enthalpy, cal/g)과 호화개시온도 및 호화최고온도를 Lund의 방법(19)에 의해 산출하였다.

쌀가루의 입도분석

쌀가루의 입도분석은 입도분석기(CILAS 1064, France)를 사용하여 측정하였으며, 햅쌀과 저장 백미의 수화온도(40, 50, 60°C)에 의한 쌀가루 입도크기에 따른 축적 비율(%)을 관찰하였다.

쌀가루의 미세구조

쌀가루의 미세구조는 백금으로 도금한 후 주사전자현미경(model JSM-5400, JEOL Ltd., Japan)을 이용하여 300배로 확대하여 관찰하였다.

통계분석

본 실험은 3번 반복수행하였으며, 실험군간 차이검증은 SAS(Statistical Analysis System)을 이용하여 분산분석을 실시하였다. 분산분석 결과 실험군간 차이가 있는 특성의 경우, 실험군의 평균값간의 차이수준여부를 결정하기 위해

SNK(Student Newman Keul)의 다중비교를 하였다.

결과 및 고찰

햅쌀과 저장쌀의 일반성분

본 실험에 사용된 햅쌀과 저장쌀의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 저장쌀의 수분함량은 13.7%로서 햅쌀의 17.3%에 비해 낮았으며, 회분과 단백질 함량은 서로 비슷하였다. 또한 저장쌀의 지방함량은 0.30%, 햅쌀은 0.12%로 저장쌀이 약간 높게 나타났다. 일반 유통 쌀가루의 지방함량이 0.3~0.5% 범위에 있음을 감안할 때 두 시료 모두 지방함량이 낮은 편이었다(5).

가온 수침처리에 따른 쌀가루의 색도, 수분함량, WAI, WSI, 전분손상도 및 gel consistency

햅쌀과 저장쌀의 가온 수침처리에 따른 쌀가루의 색도, 수분함량, WAI, WSI, 전분손상도 및 gel consistency를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 쌀가루의 L값은 전반적으로 시료 간에 큰 차이를 보이지 않았으나 햅쌀이 약간 높은 값을 나타냈다. 쌀가루의 a값은 (-)값으로 시료간의 차이가 거의 없었으나 햅쌀 백미로 만든 쌀가루가 저장 백미로 제조한 쌀가루에 비해 녹색도가 약간 높은 경향을 보여 주었다. 황색도를 나타내는 b값에 있어 저장쌀 백미로 제조한 쌀가루가 햅쌀 백미로 만든 쌀가루에 비해 높게 나타났다. 햅쌀과 저장쌀 백미 모두 수침온도에 따른 쌀가루의 색도 차이는 크지 않았으나 b값의 경우 햅쌀에서 수침온도의 증가에 따라 증가함을 보여주었다. 햅쌀을 40°C로 수침하여 제조한

쌀가루에서 황색도는 가장 낮은 것으로 나타났다.

쌀가루의 수분 함량은 전체적으로 30% 이상이었으며 햅쌀로 제조한 쌀가루가 저장쌀로 제조한 쌀가루에 비해 다소 높은 수분 함량을 지니고 있었다. 수침온도에 따라서는 햅쌀과 저장쌀 모두 수침온도가 40~60°C로 증가함에 따라 습식 제분한 쌀가루의 수분 함량이 높아짐을 알 수 있다. 특히 수침온도 60°C 처리군의 경우 40°C, 50°C의 경우에 비해 수분 함량이 뚜렷히 높은 것으로 나타났다.

쌀가루의 수분흡수지수(WAI) 측정결과 햅쌀과 저장쌀의 차이뿐만 아니라, 여섯 실험군간에 유의적인 차이는 없었다. 통계적으로 유의적이지는 않았지만 수침온도가 높아짐에 따라 모두 증가하는 경향을 나타내었다. 저장쌀의 물결합능력의 경우 저장 1년까지 증가하다가 그 이후에는 감소되었다(20)는 보고와 함께 저장에 의한 수분흡수력이 증가했다는 상반된 보고(21)가 있다. Lee 등(22)은 저장기간이 길수록 수분흡수지수가 감소한다고 하였으며, 이는 수분함량이 감소함에 따라 단백질과 지방 성분들이 증가하여 물과의 결합력을 방해(23)하는 것으로 설명하였다. 본 실험결과 는 통계적으로 유의적이지는 않지만 저장보다는 침지온도 증가에 의한 WAI의 증가경향을 보여주어 온도증가에 따른 전분내의 분자운동증가로 인해 수분흡수율이 증가한 것으로 생각된다.

