

## 수분함량과 온도에 따른 즉석팽화 쌀 스낵의 물리적 특성

김 철<sup>1</sup> · 유제혁<sup>2</sup> · 류기형<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>중국 연변대학 농학원 식품과학부

<sup>2</sup>공주대학교 식품공학과

## Effect of Moisture Content and Temperature on Physical Properties of Instant Puffed Rice Snacks

Jin Tie<sup>1</sup>, Je-Hyeok Yu<sup>2</sup>, and Gi-Hyung Ryu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Engineering, Agricultural College of Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea

### Abstract

The physical properties of instant puffed rice snacks with non-glutinous, glutinous, and steamed non-glutinous rice were evaluated at different moisture content and puffing temperatures. Raw materials were tempered to 9%, 12%, 15%, and 18% moisture content and puffed at 200°C, 210°C and 220°C. With the increase in moisture content and puffing temperature, puffed snacks were less bulky. As the moisture content decreased and puffing temperature increased, the whiteness (L) value of puffed snacks decreased, while the redness (a) and yellowness (b) values increased. WSI and WAI were higher with an increase in moisture content and puffing temperature. Instant puffed rice snacks made from non-glutinous, glutinous, and steamed non-glutinous rice showed differences in bulk density, WSI, and WAI, while no difference was found in color values. When the moisture content increased from 9% to 15%, the cells within the products became more uniform and smaller. The instant puffed rice snacks made from glutinous rice showed the smallest and most uniform cell structure.

**Key words:** instant puffed rice snack, instant puffing machine, moisture content, puffing temperature, physical properties

### 서 론

스낵(snack)이란 넓은 의미에서는 가벼운 식사, 도시락, 간식 등을 뜻하고 좁은 의미에서 스낵은 과자의 일부분으로 비교적 비중이 가볍고 가격이 싸고 부담 없이 먹을 수 있는 것을 말하며 곡류, 감자, 고구마, 콩, 전분, 견과류 및 육류 등을 원료로 사용하여 튀김, 볶음, 압출성형, 팽화와 같은 공정을 거쳐 알코올성 또는 비알코올성 음료와 같이 먹는, 가볍게 즐기기 위한 식품을 말한다. 우리나라 스낵은 처음부터 소맥분계가 주류를 이루고 그 다음 옥수수계통, 감자계통, 쌀계통 등으로 원료를 다양화했지만 아직도 소맥분계가 다수를 차지하고 있다(1).

최근 쌀가루는 밀가루를 대체할 수 있는 소재로 주목을 받고 있는데, 쌀가루는 밀가루에 비해 알레르기 유발율이 현저히 낮고 소화가 잘되며 필수아미노산 등 영양적인 측면에서 좋은 장점을 가지고 있다(2,3). 이에 따라 최근 국내에서도 밀가루를 대체한 쌀과자 및 쌀빵, 쌀국수, 압출성형 쌀스낵 등의 제품들이 다수 개발되어 판매되고 있다(4,5).

곡류를 팽화시키면 수분의 증발에 의한 건조와 팽화에 의한 조직의 향상 및 전분의 호화를 비롯한 성분의 변화가 수

반되어 맛과 조직감이 향상된다. 곡류를 팽화시킨 스낵 중의 하나인 팽튀기는 puffing gun이나 압출성형기, 즉석팽화기 등의 장치를 이용하여 주로 고온고압에서 행하여지고 있다. 이러한 공정에서 곡류가 팽화되는 원리는 고온고압상태에서 전분 및 단백질의 용융(melting)에 의해 점탄성을 가지는 용융반죽이 되고 용융반죽에 포함된 물 또는 가스 등이 기화됨으로써 발생하는 상변화에 의한 비체적의 증가를 추진력으로 하여 용융반죽이 팽화되는 현상을 이용하는 것이다(6,7). 따라서 전분 및 단백질, 수분, 온도, 압력 등이 주요 변수로 작용한다.

