

쌀의 저장기간에 따른 쌀가루와 생전분의 특성

Effect of Aging on Physicochemical and Pasting Properties of Nonwaxy Rice Flour and its Starch

김완수*
호남대학교 조리과학과

Kim, Wansoo
Dept. of Culinary Science, Honam University

Abstract

Using three consecutive years' harvested rices and their starches isolated from rice flours by alkaline method, it was found that no significant aging effect on rice flour and starch was observed based on following results. Proximate data of flours or starches showed in similarity, except high level of crude fat in rice flour and rice starch harvested in 2002. In SEM, the surface of aged rice flour had slightly layered shape due to possible abrasion during storage, and that of aged starch showed more smooth and less rigid polygonal shape. X-ray diffraction patterns of flours and starches were all A type, and crystallinity of rice starch harvested in 2000 had the smallest. From tristimulus colorimetry (Hunterlab Color), total color difference (ΔE) calculated from L, a, and b gave less color difference with the darkest in 2002 harvested one among flours and the lightest in 2001 one among starches. WBCs of both 2002 rice flour and starch were the lowest among samples studied. At 80°C, swelling power and solubility of rice starches harvested in 2000, 2001 and 2002 were 14.35, 9.75; 14.04, 9.6; and 12.49, 8.82, respectively. The highest peak viscosities measured by RVA were shown both in 2001 rice flour and in its starch. Starch and milled rice flour harvested in 2000 had higher hydrolytic α -amylase, compared to other flour and starch samples.

Key Words : aged rice, rice flour, rice starch, physicochemical property, pasting property

I. 서론

세계 인구 60억 중 27억 이상이 쌀을 주식으로 사용하고 정도의 차이는 있으나 아시아 문화권 사람들은 쌀로부터 하루에 필요한 열량의 반 이상을, 단백질은 약 20% 이상을 얻고 있다(농림부, 2001). 한국인의 식생활에서도 쌀은 주식으로써 뿐 만아니라 제 1의 경지 효율 작물로 매우 중요하다. 쌀은 낱알 자체나 가루의 형태로 밥류, 죽류, 떡류 등의 전통식품이나 주정의 원료로 사용되어 왔고(황해성 외, 2002), 최근에는 과자, 라면, 국수, 햄버거, 케이크 등 여러 형태의 음식에 건강기능을 가미한 새로운 식품소재로 사용되고 있다.

농업기술의 현대화로 인한 꾸준한 품종 개량으로 다수확품종이 주종을 이루면서 지속적인 풍년과 최소시장 접근(MMA) 물량 수입으로 과공급이 이루어지고 있다. 더

욱이 소득수준의 향상으로 육류와 유제품의 소비는 증가하였지만, 쌀 섭취는 감소되어 2001년 국민건강·영양조사(보건복지부, 2003)에 따르면 지난 30년간 약 35% 소비 저하를 가져와 2001년 현재 국민 1인당 연간 88.9kg 쌀 소비가 이루어지고 있다. 이로써 1,000만석 이상 누적 쌀의 이용 판로를 국가적 차원에서 찾고자 농업특별대책위원회가 결성되고, 재고미의 소비 촉진과 가공용 쌀 공급 확대를 위한 방안이 시급한 실정이다(농림부 2002).

쌀은 저장되는 동안 여러 복잡한 현상이 발생하고, 주성분인 전분·단백질·지질에 따라 쌀의 조리 및 식감에 많은 영향을 미친다(Zhou et al 2002). 일반적으로 성분의 변화는 크지 않으나 구조적인 변화가 일어나는데 이로 인해 조리시 호화 양상, 쫄의 특성, 풍미, 질감 등이 달라진다.

쌀은 이제껏 한국인의 식탁에서 제공한 역할에 비해 거의 대접을 받지 못하고 있는 실정이지만, 오히려 서구인의 식탁에서는 건강지향성 미래식품으로 각광을 받고

* Corresponding author: Kim, Wansoo
Tel: 062) 940-5415
E-mail: wskim@honam.ac.kr

있고 그 용도가 증가하고 있다(Pszczola, 2003). 질병 치료면에서도 소아지방병변증 환자나 만성알레르기 환자들에게 밀가루·호밀·보리에 의한 만성 장애를 극복하기 위해 쌀은 좋은 대체식품이다. 또한 각종 음식에서 쌀가루나 쌀이 함유된 혼합곡의 사용은 담백한 맛과 냄새의 기여 외에도 시간 경과로 인한 눅눅함을 감소시키고, 쌀 전분을 육류 요리에 첨가하면 수분 보유력으로 인한 부드러움과 냉동/해동 안정성을 제공하는 등 다양한 식품 소재로 전망이 밝다(Hoffpauer, 2005; Kadan et al., 1997; Wilkinson & Champagne, 2004).

다양한 연구를 통해 쌀에는 개인이나 국가적 차원에서 심각한 문제를 야기하는 생활습관병(성인병)의 예방기능을 가진 다양한 생리활성 성분(파이토케미칼 성분)이 함유되어 있다고 보고되고 있다. 이에는 각종 영양소, 식이 섬유, 저항전분, GABA(γ -aminobutyric acid), IP6, γ -oryzanol 등의 식물성 항산화성분 등으로, 당뇨·심장병·각종 암·지방간·비만 억제효과가 있는 것으로 발표되었다(대한지역사회영양학회, 2001; Dinsmoor, 2000; Kahlon & Smith, 2004; Saunders, 1990; Walter et al., 2005). 현재 이러한 기능성이 함유된 새로운 형태의 쌀 제품이 개발 시판되고 있고 계속 연구 개발 중이다.