수분용해지수(WSI) 역시 통계적으로 유의적인 차이는 없었지만 햅쌀이 저장쌀보다 높은 경향을 보였으며, 수침온도의 증가에 따라서는 햅쌀과 저장쌀에서 모두 증가하는 경향을 보여주었다. 저장기간이 길어질수록 저장 중 지방질로부터 생성된 지방산은 아밀로오스와 complex를 형성하여 전분의 용해도를 감소시키고, 불포화지방산의 자동산화에 의해 형성된 carbonyl 화합물 등이 단백질과 상호작용하여 단백질의 용해도도 감소된다고 하였다(24-26). 본 연구결과는 저장쌀로 제조된 쌀가루의 용해도 감소를 보여준 Lee 등(22)의 결과와 비슷한 경향을 보여주었다.

쌀가루의 전분손상도는 햅쌀이 저장쌀에 비해 높게 분석되었다. Lee 등(27)은 쌀보리 가루의 경우 전분손상도가 높은 경우 WAI와 WSI가 높게 나타난다고 보고한 바 있다. 본 연구결과는 60°C 수침의 경우 유의적이지는 않으나 전분

Table 1. Proximate composition¹⁾ of milled rice (%)

	Milled rice	
	Stored	Newly harvested
Moisture	13.7 ^b	17.3 ^a
Ash	0.40 ^a	0.35 ^a
Lipid	0.30 ^a	0.12 ^a
Protein ²⁾	6.34 ^a	6.38 ^a

¹⁾Values are means of three replications; Means with the same alphabet within row are not significantly different at p=0.05.

²⁾Nitrogen × 5.95.

Table 2. The effect of elevated steeping temperature on color (L, a and b), moisture, WAI, WSI, damaged starch and gel consistency of wet-milled rice flour¹⁾

	Stored rice			Newly harvested rice		
	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
L	95.8 ^a	96.0 ^a	95.2 ^a	97.1 ^a	95.6 ^a	96.0 ^a
a	-0.21 ^a	-0.11 ^a	-0.17 ^a	-0.33 ^b	-0.28 ^a	-0.38 ^a
b	5.16 ^a	5.07 ^a	5.22 ^a	2.97 ^d	3.26 ^c	3.69 ^b
Moisture (%)	31.0 ^e	31.6 ^{de}	36.2 ^b	32.3 ^{cd}	33.1 ^c	38.2 ^a
WAI (g/g)	3.07 ^a	3.09 ^a	3.14 ^a	3.01 ^a	3.09 ^a	3.13 ^a
WSI (%)	0.52 ^a	0.59 ^a	0.63 ^a	0.59 ^a	0.69 ^a	0.72 ^a
Damaged starch (%)	3.15 ^b	3.03 ^b	3.83 ^{ab}	3.91 ^{ab}	3.85 ^{ab}	4.58 ^a
Gel consistency	0.35 ^a	0.58 ^a	0.88 ^a	0.23 ^a	0.50 ^a	0.85 ^a

¹⁾Values are means of three replications; Means with the same alphabet within row are not significantly different at p=0.05.

손상도가 다소 증가하는 경향을 보였으며, 60°C 수침군의 경우 다른 수침온도군에 비해 높은 WSI를 보여주어 Lee 등 (27)의 결과를 다시 한번 확인해 주었다. 이러한 현상은 수침 온도가 증가함에 따라 제분 과정에서 손상 전분이 증가하는데 기인한다고 생각된다. 쌀가루의 gel consistency 역시 실험군간의 유의적인 차이는 없었지만 저장쌀이 햅쌀보다 모든 수침온도에서 gel의 강도가 다소 높게 나타나는 경향이 있었으며, 햅쌀과 저장쌀 모두에서 수침온도의 증가에 따라 gel 강도가 증가하는 경향을 보여주었다.

