

수분-열처리에 의해 제조한 멥쌀가루의 특성

이미경¹ · 신말식

¹광주보건대학 식품영양과, 전남대학교 식품영양학과

Characteristics of Rice Flours Prepared by Moisture-Heat Treatment

Mi-Kyung Lee¹, Malshick Shin

¹Department of Food and Nutrition, Kwangju Health College
Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

To improve the properties of non-waxy rice flours for baking, soaked-wet milled rice flour (SWRF) was adjusted moisture content (MC) to 30 and 50 % and heated at 50 and 70°C in a shaking water bath for 6 and 18 hrs, respectively. Moisture-heat treated rice flours were investigated with regard to particle size distribution, and morphological, physicochemical and pasting properties for comparing dry and wet milled flours. The particle size of rice flour treated with 30% MC was distributed between 4-20 µm and 100-200 µm, like SWRF. The particles above 200 µm in the flour were produced at higher heating temperature. By SEM, starch granules were found in the rice flours treated with 30% MC, whereas aggregated starch granules were shown in the flours treated with 50% MC. Moisture-heat treatment using higher MC and heating temperature decreased the lightness and increased the yellowness of non-waxy rice flours. Water binding capacity of 30% moisture treated rice flour was similar to that of SWRF. In the same moisture treated rice flour, swelling power was higher, but solubility was lower at 50°C than at 70°C. The initial pasting temperature by RVA increased after moisture-heat treatment. The peak viscosity of moisture-heat treated rice flour was higher for 30% moisture than that of the others. The rice flour treated with 30% MC and heated at 50°C showed low setback and increased stability for retrogradation.

Key words: moisture-heat treatment, soaked wet milled rice flour, particle size distribution, physicochemical properties, pasting properties

1. 서 론

쌀은 세계에서 중요한 곡물 중의 하나이며(Juliano BO, 1985) 우리나라에서도 주요한 식량자원이다. 최근 국내의 쌀 생산량은 증가하는데 반하여 소비량이 감소할 뿐 만 아니라 수입량도 증가하여 쌀의 소비를 촉진하기 위한 쌀 가공제품의 개발이 요구되고 있다. 쌀의

소비는 주식으로서 낱알을 이용하여 밥을 지어 섭취하였고 일부는 가루로 떡이나 한과를 만들어 먹고 있으나 그 양은 미비하다. 쌀 소비 감소 원인 중에는 밀가루로 만든 빵, 라면, 국수 등의 소비 증가가 큰 비중을 차지하는데 이런 현상은 지속적으로 증가될 추세에 있다.

최근 쌀의 가공성을 증대하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 다양한 가공제품들도 개발되고 있다. 즉석 밥이나 쌀을 이용한 음료, 쌀의 기능성 물질에 대한 연구(Oh SH와 Oh CH 2003), 밀가루에 쌀가루를 첨가하거나 쌀가루에 글루텐을 첨가하여 빵이나 면, 라면 등을 제조하는 연구(Kang MY 등 2000, Nishita

Corresponding author: Malshick Shin, Chonnam National University,
Yongbong-dong 300, Bukgu, Gwangju 500-757, Korea
Tel: 82-62-530-1336
Fax: 82-62-530-1339
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr

KD 등 1976, Nishita KD와 Bean MM 1976), 떡의 유통기한을 증가시키려는 연구(Kim JO와 Shin MS 2000, Song JC와 Park HJ 2003a,b), 쌀가루를 첨가한 이유식 개발 등 다양한 제품에 대한 연구 등(Kim KO와 Choi HJ 1995, Kim HYL 등 2002)이 진행되고 있다. 이런 가공제품의 개발은 쌀알을 사용하지 않고 가루를 사용하는데 지금까지는 건식제분된 쌀가루가 유통되면서 조리나 가공하기 어려운 문제점이 제시되고 있다. 그래서 이를 개선하기 위한 쌀가루의 가공 처리 방법에 대한 연구는 필요하다고 생각된다. 전통적으로 쌀가루 제품은 쌀을 수침하고 습식제분한 쌀가루를 사용하여 저장, 유통이 어려울 뿐만 아니라 경제성도 낮아 쌀가루 가공제품의 개발이 적었다. 습식제분 쌀가루와 같이 흡수와 호화가 빠르며 가공성이 우수한 성질을 가지며 유통이 편한 방법에 대한 연구가 진행되고 있다 (Lee SH 2002, unpublished data).

밀은 가루화 하기 쉽도록 일정한 수분과 온도 조건에서 템퍼링(tempering) 과정을 거치는데 이 과정을 거치면서 물이 밀알 내부로 침투되어 들어가 세포나 전분에도 영향을 줄 수 있다. 쌀을 수침하는 과정에서 물이 배유세포로 침투되어 가기 때문에 습식제분 쌀가루의 가공성을 개선하는 것으로 생각되어 이 과정을 이용하고 유통을 용이하게 하는 방법에 대한 연구도 진행되었다(Kim MH 등 1993, Shin MS 등 2001, Lee MK 등 2004). 최근 밀가루의 단백질로 인한 글루텐 흡수장애나 아토피 등의 건강과 관련된 문제에 관심이 증가되면서 쌀가루를 활용하려는 시도가 한층 증가하고 있다.

전분입자는 부분적 결정형 고분자로 수분함량과 가열온도에 따라 그 결정구조와 아밀로오스의 배열 등이 달라지며(Kulp K와 Lorenz K 1981, Donovan JW 등 1983) 수분열처리에 의해서는 전분입자의 중심에서부터 무정형 부분을 밀집하게 만들어 구조적인 안정성을 가져온다. 즉 호화가 가능한 수분함량과 가열온도 범위에서는 전분이 모두 무정형으로 바뀌며 호화되고 냉각하면 노화되나 수분과 온도를 조절하여 처리하면 전분의 화학적 처리를 하지 않고 성질을 변화할 수 있다. Mun SH 등(2002)은 가열냉각 사이클은 반복한 저항전분의 경우 수분-열처리를 하면 저항전분 함량이 증가하여 결정부분이 증가됨을 보고하였다.

쌀가루는 쌀의 종류, 쌀에 함유된 단백질이나 회분,

지질 함량, 쌀 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량, 제분 방법, 수침조건, 제분된 쌀가루의 입자크기 등 여러 요인에 의해 그 특성이 달라질 수 있다(Kum JS 등 1993, Kim YI 등 1995, Kohlwey DE 등 1995, Yoo SH와 Kim SK 2004, Takahashi T 등 2005, Kim SS 등 2005, Lee YT과 Kim SS 2004). 수침방법, 제분기나 제분방법, 입자크기에 따른 쌀가루의 특성에 대한 연구는 부분적으로 진행되고 있으나 물리적인 방법으로 수분이나 열처리를 통한 쌀가루의 성질을 변화시키려는 시도는 거의 없다.

그래서 쌀가루의 특성을 변화시키기 위하여 백미로 도정한 일미벼를 습식제분하고, 건조하여 쌀가루를 제조하고 물리적 변성처리 과정으로 쌀가루의 수분함량을 30%와 50%로 조절하여 50℃와 70℃로 6과 18시간 열처리하여 수분-열처리 쌀가루를 제조하였다. 수분-열처리 멧쌀가루의 특성인 쌀가루의 입자분포, 형태적 성질, 이화학적, 호화 특성을 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

시료인 멧쌀은 전라남도 농업기술원(전라남도 남평)에서 2002년 수확한 일미벼를 백미로 도정한 것을 사용하였다.