본 연구는 현재 과다 재고되어 사료로 사용하고 있는 고미의 소비촉진의 한 방편으로 부가가치 식품소재로의 개발과 조리예의 응용을 목적으로 3년간 연속적으로 수확한 고미로부터 제조한 쌀가루와 전분의 이화학적, 외형적 특성과 신속점도측정계(RVA)에 의한 α -아밀라아제의 활성화도 및 호화도를 비교 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

2000년, 2001년, 2002년까지 수확한 일미벼를 백미로 도정하고 진공팩을 이용하여 포장한 후 냉동 보관되었던 멥쌀을 전라남도 농업기술원(전라남도 남평소재)에서 제공받아 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 쌀가루와 전분의 제조

일미멥쌀을 증류수로 2회 수세하여 쌀 무게의 3배 정

도의 증류수를 넣어 12시간 수침하였다. 수침한 쌀은 1시간 체에 받쳐 물기를 제거한 후 마쇄기(HR2835, Philips, Mexico)로 분쇄하여 상온에서 풍건하였다. 건조된 쌀가루는 100메쉬를 통과한 후 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

알칼리 침지법(Yamamoto et al., 1993)을 이용하여 일미멥쌀로부터 전분을 분리하였다. 수침한 쌀 낱알을 마쇄한 쌀가루에 0.2% NaOH 용액(1:2, w/v)을 가하여 12시간 방치한 다음 100 메쉬와 270 메쉬를 통과시켰다. 침전물은 모아 0.2% NaOH를 첨가하여 원심분리한후 상정액은 버리고 침전물은 뷰렛반응이 나타나지 않을 때까지 0.2% NaOH를 첨가하여 원심분리 과정을 반복하였다. 침전된 전분을 증류수를 가하여 중성이 될 때까지 씻은 후 실온에서 2일간 풍건한 후 마쇄하여 100 메쉬를 통과시킨 후 데시케이터에 보관하면서 시료로 사용하였다.

2) 일반성분 분석

쌀가루 및 전분의 일반성분은 AOAC 방법(1995)에 따라 수분, 단백질, 조회분 및 조지방질 함량을 분석하였다. 수분함량은 수분함량 측정기(Precisa 300 HA)를 이용하여 측정하였고, 단백질은 미량 Kjeldahl법, 조지방질은 n-헥산올 용매로 사용한 Soxhlet법, 조회분은 550℃ 전기로틀 이용한 직접회화법으로 측정하였다.

3) 입자의 특성

(1) 색도

쌀가루와 전분의 색도는 색차계(Minolta Chroma Meter CR-300 Series, Japan)를 사용하여 L(lightness), $\pm a$ (red/green), $\pm b$ (yellow/blue)값을 측정하였다. 총 색도차이 (ΔE)를 위해 사용한 표준 백색판의 L, a, b는 각각 97.14, +0.29, +1.82이었다. 실험은 4회 반복하여 측정하였다.

(2) 쌀가루와 전분의 입자 형태

쌀가루와 전분 입자의 형태는 SEM(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 이용하여 가속전압 25kv, 측정시간 85초의 조건하에서 500배 확대하여 관찰하였다.

(3) 쌀가루와 전분의 입자분포

쌀가루와 전분 입자의 분포는 LS Particle Size Analyzer(Model LS 100Q, USA)를 이용하여 에탄올 용액에서 분산시켜 분석하였다.

(4) 쌀가루와 전분 입자의 결정성과 결정강도

저장기간에 따른 쌀가루와 전분 입자의 결정성과 결정강도는 X-선 회절기(D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 이용하였고, 이 때 사용한 기기조건은 Target, Cu-K α ; Filter, Ni; Voltage, 40kV; Current, 20mA; Scanning speed, 5°/min으로 회절각도(2 θ) 5~45°까지 회절시켜 나타나는 피크의 위치와 세기로써 결정성과 결정 강도를 비교하였다.

4) 이화학적 특성 측정

(1) 물결합능력

물결합능력(WBC)은 Medcalf과 Gilles(1965)의 방법에 따라 실시하였다. 50mL 원심분리관에 시료 1.0g(건량기준), 증류수 40mL, 마그네틱바(Φ 3.2x13 mm)를 넣고 교반기를 사용하여 실온에서 1시간 동안 저온 다음 원심분리기(초고속원심분리기, VS-21, SMT, 한국)로 3000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 원심분리관을 거꾸로 세워 상정액을 제거하고 침전된 무게를 측정하여 처음 시료와의 증량비로부터 WBC를 계산하였다.

$$\text{물결합능력 (\%)} = \frac{\text{침전된 시료의 무게 (g)} - \text{처음 시료의 무게 (g)}}{\text{처음 시료의 무게 (g)}} \times 100$$

(2) 팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도는 Schoch와 Leach법(1964)으로 60°C, 80°C, 100°C에서 실시하였다. 시료 0.5g(건량기준)을 50 mL 원심분리관에 넣고 증류수 40 mL에 잘 분산시킨 다음 각각의 온도를 유지하면서 30분간 교반기로 저어준 후 빨리 냉각시켰다. 이 원심분리관을 3000 rpm에서 40분간 원심분리하여 측정된 침전된 무게로부터 팽윤력을 계산하였다.

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전된 전분의 무게 (g)}}{\text{시료의 무게 (g, 건량기준)} \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

용해도는 위에서 원심분리하여 얻은 분리된 상정액을 미리 항량으로 건조시킨 용기에 부어 105°C에서 건조시킨 후 건조무게로부터 계산하였다.

$$\text{용해도} = \frac{\text{상정액의 건조 무게 (g)}}{\text{시료의 무게 (g, 건량)}} \times 100$$

5) 신속점도 측정계(RVA)에 의한 호화특성

저장에 따른 쌀가루와 전분에 함유된 α -아밀라아제의 활성 증가는 AACC 방법 22-08(1999)에 따라 신속점도측정기(Rapid Visco Analyzer, Model 4, Newport Scientific Pty, Ltd., Narrabeen, Australia)를 이용하여 측정한다. RVA용 canister에 증류수 25 mL를 넣고 미리 측정된 시료 3.5g을 충분히 분산시킨후 자동 가열 프로그램으로 3분간 95°C까지 가열한 다음 표시되는 SN 수치를 기록하였다. 여기서 제시한 증류수와 시료의 양은 14% 수분함량 기준으로 시료가 가진 수분 함량에 따라 사용하는 증류수와 시료의 양을 보정하였다.

