

## 발아시간과 압출성형온도가 발아현미의 성질에 미치는 영향

김미환<sup>1</sup> · Wanna Tungjaroenchai<sup>2</sup> · 류기형<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 식품공학과

<sup>2</sup>Faculty of Agricultural Industry, KMITL

### Effect of Germination Time and Extrusion Temperature on Properties of Germinated Brown Rice

Mi Hwan Kim<sup>1</sup>, Wanna Tungjaroenchai<sup>2</sup> and Gi Hyung Ryu<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Chungnam 340-802, Korea

<sup>2</sup>Faculty of Agricultural Industry, KMITL, Bangkok, Thailand

#### Abstract

In order to develop a novel food utilization of germinated brown rice, physicochemical properties of germinated brown rice and its extrudates were investigated. The physical characteristics, the paste viscosity, and the anti-oxidation activity were analyzed. Brown rice was soaked for 10 hr and germinated for 24 and 48 hr at 30°C. Extrusion conditions of brown rice and germinated brown rice were barrel temperature at 100 and 120°C and moisture content at 20%. The expansion ratio increased with the increase in germination time. It increased at barrel temperature of 100°C, and decreased at 120°C. The bulk density showed negative correlations with the expansion ratio. The paste viscosity of germinated brown rice was decreased with the increase in the germination time. However the paste viscosity of extrudates was lower as barrel temperature increased. Content of polyphenolic compound in extrudates was increased by increasing germination time and barrel temperature.

**Key words:** germinated brown rice, extrusion, anti-oxidation activity

#### 서 론

현미는 과피(pericarp), 종피(seed coat) 및 호분층(aleurone layer)으로 구성된 미강과 배(embryo) 및 배유(endosperm)로 이루어져 있으며, 이들의 구성 비율은 일반적으로 미강 5~6%, 배 2~3%, 배유 92%에 해당하기 때문에 현미를 도정하면 현미의 약 92%에 해당하는 백미를 얻을 수 있다(1).

현미에는 식물성 섬유질을 비롯한 각종 효소, 비타민, 미네랄 등 영양소가 다량 함유되어 인체에 유익하다는 것은 널리 알려진 사실이다(2,3). 그러나 현미가 갖는 뛰어난 효능에도 불구하고 백미를 주식으로 하는 이유는 현미의 조리가 어렵고 부드럽게 씹히지 않고 꺼칠하여 식미가 떨어지기 때문이다. 이러한 현미의 문제점을 개선하여 풍부한 영양소를 고루 섭취하고 간편한 취사와 부드러운 조직감으로 식미 기호를 높인 발아현미가 등장하였다(4).

발아현미란 현미가공의 한 방안으로서 왕겨를 벗겨낸 현미에 적정한 수분, 온도, 산소를 공급해 1~5 mm 정도 쪽을 틔운 것을 말하며 발아현미에는 비타민, 아미노산, 효소 등 인체에 유용한 성분이 발아되지 않은 현미보다 많다(5). 발

아현미는 발아와 함께 수분흡수와 당질, 단백질 등의 가수분해효소의 작용에 의해 내부조직이 엉성해진다. 또한 싹이 생성된 부위를 통한 수분흡수가 용이하므로 수침시간이 크게 단축되어 취반성이 개선되어 종래의 현미 이용에 있어서의 결점이 개선된 특징을 가짐과 동시에 현미보다 높은 식품기능이 기대된다(6).

압출성형공정은 곡류가공에 다양하게 응용되는 기술로서 곡류에 포함된 전분을 연속적으로 호화시킬 수 있는 공정이다. 지금까지 곡류전분을 호화시키는 공정으로 드럼건조공정을 산업체에서 많이 이용하고 있는 실정이다. 드럼건조공정과 비교할 때 압출성형공정으로 제조한 호화곡류전분은 소화율의 향상과 함께 페이스트 점도가 낮아 이유식 등의 식품중간소재의 제조공정으로 이용할 경우 많은 장점이 있는 것으로 알려져 있다(7,8). 지금까지 발아현미의 영양가에 대한 연구는 많이 수행되었으나 압출성형공정 동안의 영양소 함량의 변화를 비롯한 이유식, 인스턴트 죽, 스낵, 선식 등의 소재로 사용하기 위한 식품중간 소재에 대한 연구는 광범위하게 수행되지 않았다.

