

다른 수분함량으로 압출성형한 다수확 멥쌀가루의 이화학적 특성

정소희 · 강위수¹ · 신말식[†]

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과

¹강원대학교 생명환경공학과

Physicochemical Properties of High Yielding Non-waxy Rice Flours Extruded with Different Moisture Contents

So-Hee Jeong, Wie-Soo Kang¹ and Malshick Shin[†]

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

¹Department of Bio-Health Technology, Gangwon National University

Abstract

To improve the textural properties of gluten free rice flour based products, the physicochemical and pasting properties of extruded non-waxy rice flours using extruder were investigated. The high yielding Tongil type rice variety, Hanarum was used. Hanarum rice flour was prepared by dry milling from soaked and dried rice grain. The operation conditions of twin screw extruder were 250 rpm of screw speed, 160° C of barrel temperature, and 24, 27, and 30% of moisture content. Hanarum extruded rice flour (HERF) were lower in crude lipid and ash contents, but higher in crude protein than Hanarum rice flour (HRF). The color values of HERF showed significantly different ($p < 0.05$) with different moisture contents. Water binding capacities, apparent amylose contents, and damaged starch of HERF were higher than those of HRF. Moisture contents affected water binding capacities of HERF. Solubility increased with increasing heating temperature and solubilities of HERF differed significantly ($p < 0.05$). X-ray crystallinity was changed after extrusion cooking and that of HERF showed sharp peaks at $2\theta = 18-20^\circ$. The pasting viscosities of HERF kept lower values (~ 10 RVU) constantly.

Key words : extruded rice flour, moisture content, high yielding Hanarum, non-waxy rice, physicochemical properties

1. 서론

쌀은 우리나라에서 주식으로 사용될 뿐만 아니라 옥수수, 밀과 함께 세계 3대 작물로 중요한 에너지원으로 사용되고

있다. 쌀은 밀과는 달리 낱알 형태로 밥을 지어 먹어 왔으므로 제현과 도정과정을 거쳐 현미와 백미로 사용하여 왔고 떡이나 한과 등을 제조하기 위해서만 수침한 쌀을 습식제분하여 바로 가공하여 왔다.

연간 일인당 쌀의 소비량이 2010년에는 72.8 kg으로(통계청 2011) 매년 감소하고 있으므로 정부에서는 쌀 재배면적을 감소하거나 다른 작물을 심도록 권장하고 있지만 생산량의 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 쌀의 소비를 촉진하기 위하여 고품질 쌀을 육종하거나 친환경 또는 유기농법

[†]Corresponding author : Malshick Shin, Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University
Tel: 82-62-530-1336
Fax: 82-62-530-1339
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr

을 이용하여 안전한 쌀을 생산하고 있지만(Lee SH 등 2010) 동물성 식품의 섭취량의 증가, 외식 및 간편한 아침식사 등으로 밀가루 제품을 선호하다 보니 쌀의 소비는 거의 증가되지 못하고 있다. 정부비축미와 수입물량 등의 재고미가 증가되면서 쌀을 저장할 수 있는 공간이 줄어들어 쌀을 다양한 방법으로 사용할 수 있도록 지원하고 있다. 특히 현재 국내에서 소비하는 밀의 99%는 수입되고 있어 쌀가루로 밀가루를 대체할 수 있는 방안에 대한 관심과 노력을 기울이고 있다.

쌀을 밀가루처럼 사용하기 위해서는 반죽성이 우수한 쌀가루를 제조해야 하기 때문에 제분과 쌀가루의 특성에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다(Nishita KD와 Bean MM 1982, Park YK 등 1988, Chiang PY와 Y도 AI 2002, Datant FJ 2007, Kim WS와 Shin M 2007, Shin M 등 2007, Kim RY 등 2009, Ngamnikom P와 Songsermpong S 2011). 쌀을 제분하는 방법으로는 건식제분, 습식제분과 반습식제분이 주로 사용되어 왔지만 세 가지 제분방법 중에서 현재까지 보고된 바에 의하면 습식제분이 가장 좋은 가공특성을 보인다고 알려져 있다(Chiang PY와 Yeh AI 2002, Kim WS와 Shin M 2007, Kim RY 등 2009). 젖은 쌀가루의 수분함량이 35% 내외이므로 유통이나 저장 문제뿐만 아니라 밀가루처럼 사용하기 위해서는 수분함량이 12-14%가 되는 마른 쌀가루로 만들어져야 한다(Kim WS와 Shin M 2007). 현재 젖은 쌀가루를 열풍건조나 에어밀을 이용하여 건조 제분한 쌀가루가 국내 쌀 제분회사로부터 생산되고 있지만 쌀가루로 만든 가공품의 품질은 제분조건, 쌀가루 입도크기와 분포, 손상전분 함량, 호화특성 등에 의해 영향을 받는다고 보고되고 있다(Nishita KD와 Bean MM 1982, Song JY과 Shin M 2007, Fitzgerald HA 등 2003)

쌀은 단백질 함량이 적을 뿐만 아니라 프롤라민계의 글리아딘이 거의 없어 베이커리제품의 중요한 가공성인 부풀게 하는 능력이 없어 글루텐 없는 제품을 만들기에 어려움이 있다(Shin M 등 2010). 또한 쌀가루는 전분이 80% 내외를 차지하고 있는데 가열 조리 중에 나타나는 호화된 전분 구조는 냉각 후 점탄성이 낮고 쉽게 노화가 진행되어 단단하고 뻣뻣한 텍스처를 나타내게 된다. 그래서 이런 문제점을 줄이기 위해 쌀가루로 제품을 제조할 때는 밀가루가 글루텐 형성하기 위해 필요한 수분보다 전분입자가 흡수할 수 있는

능력이 낮기 때문에 더 많은 수분량을 가해 주어야 한다.