본 연구는 멥쌀, 찰쌀, 전멥쌀의 수분함량과 즉석팽화기의 팽화온도를 달리하여 제조한 즉석팽화스낵의 체적밀도, 색도, 수분용해지수와 수분흡착지수, 미세구조 등의 물리적 특성을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

멥쌀과 찰쌀은 충남 공주에서 2010년에 수확한 호품과 동진찰벼를 사용하였고, 전멥쌀은 2010년에 중국에서 재배된

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

것으로 제일무역에서 구입하여 사용하였다. 초기 수분함량은 멥쌀, 찰쌀, 전멥쌀이 각각 13.30, 12.02, 10.86%이었다.

#### 즉석팽화스낵의 제조

멥쌀, 찰쌀 및 전멥쌀의 수분함량을 9, 12, 15, 18%로 혼합기(KM-400, Kenwood Co., Havant, Britain)와 건조기(OF-22GW, Jeio Tech Co., Daejeon, Korea)를 사용하여 수분 조절 후 냉장고(4°C)에서 24시간 동안 방치하여 수분이 고루 분포되게 하였다. 수분 조절한 멥쌀, 찰쌀, 전멥쌀을 즉석팽화기(Patent No. 10-0571883, Delice Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)에 투입하였으며 팽화관은 직경이 4.5 cm인 원형을 사용하였다. 팽화온도는 200, 210, 220°C에서 각각 즉석팽화스낵을 제조하였다.

#### 체적밀도

즉석팽화스낵의 밀도는 종자치환법을 이용하여 250 mL 계량컵에 시중에서 구입한 차조를 일정한 높이에서 떨어뜨려 가득 채우고 눈금자로 계량컵의 높이와 일치하게 차조를 평평하게 한 다음 차조의 질량을 측정하였다. 측정된 차조의 질량을 부피로 나누어 차조의 밀도를 계산하였다.

계량컵에 즉석팽화스낵을 5개씩 넣어 질량을 측정하였고 위의 방법과 동일하게 측정된 질량만큼의 차조를 떨어뜨리고 계량컵의 높이와 일치하게 한 다음 질량을 측정하였다. 즉석팽화스낵의 체적밀도는 식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$\rho_i = \frac{M_i}{M_i + M_m - M} \rho_m \quad (1)$$

$\rho_i$ : Bulk density of instant puffed rice snack ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$\rho_m$ : Bulk density of instant puffed rice snack ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$M_i$ : Mass of instant puffed rice snack (g)

$M_m$ : Mass of millet in cup (g)

$M$ : Mass of millet and instant puffed rice snack in cup (g)

#### 색도

색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명도(whiteness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b) 값을 측정하였으며, L값은 100(white)에서 0(black), a값은 +60(red)에서 -60(green), b값은 +60(yellow)에서 -60(blue)으로 나타내었다. 표준 백색판의 값은 L=97.26, a=-0.02, b=1.77이었다.

#### 수분용해지수와 수분흡착지수

AACC방법(8)을 응용하여 순간팽화스낵의 수용성 성질을 분석하였다. 건량 기준 시료 1 g에 증류수 25 mL을 가하여 30°C의 항온수조(SWB 10, Jeio Tech Co.)에서 30분간 교반한 후 원심분리기(HA-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)에서 3,000 rpm으로 20분간 원심분리하였다. 상등액을 알루미늄 접시에 부어 105°C로 설정된 열풍건조기(FHB-502mP, Han Beak Co., Bucheon, Korea)에서 2시간 동안 건조하였다. 건조된 시료를 데시케이터에서

30분간 방냉 후 고형분 함량을 측정하였다. 상등액을 따른 후 침전물을 포함한 튜브를 칭량하고 수분용해지수(water soluble index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI)를 각각 식(2)과 식(3)을 이용하여 계산하였다.

$$\text{WSI} (\%) = \frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant} \times 100}{\text{Dry sample wt.}} \quad (2)$$

$$\text{WAI} (\text{g/g}) = \frac{\text{Hydrated Sample wt.} - \text{Dry Sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \quad (3)$$

#### 미세구조

고해분능 주사전자현미경(MIRA LMH, Tescan, Brno, Czech)의 가속전력 10 kV에서 즉석팽화스낵의 표면과 단면을 각각 30배율과 70배율로 관찰하였다.