2. 수분-열처리 쌀가루의 제조

일미벼인 멧쌀을 낱알 형태로 3번 수세 후 3배 정도 물을 가하여 실온에서 12시간 수침하였다. 제분은 수침한 쌀의 물기를 1시간동안 제거한 다음 건조된 쌀과 함께 롤러 밀로 제분하였다. 습식제분쌀가루(soaked wet-milled rice flour, SWRF)는 제분한 젖은 쌀가루를 풍건한 다음 45 mesh(<335 μm) 체를 통과하여 사용하였다.

습식제분쌀가루의 수분함량을 수분측정기(Precisa HA 300, Swiss)로 측정하였다. 수분-열처리 쌀가루의 제조는 쌀가루를 멸균병에 넣고 일정량의 수분을 분무기로 첨가하여 30%와 50%로 조절하여 뚜껑을 닫고 shaker로 30분 흔들어 주었다. 이를 평형에 도달할 때 4℃ 냉장고에 하룻밤 방치하고 50℃와 70℃로 조절한 shaking water bath에서 80 rpm의 속도로 6시간과 18시간 열처리하여 실온에서 풍건하였다(약 수분함량

12%). 이를 분쇄기(FM-680-T, 한일전기, 한국)로 분쇄하고 45 mesh 체를 통과한 다음 데시케이터에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

3. 쌀가루의 일반성분 분석 및 입자 분포 측정

쌀가루의 일반성분은 AOAC 방법(AOAC 1995)으로 수분함량, 단백질은 미량 켈달법, 조지방질은 용매로 에테르 사용한 속실험법, 회분은 550°C 직접회화법으로 측정하였다. 쌀가루의 입자크기 분포는 LS particle size analyzer(Model LS 100Q, USA)를 이용하여 분석하였다.

4. 주사전자현미경을 이용한 쌀가루 입자 형태 관찰

쌀가루 입자형태는 주사전자현미경(Scanning electron microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 이용하여 입자를 금으로 도금시켜 전도성을 갖게 한 다음 가속전압 25kV, phototimes 85초의 조건에서 500배와 3,500배의 배율로 관찰하였다.

5. X-선 회절도 분석

수분-열처리한 쌀가루의 X-선 회절도에 의한 결정형과 결정강도는 X-선 회절기(D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 분석하였다. 기기의 조건은 target Cu-K α ; filter, Ni; full scale range, 3000 cps; scanning speed, 8°/min; voltage, 40 kV; current, 20 mA로 회절각도(2 θ) 40-5°까지 회절시켜 비교하였다.

6. 쌀가루의 색도측정

처리조건에 따른 쌀가루의 색도는 색차계(Chroma meter CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter의 L(lightness), a(redness/greenness), b(yellowness/blueness)를 4회 반복 측정하였고 그 평균값과 표준편차로 나타내었다. 표준 백색판은 L=96.54, a=0.07, b=1.90을 사용하여 분석하였다.

7. 이화학적 특성 측정

DRF(dry milled rice flour)와 SWRF(soaked wet milled rice flour)의 겔보기 아밀로오스 함량은 Williams C 등(1970)의 방법으로 시료 20 mg(db)을 요오드 용액에 발색하여 측정하였다. 표준곡선은 쌀 전분을 Montgomery

EM과 Senti FR(1958)의 방법으로 아밀로오스와 아밀로펙틴을 분리하여 일정 비율로 혼합하여 위와 같은 방법으로 측정하였다. 수분-열처리 쌀가루의 물결합능력은 Medcalf DG와 Gilles KA(1965)의 방법에 따라 쌀가루 0.5 g(db)과 증류수 30 mL을 가한 후 마그네틱바(ϕ 3.2 \times 13 mm)를 넣어 교반기로 1시간 저어준 후 원심분리기(Vision VS-21 SMT, 한국)로 3000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 원심분리 후 관을 거꾸로 세워 상징액을 제거하고 침전된 무게를 측정하여 처음 시료와의 중량비로 계산하였다. 팽윤력과 용해도는 Schoch TJ(1964) 방법으로 실온(25°C), 75°C, 100°C에서 측정하였다. 시료 0.5 g(db)에 증류수 40 mL을 넣고 각 온도에서 30분간 가열한 다음 5,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 상징액은 105°C 오븐에서 건조, 침전물의 무게를 측정하여 계산하였다.

8. 신속점도측정기에 의한 호화특성 측정

처리조건이 다른 쌀가루의 호화특성은 신속점도측정기(Rapid Visco Analyzer, RVA, Model 3D, Newport Scientific Pty, Ltd., Narrabeen, Australia)를 이용하여 다음과 같이 측정하였다. RVA용 알루미늄 용기에 시료 3 g(12% 수분함량 기준)과 증류수 25 mL를 넣어 분산시키고 0-1 min 50°C, 1-4.7 min은 95°C까지 상승, 4.7-7.2 min은 95°C 유지, 7.2-11 min은 50°C까지 냉각 11-13 min은 50°C로 유지하면서 점도를 측정하였다. 신속점도측정기의 측정치는 피크점도(P), 95°C에서의 2분 유지한 후의 유지점도(H), 50°C에서 냉각점도(C)와 이로부터 consistency(C-H), setback(C-P), breakdown(P-H)을 계산하였다.

9. 통계처리

실험결과는 SAS package를 사용하여 ANOVA에 의해 분산분석을 실시하였고 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 시료간의 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 쌀가루의 일반성분 및 입도분석

습식제분쌀가루(SWRF)와 건식제분쌀가루(DRF)의 일반성분은 각각 수분함량 12.21와 12.11%, 단백질은

7.47와 6.76%, 지질 함량은 1.04와 1.02%, 회분함량은 0.71와 0.31%이었다. 실온에서 쌀을 수침하는 과정에서 단백질 및 회분이 용출되어 습식제분쌀가루의 단백질과 회분함량이 감소하였으나 지질 함량은 변화가 없었다. 수침에 의해 단백질, 회분, 지질이 감소하는 것은 멧쌀(Chiang PY와 Yeh AI 2002, Kim SK과 Bang JB 1996)뿐만 아니라 찰쌀(Lee YH 등 2001, Kim K 등 1993)에서도 나타났다. 건식제분 쌀가루의 단백질, 회분이 습식제분 쌀가루보다 높았다는 결과(Lee MK 등 2004, Park YK 등 1988, Lee SH 2002)와도 일치하였다. 쌀알을 수침하면 물이 침투하여 세포 안에 전분입자들이 부분적으로 팽윤되어 전분입자 사이의 단백질체들이 쉽게 분리될 수 있기 때문에 수침된 쌀알을 제분하면 전분이 세포벽에서 분리하는 것을 알 수 있었

고 단백질의 감소가 일어나는데 영향을 주었을 것으로 생각되었다.