가열에 따른 쌀가루와 쌀 전분 현탁액의 호화양상은 Rapid Visco Analyzer(RVA, Model 4, Newport Scientific Pty, Ltd., Narrabeen, Australia)를 이용하여 다음과 같이 측정하였다. RVA용 canister에 증류수 25 mL를 넣고 미리 측정된 시료 3g을 충분히 분산시킨 후 쌀가루 측정용 자동가열프로그램에 의해 0~1분은 50°C 1.00~4.45분은 95°C까지 상승, 4.45~7.15분은 95°C에서 유지, 7.15~11.06분은 50°C까지 냉각, 11.06~12.30분은 50°C에서 유지하면서 점도를 측정하였다. 신속점도계의 특성치는 초기호화온도, 최고점도(P), 95°C에서 2.5분간 유지후의 점도 (H), 50°C까지 냉각한 후의 점도(C)의 측정치와 계산치인 setback from trough (C-H), breakdown (P-H), setback (C-H)이었다. 여기서 제시한 증류수와 시료의 양은 12% 수분함량 기준으로 시료가 가진 수분 함량에 따라 사용하는 증류수와 시료의 양을 보정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반 성분

저장기간에 따른 일미 쌀가루와 전분의 일반성분은 표 1과 같다. 저장기간에 관계없이 쌀가루와 전분의 수분 함량은 11.0 ~ 11.7% 이었고, 쌀가루에 비해 전분의 수분 함량이 낮았다. 조회분의 경우에도 저장기간과 무관하게 0.20% 내외의 낮은 함량을 나타내었다. Kjeldahl 법으로 정량한 쌀가루와 쌀전분의 조단백질 함량은 각각 6.0~6.6%, 0.10~0.30% 내외로 품종에 따라 차이는 있으나 보고된 일반미의 함량과 비슷하였다(Lee 외 1998). 또한 조지방은 일반 쌀가루 품종과 비슷하였고 전분은 약간 높게 나왔는데(Lee 외 1998) 특히 저장기간이 짧은 2002년도산

(Table 1) Proximate Analyses of Domestic Nonwaxy Rice Flours & Starches*

	Rice Flour			Rice Starch		
	RF00	RF01	RF02	RS00	RS01	RS02
Moisture	11.50	11.70	11.10	11.00	11.00	11.30
Ash	0.22	0.20	0.22	0.19	0.21	0.20
Protein	6.00	6.60	6.00	0.10	0.10	0.30
Lipid	0.60	0.65	0.73	0.20	0.14	0.40

* RF is rice flour and RS is rice starch.

The number was the harvested year of rice.3

쌀가루와 전분의 조단백과 지방질의 함량이 높았다.

쌀가루와 전분의 일반성분은 품종, 재배조건, 도정도 및 수침 시간과 조건에 의해 영향을 받는데, 수침에 따라 단백질, 지방, 회분이 용출되어 감소하였다(Chiang과 Yeh, 2002).

2. 입자의 특성

쌀가루와 전분의 색도는 표2와 같다. 2000년도산 쌀가루의 L(명도)이 다른 쌀가루 시료에 비해 가장 높았는데, 저장기간이 길어질수록 곡류 입자내에 존재하는 리폭시게나제에 의해 쌀가루에 함유된 캐로티노이드 성분이 산화되어 색이 더 밝아졌음을 의미한다(Kim et al., 1991). 전분의 경우는 2000년도산 쌀전분이 가장 낮았는데 이는 전분의 분리로 순도가 높아진 것으로 추측된다. -a로 설명되는 녹색도는 저장기간에 관계없이 모든 쌀가루가 같은 값을 가졌고, +b가 의미하는 황색도는 저장기간이 길어질수록 더 진해졌다. 총 색도 차이(ΔE)의 값은 저장기간이 짧을수록 높았는데, 일반적으로 ΔE 값이 클수록 오히려 색이 더 진하게 느낀다고 보고되었다 (Kim et al, 1991).

본 실험에서 저장기간별 ΔE 값은 다음과 같다. 2000년 3.73, 2001년 4.08, 2002년 6.25이었다. 전분은 쌀가루에 비해 더 밝고 녹색도와 황색도가 더 적었는데, 이는 전분의 분리 과정 중에 색소화합물이 용출되어 백색에 더 가까움을 알 수 있고 저장기간에 따른 시료간 ΔE 값은 1.53~1.93으로 큰 차이를 보이지 않았다.

저장기간이 다른 쌀가루와 전분의 표면구조를 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 그림 1과 같다. 쌀가루는 전분, 단백질 등 여러 배유세포들이 뭉쳐있어 공간이 없이 빈틈없는 덩어리를 이루고, 전분의 경우는 다각형을 이루는 전분세포들이 단독 또는 복합 전분입자의 형태를 이루고 있다. 저장기간이 짧은 2002년도 산 쌀가루는 세포의 모서리가 더 부드러운 상태이나 저장기간이 긴 다른 쌀가루는 표면이 박피된 날카로운 느낌을 제공한다. 전분의 경우는 저장기간에 따라 큰 차이는 보이지 않으나 2000년도산 쌀전분의 경우 전분립의 크기도 작고 분리가 더 잘 되어 단독으로 존재하고 있다. 쌀가루로부터 전분이 분리되는 동안 수침, 건조, 분쇄 과정 등 일련의 과정을 통해 단백질이나 전분입자와의 결합력이 달라져 전분립의 이화학적 특성 및 호화특성에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