#### 통계분석

본 실험의 모든 결과는 통계분석용 프로그램인 IBM SPSS statistics ver. 19(New York, NY, USA)를 이용하여 각 항목에 따라 평균±표준편차(SD)를 구하고 일원배치분산분석(one-way ANOVA)에 의해 집단 간의 평균 차이를 알아보았고 신뢰수준  $p < 0.05$ 에서 Duncan의 사후검증을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

#### 체적밀도

수분함량과 팽화온도를 달리하여 제조한 멥쌀, 찰쌀, 전멥쌀 즉석팽화스낵의 체적밀도는 Table 1과 같다. 원료에 따른 체적밀도의 차이는 수분함량 15%, 팽화온도 210, 220°C 조건에서 찰쌀이 가장 낮은 값을 나타낸 결과를 제외하면 동일한 수분함량과 팽화온도에서 모두 멥쌀>찰쌀>전멥쌀 순으로 나타났다. 또한 멥쌀과 찰쌀 즉석팽화스낵은 수분함량과 팽화온도에 따라 체적밀도의 감소 폭이 비교적 컸지만 전멥쌀에서는 체적밀도의 감소 폭이 작았고 수분함량보다는 팽화온도가 더 큰 영향을 미쳤다. 이는 멥쌀과 찰쌀전분의 구조적인 차이로 판단되며 Harper(9)는 아밀로스와 아밀로펙틴의 함량 비율이 압출성형 제품의 질에 영향을 준다고 하였고 Chinnaswamy와 Hanna(10)는 압출성형에서 최적공정조건이 전분의 형태에 따라 달라진다고 보고하였다. Sim 등(11)은 전분의 형태가 다른 쌀가루와 옥수수가루를 다양한 함량으로 첨가함에 있어 100% 쌀가루 제품이 밀도와 전단력이 가장 낮고 팽화율이 가장 높은 시리얼의 좋은 조건을 갖고 있음을 알 수 있었다고 보고하였다.

모든 시험구 중에서 수분함량 15%, 팽화온도 220°C에서 제조된 찰쌀 즉석팽화스낵이  $0.14 \pm 0.00 \text{ g}/\text{cm}^3$ 로 가장 낮은 값을 나타내었고 수분함량 9%, 팽화온도 200°C에서 제조한 멥쌀 즉석팽화스낵이  $0.78 \pm 0.01 \text{ g}/\text{cm}^3$ 로 가장 높은 값을 나타내었다. 전체적으로 수분함량과 팽화온도가 증가함에 따라 체적밀도는 감소하는 경향을 나타내었고 5% 수준에서

**Table 1. Bulk density of instant puffed rice snack made by different materials and puffing conditions** (unit: g/cm<sup>3</sup>)