쌀가루의 입자 분포를 보면 습식제분의 쌀가루의 경우 2-6 μm 크기의 입자 부분이 증가됨을 알 수 있었고 이 분획은 쌀 전분 입자크기인 1.6-8.7 μm 의 범위로 세포에서 전분입자의 분리가 일어났기 때문이라고 생각되었다(unpublished data). 이로 인해 흡수성이 빨라 지므로 조리에 쉽게 적용할 수 있을 것이다. 습식제분 쌀가루로 수분함량을 30%, 50%로 조절하여 50 $^{\circ}\text{C}$ 와 70 $^{\circ}\text{C}$ 로 열처리한 쌀가루의 입자분포는 Fig. 1과 같았다.

수분함량을 30%로 처리한 쌀가루는 가열온도를 50 $^{\circ}\text{C}$ 와 70 $^{\circ}\text{C}$ 로 처리하여도 SWRF와 비슷한 양상을 보이는 4-20 μm 와 100-200 μm 의 이중 정규분포를 그대로 유지하였다(Fig. 1-A). 가열처리 시간을 18시간으로 증

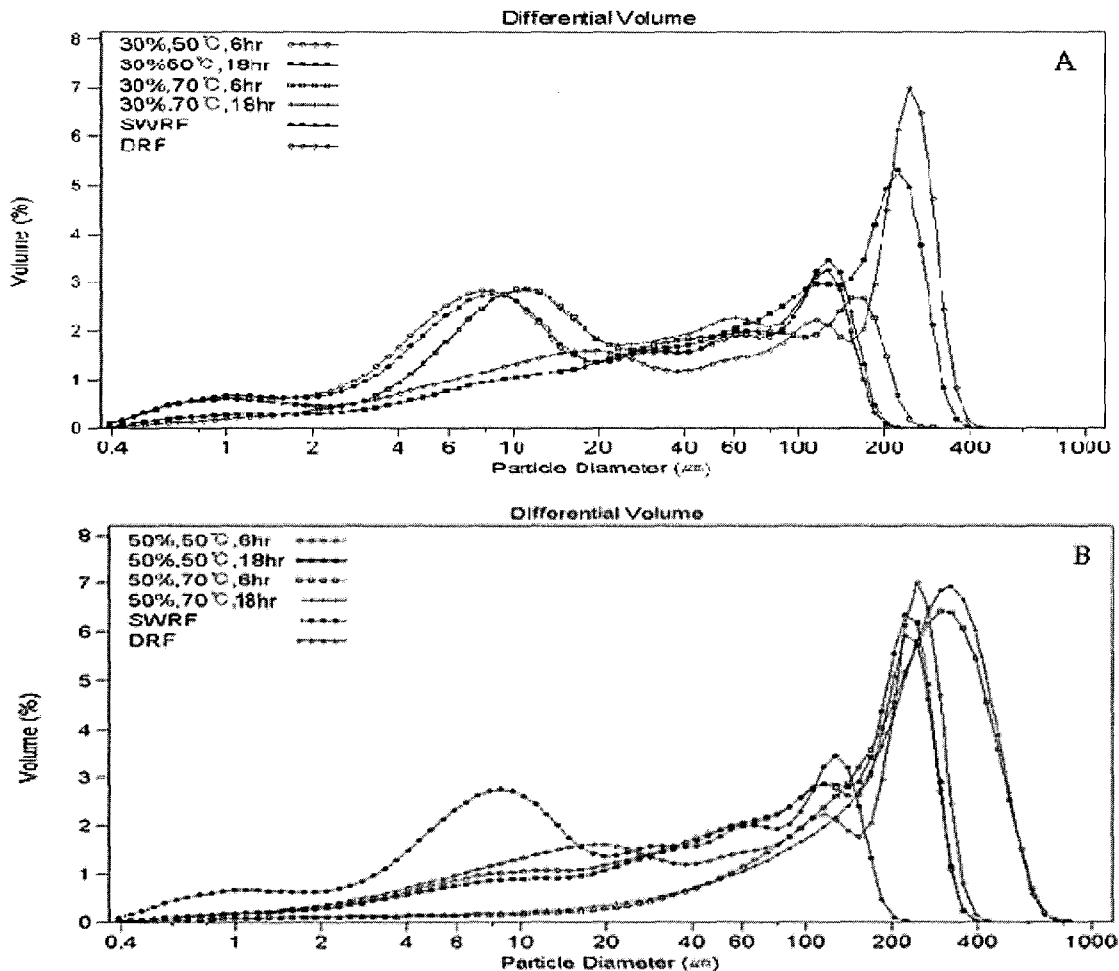


Fig. 1. Particle size distribution of moisture-heat treated non-waxy rice flours with 30% (A) and 50% (B) moisture contents.

가하면 200-400 μm 범위의 입자가 나타나 수분과 열로 인해 서로 입자의 물리적인 응집현상이 증가됨을 알 수 있었다. 수분함량을 50%로 조절한 경우 그림 1-B와 같이 4-20 μm 의 정규분포 피크가 거의 감소하고 180-400 μm 와 200-600 μm 의 피크가 생김을 알 수 있어 전체적으로 입자 크기가 증가함을 알 수 있었다. 특히 70 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열 처리한 경우 200-600 μm 입자크기 분포가 가장 넓어졌으며 가열온도가 50 $^{\circ}\text{C}$ 인 경우는 18시간 처리해도 같은 분획이 낮은 비율을 보여 가열온도가 소화온도 이상의 경우에 전분의 호화로 입자의 변화가 일어나면서 가열처리 시간보다는 입자의 응집현상을 증가시킴을 알 수 있었다. 가온 수침 처리한 쌀가루도 높은 온도로 처리할수록 입자 크기가 커짐을 알 수 있었다(Kim SS 등 2005). 즉, 같은 수분함량의 쌀가루는 가열온도가 높고 가열처리 시간이 길어지면 입자 크기가 커지고 큰 입자분포의 비율도 증가함을 알 수 있었다. 이런 입자 크기의 분포는 습식제분쌀가루와는 다른 양상을 보이므로 이런 입자 크기의 변화는 쌀가루의 조리, 가공과정에 다른 변화를 줄 것으로 생각되었다.

수분함량은 전분이 호화되는데 중요한 요인으로 30%에서는 큰 영향을 주지 않으나 50%의 수분함량은 온도가 높아지면서 전분팽윤과 호화가 일어나 호화 중의 용출된 전분분자의 점도나 구조의 변화로 입자간의 덩어리가 형성되었을 것으로 생각되었다.

2. 주사전자 현미경에 의한 쌀가루 입자의 형태

쌀가루 입자의 형태의 변화를 관찰하기 위해 500배와 3500배로 확대한 결과는 Fig. 2와 3과 같다.