쌀가루의 반죽성을 증가하기 위한 방법으로 새롭게 개발한 쌀가루 제분 방법(Shin M 등 2010, Song JY과 Shin M 2007, Lee SH과 Shin M 2009)을 사용하더라도 밀가루와 달리 쌀의 단백질 함량이 7-9%로 낮을 뿐만 아니라 또한 주로 글루텔린으로 되어 있어 물을 가하더라도 밀가루와 달리 불용성단백질인 글루텔린이 흡수하는 물은 많지 않아 제품에 따라 반죽에서 물을 흡수하여 물결합력을 증가할 수 있는 물질이 필요하다. 이런 쌀가루 제품 제조에 있어서 나타나는 텍스처를 개선하기 위해서는 수분흡수력이 우수하고 쌀가루와 혼합하였을 때 잘 섞이며 쌀가루의 가공성을 저하시키지 않는 첨가물이 필요하다. 호화전분은 호화된 상태에서 건조되어 무정형 구조이며 수분에 대한 흡수율이 높으므로 적합한 첨가물질로 생각되었다. 시중에 판매되는 호화된 찰옥수수전분보다는 쌀 전분을 사용하는 것이 더 바람직하지만 전분을 분리하여 사용하는 것보다 호화쌀가루를 얻을 수 있으면 다양한 목적으로 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

전분질 식품의 압출성형을 하면 호화, 결정성 구조의 부분적 또는 완전한 파괴, 단백질의 변성, 전분 고분자의 분자적 절단, 전분과 지질, 지질과 단백질 사이의 복합체 형성 일어날 뿐만 아니라 압출성형 과정 중에는 열적 및 기계적 전단이 일어나 식품의 구조적인 변화가 나타나게 된다(Hagenimama A 등 2006, Yeh AI와 Jaw YM 1999). 쌀 전분이나 쌀가루를 적절한 조건으로 압출성형하면 분자구조의 변화와 물리적 작용에 의해 새로운 성질을 가진 쌀가루를 가공할 수 있으며 다량으로 제조가 가능하기 때문에 새로운 소재 개발을 위한 방법으로 사용하면 매우 편리하다.

그러므로 쌀가루 가공제품의 품질을 개선하고 쌀의 소비도 증가하면서 새로운 소재로 가능성을 확인하기 위해 통일계 다수확 멥쌀인 한아름벼를 백미로 도정하여 수침건조 후 건식 제분한 쌀가루와 같은 쌀가루로 압출성형한 쌀가루의 이화학적, 호화특성을 조사하였다. 압출성형 쌀가루는 바렐 온도와 스크류 회전속도는 동일하게 하면서 쌀가루의 수분 함량을 24, 27와 30%로 달리하여 수분함량에 따른 쌀가루의 특성을 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

시료인 쌀은 농촌진흥청 국립식량과학원 기능성 작물부(밀양, 경남)에서 육종 개발한 통일계 다수확 품종인 한아름벼로 2009년 수확한 것을 백미로 도정하여 사용하였다.

2. 쌀가루의 제조

백미로 도정한 한아름 쌀은 Shin M 등(2007)의 방법으로 3번 수세 후 상온에서 6시간 수침하고 낱알 상태로 $18 \pm 3^\circ\text{C}$ 로 조절된 방에서 수분함량이 12~14%가 되도록 건조하였다. 수침처리 후 건조된 쌀알은 분쇄기(DA 282-2, (주)대성 아트론, 한국)를 이용하여 분쇄하고 100 mesh 표준체를 통과하여 백미쌀가루를 제조하였다. 압출성형을 위한 재료도 같은 수침, 건조한 다음 분쇄기로 분쇄하여 원료 백미 쌀가루로 사용하였다.

3. 압출성형 쌀가루의 제조

한아름 백미 쌀가루를 원료로 Co-rotating intermeshing type twin-screw extruder(Hankook E.M, Ltd, Seoul, Korea)를 사용하여 압출성형을 하였으며 실험 조건은 스크류 회전 속도는 250 rpm, 바렐 온도는 160°C 를 고정하고 수분함량을 달리하였는데 수분공급은 정량 펌프(L/S pump, Barnant Co., Ltd., USA)로 쌀가루를 기준으로 24, 27과 30%로 조절하여 압출성형 하였다. 압출성형기의 다이로부터 얻어진 extrudate의 모양은 Fig. 1과 같았으며 이를 분쇄기(DA 282-2, (주)대성 아트론, 한국)로 분쇄하여 100 mesh 체를 통과시킨 다음 실리카겔을 함께 동봉하여 실온에 저장하면서 시료로 사용하였다.