따라서 본 연구는 원료 발아현미와 압출성형 발아현미의

\*Corresponding author. E-mail: ghryu@kongju.ac.kr  
Phone: 82-41-330-1484, Fax: 82-41-335-5944

물리적 특성(팽화율, 밀도, 파괴율), 페이스트 점도, 색도, 항산화 활성 등을 비교 검토하여 식미가 뛰어난 식품소재 개발에 대한 기초 연구를 위해 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험은 2005년 충남 예산에서 재배된 일품벼를 현미로 도정하여 사용하였다. 도정 후 상온에서 저장할 경우 저장기간의 경과에 따라 발아율이 감소하므로 발아 개시 하루 전날 도정하여 사용하였다(9). 현미 발아를 위해 현미의 수세 및 수침에 사용된 물은 생수(Icis, Lotte, 청원, Korea)를 사용하였다. 실험에 사용한 Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, sodium carbonate anhydrous, 3, 5-dinitrosalicylic acid 등의 시약은 Sigma Co.(St. Louis, USA) 제품의 특급 시약을 사용하였다.

### 발아현미 제조

발아현미 제조를 위해 깨끗이 씻은 맵쌀 현미를 각각 30°C incubator(Jeio Tech, SWEB-10, Korea)에서 10시간 수침한 후 수침과 동일한 온도 30°C에서 1.5 cm 두께로 펴서 24시간, 48시간 동안 발아시켰다. 또한 부폐방지를 위해 발아 중 3시간 간격으로 수침에 사용한 물과 동일한 물로 수세하였다. 발아종료 후 물빼기로 물을 제거한 발아현미를 발아를 정지시키기 위해 열풍건조기(Hanbaek Co., SWB-10, Korea)로 50°C에서 20시간 건조하여 24시간, 48시간 발아현미와 현미를 각각 편밀(덕산기계, Korea)로 300 µm 이하로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

### 압출성형

압출성형은 쌍축 동방향 압출성형기(THK 31T, 인천기계)를 사용하였으며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 스크루 직경은 2.9 cm이며 길이와 직경비(L/D ratio)는 25:1이었고 사출구는 원형으로 직경이 3.0 mm인 것을 사용하였다. 배럴의 온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 100°C와 120°C로 조절하였으며, 스크루 회전속도는 250 rpm으로 고정하였다. 원료 사입량은 131.6 g/min으로 고정하였다. 압출성형을 위한 시료는 현미가루 및 24시간, 48시간 발아현미가루를 수분

함량 20%로 조절하여 비닐용기에 밀봉하여 12시간 냉장보관하여 수분을 골고루 분산시킨 다음 압출성형 시료로 사용하였다.

### 일반성분

AOAC 방법(10)에 준하여 수분함량은 130°C 건조법, 환원당은 DNS법(11)을 사용하였다.

### 직경팽화지수

직경팽화지수(sectional expansion index)는 압출성형물을 10 cm 내외의 적당한 길이로 잘라내어 한 시료당 10개를 준비한 다음, 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Japan)로 직경을 개당 10회 측정하여 사출구 직경과 압출성형물 직경비의 평균값으로 산출하였다.

### 비길이

비길이(specific length)는 압출성형물을 10 cm 내외의 적당한 크기로 잘라 한 시료당 5개를 준비한 다음, 항량이 되도록 건조한 후 길이와 무게를 측정하여 길이에 대한 무게의 비를 평균치로 산출하였다.

### 체적밀도

체적밀도(bulk density)는 압출성형물의 무게를 측정한 후, 콥쌀을 이용하여 압출성형물의 부피를 구하고 밀도를 다음 식의 계산법을 이용하여 구하였다.

$$\rho_e = \frac{M_e}{M_m} \times \rho_m$$

$\rho_e$ : density of extrudate

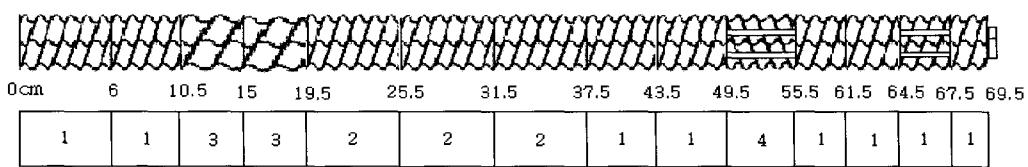
$\rho_m$ : density of millet ( $0.76 \text{ g/cm}^3$ )