수분함량을 30%로 처리한 경우 처리된 쌀가루(A-D)에서는 SWRF(E)처럼 전분입자의 모양을 뚜렷하게 볼 수 있었다. 50%의 수분으로 열처리한 쌀가루는 대부분 쌀가루 입자끼리 엉겨 붙거나 부분적으로 호화된 상태를 보여주어 입자의 크기분포에서 보여준 결과와 비슷한 경향을 나타냈다. SWRF는 배율이 증가된 상태에서 관찰하면 분리된 전분입자를 잘 볼 수 있었으나 DRF(J)는 덩어리진 쌀가루에 표면이 매끄럽고 분리된 전분입자를 잘 볼 수 없어 건식제분 쌀가루는 세포 안에 들어 있는 전분이 분리되기 어려운 조건임을 알 수 있었다. 이는 수침시간을 달리하여 제조한 쌀가루의 형태에서 수침을 1 시간과 72 시간 시켰을 때 수침시

간이 긴 경우 다면체의 전분입자들이 표면이 더 많이 붙어 있었다는 결과와 비슷하였다(Lee SH 2002). 쌀 전분은 세포내에서 복합전분립으로 존재하다가 전분입자가 분리되어 나오면서 다면체로 보이므로(Esau K 1977) 수침에 의해 헐거워진 세포로 인해 전분입자가 분리되어 관찰됨을 알 수 있다. 전분을 수분-열처리(heat-moisture treatment, HMT)하여 실험한 보고들은 호

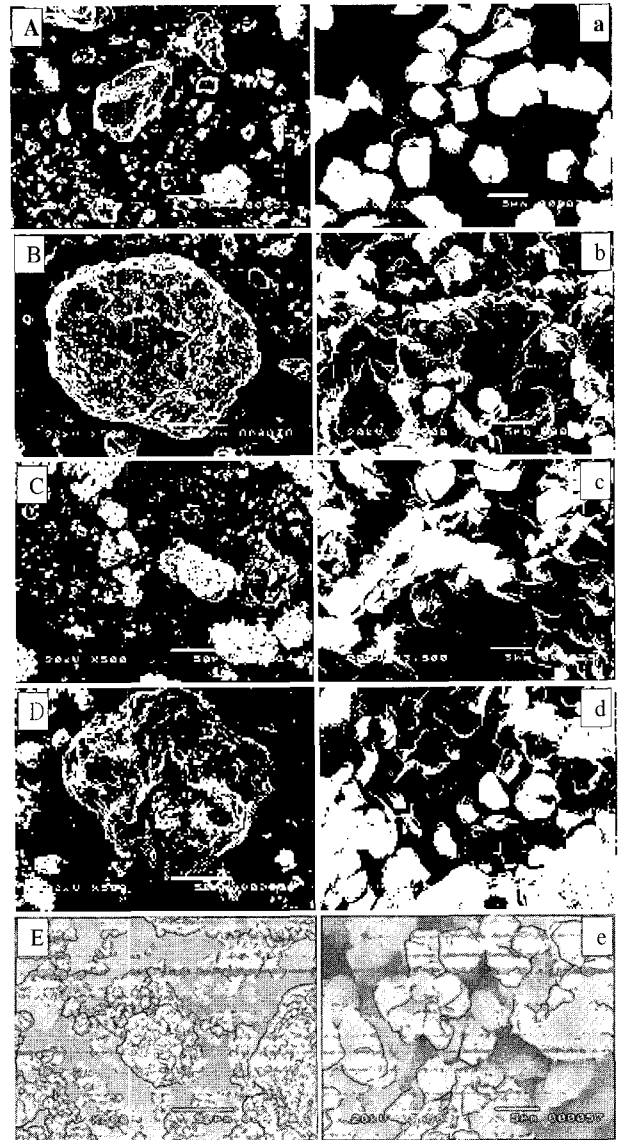


Fig. 2. Scanning electron microphotographs of moisture-heat treated non-waxy rice flours with 30% moisture content and different heating temperature and heating time; 50 $^{\circ}\text{C}$ and 6 hr (A, a); 50 $^{\circ}\text{C}$ and 18 hr (B, b), 70 $^{\circ}\text{C}$ and 6 hr (C, c), 70 $^{\circ}\text{C}$ and 18 hr (D, d), and soaked wet milled rice flour (SWRF, E, e). Magnification $\times 500$ (A-E) and $\times 3,500$ (a-e).

화되기 어려운 수분함량 범위(24% 이하)에서 고온인 100℃로 처리하였으므로(Sair L 1967) 전분입자의 모양은 그대로 유지되나 흡수력이 감소하고 결정성이 증가되는데 본 연구에서는 흡수성을 증가시키고 쌀가루에 포함된 다른 성분의 변화를 줄이기 위해 수분과 가열처리 조건을 온화한 조건으로 처리하여 수분-열처리 (moisture-heat treatment)를 시행하였기 때문에 쌀가루나 전분의 변화 양상이 차이가 있다.

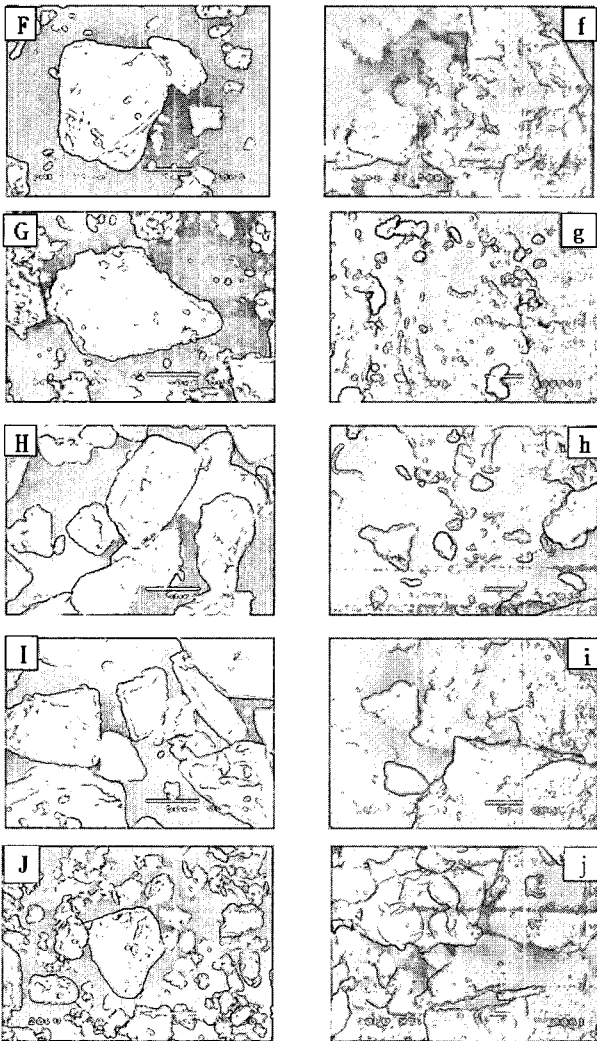


Fig. 3. Scanning electron microphotographs of moisture-heat treated non-waxy rice flours with 50% moisture content and different heating temperature and heating time; 50℃ and 6 hr (F, f), 50℃ and 18 hr (G, g), 70℃ and 6 hr (H, h), 70℃ and 18 hr (I, i), and dry milled rice flour (DRF, J, j). Magnification ×500 (F-J) and ×3,500 (f-j).

3. X-선 회절도

SWRF와 수분-열처리 쌀가루의 X-선 회절도는 Fig. 4와 같이 모두 A형의 결정형을 보였다.