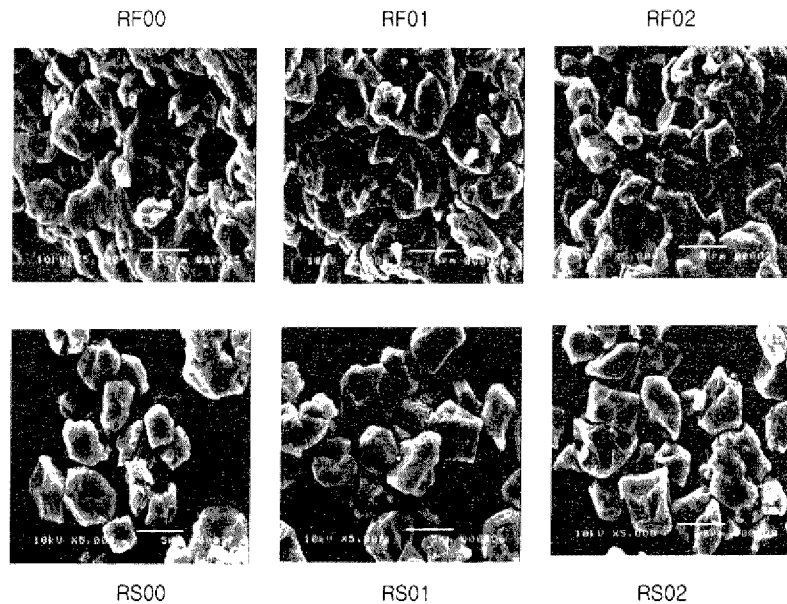
(Table 2) HunterLab and WBC of Domestic Nonwaxy Rice Flours & Starches*

	Hunter Color				WBC(%)**
	L	a	b	ΔE	
RF00	96.16±0.05	-0.92±0.01	+2.96±0.01	3.73±0.10	229.7±0.5
RF01	96.09±0.05	-0.90±0.02	+3.09±0.01	4.08±0.03	215.4±0.2
RF02	95.95±0.05	-0.87±0.01	+3.75±0.01	6.25±0.07	192.7±0.2
RS00	97.08±0.01	-0.69±0.01	+1.11±0.01	1.53±0.02	163.0±0.5
RS01	97.49±0.13	-0.55±0.03	+1.18±0.06	1.46±0.02	154.1±0.4
RS02	97.53±0.00	-0.68±0.01	+1.05±0.01	1.93±0.02	146.5±0.1

* RF is rice flour and RS is rice starch.

The number was the harvested year of rice.

** WBC = water binding capacity



RF is rice flour and RS is rice starch.
The number was the harvested year of rice.

[Fig. 1] Scanning Electron Microphotographs of Rice Flours & Starches
(X 500 magnification).

가루 형태의 식품소재는 식품 가공에 바람직성을 제공하기 위해서는 적절한 크기를 가진 입자의 분포가 중요하다. 본 실험에서도 수침 쌀가루나 전분의 제조 후 풍건 과정을 거쳐 100메쉬를 통과시킨 다음 입자 크기의 분포 상태를 살펴보았다. 저장된 쌀가루는 18.6 ~ 21.3 μm , 전분의 경우는 이보다 작아 12.7~16.1 μm 의 분포를 보였다. 가장 많은 분포를 보여주는 입자크기는 6 ~ 10 μm 로 쌀가루보다 전분의 경우 그 분포비가 더 높았다(그림 생략). 이러한 입자 크기의 분포는 식품 가공이나 조리시 첨가되어 매끄러움, 부드러움 등 텍스처에 관련되어 식감에 큰 영향을 미치므로 균일한 크기를 가진 입자를 제조하는 것은 매우 중요하다.

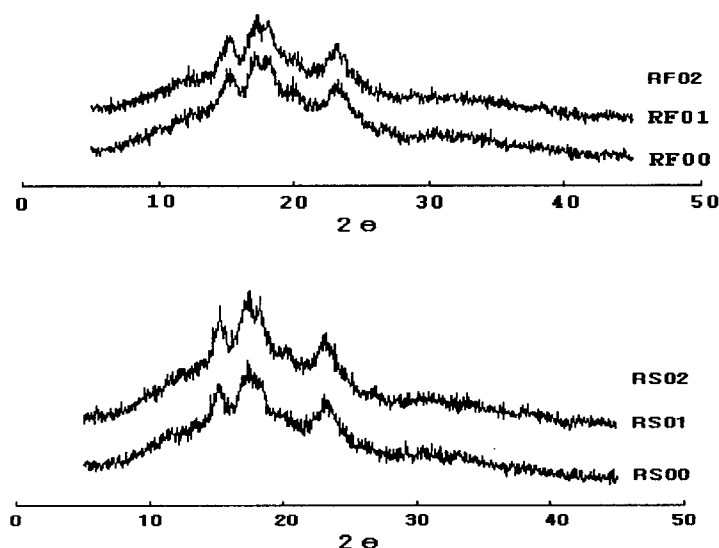
그림 2에 X-선 회절도에 의한 쌀가루와 전분의 결정성 및 결정강도가 나와있다. 저장기간에 관계없이 쌀가루와 전분 모두 피크가 회절각도(2θ) 15~16°, 17~18°, 22~23° 근처에서 나타나는 전형적인 A형이었다. 쌀가루는 약 4/5 정도가 전분으로 구성되고 일부 단백질이 있으나 단백질은 보통 무정형의 고분자 물질이므로 쌀가루의 결정형이나 결정강도는 가장 많은 함량을 차지하는 전분에 의해 결정된다. Ong과 Blanshard (1995)는 결정 강도는 피크를 포함하는 면적비와 높은 상관관계를 보여준다고 보고하였다. 저장기간에 따라 쌀가루나 전분의 경우 결정 강도의 차이가 크지 않았지만, 이를 바탕으로 13~23°의

면적비로 비교하여보면 쌀가루와 전분 모두 2002년도산이 가장 결정 강도가 크고 2000년도 산이 가장 작았다.