$M_e$ : mass of extrudate

$M_m$ : mass of millet

### 파괴력

파괴력(break strength)은 압출성형물을 5 cm 크기로 잘라 Sun Rheometer(Cr-100D, Japan)로 절단할 때 필요한 힘을 파괴력으로 나타내었다. 이 때 측정조건은 probe 두께 2 mm, maximum strength 2 kg, probe speed 60 mm/min, 진입길이 0.5 cm이었다. 지지대간의 거리가 1.5 cm인 지지대에 압출성형물을 올려놓고 probe를 아래로 이동시켜 힘-



1. 1/2 Pitch screw

2. 2/3 Pitch screw

3. Forward paddle

4. Reverse screw element

L/D ratio : 25:1

Φ : 2.9cm

Fig. 1. Screw configuration of model (THK 31T).

거리 곡선의 최대 피크로부터 파괴력을 측정하였다.

#### 수분흡착지수와 수분용해지수

Anderson 등(7)의 방법을 변형하여 수분흡착지수(water absorption index, WAI)와 수분용해지수(water solubility index, WSI)를 측정하였다. 수분흡착지수는 각각의 압출 성형한 시료를 분쇄하여 250 μm의 체를 통과시킨 후 시료 1 g과 중류수 20 mL를 원심분리 투브에 투입하여 30°C로 30분간 진탕교반한 후, 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 20분간 원심 분리하였다. 상등액을 제외한 침전물의 무게를 평량하여 전조시료 g당 흡수된 수분량으로 표시하였다.

$$WAI = \frac{\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}}$$

수분용해지수는 수분흡착지수 측정 시 회수한 상등액을 증발접시에 옮긴 후, 건조온도 105°C의 열풍건조기에서 건조시켜 얻어진 고형분의 무게를 전조시료에 대한 백분율로 나타내었다.

$$WSI (\%) = \frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant}}{\text{Dry sample wt.}} \times 100$$

#### 가용성 물질의 색도

가용성 물질의 색도는 압출성형물을 분쇄한 후 UV-Vis Spectrophotometer(S-2150, Scinco Co., Korea)를 사용하여 나타내었다. 분말시료 2 g을 삼각플라스크에 넣고 50% 에탄올 50 mL를 가하여 30분 간격으로 10초 동안 교반하면서 5시간 동안 침출한 다음 20시간 동안 방치 후 여과하여 측정된 값을 Hunter color value로 나타내었으며 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b) 값으로 측정하였다. 이 때 사용된 표준값은 L이 100.72, a는 +0.19, b는 +0.13이었으며 L값의 범위는 100:white에서 0:black, a값은 +60:red에서 -60:green, b값은 +60:yellow에서 -60:blue 까지 범위로 나타내었다.

가용성 물질의 갈색도와 홍색도는 분광광도계(HP8452, Hewlett Packard, USA)를 사용하여 측정하였다. 가용성 물질 색도 측정시험에서 사용한 50 mL를 사용하여 갈색도(420, 440, 480 nm)와 홍색도(520 nm)를 각각 측정하였다.

#### 페이스트 점도 측정

신속점도측정기(RVA, Newport Ltd., Australia)를 사용하였으며 RVA 작동시 온도는 작동 후 1분 동안은 50°C를 유지, 4분 동안 95°C로 가열, 3분 동안 95°C로 유지, 4분 동안 50°C로 냉각 후 1분 동안 50°C로 유지시켰다. 페달의 회전속도는 160 rpm을 고정하여 페이스트 점도를 측정하였다(12,13).

측정시료의 무게는 수분함량 12%(w.b.) 기준 3 g에 25 mL의 중류수를 넣은 다음 잘 분산시킨 혼탁액의 페이스트 점도를 측정하였다. 시료와 수분첨가량은 다음 계산식을 이

용하였다. 즉  $S=88 \times 3.00/(100-M)$ ,  $W=28.0-S$ 로, 여기서 S는 시료의 질량, M은 시료의 실제 수분함량, W는 첨가할 수분량이다. 페이스트 곡선으로부터 최고점도(peak viscosity, PV), 최저점도(trough viscosity, TV), 최종점도(final viscosity), 구조파괴점도(breakdown viscosity, BV)와 회복점도(setback viscosity, SV)를 각각 산출하였다.