4. 쌀가루의 일반 성분 측정

일반성분 함량 분석은 AOAC 방법으로 측정하였다(AOAC 2000). 수분함량은 105°C 오븐을 이용한 상압가열법, 단백질 함량은 미량 켈달법, 조지질 함량은 속시렛법, 회분은 550°C

전기로를 이용한 직접 회화법으로 측정하였다.

5. 쌀가루의 색도 측정

쌀가루와 압출성형 쌀가루의 색도는 색차계(Chroma Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter의 L(lightness) 값, a(+redness/-greeness) 값 및 b(+yellowness/-blueness) 값을 5회 반복 측정하였다. 기기는 $L=96.54$, $a=0.07$, $b=1.90$ 인 표준 백색판(standard white plate)으로 보정하여 사용하였다.

6. X-선 회절도 분석

시료의 X-선 회절도에 의한 결정형과 결정강도는 X-선 회절기(D/Max-1200, Rigaku Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 이 때 사용한 기기조건은 target, Cu-K α ; filter, Ni; full scale range, 3000 cps; scanning speed, $8^\circ/\text{min}$; voltage, 40 kV; current, 20 mA로 회절각도(2θ) $40\text{--}5^\circ$ 까지 회절시켜 비교하였다.

7. 주사전자현미경을 이용한 형태관찰

쌀가루의 표면형태는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM, JEOL, JSM-7500F, Tokyo, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 충분히 건조된 시료를 stub에 이중 테이프를 붙이고 그 위에 분산하였으며 백금과 금으로 코팅한 다음 진공처리하여 가속전압 20 kV, photo time 85초로 배율은 500배로 관찰하였다.

8. 이화학적 특성 측정

1) 총 전분 함량

시료의 총 전분 함량은 AACC 76-13의 방법에 따라 측정하였다(McCleary BV 등 1997). 시료 100 mg(건물당)과 80% 에탄올 0.2 mL를 시험관에 담고 vortex mixer로 잘 혼합하고 thermostable α -amylase solution(300 U/mL, MOPS 완충용액, pH 7.0) 3 mL를 첨가하여 끓는 물에서 7분간 반응시

켰다. 반응 후 냉각하고 50℃의 항온수조에 넣어 200 mM sodium acetate buffer(pH 4.5)를 4 mL 더한 뒤, amyloglucosidase 0.1 mL(20 U)을 넣고 50℃에서 30분간 분산시켰다. 분산 후, 100 mL로 정용한 뒤, 원심분리관에 25 mL씩 담아 원심분리기(Hanil Science Industrial Co., Ltd, Supra 22K Seoul, Korea)로 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 원심 분리한 상정액과 glucose standard, blank로는 증류수 0.1 mL을 취하여 GOPOD reagent 3 mL을 더한 뒤 50℃에서 20분간 반응시켜 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

측정한 흡광도를 이용하여 다음의 식에 의해 총 전분의 함량을 계산하였다.

$$\text{Total starch (\%)} = \Delta A \times \frac{F}{W} \times FV \times 0.9$$

이때 ΔA는 시료의 흡광도와 blank 흡광도의 차, F는 100(D-glucose의 μg)/100 μg glucose 흡광도, W는 시료의 무게(mg), FV는 최종 시료의 부피(100 mL)이었다.

2) 손상전분 함량

시료의 손상전분 함량은 AACC 방법 76-31에 따라 측정하였다(Evers AD와 Stevens DJ 1985). 시료 100 mg을 원심관에 담아 40℃의 항온수조에서 5분간 예열하였고, fungal α-amylase solution(50 U/mL)은 40℃에서 10분간 예열하였다. 각 원심관에 예열된 fungal α-amylase solution(50 U/mL) 1.0 mL을 넣고 5초간 vortexing 후 40℃에서 10분간 반응시켰다. 정확히 10분 반응 후 0.2%(v/v) 황산 용액 8 mL을 넣어 반응을 정지시켰고, 3000 rpm에서 5분간 원심분리 하였다. 원심 분리한 상정액 0.1 mL과 glucose standard 및 blank(증류수) 0.1 mL을 취해 0.1 mL의 amyloglucosidase solution(2 U)을 가하여 40℃ 항온수조에서 10분간 반응시켰다. 각 시험관에 GOPOD reagent 용액 4.0 mL을 넣고 40℃에서 20분간 반응시켜 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

측정한 흡광도를 이용하여 다음 식에 의해 손상전분 함량을 계산하였다.

$$\text{Damaged starch (\%)} = \Delta E \times \frac{F}{W \text{ (mg)}} \times 8.1$$

이때 ΔE는 blank와 시료의 흡광도 차, F는 150(μg of glucose)/glucose 150 μg의 흡광도, W는 시료의 무게(mg)이었다.

3) 물 결합력과 겔보기 아밀로오스 함량

물 결합력은 Medcalf F와 Gilles KA의 방법(1965)에 따라 50 mL 원심관에 시료 0.5 g(건물 당)과 증류수 20 mL을 가한 후 실온에서 1시간 동안 분산시킨 뒤, 5000 rpm에서 30분간 원심분리(원심분리기, Hanil Science Industrial Co., Ltd, Supra 22K Seoul, Korea)하여 계산하였다.