3. 이화학적 특성

쌀가루의 수화능력은 조리 특성을 측정하는 중요한 척도이며 가루 입자의 표면적과 비례한다(Sowbhagya et al, 1994). 물결합 능력은 생전분의 수분결합능력의 지표로, 결합되는 물은 전분의 무정형 영역으로 침투되거나 전분 입자의 표면으로 흡착되므로 쌀가루 가공적성에 영향을 미친다. Kum 외(1993)는 쌀가루의 물결합능력을 측정된 결과 제분 과정 중의 전분 손상도가 클수록 전분의 물결합능력이 증가한다고 보고하였다. 표 2에 저장기간에 따른 쌀가루와 전분의 물결합능력이 나와있다. 저장기간이 길어질수록 전분 표면의 박리 현상(그림 1)으로 인한 전분 손상도가 증가하므로 이로 인한 쌀가루의 물결합능력이 증가하는 것으로 보인다 (2000년 229.7%, 2001년 215.4%). 저장기간이 짧은 2002년 쌀가루의 물결합능력은 192.7%로 사용한 시료의 품종과 실험 방법을 고려하면 181.95%의 이승희(2002)의 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

한편 쌀가루에 비해 전분의 물 결합능력은 낮았는데



RF is rice flour and RS is rice starch.
The number was the harvested year of rice.

[Fig. 2] X-Ray Diffractograms of Rice Flour and Starches

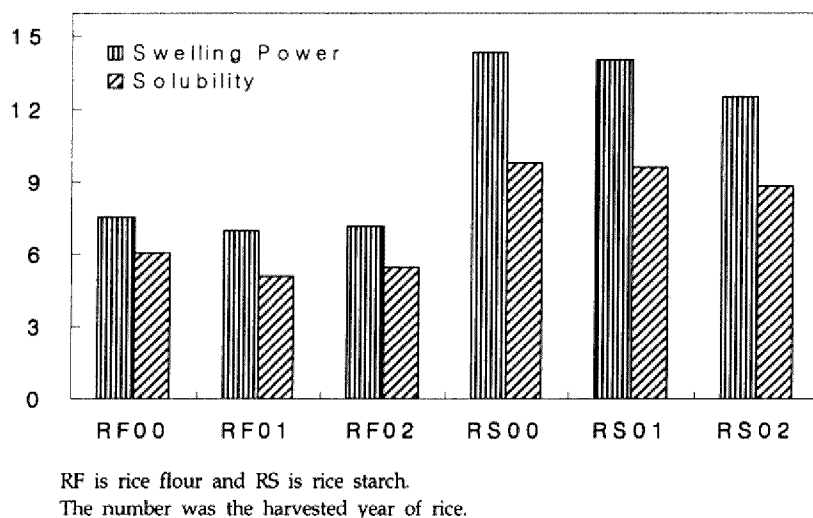
(2000년 163.0%, 2001년 154.1%, 2002년 146.5%) 이는 쌀가루에는 전분이 주성분이나 기타 성분들의 존재로 인해 물결합능력이 증가하기 때문인 것으로 보이고, 찹쌀가루에서도 같은 현상을 보였다(이승희, 2002; 최은정, 김향숙, 1997). 수침시간에 따른 멥쌀가루와 찹쌀가루의 물결합능력은 수침 초기에 물결합이 일어나므로, 수침시간이 길어질수록 오히려 감소하지만 전분은 3일까지 수침시켜도 물결합능력에 큰 차이가 나지 않았고 찹쌀 전분의 경우는 오히려 증가하였다(이승희, 2002). Chiang과 Yeh(2002)는 수침과정에 의해 쌀가루와 전분에 함유된 수분으로 입자의 구조를 헐겁게하여 입자의 크기를 감소시키고 전분 손상도를 낮추는 결과를 가져온다고 하였다.

그림 3은 고미로 제분한 쌀가루와 전분의 가공적성을 알아보려고 시료에 물을 첨가하여 80℃까지 가열한 후 측정된 입자의 팽윤 정도와 용해도이다. 저장기간이 길어질수록 팽윤력과 용해도는 증가하여 2000년도산 쌀가루와 전분의 경우 값이 가장 높았다. Li와 Yeh(2001)는 옥수수과 쌀 전분은 다른 전분에 비해 팽윤도가 낮고, 입자 내 아밀로펙틴의 결정체가 팽윤과 호화 개시를 결정하며, DP \geq 35의 장쇄를 많이 가진 아밀로펙틴은 팽윤을 증가시킨다고 보고하였다. Wang과 Seib(1996)는 팽윤과 물결합능력은 유의적인 상관관계($r^2=0.93$)를 갖는다고 하였다. 또한 최차란(2002)은 멥쌀가루와 멥쌀 전분의 팽윤력을 비교하였을 때 80℃이하에서는 쌀가루가 전분보다 높은 팽윤력을 보이다가 그 온도 이후에서는 전분의 팽윤

력이 증가한다고 보고하였으나 본 연구에서는 쌀전분이 쌀가루의 팽윤력보다 높았고, 80℃ 이상의 온도에서는 팽윤력의 급격한 증가를 보여주었다. 즉 2000년도산 전분의 경우 60℃, 80℃, 100℃에서 팽윤력은 각각 7.89, 14.35, 27.28이었다. 이는 팽윤력이 전분에 의해 나타나는 현상이지만 쌀가루에는 전분 이외의 다른 성분이 있어 팽윤이 억제되는 것으로 보여지고 이는 Kim과 Seib(1993)의 결과와 일치하였다. 저장기간에 따라 많은 변화를 보여주는 데 용해도는 팽윤력과 매우 높은 상관성을 보였으나 증가 정도는 일치하지 않았다.