#### $\gamma$ -Oryzanol 함량 분석

현미와 24시간, 48시간 발아현미와 각각의 압출성형산물을 분쇄(50 mesh 이하)하여 그 분말 10 g에 70% 에탄올 50 mL를 첨가하여 30분간 추출한 뒤 2,500 × g에서 10분간 원심분리(Hanil Industrial Co., Korea)하였다. 이로부터 상등액을 취해 여과(NYL, 47 mm, 0.45 μm, Whatman)하여  $\gamma$ -oryzanol 함량 분석 용 시료액으로 사용하였다(14).  $\gamma$ -Oryzanol 함량은 Perretti 등(15)의 방법에 의해 분석하였다. 추출물을 isoctane(1 mg/mL)으로 용해시켜 분광광도계(HP8452, Hewlett Packard, USA)를 사용하여 315 nm에서 흡광도를 측정하였다.  $\gamma$ -Oryzanol standard calibration curve를 이용해  $\gamma$ -oryzanol 함량을 구하였다.

#### Polyphenolic compound 함량 분석

현미와 24시간, 48시간 발아현미와 각각의 압출성형산물을 분쇄(50 mesh 이하)하여 그 분말을 각각 물에 1:4(w/v) 비율로 혼합한 뒤 9,000 rpm에서 10분간 원심분리(Hanil Industrial Co., Korea)하였다. 이로부터 상등액을 취해 여과(Whatman No.6)하여 수용성 추출물을 조제하여 polyphenolic compound 함량 분석 용 시료액으로 사용하였다. Folin-Ciocalteu method를 수정(16)하여 시료에 있는 total polyphenolic compound 함량을 구하였다. 추출물 5 mL에 0.2 N Folin-ciocalteu's phenol reagent와 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 포화용액(75 g/L)을 5 mL씩 넣어 60분간 실온에서 반응시킨 후 분광광도계(HP8452, Hewlett Packard, USA)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid standard calibration curve를 이용해 total polyphenolic compound의 함량을 구하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 압출성형물의 물리적 특성

압출성형시의 배럴 온도와 발아시간이 팽화율, 밀도 및 파괴력에 미치는 영향은 Table 1과 같다. 압출성형물의 발아시간에 따른 팽화율은 배럴 온도 100°C에서는 발아시간이 증가할수록 증가하였으나, 120°C에서는 감소하였다. 분말원료의 경우 팽화온도는 팽화물 형성에 중요한 변수 중 하나이다(17). 또한 밀도는 발아시간이 증가할수록 100°C에서는 감소, 120°C에서는 증가하였다. 즉 팽화율이 증가할수록 밀도는 감소하여 팽화율과 밀도는 음의 상관관계를 나타내었다. 발아시간에 따른 파괴력은 100°C에서는 발아시간이 증가할

**Table 1. Effect of barrel temperature and germination time on expansion ratio, bulk density and breaking strength of extrudates of brown rice**

Barrel temp. (°C)	Germination time <sup>1)</sup> (hr)	Expansion ratio		Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Breaking strength (g/cm <sup>2</sup> )
		SEI <sup>3)</sup>	SL <sup>4)</sup>		
100	Raw brown rice <sup>2)</sup>	10.59±0.45 <sup>5)</sup>	10.01±0.24	0.09	286.67±113
	24	9.68±0.38	13.07±0.77	0.08	525.43±77
	48	9.22±0.15	13.06±0.51	0.07	592.19±40
120	Raw brown rice	8.55±0.25	14.79±0.48	0.07	533.28±38
	24	10.20±0.22	9.57±0.48	0.08	356.57±60
	48	9.05±0.19	12.83±0.38	0.08	305.52±72

<sup>1)</sup>It was soaked for 10 hr and germinated for 24 and 48 hr.<sup>2)</sup>Raw brown rice was not soaked and germinated.<sup>3)</sup>SEI: sectional expansion index. <sup>4)</sup>SL: specific length.<sup>5)</sup>Mean±SD.

수록 증가하였으며, 120°C에서는 발아시간이 증가할수록 감소하였다. 파괴력은 팽화율, 밀도, 기공구조에 영향을 받으며 팽화율이 증가할수록 파괴력이 감소한 Chinnaswamy와 Hanna의 결과(18)와 일치하였다. 이는 팽화력이 감소하여 밀도가 증가하고 기공의 크기가 작고 균일하게 분포되었기 때문에 파괴력이 감소한다고 하였다.