또한 수분함량이 높고 열처리 온도가 높은 경우 회절각도 (2θ)=20°에서의 피크가 증가였으며 다른 피크의 강도는 감소하였다. 2θ=20°의 피크는 아밀로오스와 지질과의 복합체 형성에 의하므로 호화에 의해 증가한다. 즉 수분함량이 높은 경우(50%) 70℃로 가열하였을 때 다른 피크의 감소는 호화에 의한 부정형으로 되기 때문이며 부분적인 호화로 인해 2θ=20°에서의 피크가 증가함을 알 수 있었다.

전분을 수분함량을 18-30%로 조절하여 100℃로 16시간 수분-열처리하면 결정성부분과 부정형부분에 구조적인 변화가 일어나 물리적 성질이 변화하는데 감자전분의 B형결정이 A형으로 변화, 전분 성분 사이에 회합이 증가, 부정형 아밀로오스가 나선형으로 변화된다고 알려져 있다(Donovan JW 등 1983, Hoover R과 Vasanthan T 1994). 물리적 처리로 전분의 성질을 변화하기 위해서는 수분과 가열온도를 조절하는데 그 조건에 따라 달라진다(Kulp K와 Lorenz K 1981). 제한된 수분함량으로 호화온도 이상의 온도에서 가열(HMT), 충분한 수분함량에 호화온도 이하에서 처리(annealing)와 충분한 수분함량의 호화온도 이상으로 처리하는 호화(gelatinization)로 구분하는데 본 실험에서는 수분과 가열 온도를 중간 단계를 사용하여 부분적으로 호화되고 부분적으로 전분분자와 결정구조의 변화를 유도하

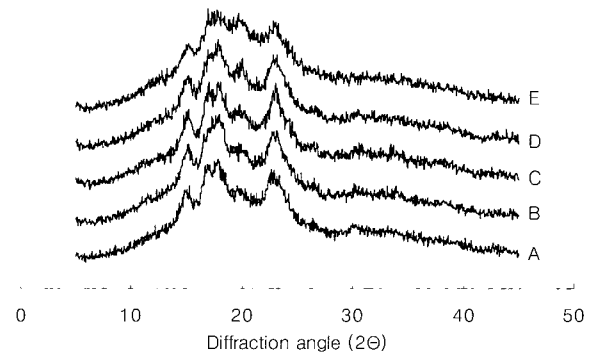


Fig. 4. X-ray diffraction patterns of soaked wet milled rice flour (SWRF, A) and moisture-heat treated non-waxy rice flours with different moisture content, heating temperature and heating time; 30% 50℃ 18 hr (B), 30%, 70℃ 18 hr (C), 50% 50℃ 18 hr (D) and 50% 70℃ 18 hr, respectively.

여 쌀가루의 특성을 변화하였다. 쌀전분은 A형의 결정형으로 수분-열처리에 의해서 결정형의 변화는 없으며 수분함량과 가열온도에 따라 부분적으로 호화되기 때문에 무정형의 구조를 가진 것으로 생각되었다.

Juliano BO(1985)는 heat-moisture treatment를 하면 쌀의 품종이나 재배지, 수확시기에 따라 결정성이 달라진다고 하였다. 쌀가루는 전분 이외의 성분인 단백질이나 지질성분 등을 포함하고 있지만 쌀가루의 주성분이 전분이며 다른 성분들도 전분과 상호작용을 할 수 있지만 쌀가루의 X-선 회절도양상이 전분의 결정성과 같은 경향을 보여 주어 결정성 피크는 전분에 의한 것으로 생각되었다(Fig. 4).

4. 쌀가루의 색도

수분-열처리 쌀가루의 처리조건에 따른 쌀가루의 L, a, b값의 변화 Table 1과 같이 명도(L)는 수분함량이 높은 50% 조건에서 열처리 온도가 높은 경우(70℃) 감소하여 밝기가 낮아졌다.

쌀가루의 색도 중에서 명도와 황색도는 소비자의 선호도에 영향을 주므로 명도가 높고 황색도가 낮은 것이 바람직하다고 생각된다. SWRF가 가장 명도가 높았으며(96.44) 황색도인 b값(2.46)도 처리된 쌀가루보다 낮은 값을 보였다. 명도와 황색도는 수분함량과 가열 온도에 따라 유의적인 차이를 보였다. 황색도는 SWRF나 30%로 처리한 수분-열처리 쌀가루(2.88- 3.32)가 건식제분쌀가루의 5.42(unpublished data)보다 낮아 수침에 의해 쌀가루의 색깔이 백색에 가까워짐을 알 수 있었

다. b값도 50% 수분함량으로 처리한 경우 70℃로 높은 온도로 처리하면 높은 값을 나타내 가열과정 중에 부분적인 갈색화 현상이 진행되어 색깔이 변화되었음을 알 수 있었다.

5. 수분-열처리 쌀가루의 이화학적 특성

SWRF의 겔보기 아밀로오스 함량은 14.12%로 분리된 전분보다 낮았으며 건식제분쌀가루보다는 높은 값을 나타냈다(Lee SH 2002). 물결합능력, 팽윤력과 용해도의 측정 결과는 Table 2와 같았다.

수분-열처리에 의해 쌀가루의 전분 구조가 호화 또는 덩어리지는 형태로 변형되어 물결합능력의 변화를 가져오며 그 변화는 수분함량과 열처리 온도에 따라 다른 양상을 나타냈다. SWRF와 같은 수분함량, 가열온도, 가열시간에 따른 차이를 비교한 결과 팽윤력 측정 온도가 높은 경우 수분함량과 가열 온도에 의해 유의적인 차이를 보였다. 물결합능력과 25℃에서의 팽윤력은 수분함량에 따른 유의적인 차이를 보였으며 수분함량과 가열온도가 높은 경우에 차이를 보였다. 수분함량을 30%로 처리한 쌀가루는 SWRF의 200.9%보다는 높았지만 큰 차이를 보이지 않았으나 50%의 수분함량으로 처리하면 50℃에서 234.8-238.4%, 70℃일 때 360.9-376.0%로 수분-열처리조건이 호화온도 이상의 조건인 경우 물결합능력의 증가하고 그로 인해 특성의 차이를 주었다. Halick JV와 Kelly VJ(1959)은 전분입자의 내부 치밀도가 낮은 것은 수분흡수가 크다고 하였고 수분-열

Table 1. Hunter L, a, b values of moisture-heat treated non-waxy rice flours with different moisture content, heating temperature, and heating time

Rice flour treated condition			Hunter color value ²⁾		
Moisture content(%)	Heating temp.(℃)	Heating time (hr)	L	a	b
SWRF ¹⁾			96.44±0.65 ^{ab)}	-0.84±0.03 ^c	2.46±0.02 ^a
30	50	6	95.09±0.04 ^c	-0.93±0.03 ^{cd}	2.90±0.02 ^b
30	50	18	94.55±0.59 ^c	-0.84±0.03 ^c	2.88±0.01 ^b
30	70	6	94.46±0.60 ^c	-0.91±0.02 ^d	2.96±0.03 ^b
30	70	18	94.46±0.48 ^c	-0.95±0.01 ^{cd}	3.32±0.02 ^c
50	50	6	92.61±0.61 ^b	-0.97±0.04 ^c	4.25±0.04 ^d
50	50	18	92.90±0.69 ^b	-0.96±0.03 ^{cd}	4.47±0.06 ^c
50	70	6	89.65±0.56 ^a	-1.17±0.03 ^a	6.67±0.10 ^f
50	70	18	89.19±0.85 ^a	-1.05±0.04 ^b	7.53±0.12 ^e

¹⁾SWRF means soaked wet milled and dried rice flour.