4. 호화 특성

쌀가루 저장에 의한 변화 중의 하나가 쌀가루나 전분에 함유된 α -아밀라아제의 활성도 증가이다. 곡류의 발아를 설명하는 지표로 효소의 활성화 정도를 이용하는데 이 효소는 전분 호화액의 점도를 낮게하여 가공 적성을 변화하게 한다. 이 원리를 이용하여 신속점도측정계로 95℃에서 측정된 SN(stirring number) 수치로 전분의 손상도를 추측할 수 있는데(Ross et al., 1987) 효소의 작용으로 호화액의 점도가 감소하면 SN 수치는 증가한다. 그림 4는 쌀가루와 전분의 저장기간에 따른 SN 변화를 보여준다. 쌀가루와 전분 모두 2000년의 경우 SN 수치가 가장 높았고 특히 쌀가루는 2001년보다 2002년의 시료에 효소 활성



[Fig. 3] Swelling Power & Solubility at 80°C of Domestic Nonwaxy Rice Flours & Starches

도가 더 컸다. 쌀가루는 반응시간 1.6분까지 저장기간별 SN차이를 보였고 전분은 반응시간 0.8분 이후에 저장기간별 SN 차이를 보였는데, 쌀가루는 전분 외에도 기타 성분의 존재로 효소와 기질과의 반응에 어느 정도 시간이 필요한 것으로 사료된다. 또한 쌀가루보다 전분의 SN 수치가 높은 것은 α-아밀라아제와 반응할 기질이 전분에 더 농축되어 있어 반응이 더 활발한 것으로 생각된다.

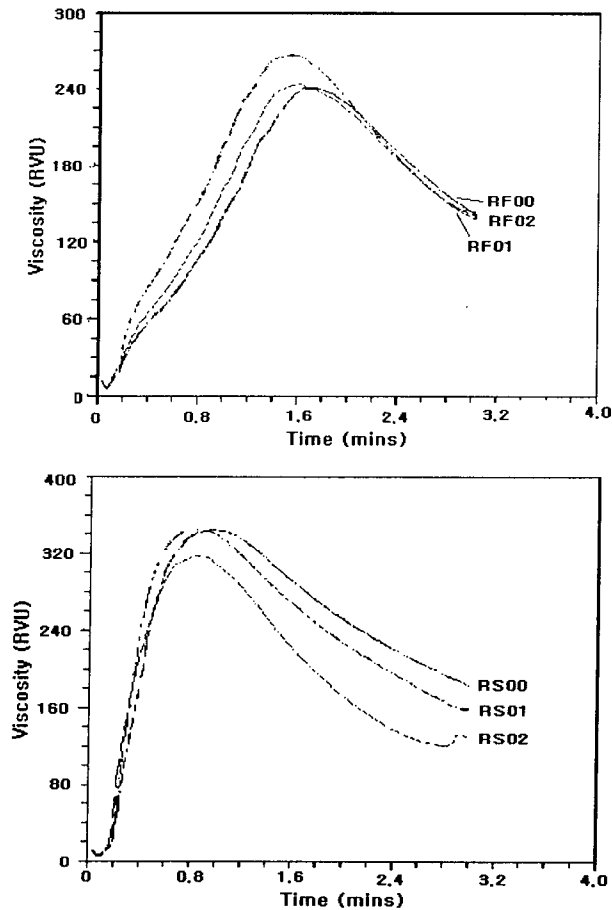
전분의 호화는 전분의 종류, 구조, 수분함량, 가열온도, 가열시간, 지질함량 등에 영향을 받는다고 보고되었는데, 특히 쌀 성분의 약 80%를 차지하는 전분이 쌀가루의 호화에 가장 관계가 깊고 지질 등 기타 성분도 중요한 역할을 한다(Grant, 1998; Lii et al., 1995). 신속점도계를 이용한 쌀가루와 전분의 호화 특성의 결과는 그림 5에 나와있다. 쌀가루는 냉각점도와 setback에서, 전분의 경우 최고점도와 setback에서 차이를 보였지만 모두 저장기간별 유의적인 차이는 보이지 않았다. 쌀가루의 호화개시온도는 2002년도산이 가장 높아 69.75°C로 일반적인 쌀가루의 호화개시온도와 비슷하였다(이승희, 2002). 쌀전분은 이보다 높았는데 쌀가루에 비해 팽윤과 호화에 저항성을 가진 아밀로오스 함량이 상대적으로 높고, 쌀가루의 입자 분포가 전분의 입자 분포와 다르고 최빈수를 차지하는 입자크기인 6-10µm 미만의 입자가 쌀가루에 더 많이 분포하고 있기 때문으로 설명된다.

제분에 따른 쌀 입자의 구조 및 크기 변화는 전분 현탁액의 호화 양상에 변화를 주어 Kum 외(1993)는 입자 크기가 작을수록 팽윤이 일찍 일어나 호화 개시온도는 낮아지고 빠른 점도변화로 인해 최고 점도는 감소한다고 하였다. 즉 전분 입자의 일부가 용출되면 그로 인해 전분

의 호화가 자유롭게 진행되어 호화개시온도는 낮아진다고 보고하였는데, 호화 양상이 제분 정도와도 상관관계가 높으므로 가루 식품을 구성하는 입자의 균일한 분포가 중요함을 설명한다. 2000년도산 쌀가루와 전분의 호화개시온도는 각각 66.6°C와 83.8°C이었다. 2000년, 2001년, 2002년도 쌀가루의 최고점도(냉각 점도, setback, 호화개시온도)는 각각 418.1(367.3, -50.8, 66.6°C), 450.2(361.7, -88.5, 68.2°C), 435.2(345.4, -89.8, 69.8°C)로 큰 차이가 없었다. 이에 비해 전분은 그림 5에서 보듯이 최고점도에서 차이가 났다. 특히 2000년 수확한 전분의 경우 최고점도가 다른 두 시료에 비해 낮았는데 이는 표면에 결합된 일부 아밀로오스나 팽윤저해물질인 지질과 같은 다른 성분이 용출되거나 제거됨으로써 쉽게 팽윤되어 낮은 온도에서 호화가 시작되고 용출된 전분 구성원의 자유 운동으로 호화액을 구성하는 전분 사슬간 결합이 쉽게 이루어지지 않아 최고점도도 낮아진다고 볼 수 있다. 연도별 최고점도, 냉각점도, setback, 호화개시온도는 다음과 같다. 2000년도 전분(217.5, 240.8, 23.3, 83.8°C), 2001년 전분(253.3, 190.8, -62.6, 83.1°C), 2002년 전분(248.3, 226.7, -21.6, 71.4°C)이었다.