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

겔보기 아밀로오스 함량은 Williams PC 등(1970)을 이용하여 건물당 시료 20 mg을 이용하여 0.5 N KOH 용액으로 알칼리 호화시킨 다음 요오드 반응에 의해서 측정하였으며 이때 표준곡선은 분리한 동진 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구한 표준식을 사용하여 계산하였다(Lee SH 등 2010).

4) 팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도는 Schoch TJ의 방법(1959, 1964)을 이용하였다. 마그네트 바를 넣고 80℃에서 30분간 가열·분산하고 냉각하여 원심 분리한 다음 침전된 무게와 항량된 용기에 분리된 상정액을 부어 105℃에서 건조한 무게로부터 다음의 식을 이용하여 용해도를 계산하고 이로부터 팽윤력을 계산하였다.

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

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

9. RVA에 의한 호화 특성 측정

호화특성은 Rapid Visco Analyser(Newport Scientific Pty

Limited, Warriewood NSW 2102, Australia)를 이용하였다 (AACC 2000). 시료 3 g(건량 기준)을 RVA용 canister에 담고 증류수 25 mL을 가하여 0~1분간은 50℃, 1.0~4.45분은 95℃ 까지 상승, 4.45~7.15분은 95℃로 유지, 7.15~11.06분은 50℃ 까지 냉각, 11.06~12.30분은 50℃를 유지하면서 점도를 측정 하였다. 신속 점도측정기의 측정치는 최고점도(peak viscosity, P), 최저점도(trough viscosity, T), 최종점도(final viscosity, F) 를 나타냈고, setback(F-T)과 breakdown(P-T) viscosities를 계산하였다.

10. 통계처리

SPSS 12.0을 사용하여 ANOVA에 의해 분산분석을 실시하였고, p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 보았다.



Fig. 1. Shapes of rice extrudates with different moisture contents 24, 27, and 30%.

III. 결과 및 고찰

1. 일반 성분

한아름 쌀가루의 압출성형 처리조건에 따른 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 백미쌀가루(HRF)의 수분함량은 압출성형쌀가루보다 높은 8.23%로 가장 높게 나타났으며 압출성형 쌀가루(HERF)의 수분함량은 처리조건에 관계없이 5.13~5.86%로 압출성형 후 다이를 통해 팽창되면서 건조가 일어나 낮은 수분함량을 보였다. 조지질 함량은 0.11~0.43%로 HRF이 0.43%로 가장 높게 나타났으며, 24% 수분함량 압출성형 쌀가루(HERF 24), 수분함량 27% 압출성형쌀가루(HERF 27), 30% 수분함량 압출성형 쌀가루(HERF 30)의 조지질함량은

Table 1. Compositional analysis of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flours (HERF) with different moisture contents 24, 27, and 30% (%)

Sample	Moisture	Ash	Crude lipid	Crude protein
HRF	8.23±0.01 ^{all)}	0.49±0.01 ^a	0.43±0.03 ^a	6.39±0.00 ^c
HERF 24	5.27±0.02 ^c	0.17±0.00 ^b	0.19±0.01 ^b	7.67±0.02 ^b
HERF 27	5.13±0.03 ^c	0.13±0.01 ^c	0.11±0.00 ^c	7.69±0.03 ^b
HERF 30	5.86±0.02 ^b	0.15±0.01 ^{bc}	0.12±0.01 ^c	7.77±0.03 ^a

Data represents mean±SD.

¹⁾Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

각각 0.19, 0.11와 0.12%로 HRF에 비해 낮았다. 조단백질 함량은 HRF가 6.39%로 가장 낮았으며, HERF 24, HERF 27, HERF 30의 조단백질 함량이 7.67~7.77%로 압출성형 쌀가루가 높아 유의적이었으며 압출성형 쌀가루간에는 차이가 없었다. 회분함량은 HRF가 0.49%로 높았고, HERF 24, HERF 27, HERF 30은 수분함량의 조건과 관계없이 전반적으로 낮은 값을 보였다.

3. 압출성형 쌀가루의 색도

압출성형에 의해 생산된 extrudates는 Fig. 1과 같이 색과 퍼핑정도가 다른 모양을 보였다. 이를 분석한 압출성형 쌀가루의 색도는 Table 2와 같이 쌀가루의 종류에 따라 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 값이 차이를 보였다. 명도인 L값은 HRF가 93.34로 가장 높게 나타났고, HERF 30, HERF 27, HERF 24 순으로 감소하였다. 적색도는 모든 쌀가루에서 -값을 보였으며 압출성형쌀가루의 처리조건에서 수분함량이 많을수록 -값이 증가하였다. 황색도는 육안으로 관찰 할 때와 유사하게 유의차를 보여 백미 쌀가루가 가장 낮고 HERF 24가 가장 높은 9.71의 값을 나타내었다. 즉 압출성형기의 스크류에서 원료 쌀가루가 회전할 때 같은 바렐온도로 가열하지만 수분함량 차이에 의해 열의 세기가 감소하고 또한 수분이 수증기로 되어 다에서 빠져 나올 때 부피 팽창이 커졌을 것으로 생각하였다.