²⁾L, lightness; +a, redness/-a, greenness; +b, yellowness/-b, blueness

³⁾Means ± standard deviation. Means with different letters within the same column are significantly different (p<0.05) using Duncan's multiple range test.

처리에 의해 증가한다고 하는데 수분함량 50%인 쌀가루로 50℃로 처리하면 전분입자의 팽윤이 증가하며 70℃로 처리하면 부분적으로 호화된 전분에 의해 생전분과는 달리 무정형부분이 증가되어 물결합능력이 증가함을 알 수 있었다. 물결합능력은 전분입자가 호화정도, 손상정도, 입자크기에 의한 표면적, 세포내에 전분입자가 갇혀져 있는 상태에 따라 다르며 단백질 함량이나 단백질과 전분의 상호작용도 영향을 줄 수 있다. 단백질의 경우 40℃ 이상의 온도에서 변성이 되므로 수화 능력이 달라질 수 있어 쌀가루에 함유된 전분이나 단백질의 물리적 상태에 의한 것으로 생각된다.

팽윤력과 용해도로는 식품가공성을 일부 예측할 수 있는데 Table 2와 같이 25℃와 70℃에서의 팽윤력은 처리조건에 따라 다른 경향을 보였으며 SWRF보다 감소하였으나 100℃에서의 팽윤력은 모든 조건에서 증가하였다. 용해도는 팽윤력과 다른 경향으로 25와 70℃에서는 SWRF보다 증가하였으나 100℃에서는 감소하였다. 즉 전분의 호화온도 이상의 온도로 가열처리하면 팽윤력은 증가하였으나 용해도가 감소하였으며 수분-열처리 조건 각각의 영향보다는 수분함량과 가열온도의 상호작용에 의해 차이를 보였다. Leach HW 등(1959)은 전분입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 결합정도가 강한 전분은 팽윤이 억제되므로 팽윤력의 증가는 전분입자의 결정성이 낮아짐을 알 수 있었다. 전분 호화에 필요한 수분함량 이상을 함유한 경우에는 가열온도가 높았을 때 부분적으로 호화되었던 입자들이 불

안정한 구조로 인해 오히려 팽윤력이 감소함을 알 수 있었다. 수분-열처리 쌀가루의 실온(25℃)에서의 팽윤력은 수분함량 50%로 70℃에서 처리했을 때 가장 높은 값을 보였으나 70℃와 100℃에서는 50℃로 처리한 쌀가루보다 낮은 팽윤력과 용해도를 보였다. 이는 수분-열처리에서 호화된 전분의 팽윤력 측정을 위해 가열할 때 전분입자의 형태를 용해, 붕괴되어 팽윤력의 감소뿐만 아니라 용해도의 감소도 나타났다. SWRF의 팽윤력과 용해도는 실온, 70℃, 와 100℃에서 각각 3.3과 0.5%, 7.9와 4.4%, 16.5와 57.7%로, 30%의 수분으로 열처리한 쌀가루의 각각 1.9-3.3와 1.7-2.2%, 6.0-6.9와 4.6-5.6%, 20.8-26.3과 29.2-38.5%이었으며 50% 수분함량으로 열처리한 쌀가루의 팽윤력과 용해도는 각각 2.9-4.7과 4.3-5.7%, 5.9-6.7과 7.1-8.3%, 21.5-25.2와 32.7-40.6%로 온도에 증가에 따라 증가하는 경향을 보였는데 100℃에서의 용해도는 SWRF가 가장 높은 값을 보였다. 같은 수분함량으로 처리한 쌀가루의 팽윤력과 용해도는 전분의 호화온도 이상의 온도인 70℃와 100℃에서보다 50℃로 처리한 경우 더 높은 값을 보여 전분입자의 모양이 그대로 유지된 채 수분-열처리되면 팽윤력과 용해도가 증가하는 것으로 생각되었고 식품에 가공용으로 사용할 때 낮은 수분함량, 낮은 열처리 조건이 더욱 바람직한 쌀가루를 제조할 수 있는 것으로 생각되었다. Choi CR(2002)는 멧쌀가루와 전분의 팽윤력을 비교하였을 때 60-80℃에서는 쌀가루가 전분보다 높은 팽윤력을 보였지만 80℃ 이후에는 쌀 전분의 팽윤력이 증가하였는데 이는

Table 2. Water binding capacity, swelling power, and solubility of moisture-heat treated rice flours

Sample ¹⁾	Water binding capacity (%)	25℃		70℃		100℃	
		Swelling power	Solubility (%)	Swelling power	Solubility (%)	Swelling power	Solubility (%)
SWRF	200.9±15.4 ²⁾	3.3±0.1 ^{ab}	0.5±0.5 ^a	7.9±0.1 ^d	4.4±0.1 ^a	16.5±0.3 ^a	57.7±0.9 ^c
30-50-6	206.1±4.4 ^{ab}	2.8±0.0 ^{ab}	1.9±0.0 ^p	6.9±0.5 ^c	5.6±0.3 ^c	21.1±1.5 ^{bc}	37.2±4.7 ^{ab}
30-50-18	211.9±20.4 ^{ab}	1.9±1.1 ^a	1.7±0.0 ^p	6.5±0.2 ^{abc}	5.6±0.1 ^c	26.3±3.3 ^d	38.5±8.9 ^{ab}
30-70-6	215.6±17.8 ^{ab}	3.0±3.0 ^{ab}	1.9±0.2 ^p	6.1±0.2 ^{ab}	5.3±1.0 ^{bc}	20.8±0.0 ^p	29.2±2.5 ^a
30-70-18	205.0±9.7 ^{ab}	3.3±0.2 ^b	2.2±0.3 ^p	6.0±0.2 ^a	4.6±0.1 ^{ab}	21.2±3.0 ^{bc}	31.5±8.1 ^{ab}
50-50-6	238.4±13.0 ^p	3.1±0.5 ^{ab}	4.3±0.2 ^c	6.7±0.1 ^{bc}	7.4±0.0 ^d	25.1±1.8 ^{cd}	40.6±3.2 ^b
50-50-18	234.6±14.2 ^p	2.9±0.9 ^{ab}	5.4±0.1 ^d	6.5±0.2 ^{abc}	8.3±0.3 ^c	25.2±0.6 ^{cd}	37.3±0.7 ^{ab}
50-70-6	376.0±17.2 ^c	4.7±0.2 ^c	5.4±0.0 ^d	5.9±0.4 ^a	7.1±0.1 ^d	21.5±0.2 ^{bc}	35.1±1.3 ^{ab}
50-70-18	360.9±31.0 ^c	4.4±0.0 ^c	5.7±0.6 ^d	6.0±0.3 ^a	7.2±0.2 ^d	22.6±0.6 ^{bcd}	32.7±3.2 ^{ab}

¹⁾Samples were treated with different moisture content (%), heating temperature (°C), and heating time (hr).