가온 수침처리 쌀가루의 amylograph 특성

햅쌀과 저장쌀의 수침온도에 따른 습식제분 쌀가루의 amylograph 호화양상은 Table 3에 나타나 있다. 전체적으로 저장쌀이 햅쌀에 비해 쌀가루의 amylograph 점도가 비교적 높게 나타났다. 햅쌀과 저장쌀 모두 수침온도가 증가함에 따라 쌀가루의 peak viscosity, hot paste viscosity, cold paste viscosity가 증가하였다. Peak viscosity의 경우 햅쌀은 수침 온도의 증가에 따라 510~519 B.U.으로 약간의 증가를 보인 반면 저장쌀의 경우는 40°C에서 50°C로 온도가 높아질 때 큰 폭으로 증가하였다. 이는 쌀가루의 저장기간이 길어짐에 따라 호화점도가 증가하는 경향을 보인다는 결과(20,25)와 쌀가루를 제조하여 4°C에서 16달 동안 저장하면서 호화 특성을 조사한 결과 저장기간이 늘어남에 따라 호화점도가 증가한다는 보고(28)와 어느 정도 일치하고 있다.

Setback은 햅쌀이 저장쌀보다 높게 나타났으며, 저장쌀의 경우 수침온도의 증가에 따른 변화는 나타나지 않았으나 50°C에서 수침처리하여 제조한 쌀가루가 높게 나타났고 햅쌀의 경우는 수침온도의 증가에 따라 setback이 높은 값을 나타내었다. Breakdown은 저장쌀이 햅쌀에 비해 높았으며 저장쌀에서는 50°C에서 수침한 경우에 가장 높게 나타났고,

햅쌀은 수침온도가 높아짐에 따라 감소하는 경향을 보여주고 있다. 노화도를 나타내는 setback의 경우 저장 기간에 따라 지속적으로 증가한다는 보고에 반해 본 실험에서는 햅쌀에 비해 저장쌀이 낮게 나타났으며 이는 준호화온도의 수침처리에 따른 쌀전분의 annealing 효과에 의한 영향으로 추측된다(29). 저장된 쌀 혹은 쌀가루의 amylograph 점도가 높은 이유는 아마도 세포벽의 물질이 저장 기간동안 변환되어 호화 특성에 영향을 주었으리라 생각된다(26).

가온 수침처리 쌀가루의 DSC 특성

햅쌀과 저장쌀의 수침에 따른 쌀가루의 DSC에 의한 호화 특성 측정 결과한 결과는 Table 4와 같다. 햅쌀과 저장쌀 모두에서 수침온도의 증가에 따라 쌀가루의 호화개시온도와 호화최고온도가 증가하였다. 전분은 annealing에 의해 호화 endotherm의 온도가 증가하고 호화온도범위가 좁아진다고 보고하였으며(30), 수침온도가 준호화온도까지 증가함에 따라 쌀전분의 부분적인 annealing 현상이 유발되는 것으로 사료되었다. 호화엔탈피는 저장쌀의 경우 50°C에서 수침처리한 쌀가루에서 가장 크고 햅쌀의 경우는 40°C에서 수침처리한 쌀가루에서 가장 크게 나타났으며 햅쌀과 저장쌀 모두에서 60°C에서 수침한 쌀가루는 호화엔탈피가 가장 낮게 나타났다.