Table 2. Hunter L, a, b values of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flour with different moisture contents 24, 27, and 30%

Sample	Hunter Lab color values		
	L	±a	±b
HRF	94.34±0.0 ¹⁾	-0.50±0.02 ^c	4.15±0.02 ^d
HERF 24	88.28±0.12 ^d	-0.05±0.00 ^a	9.71±0.02 ^a
HERF 27	90.36±0.05 ^c	-0.43±0.01 ^b	9.04±0.07 ^b
HERF 30	92.27±0.06 ^b	-0.76±0.03 ^d	7.10±0.07 ^c

Data represents mean±SD.

¹⁾Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

4. X-선 회절도

백미쌀가루와 압출성형 쌀가루의 X-선 회절도 양상은 Fig. 2와 같다. X-선 회절도에 의한 쌀가루는 쌀 전분과 같이 회절 각도(2θ)인 15.2° 17~18° 23.15°에서 강한 피크를 보여 전형적인 A형의 결정형을 나타냈다. 그러나 압출성형 쌀가루는 호화쌀가루인 2θ = 20°에서 아밀로오스와 지질의 복합체 피크를 보이는데 그와 달리 HERF 24와 HERF 27에서는 2θ = 18° 날카로운 피크를 나타내어 전분 구조의 변화가 나타났음을 확인하여 일반성분에서 조지방질의 함량이 낮게 나타난 것에도 관련이 있을 것으로 생각되었다. 상대적으로 수분함량이 높은 HERF 30은 피크의 강도도 감소하고 두 개의 피크로 나뉘어져 24와 27% 압출성형 쌀가루와는 압출성형에 의해 구조적인 변화가 더 컸을 것으로 생각되었다. 이런 결정구조의 변화는 분자구조를 분석하거나 다른 실험을 통해서 추후 구조차이를 확인할 수 있을 것으로 사료되었다.

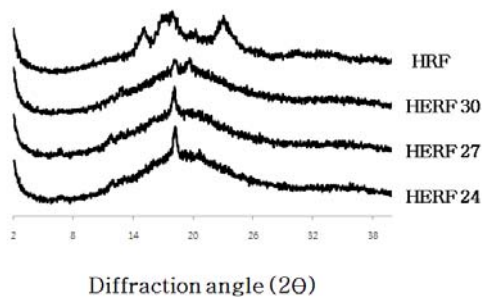


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flours (HERF) with different moisture contents 24, 27, and 30%.

5. 주사전자현미경을 이용한 쌀가루 형태

주사전자현미경으로 HRF와 HERF를 500배율로 확대하여 표면과 모양을 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 백미쌀가루의 표면은 부분적으로 세포벽이 분리되고 떨어져나가 분리된 전분입자의 다각형 입자 형태가 보여 반죽할 때 수분의 흡수를 도와줄 수 있는 구조임을 확인 할 수 있었다. 이런 구조는 수침처리나 펙티나아제를 처리한 니가타 제분 쌀가루에서 나타나고 공정을 단순하게 개발한 Song JY과 Shin M(2007)의 제분과정에서도 나타났지만 압출성형에 의해서는 덩어리진 모양에 표면이 매끄럽고 반들하여 세포벽이나 전분입자가 용융되거나 저분자로 잘라졌기 때문이라고 생각되었다. 최근 습식제분의 소요에너지를 줄이기 위해 동결하여 제분한 과정에서도 쌀가루의 모양은 유사하였다(Ngamnikom P와 Songsermpong S 2011).

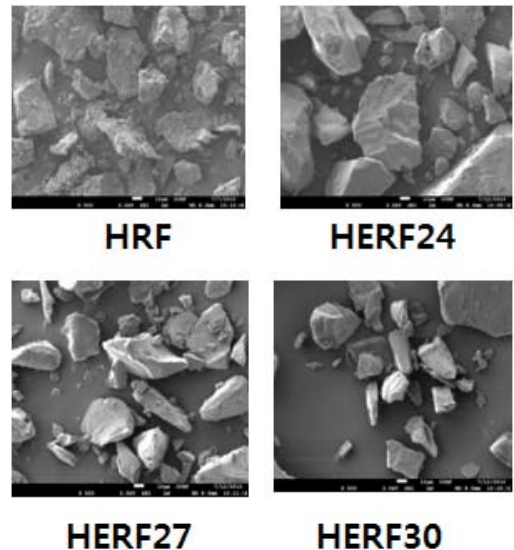


Fig. 3. SEM of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flours (HERF) with different moisture contents 24, 27, and 30%. The magnification was used ×500

6. 이화학적 특성

1) 총 전분 및 손상전분 함량

시료 쌀가루의 총 전분과 손상전분 함량은 Table 3에

Table 3. Physicochemical properties of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flours (HERF) with different moisture contents 24, 27, and 30% (%)

Sample	Water binding capacity	Total starch	Amylose content	Damage starch
HRF	150.92±4.06 ^{d1)}	87.92±0.96	17.00±0.12 ^c	7.87±0.00 ^b
HERF 24	348.59±4.96 ^c	85.13±0.84	20.00±0.43 ^a	23.73±0.42 ^a
HERF 27	367.98±2.64 ^b	87.42±1.72	19.15±0.17 ^b	22.89±0.49 ^a
HERF 30	397.18±4.63 ^a	83.07±1.90	18.93±0.16 ^b	24.44±1.80 ^a

Data represents mean±SD.