²⁾SWRF means soaked wet milled and dried rice flour.

³⁾Means ± standard deviation. Means with different letters within the same column are significantly different (p<0.05) using Duncan's multiple range test.

쌀가루에 함유된 전분이외의 다른 성분이 팽윤에 영향을 주는 것으로 생각되었다.

6. 신속점도측정기에 의한 호화특성

수분-열처리한 뭉쌀가루 시료의 가열 중의 호화액의 점도 특성을 RVA로 비교한 결과는 Table 3과 같다.

50% 수분함량으로 처리한 쌀가루의 경우 초기 호화온도가 상승하였으며 수분함량을 30%로 조절 한 쌀가루에서는 열처리온도가 높은 70℃일 때 초기 호화온도가 높아졌는데 가열처리 시간이 길어지면 더 상승하는 경향을 보였다. 그러나 50% 수분함량으로 처리한 경우 열처리온도나 시간에 특별한 차이를 보이지 않았다. 이는 수분함량이 전분입자의 호화에 제한적으로 작용할 수 있는 경우에는 열처리 온도나 시간에 의해 전분입자의 구조 변화가 나타나지만 수분이 호화하기 충분한 경우에는 열처리 온도, 시간이 전분구조에 큰 영향을 주지 않는 것으로 생각되었다. 최고점도(P)의 경우 SWRF의 322.6 RVU보다 높아지는 시료는 30%의 수분함량으로 처리하였을 경우이며 열처리온도가 70℃일 때 345.4와 346.5 RVU로 높아 쌀가루로 빵을 가공하는 경우에는 반죽이 가열할 때 점도가 증가하여 구조 형성을 안정화할 수 있을 것으로 생각되었다. 그래서 30%로 50-70℃로 수분-열처리하는 것이 50%로 수분을 조절한 것보다 쌀가루의 가공에 더 좋을 것으로 생각되었다. Kim SS 등(2005)은 실온 이상의 온도에서 가온 수침하여 습식제분한 쌀가루의 피크점도,

유지점도, 냉각점도 모두 수침온도가 증가함에 따라 증가하였다고 하였으며 입자크기 증가와 손상된 쌀가루 표면이 관찰되었다고 하였다. 수분-열처리 쌀가루의 유지점도(H)와 냉각점도(C)도 같은 경향을 보였다. 쌀가루의 호화액의 최고점도와 95℃에서 유지점도차이인 breakdown은 최대 팽윤된 상태에서 같은 온도로 유지할 때 점도의 감소를 나타내는데 모두 SWRF의 145.3 RVU보다 낮은 값을 보였으며 특히 높은 수분함량의 높은 열처리온도에서 더 낮았다. 이는 일부 전분 입자의 호화나 붕괴 상태에서 같은 온도로 유지됨으로써 상대적으로 전분입자의 붕괴가 적게 일어나는 것으로 생각되었다. 냉각점도와 최고점도의 차이인 setback 점도는 쌀가루 호화액의 전분에 대한 노화안정성을 간접적으로 보여주는데 SWRF가 -29.2 RVU가 가장 낮은 값을 보였으며 30%의 수분함량으로 50℃로 처리한 두 시료에서 모두 -값을 보여 제품을 제조할 경우 노화에 대한 안정성이 다른 시료보다 좋을 것으로 생각되었다. 신속점도측정기로 측정된 쌀가루 호화액의 점도 변화로부터 30%의 수분함량으로 가열처리 온도를 쌀가루의 호화온도 이하인 50℃로 처리한 습식제분 쌀가루가 조리, 가공에 좋은 가공적성을 가질 것으로 생각되었다. 특히 쌀을 수화 처리하였을 때 쌀로 만든 빵이나 케이크의 조직과 체적이 개선되었다는 보고도 있었다(Yamazaki WT와 Donelson DH 1972, Bean MM 등 1983, Chaudhary VK 1981). 쌀의 도정도에 따른 쌀가루의 최고점도는 도정율이 증가할수록 증가하였고(Kim KA와 Jeon ER 1996), 점도의 증

Table 3. Pasting characteristics of moisture-heat treated non-waxy rice flours by Rapid Visco Analyzer

Sample ¹⁾	Initial pasting temp. (°C)	Viscosity (RVU)					
		Peak (P)	Holding at 95°C (H)	Cold (C)	Breakdown (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
SWRF	70.5	322.6	177.3	293.4	145.3	116.1	-29.2
30-50-6	71.9	323.8	191.0	315.6	132.8	124.6	-8.2
30-50-18	73.0	326.4	193.6	316.9	132.8	123.3	-9.5
30-70-6	74.4	346.5	217.8	356.3	128.7	138.5	9.8
30-70-18	76.1	345.4	236.5	388.6	108.9	152.1	43.2
50-50-6	79.8	237.5	151.3	250.3	86.2	99.0	12.8
50-50-18	80.3	235.7	154.2	254.3	81.5	100.1	18.6
50-70-6	78.4	221.7	175.9	288.0	45.8	112.1	66.3
50-70-18	79.9	223.7	187.2	22.9	36.5	105.7	69.2

¹⁾Samples were treated with different moisture content (%), heating temperature (°C), and heating time (hr).

²⁾SWRF means soaked wet milled and dried rice flour.

가는 전분의 아밀로오스와 같은 직선상 부분과도 관련이 있다고 하였다. Kang MY 등(2000)도 8가지 품종의 쌀가루로 만든 백미 빵의 특성을 조사한 결과 아밀로오스 함량이 높은 품종일수록 쌀가루 호화액의 점성 및 경도가 증가하였다고 하였다. 또한 이로부터 제조한 쌀 빵의 비용적이 크며 관능검사 결과 부푼 정도, 질감 및 전반적인 기호도가 좋았다고 하였다. 쌀가루를 가공에 이용할 때 가공적성은 현미보다는 백미로 도정하는 것이 좋으며 전분의 아밀로오스 함량이 비교적 높은 품종을 선별하고 수분-열처리와 같은 물리적 처리를 사용함으로써 쌀가루의 물리적 특성을 개선할 수 있을 것으로 생각되었다.