본 실험 결과에서 50°C 이상으로 수침 온도가 증가하여 60°C에서 수침한 경우 호화엔탈피가 크게 감소한 것을 보면 햅쌀과 저장쌀 모두 60°C에서 수침을 한 쌀가루가 40°C, 50°C에서 수침한 쌀가루보다 전분손상도가 다소 높은 경향을 보여준 것(Table 2)을 감안할 때 전분의 결정부분이 많이 파괴되는 것으로 판단되었다. 옥수수 전분의 가온처리에 의한 annealing시 호화엔탈피가 60°C 이하의 호화온도에서는 온도 증가에 따라 증가하지만 60°C 이상의 수침온도에서는 온도 증가에 따라 감소함(12)이 보고된 바 있는데, 본 연구결과

Table 3. The effect of elevated steeping temperature on pasting properties¹⁾ of wet-milled rice flour

	Stored rice			Newly harvested rice		
	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
Peak viscosity (P)	633 ^b	761 ^a	777 ^a	510 ^c	518 ^c	519 ^c
Hot paste viscosity (H)	347 ^c	389 ^b	420 ^a	267 ^f	286 ^e	322 ^d
Cold paste viscosity (C)	662 ^b	794 ^a	802 ^a	552 ^d	578 ^d	623 ^c
Breakdown (P-H)	285 ^b	372 ^a	356 ^a	242 ^{cd}	232 ^d	197 ^e
Total setback (C·H)	315 ^{cd}	405 ^a	381 ^b	284 ^d	292 ^d	301 ^d
Setback (C-P)	29 ^e	32 ^c	25 ^c	42 ^c	60 ^b	103 ^a

¹⁾Values are means of three replications by amylograph; Means with the same letter within row are not significantly different at p=0.05.

Table 4. The effect of elevated steeping temperature on DSC thermal properties¹⁾ of wet-milled rice flour

	Stored rice			Newly harvested rice		
	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
Onset temperature (°C)	59.88 ^{bc}	60.35 ^b	64.30 ^a	59.47 ^c	60.01 ^{bc}	63.78 ^a
Peak temperature (°C)	68.05 ^c	68.29 ^c	71.27 ^a	67.83 ^c	68.36 ^c	70.46 ^b
ΔH (cal/g)	7.31 ^a	7.52 ^a	6.19 ^b	7.72 ^a	7.52 ^a	5.85 ^b

¹⁾Values are means of three replications; Means with the same letter within row are not significantly different at p=0.05.

도 이와 유사하게 쌀의 가온 수침처리시 60°C의 수침온도가 40°C와 50°C에서 수침했을 경우보다 annealing 효과가 보다 크게 나타나는 것으로 판단되었다.

가온 수침처리 쌀가루의 입도 및 미세구조

햅쌀과 저장쌀의 수침처리에 따른 쌀가루의 입도를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 저장쌀로 제조한 쌀가루가 햅쌀로 제조한 쌀가루에 비해 입자의 크기가 작은 경향을 보여주었다. 저장쌀의 경우 수침처리 온도에 의한 쌀가루 입자의 크기 분포에는 크게 영향이 없었으나, 햅쌀의 경우에는 60°C, 50

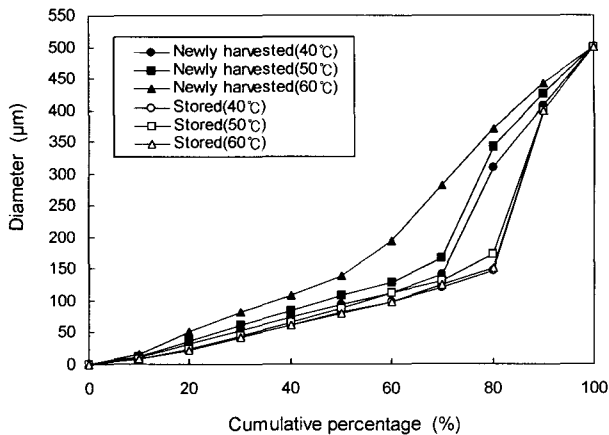


Fig. 1. The effect of elevated steeping temperature on particle size of wet-milled rice flour.