1)Means within columns with the different superscripts are significantly different at p(0,05).

나타냈다. 총 전분 함량은 시료 간에 차이를 보이지 않았으며 손상전분은 압출성형쌀가루와 백미 쌀가루 간에는 뚜렷한 유의차를 보였지만 압출성형 쌀가루 간에는 차이가 없었다. 이런 손상전분 함량의 증가는 쌀가루 형태에서 예측한 것과 같이 전분입자의 손상으로 나타나는 것이며 손상전분에 의해서도 수분흡수력은 매우 증가할 것으로 생각되었다.

일반적으로 쌀가루를 건식제분하면 단단한 구조로 인해 분쇄가 어려워 손상전분 함량이 증가하고 습식제분은 수침 과정을 거치면서 세포벽이 헐기위져 손상전분을 줄이는 것으로 보고되어 있다. 하지만 밀가루처럼 효소에 의해 전분이 손상된 것과는 달리 쌀가루의 기계적인 마찰에 의한 손상이나 열에 의한 손상, 압출에 의한 손상은 차이를 보일 것으로 생각되어 가공특성에 손상전분이 미치는 영향에 대한 심도 있는 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 특히 쌀가루 가공에서는 전분함량이나 손상전분이 상호적으로 가공특성과 제품의 품질에 많은 영향을 미칠 것으로 생각되었다 (Shin MS과 Ahn SY 1986, Zhang T과 Oates CG 1999).

2) 물 결합력과 겔보기 아밀로오스함량

시료의 물 결합 능력과 겔보기 아밀로오스 함량은 Table 3과 같다. 한아름 쌀가루의 물 결합능력은 함유된 전분이 수분을 결합할 수 있는 능력을 나타내는 지표로 이때 결합되는 물은 전분입자의 부정형부분으로 침투되거나 전분입자의 표면에 흡착된다고 보고되었다(Halick JV와 Kelly VJ 1959). 일반적으로 전분의 손상도가 높을수록 물 결합능력이 증가하는데 압출성형쌀가루는 수분함량이 많은 쌀가루로 제조할수록 그 값이 증가하여 유의적인 차이를 보였다. 손상

전분은 백미쌀가루에 비해 2.9~3.1배를 보이거나 물 결합능력은 백미쌀가루의 150.92%에 비해 2.3~2.6배 증가하였다. 겔보기 아밀로오스 함량은 한아름 쌀가루가 17.00%이었는데 압출성형 과정을 거치면서 요오드와 결합할 수 있는 직선상 사슬분자의 수가 증가하거나 중합도가 증가하여 18.93~20.00%로 증가하였고 수분함량을 적게 가한 압출성형 쌀가루의 겔보기 아밀로오스함량의 증가폭이 컸다. 겔보기 아밀로오스는 지방질과 복합체로 있을 때 요오드 발색반응이 일어나지 않아 압출성형에 의해 지방질의 결합이 분해되어 증가한 것으로 사료되었다.

3) 팽윤력과 용해도

쌀가루 현탁액을 일정온도(50, 80와 95℃)에서 가온하여 이 때 팽윤력과 용해도를 측정된 결과 각각 Table 4, Table 5와 같았다. 백미쌀가루의 경우 50℃에서 95℃로 온도가 증가함에 따라서 점차적으로 증가하였는데 압출성형쌀가루는 50℃와 온도 증가에 따른 변화는 크지 않았다. 특히 80℃에서 팽윤력이 컸지만 수분함량에 따른 차이는 없었고 가열온도를 95℃까지 증가할 때 팽윤력의 변화가 가장 적은 조건이 27%의 수분함량으로 처리한 압출성형쌀가루이었다.

쌀가루의 용해도는 50℃에서 HRF이 2.11%이었는데 압출성형쌀가루는 40.78-45.55%로 20-23배가 증가하였으며 물에 의해 호화된 졸의 상태로 존재하면서 많은 수분을 함유하게 됨을 알 수 있었다. 가열온도에 따라 압출성형쌀가루의 용해도도 증가하였지만 수분함량에 의한 차이는 일정한 경향을 보이지 않았고 80℃ 이하에서는 수분함량이 많을수록 용해도가 감소하였으나 95℃에서는 수분함량과는 유의적 차이를 보이지 않았다. 위의 이화학적 특성으로부터 압출성형

Table 4. Swelling powers of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flours (HERF) with different moisture contents 24, 27, and 30% (g/g)

Sample	Temperature (°C)		
	50	80	95
HRF	3.09±0.02 ^{bi)}	7.67±0.35 ^b	13.30±0.73 ^a
HERF 24	8.68±0.54 ^a	10.82±0.20 ^a	7.04±0.37 ^c
HERF 27	8.68±0.20 ^a	10.70±0.15 ^a	10.14±0.47 ^b
HERF 30	8.76±0.02 ^a	10.45±0.26 ^a	7.27±0.39 ^c

Data represents mean±SD.