IV. 결론

본 연구에서는 현재 과다 재고되어 사료로 사용되고 있는 고미로부터 제조한 쌀가루와 전분의 특성을 비교하였고 그 결과는 다음과 같다. 저장기간에 무관하게 제조

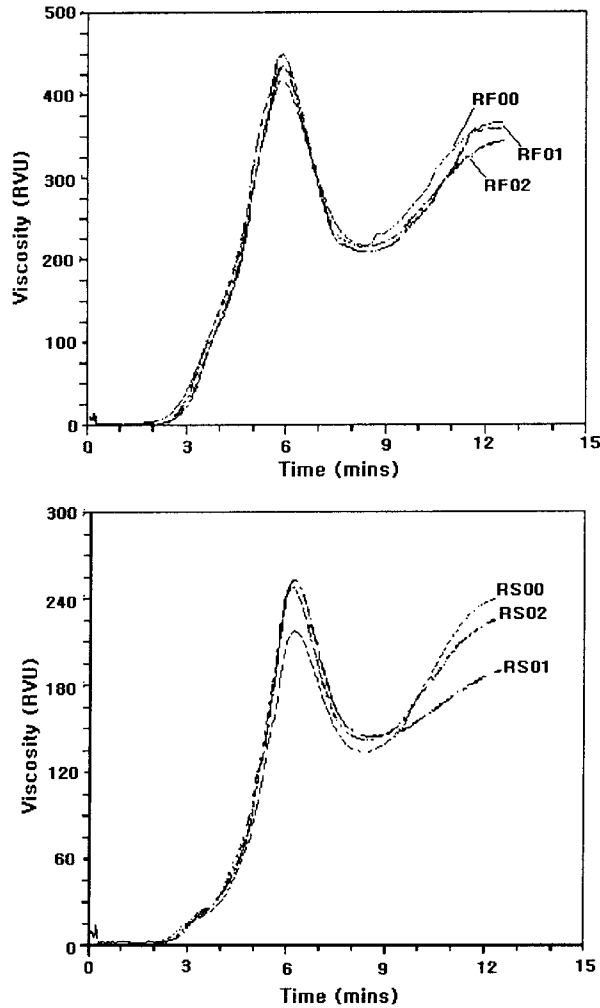


RF is rice flour and RS is rice starch.
The number was the harvested year of rice.

(Fig. 4) Stirring Number as an α -Amylase Activity of Nonwaxy Rice Flours and Starches by RVA

한 쌀가루의 일반성분은 차이가 없었고 보고된 일반미의 결과와도 비슷하였다. 전분의 경우 조지방질 함량이 보고된 data보다 약간 높게 나왔는데 이는 전분 제조시 사용된 알칼리의 농도에 따라 차이가 난 것으로 생각되었다. 쌀가루와 전분을 식품 가공이나 조리에 응용할 때 중요한 인자중의 하나인 색도 특성에서 저장기간이 길어질수록 쌀가루의 녹색도는 차이가 없었으나 탈색되어 명도와 황색도는 증가하여 오관으로 느끼는 색감에 영향을 주어 ΔE 값이 저장에 따라 6.25에서 3.73으로 감소하였다. 전분은 제조과정 중 탈색되어 전반적으로 쌀가루보다 색이 더 밝았다 (ΔE 1.53~1.93). 입자표면을 관찰한 SEM에서 고미일수록 쌀가루 입자는 파괴되거나 더 퍼진 형태를 보여주었고, 전분은 유리된 형태로 많이 존재하였다. 쌀가루와 전분 입자의 크기별 분포도조사에서 전분이 쌀가루에 비해 6~10 μm 크기를 가진 입자가 더 많이 존재하였다. 결정성과 결정 강도를 설명하는 X선 회절도에서

큰 차이를 보이지 않으나 면적비의 계산 결과 고미일수록 결정 강도가 저하됨을 알아내었다. 물결합능력은 생전분 특히 저장중 입자 표면의 손상도를 설명할 수 있는데 본 실험에서도 저장기간이 길어질수록 그 수치가 높아졌다. 즉 물결합능력이 2002년도 쌀가루의 192.7%에 비해 2000년은 229.7%이었다. 전분의 물결합능력도 같은 경향을 보이나 2002년 146.5%, 2000년 163.0%로 수치는 훨씬 낮았다. 쌀가루와 전분의 가공적성을 알아보기 위해 팽윤력과 용해도를 측정한 결과 80 $^{\circ}C$ 전후로 급격한 증가를 가져왔고 저장기간과도 매우 상관관계가 높아 오래 저장된 쌀가루나 전분의 경우 모두 높았으며, 특히 쌀가루에는 지질 등 소량이나 기타 물질이 존재하여 전분의 팽윤을 억제하므로 전분이 쌀가루보다 팽윤력과 용해도가 모두 높았다. 쌀가루의 저장기간에 따른 효소의 활성화 정도(SN으로 표시)를 측정하면 곡류의 발아와 손상도를 유추할 수 있는데 쌀가루는 반응 1.6분까지, 전분은



RF is rice flour and RS is rice starch.
The number was the harvested year of rice.