#### 수분용해지수와 수분흡착지수

배럴 온도와 발아시간이 수분용해지수와 수분흡착지수에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 수분용해지수는 발아시간이 증가할수록 증가하고 배럴 온도가 증가하면 감소하였으며, 수분흡착지수는 배럴 온도가 증가하면 증가하였다. 압출성

형이 진행되는 과정에서 호화에 의하여 아밀로오스 사슬의 절단량이 증가하여 수분용해지수가 증가한 것으로 판단되며, Jackson 등(19)은 수수전분의 압출성형에 의해 용출되는 아밀로오스 함량이 증가하여 수분용해지수가 증가한다고 하였다.

#### 색도

배럴 온도와 발아시간이 50% 에탄올로 추출한 압출성형물의 색도에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 추출액의 명도 L값의 경우 배럴 온도가 증가하면 증가하였으며, 적색도 a값과 황색도 b값은 배럴 온도 및 발아시간이 증가할수록 증가하였다. 명도의 증가는 전분의 압출성형에 의한 용융과 재결정화가 일어남에 따라 높은 값을 나타낸 것으로 판단된다.

배럴 온도와 발아시간이 50% 에탄올로 추출한 압출성형물의 갈색도 및 적색도에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 갈색도 및 적색도 또한 a값과 b값과 같이 배럴 온도 및 발아시간이 증가할수록 증가하였다. 이는 높은 온도와 발아에 의한 전분의 분해에 의한 갈변반응에 의해 갈색도가 증가하는 것으로 보인다.

#### 페이스트 점도

신속점도측정기에 의한 페이스트 점도의 결과는 Table 5와 같다. 압출성형 전의 최고 점도는 발아현미보다는 현미의 최고 점도가 높았으며 발아시간이 증가할수록 최고 점도

**Table 2. Effect of barrel temperature and germination time on water solubility index (WSI) and water absorption index (WAI) of extrudates of brown rice**

Barrel temp. (°C)	Germination time <sup>1)</sup> (hr)	WSI	WAI
100	Raw brown rice <sup>2)</sup>	26.33±1.24 <sup>3)</sup>	4.16±0.07
	24	38.00±1.69	3.70±0.33
	48	56.00±2.16	5.53±0.02
120	Raw brown rice	24.04±1.81	4.98±0.19
	24	35.85±0.01	4.13±0.02
	48	30.59±1.02	4.78±0.20

<sup>1-3)</sup>See the legend in Table 1.**Table 3. Effect of barrel temperature and germination time on lightness (L), redness (a) and yellowness (b) of extrudates of brown rice**

Barrel temp. (°C)	Germination time <sup>1)</sup> (hr)	Hunter color values		
		L <sup>3)</sup>	a <sup>4)</sup>	b <sup>5)</sup>
100	Raw brown rice <sup>2)</sup>	87.75±0.36 <sup>6)</sup>	1.72±0.08	11.49±0.28
	24	87.40±0.43	1.59±0.13	7.77±0.17
	48	88.11±0.22	1.70±0.15	8.20±0.33
120	Raw brown rice	87.96±0.28	1.16±0.05	5.83±0.20
	24	88.97±0.18	0.20±0.10	1.03±0.30
	48	87.06±0.38	1.63±0.14	6.80±0.18

<sup>1,2,6)</sup>See the legend in Table 1.<sup>3)</sup>L: Lightness ranged from 0 (black) to 100 (white).<sup>4)</sup>a: Redness ranged from +60 (red) to -60 (green).<sup>5)</sup>b: Yellowness ranged from +60 (yellow) to -60 (blue).

**Table 4. Effect of barrel temperature and germination time on brownness and redness of extrudates of brown rice**

Barrel temp. (°C)	Germination time <sup>1)</sup> (hr)	Brownness				Redness
		420 (nm)	440 (nm)	480 (nm)	520 (nm)	
100	Raw brown rice <sup>2)</sup>	0.13±0.006 <sup>3)</sup>	0.10±0.006	0.08±0.005	0.06±0.004	
	24	0.17±0.007	0.14±0.006	0.11±0.005	0.09±0.005	
	48	0.12±0.006	0.09±0.006	0.07±0.005	0.05±0.004	
120	Raw brown rice	0.16±0.005	0.13±0.004	0.10±0.004	0.07±0.004	
	24	0.16±0.005	0.13±0.004	0.10±0.004	0.08±0.004	
	48	0.18±0.006	0.15±0.005	0.11±0.005	0.08±0.004	

<sup>1-3)</sup> See the legend in Table 1.