¹⁾Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

Table 5. Solubilities of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flours (HERF) with different moisture contents 24, 27, and 30% (%)

Sample	Temperature (°C)		
	50	80	95
HRF	2.11±0.08 ^{cd)}	3.87±0.02 ^c	12.98±0.82 ^b
HERF 24	45.55±1.58 ^a	63.20±4.01 ^a	82.46±1.70 ^a
HERF 27	43.91±0.18 ^a	49.70±0.78 ^b	69.11±0.33 ^a
HERF 30	40.78±0.00 ^b	47.03±0.04 ^b	74.67±0.62 ^a

Data represents mean±SD.

¹⁾Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

가루는 백미쌀가루와는 완전히 다른 이화학적 특성을 보이거나 수분함량에 의해서는 물 결합능력과 겉보기 아밀로오스 함량만이 유의적인 차이를 보였으며 호화온도 이하의 온도에서도 많은 수분을 흡수하여 팽윤력과 용해도가 매우 증가하는 것을 알 수 있었다.

7. 호화 특성

쌀가루의 신속점도 측정기에 의한 호화양상은 Table 6과 같이 백미쌀가루의 호화액의 점도 변화가 10 RVU 증가하는 호화개시온도가 72.95°C이었지만 압출성형 쌀가루는 전 영역에 걸쳐 점도가 10 RVU 이하로 호화개시온도를 찾을 수 없었으며 점도의 변화도 없었다. 이런 변화는 압출성형으로 조리한 Hagenimama A 등(2006)의 결과와 같은 경향으로 가열온도에 따른 호화액의 점도 변화는 거의 없었다. 압출성형 쌀가루는 백미쌀가루에 비해 점도가 낮게 나타나는 것은 전분이 압출성형되는 과정 중 일부 분해가 일어났기 때문이라고 생각되며 수분 흡수력이 좋으나 토크에 의해 힘이 주어지면 제 형태를 이루지 못하고 물에 분산됨을 알 수 있었고 분산질인 압출성형 쌀가루는 긴 사슬분자로 구성되지 못하여 거의 점도를 나타내지 않음을 확인하였다. 점도의 변화가 없이 수분 흡수력이 우수하므로 쌀가루에 압출성형 쌀가루를 혼합하여 제품을 개발하였을 때 제품의 촉촉한 느낌을 부여하여 텍스처를 개선하거나 긴 사슬분자의 이중나선 구조 형성에 의한 노화에 분산된 저분자 물질이 방해하여 노화억제 효과를 보일 것으로 생각되었다. Cai 등(1995)은 스크류 속도가 증가함에 따라 높은 전단력으로 인하여 압출성형물의 분해가 증가되는 반면 온도는 전분을 호화시키기 때문에 더 많은 분해를 초래할 수 있으나 압출성형물의 점도는 감소시킨다고 하였다. 또 수분 25%에 대해 온도 100~120°C의 범위에서는 온도가 증가함에 따라 분해정도가 증가하였으나 140~160°C 범위에서는 온도가 증가함에 따라 분해정도는 감소하였다고 하였고, 수분 30%에 대해서는 모든 온도조건에서 온도가 증가함에 따라 분해정도가 증가하였다고 보고하였다(Cai W 등 1995). 위의 조건 중에서 저장

Table 6. Pasting properties of Hanarum white rice flour (HRF) and extruded rice flours (HERF) with different moisture contents 24, 27, and 30%

Sample	Initial pasting temp.(°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak (P)	Trough (T)	Final (F)	Breakdown (P-T)	Setback (F-T)
HRF	72.95±0.57	296.00±2.95 ^{ai)}	150.04±0.06 ^a	265.75±0.59 ^a	145.96±2.89 ^a	115.71±0.53 ^a
HERF 24	-	6.83±1.06 ^c	1.83±0.59 ^c	2.83±0.24 ^c	5.00±0.47 ^c	1.00±0.35 ^c
HERF 27	-	13.67±1.65 ^b	2.92±0.35 ^b	4.92±0.71 ^b	10.75±1.30 ^b	2.00±0.35 ^{bc}
HERF 30	-	11.21±0.53 ^b	2.63±0.18 ^{bc}	5.25±0.59 ^b	8.58±0.35 ^{bc}	2.63±0.41 ^b

Data represents mean ±SD.

¹⁾Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

에 안정적인 이화학 특성은 27% 수분함량으로 처리한 경우이지만 수분함량을 24~30%로 조절하였을 때는 어느 조건이나 관계없이 보습효과와 노화억제 효과를 보여 압출성형 또는 펄핑에 의한 호화쌀가루를 품질을 개선하는 소재로 활용가능함을 확인하였다.