[Fig. 5] Pasting Properties of Nonwaxy Rice Flours and Starches by RVA

반응 0.8분 이후에 저장기간별 SN 차이를 보여 이는 전분 외에도 기타 성분이 존재하는 쌀가루는 효소와 기질의 반응에 시간이 요구됨을 알 수 있었다. 쌀 성분의 80% 정도를 차지하는 전분의 호화양상은 고미의 가공적 성과 관계된다. 신속점도계로 측정된 결과에서 쌀가루는 냉각점도와 setback에서, 전분은 최고점도와 setback에서 저장기간에 따라 차이를 보였다. 호화개시온도도 전분의 경우 쌀가루보다 5~15℃ 이상 높았다. 이상의 결과로 쌀가루의 경우는 저장기간이 길어질수록 색도나 외형적 특성이 저하되지만, 3년간의 수확기간에 따른 전분 간의 특성 비교에서 큰 차이를 보이지 않으므로 고미쌀가루를 그대로 이용하기보다는, 전분을 분리하여 식품가공이나 조리에서 사용하는 것은 문제가 없는 것으로 사료된다.

주제어 : 고미, 쌀가루, 쌀전분, 이화학적 특성, 호화

참고 문헌

- 농림부 (2001). 농정 이슈 쌀 산업 대책 및 쌀 관련 식생활. 농림부.
- 농림부 (2002). 농업관련 주요통계(농산물생산비/양곡소비량). 식량정책국식량정책과, 농림부.
- 대한지역사회영양학회 (2001). 쌀 소비 확대를 위한 대국민 홍보심포지움 - 밥 중심 식생활 : 왜 중요한가?. 대한지역사회영양학회, 서울.
- 보건복지부 (2003). 2001 국민 건강·영양조사. 영양조사부문, 보건복지부.

- 이승희 (2002). 수침된 쌀의 건조상태에 따른 쌀가루와 전분의 특성. 전남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 최은정, 김향숙 (1997). 수침한 찹쌀가루와 전분의 이화학적 및 호화 특성. *한국식품영양과학회지* 26(1):17-24.
- 최차란 (2002). 저항전분을 첨가한 쌀가루와 가래떡의 특성. 전남대학교 대학원 박사학위논문.
- 황혜성, 한복려, 한복진 (2002). 한국의 전통음식. 교문사, 서울.
- A.A.C.C. (1999). Approved Methods, 22-08, 61-02, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- A.O.A.C. (1995). Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Chiang, PY, Yeh, AI (2002). Effect of soaking on wet-milling of rice. *J. Cereal Sci.*, 35(1), 85-94.
- Dinsmoore, RS (2000). Resistant Starch, Diabetes Self-Management, DSM, Boulder, CO.
- Grant, LA (1998). Effects of starch isolation, drying, and grinding techniques on its gelatinization and retrogradation properties. *Cereal Chem.* 75(6), 590-594.
- Hoffpauer, DW (2005). New Applications for whole rice bran. *Cereal Foods World* 50(4), 173-174.
- Kadan, RS, Champagne, ET, Ziegler, GM, Richard, OA (1997). Amylose and protein contents of rice cultivars as related to texture of rice-based fries. *J. Food Sci.*, 62(3), 701-707.
- Kahlon, TS, Smith, GE (2004). Rice Bran: A Health-promoting ingredient. *Cereal Foods World* 49(4), 188-192.
- Kim, WS, Seib, PA (1993). Apparent restriction of starch swelling in cooked noodles by lipids in some commercial wheat flours. *Cereal Chem.*, 70(4), 367-372.
- Kim, WS, Seib, PA, Chung, OK (1991). Origin of color in vital wheat gluten. *Cereal Foods World*, 36(11), 954-958.
- Kum, JS, Lee, SH, Kim, Kim, YI (1993). Effects of different milling methods on physicochemical properties. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 25(5), 546-551.
- Lee, SJ, Kim, SK (1998). Amylograph pasting properties of flour and starch of Korean rices differing in maturity. *Agric. Chem. Biotechnol.*, 41(5), 421-425.
- Li, J-Y, Yeh, A-I (2001). Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. *J. Food Engineering*, 50(3), 141-148.
- Lii, C-Y, Shao Y-Y, Tseng, K-H (1995). Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem.* 72(4), 393-400.
- Medcalf, DF, Gilles, KA (1965). Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42(6), 558-568.
- Ong, MH, Blanshard, JMV (1995). The significance of starch polymorphism in commercially produced parboiled rice. *Starch/Stärke* 47(1), 7-13.
- Pszczola, DE (2003). New ingredient developments are going with the grain. *Food Technol.*, 57(2), 46-52.
- Ross, AS, Walker, CE, Booth, RI, Orth, RA, Wrigley, CW (1987). The Rapid visco-analyser: A new technique for the estimation of sprout damage, *Cereal Foods World*, 32(11), 827-829.
- Saunders, RM (1990). The properties of rice bran as a foodstuff. *Cereal Foods World*, 35(7), 632-636
- Schoch, TJ, Leach, W (1964). Whole starches and modified starches: Methods in Carbohydrate Chemistry (vol II). ed. by Whistler, RL, New York, Academic Press.
- Sowbhagya, CM, Ramesh, BS, Ali, SZ (1994). Hydration, swelling, and solubility behavior of rice in relation to other physicochemical properties. *J. Sci. Food Agric.* 64(1), 1-7.
- Walter, M, da Silva, LP, Denardin, CC (2005). Rice and resistant starch: different content depending on chosen methodology. *J. Food Compo. Anal.* 18, 279-285.
- Wang, L, Seib, PA (1996). Australian salt-noodle flours and their starches compared to US wheat flours and their starches. *Cereal Chem.*, 73(1), 167-175.
- Wilkinson, HC, Champagne, ET (2004). Value-added rice products in today's market. *Cereal Foods World*, 49(3), 134-138.
- Yamamoto, K, Sawada, S, Onogaki, T (1993). Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku* 4(2), 285-289.
- Zhou, Z, Robards, K, Helliwell, S, Blanchard, C (2002). Ageing of stored rice: Changes in chemical and physical attributes, *J. Cereal Sci.* 35(1), 65-78.

(2005. 10. 20 접수; 2005. 11. 21 채택)