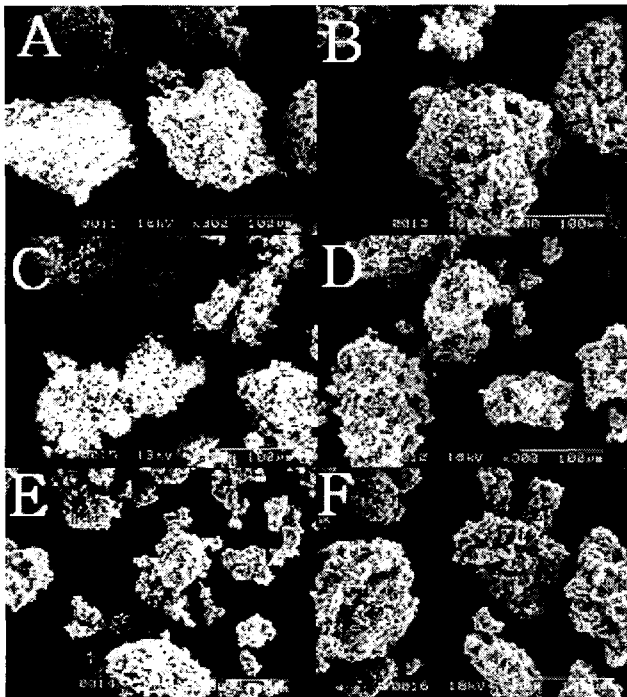


Fig. 2. Scanning electron micrograph (SEM) of flours wet-milled from rices steeped at elevated temperatures. A: stored rice (40°C), B: stored rice (50°C), C: stored rice (60°C), D: newly harvested rice (40°C), E: newly harvested rice (50°C), F: newly harvested rice (60°C).

°C, 40°C 처리구 순으로 입자크기가 큰 경향을 보여주었다. SEM에 의한 annealing처리 쌀가루의 미세구조 관찰 결과 (Fig. 2)에서도 햅쌀은 수침온도가 증가함에 따라 쌀가루의 입자크기가 커짐을 관찰할 수 있었다. 이는 수분 함량이 입자의 크기에 영향을 받아 수분의 함량이 높을수록 입자의 크기가 작아진다고 보고한 결과(6)와 다소 차이를 보여주었다.

요 약

실온 이상의 온도(40, 50, 60°C)에서 햅쌀과 저장쌀을 가온 수침하여 습식제분한 쌀가루의 특성을 조사하였다. 습식처리한 쌀가루는 모두 30% 이상의 수분을 지니고 있었으며, 60°C에서 수침을 한 쌀가루가 40°C, 50°C 수침에 비해 수분 함량이 높게 나타났다. 쌀가루의 L값은 햅쌀로 제조한 쌀가루에서 약간 높았으며 황색도를 나타내는 b값은 저장쌀이 햅쌀 백미로 만든 쌀가루보다 높게 나타났다. 햅쌀과 저장쌀 모두에서 쌀가루의 WAI, WSI 및 gel consistency는 수침온도가 증가함에 따라 증가하였다. Amylograph peak viscosity, hot paste viscosity, 그리고 cold paste viscosity 모두 수침온도가 증가함에 따라 증가하였으며 특히 저장쌀 시료에서 보다 큰 폭으로 증가하였다. DSC 호화개시온도 및 호화정점온도는 수침온도가 높아짐에 따라 증가하였고, 호화엔탈피는 감소하는 경향을 보였다. 쌀가루의 입도 분석결과 저장쌀이 햅쌀로 제조한 쌀가루에 비해 작은 경향을 보여주었으며 햅쌀의 경우 수침온도가 60°C, 50°C, 40°C 순으로 입도분포가 큰 경향을 보여주었다. SEM에 의한 쌀가루의 미세구조 관찰 결과 수침 온도의 증가에 따라 입자 크기의 증가와 손상된 쌀가루 표면이 관찰되었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과에 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 이계임, 김민정. 2003. 쌀 소비행태 분석. 한국농촌경제연구원.
2. Bean MM. 1986. Rice flour-its functional variations. *Cereal Foods World* 31: 477-481.
3. Nishita KD, Bean MM. 1981. Grinding methods: Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem* 59: 46-49.
4. Kum JS, Lee SH, Lee HY, Kim KH, Kim YI. 1993. Effect of different milling methods on distribution of particle size of rice flours. *Korean J Food Sci Technol* 25: 541-545.
5. Park YK, Seog HM, Nam YJ, Shin DW. 1988. Physicochemical properties of various milled rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 20: 504-510.
6. Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci* 35: 85-94.
7. 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.
8. Kim SK, Bang JB. 1996. Physicochemical properties of rice