**Table 5. Effect of barrel temperature and germination time on paste viscosity of brown rice, germinated brown rice and its extrudates**

Barrel temp. (°C)	Germination time <sup>1)</sup> (hr)	PV <sup>4)</sup> (cp)	TV <sup>5)</sup> (cp)	BV <sup>6)</sup> (cp)	FV <sup>7)</sup> (cp)	SV <sup>8)</sup> (cp)
Non-Ex <sup>3)</sup>	Raw brown rice <sup>2)</sup>	2647	1145	1502	2522	1377
	24	976	206	770	541	335
	48	457	67	390	124	57
100	Raw brown rice	326	0	326	11	22
	24	46	0	46	2	12
	48	304	0	304	14	54
120	Raw brown rice	579	0	579	51	63
	24	131	0	131	13	22
	48	359	5	354	139	134

<sup>1,2)</sup> See the legend in Table 1. <sup>3)</sup> Non-Ex: Not extruded.

<sup>4)</sup> PV: peak viscosity. <sup>5)</sup> TV: trough viscosity. <sup>6)</sup> BV: breakdown viscosity (peak viscosity minus trough viscosity).

<sup>7)</sup> FV: final viscosity (viscosity at the end of the test). <sup>8)</sup> SV: setback viscosity (final viscosity minus trough viscosity).

는 감소하였다. 압출성형물의 발아시간에 따른 최고 점도는 현미가 가장 높은 페이스트 점도를 나타내며 발아시간이 증가할수록 최고 점도가 증가하는 경향을 나타내었다. 배럴 온도에 따른 최고 점도는 배럴 온도가 높을수록 최고 점도는 높았다. 압출성형을 하지 않은 현미의 발아시간에 따라 최고 점도가 감소하는 것은 발아중의 효소의 작용에 의해 전분의 분해가 일어난 것으로 여겨진다.

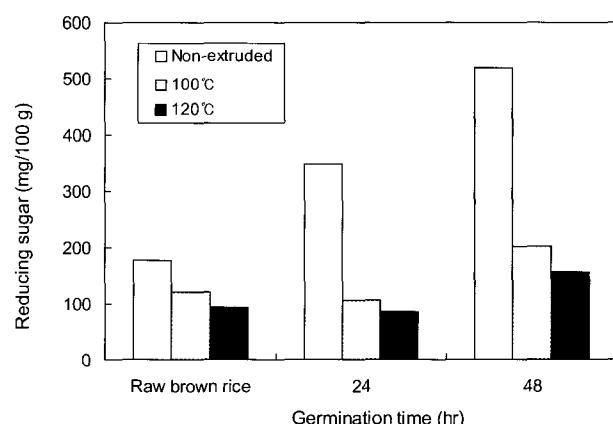
발아현미와 발아현미 압출성형물의 페이스트 점도를 비교하면 발아현미의 페이스트 점도는 높은 온도에서 peak viscosity를 나타내며, 압출성형물의 페이스트 점도는 낮은 온도에서 peak viscosity를 나타내었다. 이는 압출성형물을 압출성형에 의해 호화가 이루어져 낮은 온도에서 peak viscosity를 나타낼 수 있다. 또한 고온에서 저온으로 온도가 변할 때 점도의 상승이 다시 보여 점도곡선에서 전분의 가용화 경향이 나타남을 알 수 있었다(20).

점도측정 시 각 시료분말을 물과 혼합할 경우 압출성형전의 시료는 침전이 보였으나, 압출성형물의 시료는 침전이 나타나지 않고 균일하였다. 이것은 압출성형처리에 의해 전분이 팽화되었으며, 팽화물 중의 전분이 가용화되어 액체와의 혼합성이 향상된 것으로, 이 특성은 액체식품으로의 가공 및 이용에 적절함을 나타낸다. 구조파괴 점도는 최고 점도와 최저 점도의 차이로서 호화과정중 RVA paddle에 의해 페이스트에 가해지는 물리적 힘에 대한 호화전분입자의 파괴와 전분사슬 절단의 정도를 나타내는 지표가 된다(21). 구조파

괴 점도는 배럴 온도가 증가할수록 증가하였다.