IV. 요약

멥쌀가루의 특성을 개선하여 제빵을 비롯한 가공적성을 증가하기 위해 습식제분쌀가루를 이용하여 수분함량을 30%와 50%로 조절하고, 50과 70℃로 6시간과 18시간 열처리하여 수분-열처리 쌀가루를 제조하였다. 제조한 수분-열처리 쌀가루의 특성인 입도분포, 형태적, 이화학적특성과 호화특성을 건식제분과 습식제분 쌀가루와 비교하였다. 30% 수분함량으로 처리한 쌀가루입자는 습식제분쌀가루와 같이 4-20 μm 와 100-200 μm 범위에 분포하였으며 열처리온도가 증가하면 200 μm 이상의 입자가 형성되었다. 주사전자현미경으로 형태를 보면 30% 수분으로 처리한 경우에는 전분입자를 뚜렷하게 볼 수 있었으나 50%로 처리한 쌀가루는 쌀가루 입자끼리 엉겨 붙거나 호화된 상태를 보여주었다. 색도는 수분함량과 열처리온도가 높은 경우 명도는 감소하고 황색도는 증가하였으며 30% 수분함량으로 처리한 쌀가루의 물결합능력은 SWRF와 비슷하였다. 70℃에서 쌀가루의 팽윤력은 수분함량에 따른 차이는 없었으며 같은 수분함량에서 열처리 온도가 낮은 50℃일 때 더 높았고 용해도는 더 낮았다. 신속점도 측정기에 의한 호화개시온도는 수분-열처리로 모두 높아졌으며 최고점도는 30%로 처리한 쌀가루가 높았고 setback은 30%로 50℃에서 처리하였을 때 낮아 노화에 안정성을 보였다. 그러므로 수분함량을 30%로 조절하고 호화온도 이하의 온도인 50℃로

처리한 수분-열처리 쌀가루의 특성이 쌀가루의 가공용으로 습식제분쌀가루보다 개선된 것으로 생각되었다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 광주보건대학 교내학술연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bean MM, Elliston-Hoops EA, Nishita KD. 1983. Rice flour treatment for cake baking applications. *Cereal Chem* 60: 445-449
- Chaudhary VK. 1981. Relation of cultivar and flour particle size distribution to cake volume. *Cereal Chem* 58: 314-316
- Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effects of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci* 35: 85-94
- Choi CR. 2002. The properties of rice flours and Garedduk with resistant starches. Ph. D Thesis Chonnam National University
- Donovan JW, Lorenz K, Kulp K. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem* 60: 381-387
- Esau K. 1977. Anatomy of seed plants. 2nd ed. John Wiley & Sons Inc. USA
- Halick JV, Kelly VJ. 1959. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem* 36: 91-98
- Hoover R, Vasanthan T. 1994. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume and tuber starches. *Carbohydr Res* 252: 33-53
- Juliano BO. 1985. Polysaccharides, proteins, and lipids In: Rice Chemistry and Technology Juliano BO (ed.), AACC, MN, USA
- Juliano BO. 1985. Production and utilization of rice. pp 4-7. In: Rice Chemistry and Technology. Juliano BO (ed). AACC, MN, USA
- Kang MY, Koh HJ, Han JY. 2000. Comparison of some characteristics relevant to rice bread made from eight varieties of endosperm mutants between dry and wet milling process. *Korean J Food Sci Technol* 32: 75-81
- Kim HYL, Lee IS, Kang JY, Kim GY. 2002. Quality characteristics of cookies with various levels of functional rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 34: 642-646
- Kim JO, Shin MS. 2000. Effect of sugar on the textural properties of Injilmi made from waxy rice flours by different milling

- methods. *Korean J Human Ecology* 3: 68-76
- Kim K, Lee YH, Kang KJ, Kim SK. 1993. Effects of steeping on physicochemical properties of waxy rice. *Korean J Food Sci Technol* 25: 535-540
- Kim KA, Jeon ER. 1996. Physicochemical properties and hydration of rice on various polishing degrees. *Korean J Food Sci Technol* 28: 959-964
- Kim KO, Choi HJ. 1995. Optimization of the preparation of rice-based infant foods using freeze drying process. *Korean J Food Sci Technol* 27: 680-689
- Kim MH, Park MW, Park YK, Jang MS. 1993. Physicochemical properties of rice flours as influenced by soaking time of rice. *Korean J Soc Food Sci* 9: 210-214
- Kim SK, Bang JB. 1996. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1026-1032
- Kim SS, Kang KA, Choi SY, Lee YT. 2005. Effect of elevated steeping temperature on properties of wet-milled rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 414-419
- Kim YI, Kum JS, Lee SH, Lee HY. 1995. Retrogradation characteristics of Jeungpyun by different milling method of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 27: 834-838
- Kohlwey DE, Kendall JH, Mohindra RB. 1995. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. *Cereal Foods World* 40: 728-732
- Kulp K, Lorenz K. 1981. Heat-moisture treatment of starches I. Physicochemical properties. *Cereal Chem* 58: 46-52
- Kum JS, Lee SH, Kim KH, Kim YI. 1993. Effects of different milling methods on physicochemical properties & products. *Korean J Food Sci Technol* 25: 546-551
- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem* 36: 534-544
- Lee MK, Kim JO, Shin MS. 2004. Properties of nonwaxy rice flours with different soaking time and particle sizes. *Korean J Food Sci Technol* 36: 268-275
- Lee SH. 2002. Properties of rice flours and starches prepared by dry and wet milling of soaked rice grains. Master Thesis Chonnam National University
- Lee YH, Ku JS, Ku KH, Chun HS, Kim WJ. 2001. Changes in chemical composition of glutinous rice during steeping and quality properties of Yukwa. *Korean J Food Sci Technol* 33: 737-744
- Lee YT, Kim SS. 2004. Effect of elevated steeping temperature on the starch properties of stored milled rice. *Food Sci Biotechnol* 13: 332-336
- Medcalf DG, Gilles KA. 1965. Wheat starch. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42: 558-568
- Montgomery EM, Senti FR. 1958. Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction, sedimentation procedure. *J Polym Sci* 28: 1-9
- Mun SH, Bae CH, Shin MS. 2002. RS levels and characteristics of retrograded maize starches with heat-moisture treatment. *Food Sci Biotechnol* 11: 350-354
- Nishita KD, Bean MN. 1982. Grinding methods: Their impart on rice flour properties. *Cereal Chem* 59: 46-49
- Nishita KD, Roberts RL, Bean MM, Kennedy BM. 1976. Development of a yeast-leavened rice-bread formula. *Cereal Chem* 53: 626-635
- Oh SH, Oh CH. 2003. Brown rice extraction with enhanced levels of GABA stimulate immune cells. *Food Sci Biotechnol* 12: 248-252
- Park YK, Seog HM, Nam YJ, Shin DW. 1988. Physicochemical properties of various milled rice flours. *Korean J Food Sci Technol* 20: 504-510
- Sair L. 1967. Heat-moisture treatment of starch. *Cereal Chem* 44: 8-26
- Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. pp 106-108 In *Method in Carbohydrate Chemistry*. Vol 4. Whistler RL ed. Academic Press. New York
- Shin MS, Kim JO, Lee MK. 2001. Effect of soaking time of rice and particle size of rice flours on the properties of nonwaxy rice flours soaking at room temperature. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 309-315
- Song JC, Park HJ. 2003a. Functions of various hydrocolloids as anticaking agents in Korean rice cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1253-1261
- Song JC, Park HJ. 2003b. Effect of starch degradation enzymes on the retrogradation of a Korean rice cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1262-1269
- Takahashi T, Miura M, Ohisa N, Mori K, Kobayashi S. 2005. Heat treatments of milled rice and properties of the flours. *Cereal Chem* 82: 228-232
- Williams C, Kuzina FD, Hlynka I. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem* 47: 411-421
- Yamazaki WT, Donelson DH. 1972. The relationship between flour particle size and cake volume potential among estern soft wheats. *Cereal Chem* 49: 649-653
- Yoo SH, Kim SK. 2004. Physicochemical properties of rice differing in milling degrees. *Food Sci Biotechnol* 13: 57-62

(2005년 11월 10일 접수, 2006년 4월 6일 채택)