- affected by steeping conditions. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1026-1032.
9. Teste RF, Debon SJJ. 2000. Annealing of starch: A review. *Int J Biol Macromol* 27: 1-12.
 10. Shandera DL, Jackson DS. 1996. Effect of corn wet-milling conditions (sulfur dioxide, lactic acid and steeping temperature) on starch functionality. *Cereal Chem* 73: 632-637.
 11. Yamamoto A, Shirakawa K. 1999. Annealing of long-term stored rice grains improves gelatinization properties. *Cereal Chem* 76: 646-649.
 12. Knutson CA. 1990. Annealing of maize starches at elevated temperatures. *Cereal Chem* 67: 376-384.
 13. Tester RF, Debon SJJ, Sommerville MD. 2000. Annealing of maize starch. *Carbohydr Polymers* 42: 287-299.
 14. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA.
 15. AACC. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. American association of cereal chemists, St. Paul, MN, USA.
 16. Anderson RA. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. *Cereal Chem* 59: 265-271.
 17. Cagampang GB, Perez CM, Juliano BO. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. *J Sci Food Agric* 24: 1589-1594.
 18. Juliano BO, Perez CM, Alyoshin EP, Romanov VB, Bean MM, Nishita KD, Blakeeney AB, Welsh LA, Delgado L, El Baya AW, Fussati G, Kongseree N, Mendes FP, Brilhante S, Suzuki H, Tada M, Webb BD. 1985. Cooperative test on amylograph on milled-rice flour for pasting viscosity and starch gelatinization temperature. *Starch* 37: 40-50.
 19. Lund DB. 1987. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. *Crit Rev Food Sci Nutr* 20: 249-273.
 20. Indudhara-Swamy YM, Sowbhagya CM, Bhattacharya KR. 1978. Changes in the physicochemical properties of rice with aging. *J Sci Food Agric* 29: 627-639.
 21. Chrastil J. 1990. Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperature. *J Cereal Sci* 11: 71-85.
 22. Lee JH, Kim SS, Huh DS, Kim KO. 2001. Effects of storage form and period of refrigerated rice on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 33: 427-436.
 23. Park KH. 1996. Effect of rice protein and lipid gelatinization properties, cooking quality and palatability of Korean rice. *PhD Dissertation*. Kyunghee Univ., Seoul, Korea.
 24. Moritaka S, Sawada K, Yasumatsu K. 1971. Studies on cereals. VII. Relation between lipid content of milled rice and deterioration of rice flavor during storage. *Eiyo To Shokuryo* 24: 474-476.
 25. Shin MG, Rhee JS, Kwon TW. 1985. Effects of amylase activity on changes in amylogram characteristics during storage of brown rice. *Agric Biol Chem* 49: 2505-2508.
 26. Shibuya N, Iwasaki T, Chikubu S. 1977. On the changes of rice starch during storage of rice. Studies on deterioration of rice during storage. III. *J Japanese Soc Starch Science* 24: 55-58.
 27. Lee YT, Seog HM, Cho MK, Kim SS. 1996. Physicochemical properties of hull-less barley flours prepared with different grinding mills. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1078-1083.
 28. Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. *Food Research International* 36: 625-634.
 29. Sowbhagya CM, Bhattacharya KR. 2001. Changes in pasting behaviour of rice during ageing. *J Cereal Sci* 34: 115-124.
 30. Jacobs H, Eerlingen RC, Clauwaert W, Delcour JA. 1995. Influence of annealing on the pasting properties of starches from varying botanical sources. *Cereal Chem* 72: 480-487.

(2004년 12월 7일 접수; 2005년 3월 2일 채택)