#### 화학적 특성

배럴 온도와 발아시간이 환원당 함량에 미치는 영향은 Fig. 2와 같다. 환원당량은 발아시간이 증가할수록 증가하여 현미보다 24시간, 48시간 발아현미가 각각 2배, 3배 증가하였다. 그러나 압출성형에 의해 환원당량은 압출성형을 하지 않은 현미 및 발아현미보다 50% 이상이 감소되었다. 환원당의 발아시간이 증가할수록 환원당량이 증가한 것은 발아 중 효소의 작용에 의한 것으로 여겨진다(9). 또한 압출성형에



**Fig. 2. Effect of barrel temperature and germinated time on content of reducing sugar of brown rice, germinated brown rice and extrudates.**

Table 6. Effect of barrel temperature and germination time on functional component of brown rice

Barrel temp. (°C)	Germination time <sup>1)</sup> (hr)	$\gamma$ -Oryzanol (mg/100 g)	Polyphenolic compound (mg/100 g)
Non-Ex <sup>3)</sup>	Raw brown rice <sup>2)</sup>	65.68	12.21
	24	56.73	8.60
	48	57.93	8.94
100	Raw brown rice	30.39	11.01
	24	29.53	16.28
	48	18.12	20.03
120	Raw brown rice	22.45	14.56
	24	13.60	15.63
	48	15.99	23.61

<sup>1,2)</sup> See the legend in Table 1. <sup>3)</sup> See the legend in Table 5.

의해 환원당량이 감소한 것은 압출성형과정 중의 고온에 의한 caramelization에 의한 것으로 여겨진다(22). 환원당량의 증가는 압출성형물의 수분용해지수 및 색도 측정 결과에서 발아시간이 증가할수록 수분용해지수, 갈색도 및 적색도가 증가한 이유라고 할 수 있다.

Table 6은  $\gamma$ -oryzanol 및 polyphenolic compound의 측정결과이다.  $\gamma$ -Oryzanol은 자율신경실조증, 쟁년기장해 등의 의약품으로 또한, 피부의 노화방지 등의 작용이 있으며 최근에는 고온에서 항산화작용, 혈중 콜레스테롤 저하 작용을 이용한 기능성 식품 등의 그 이용이 확대되고 있는 기능성 물질로 알려져 있다(23).  $\gamma$ -Oryzanol의 함량은 발아시간이 증가할수록 약간 감소하였으며, 압출성형에 의해서 상당량의 감소를 나타내었다. 또한 배럴 온도가 증가할수록 감소량은 증가하였다.

Polyphenolic compound는 식물체에서 항산화효능과 관련이 깊은 성분으로 알려져 있다. 또한 이들은 phenolic hydroxyl기를 가지기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하는 성질이 있어서 비단억제 및 항산화 효과 등의 생리 활성 효과를 가지고 있다. 따라서  $\gamma$ -oryzanol과 함께 그 함량으로 항산화 효과의 기대정도를 추측할 수 있다. Polyphenolic compound 함량은 발아시간이 증가할수록 감소하였으나 압출성형에 의해서는 그 함량이 증가하였다. 압출성형물의 polyphenolic compound 함량은 발아시간이 증가할수록, 또한 배럴 온도가 증가할수록 증가하였다. 이는 조직 내부에 단단히 결합되어 있던 polyphenolic compound가 압출성형공정에서 고온, 고압하의 전단력에 의해 쉽게 용출 가능하게 된 것으로 여겨진다.

## 요 약

본 연구는 식미가 뛰어난 압출성형 발아현미 식품소재 개발에 대한 기초 연구로서 원료 발아현미와 압출성형 발아현미의 물리적 특성, 페이스트 점도, 색도 및 항산화성 등을 비교 검토하였다. 발아는 24 hr, 48 hr 동안 30°C에서 실시하였으며, 현미 및 24시간, 48시간 발아현미를 시료로 하였다.