IV. 요약 및 결론

글루텐 없이 가공한 쌀가루제품의 텍스처를 개선하기 위해 가공용 쌀인 통일계 다수확 멥쌀인 한아름벼를 백미로 도정하여 수침과 건조하여 건식제분한 쌀가루와 수분함량을 24, 27, 30%로 조절하여 쌍축 압출성형기로 스크류 회전속도 250 rpm, 바렐온도 160℃로 압출성형한 쌀가루의 이화학적 및 호화특성을 조사하였다. 쌀가루를 압출성형하면 조지방과 회분 함량이 감소하였으며 조단백질 함량은 증가하였다. 쌀가루의 색도는 처리조건에 따라 유의적인 차이를 보였으며 물 결합력과 겔보기 아밀로오스 함량은 백미쌀가루에 비해 압출성형쌀가루가 높았으며 물결합력은 수분함량이 많을수록 높은 값을 보였고 유의적인 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 손상전분은 백미쌀가루에 비해 압출성형쌀가루가 더 높아 유의차이를 보였지만 수분함량에 따른 차이는 없었다. 용해도는 온도 증가에 따라 모든 쌀가루에서 증가하였는데 백미쌀가루에 비해 급격한 증가를 보였으며 수분함량에 의해 유의적인 차이를 보였다. X-선 회절도는 백미쌀가루는 A형의 결정성을 보였으나 압출성형 쌀가루는 수분함량에 따라 다른 피크가 나타나 전분분자구조가 변화되었고 RVA에 의한 쌀가루의 호화양상은 압출성형 쌀가루에서 10 RVU 근처의 낮은 점도를 나타냈으며 온도변화에 따른 점도의 변화는 거의 나타나지 않았다. 따라서 압출성형쌀가루는 물결합능력과 용해도가 크고 가열에 따른 점도변화가 없어 쌀가루 가공제품의 텍스처와 노화를 개선하는 소재로 사용될 수 있을 것으로 생각되었다.

V. 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구

개발사업 (PJ007542062011) 지원에 의해 시행된 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 통계청. 2011. 2010 양곡년도 가구부문 영곡소비량 조사 결과
- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association Cereal Chemists, 10th ed., The Association, St. Paul, MN, USA
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, Method 991.43
- Cai W, Diosady LL, Rubin LJ. 1995. Degradation of wheat starch in a twin-screw extruder. *J Food Eng* 26: 289-300
- Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci* 35:85-94
- Choi CR, Kim JO, Lee SK, Shin MS. 2001. Properties of fraction from waxy rice flour classified with particle size. *Food Sci Biotechnol* 10:54-58
- Dautant FJ, Simancas K, Sandoval AJ, Müller AJ. 2007. Effect of temperature, moisture and lipid content on the rheological properties of rice flour. *J Food Eng* 78: 1159-1166
- Evers AD, Stevens DJ. 1985. Starch damage in *Advances in Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists Inc, Vol, II pp 321-349
- Fitzgerald MA, Martin M, Ward RM, Park WD, Shead HJ. 2003. Viscosity of rice flour: A rheological and biological study. *J Agric Food Chem* 51: 2295-2299
- Greenwood CT, Machenzie S. 1963. An investigation of the starch of the fruit of the potato (*Solanum tuberosum*). *Starch/Stärke* 15:251-255
- Halick JV, Kelly VJ 1959. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem* 36: 91-96
- Hagenimana A, Ding X, Fang T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *J Cereal Sci* 43: 38-46
- Kim RY, Kim CS, Kim HI. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1076-1083
- Kim WS, Shin M. 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

- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem* 36:534-544.
- Lee SH, Kim MY, Kim HY, Ko SH, Shin M. 2010. Comparison of rice properties between rice grown under conventional farming and one grown under eco-friendly farming using hairy vetch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1684-1690
- Lee SH, Shin M. 2009. Characteristics of preparation of rice Manju and rice flours with soaking and different particle sizes. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 427-434
- McCleary BV, Gibson TS, Mugford DC. 1997. Collaborative evaluation of a simplified assay for total starch in cereal products. *Cereal Foods World* 42:476-480
- Medcalf F, Gilles KA. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42:558-568
- Ngamnikom P, Songsempong S. 2011. The effects of freeze, dry, and wet grinding process on rice flour properties and their energy consumption. *J Food Eng* 104: 632-638
- Nishita KD, Bean MM. 1982. Grinding methods: Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem* 59: 46-49
- Park YK, Seog HM, Nam YJ, Shin DH. 1988. Physicochemical properties of various milled rice flours. *Korean J Food Sci Technol* 20: 504-510
- Schoch TJ. 1964. Whole starches and modified starches. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry Vol. II* pp 106-108. Whistler RL, (ed). Academic Press, NY, USA
- Shin M, Gang DO, Song JY. 2010. Effects of protein and transglutaminase on the preparation of Gluten-free rice bread. *Food Sci Biotechnol* 19: 951-956
- Shin MS, Ahn SY. 1986. Action of crude amylolytic enzyme extracted from sweet potatoes and amylolytic enzymes on the sweet potato starches. *Korean J Food Sci Technol* 18(6):431-436
- Shin MS, Mun SH, Bae CH. 2002. Effects of processing parameters of twin screw extruder and dry methods on the resistant starch formation from normal maize starch. *Korean J Human Ecology* 5(1):62-70
- Song JY, Shin M. 2007. Effects of soaking and particle sizes on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *Food Sci Biotechnol* 16: 759-764
- Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem* 47: 411-420
- Yeh AI, Jaw YM. 1999. Effects of feed rate and screw speed on operating characteristics and extrudate properties during single-screw extrusion cooking of rice flour. *Cereal Chem* 76: 236-242
- Zhang T, Oates CG. 1999. Relationship between α -amylase degradation and physico-chemical properties of sweet potato starches. *Food Chem* 65:157-163