쌍축 동방향 압출성형기를 사용하여 수분함량 20%, 배럴온도는 100°C와 120°C로 조절하여 압출성형하였다. 압출성형물의 발아시간에 따른 팽화율은 배럴온도 100°C에서는 증가, 120°C에서는 감소하였으며, 밀도는 100°C에서 감소, 120°C에서 증가하여 팽화율과는 음의 상관관계를 나타내었다. 발아시간에 따른 파괴력은 배럴온도 100°C에서는 증가하였으며, 120°C에서는 감소하였다. 페이스트 점도는 발아현미는 발아시간에 따라 페이스트 점도가 감소하였으나, 압출성형물은 발아시간에 관계없이 배럴온도 100°C가 120°C 보다 약간 높은 페이스트 점도를 나타내었다. 색도의 명도는 압출성형물간의 유의적 차이는 나타나지 않았으며 갈색도는 배럴온도 100°C에서는 24 hr 발아현미가, 120°C에서는 48 hr 발아현미가 가장 높은 값을 나타내었다. 환원당 함량은 발아시간이 증가할수록 증가하였다.  $\gamma$ -Oryzanol의 함량은 발아시간이 증가할수록 약간 감소하였으며, 압출성형에서는 배럴 온도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. Polyphenolic compound 함량은 발아시간이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으나 압출성형물에서는 발아시간이 증가하고 배럴 온도가 증가할수록 polyphenolic compound 함량은 증가하는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 2006년 한국과학재단 국제협력 연구사업의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Juliano BO, Bechtel DB. 1985. *Rice Chemistry and Technology*. The American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota. p 17-58.
- Kim SL, Son YK, Rok J, Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J Crop Sci* 46: 221-228.
- Lee HJ, Byun SM, Kim HS. 1988. Studies of the dietary fiber of brown rice and milled rice. *Korean J Food Sci Technol* 20: 576-580.

4. Kum JS, Choi SK, Lee HY, Park JD, Park HJ. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J Food Preserv* 11: 182-188.
5. Jang SS. 1988. Method of germinating with brown rice. *Korea Patent No.* 1988- 0247686.
6. Oh SS. 2002. Study on nutritional properties of sprouting brown rice. *MS Thesis*. Kongju National University, Gongju, Korea.
7. Anderson RA, Conway HF, Pfeifer VF, Griffin EL. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking. *Cereal Sci Today* 14: 4-7, 11-12.
8. Wilton CT, Bengera I, Smith OB, Rokey GJ. 1984. Energy aspects in extrusion cooking of starches and flours. In *Thermal Processing and Quality of Foods*. Zeuthen P, Cheftel JC, Eriksson C, Jul M, Linko P, Vos G, eds. Elsevier Applied Science Publ., London. p 180-184.
9. Kim SN, Son YK, Son JR, Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J Crop Sci* 46: 221-228.
10. AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Method 925.10. Association of Official Analytical Communities, Arlington, VA, USA.
11. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
12. Deffenbaugh LB, Walker CE. 1989. Use of the rapid-visco-analyzer to measure starch pasting properties. *Starch/Starke* 41: 461-467.
13. Deffenbaugh LB, Walker CE. 1989. Comparison of starch pasting properties in the Brabender viscoamylograph and rapid visco-analyzer. *Cereal Chem* 66: 493-499.
14. Tian S, Nakamura K, Cui T, Kayahara H. 2005. High-performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in rice. *J Chromatogr A* 1063: 121-128.
15. Perretti G, Miniati E, Montanari L, Fantozzi P. 2003. Improving the value of rice by-products by SFE. *J Supercrit Fluids* 26: 63-71.
16. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
17. Bhattacharya B, Choudhury GS. 1994. Twin-screw extrusion of rice flour: effect of extruder length-to-diameter ratio and barrel temperature on extrusion parameters and product characteristics. *J Food Process Preserv* 18: 389-406.
18. ChinnaSwamy R, Hanna MA. 1990. Macromolecular and functional properties of native and extrusion cooked corn starch. *Cereal Chem* 67: 490-499.
19. Jackson DS, Gomez MH, Waniska RD, Rooney LW. 1990. Effects of single-screw extrusion cooking on starch as measured by aqueous high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem* 67: 529-532.
20. Keitaro S, Hiroshi O, Tomoya O, Sumiko N, Ken'ichi O. 2003. Development of a novel food material using germinated brown rice by twin-screw extrusion. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 50: 474-482.
21. EL-Dash AA, Gonsalves R, Cioli M. 1984. Response surface methodology in the control of thermoplastic extrusion of starch. In *Extrusion Cooking Technology*. Jowitt R, ed. Elsevier Applied Science Publishers, New York. p 51-74.
22. Kim DH. 2004. *Food Chemistry*. Tamgudang, Seoul, Korea. p 416-421.
23. Yuji Y, Keitaro S, Hiroshi O, Tomoya O, Katsuhiko H, Kenichi O. 2004. Preparation of co-extruded flours using germinated brown rice and barley and its antihypertensive effect. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 51: 592-603.

(2007년 2월 8일 접수; 2007년 4월 23일 채택)