Material	Puffing temperature (°C)	Moisture content (%)			
		9	12	15	18
Non glutinous rice	200	<sup>a</sup> 0.78±0.01 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 0.64±0.01 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 0.41±0.01 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 0.37±0.01 <sup>D</sup>
	210	<sup>b</sup> 0.71±0.01 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 0.53±0.01 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 0.32±0.01 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 0.29±0.01 <sup>D</sup>
	220	<sup>c</sup> 0.70±0.16 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> 0.43±0.02 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 0.26±0.01 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 0.23±0.01 <sup>D</sup>
Glutinous rice	200	<sup>a</sup> 0.55±0.02 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 0.43±0.02 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 0.33±0.00 <sup>C</sup>	—
	210	<sup>b</sup> 0.44±0.01 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 0.35±0.01 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 0.16±0.01 <sup>C</sup>	—
	220	<sup>c</sup> 0.35±0.02 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> 0.22±0.01 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 0.14±0.00 <sup>C</sup>	—
Steamed rice	200	<sup>a</sup> 0.28±0.03 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 0.28±0.01 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 0.26±0.01 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 0.26±0.00 <sup>A</sup>
	210	<sup>a</sup> 0.26±0.01 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 0.23±0.00 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 0.23±0.01 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 0.23±0.00 <sup>B</sup>
	220	<sup>b</sup> 0.21±0.00 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> 0.20±0.00 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 0.19±0.00 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 0.20±0.01 <sup>B</sup>

Means of followed by different superscript alphabets in each column (a-c) and row (A-D) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

Jang 등(6)은 빵잎 분말과 현미가루가 첨가된 펠릿을 이용하여 제조한 빵잎 팽화과자의 특성연구에서 수분함량과 팽화온도가 증가함에 따라 비체적이 증가하였다고 보고하였고 Cheon과 Eun(12)은 일반 고구마 분말을 첨가한 팽화과자의 비체적은 수분함량과 팽화온도가 증가함에 따라 증가하였다고 보고하였다. Kim과 Ryu(7)는 압출성형 펠릿 팽화 시 내부에 기공형성제의 역할을 하는 수분이 부족할 경우 기공의 형성이 일어나지 않아 수분이 감소할수록 밀도가 증가한다고 하였는데 이는 본 연구결과와 일치하였다.

Cheon과 Eun(12)은 팽화과자의 주요 품질변수는 외형과 색, 비체적, 완전성에 의해 결정되고 특히 비체적의 경우 부스러지기 쉬운 조직을 가진 팽화과자의 특성상 제어가 매우

중요하다고 하였다. 본 실험에서 멥쌀과 찹쌀은 모든 조건에서 즉석팽화스낵이 제조되었지만 찹쌀은 수분함량 18%에서는 제조되지 않았다. 이는 멥쌀과 찹쌀전분의 고유점도의 차이로 인하여 찹쌀의 점탄성이 멥쌀보다 작기 때문에 수분함량 18%에서 찹쌀 즉석팽화스낵의 기공이 과열되면서 조직이 부스러진 것으로 판단된다.

#### 색도

멥쌀, 찹쌀, 찹쌀 즉석팽화스낵의 색도 중 L, a, b값을 Table 2~4에 나타내었다. Table 2에서 수분함량에 따른 멥쌀, 찹쌀 즉석팽화스낵의 L값은 팽화온도 200, 210, 220°C에서 수분함량 15%일 때 가장 높은 값을 나타내었고 수분함량이 감소함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 팽화온도가

**Table 2. Whiteness (L) value of instant puffed rice snack made by different materials and puffing conditions**

Material	Puffing temperature (°C)	Moisture content (%)			
		9	12	15	18
Non glutinous rice	200	<sup>a</sup> 91.01±0.27 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 91.40±0.05 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 92.30±0.16 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 92.02±0.08 <sup>A</sup>
	210	<sup>a</sup> 90.88±0.18 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 91.64±0.44 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 92.19±0.05 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 92.03±0.08 <sup>AB</sup>
	220	<sup>b</sup> 90.44±0.15 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 91.17±0.17 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 91.64±0.03 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 91.11±0.07 <sup>B</sup>
Glutinous rice	200	<sup>a</sup> 91.69±0.04 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 91.23±0.07 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 91.91±0.05 <sup>A</sup>	—
	210	<sup>c</sup> 90.97±0.07 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 91.15±0.11 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 92.04±0.13 <sup>A</sup>	—
	220	<sup>b</sup> 91.27±0.19 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 91.73±0.06 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 92.27±0.07 <sup>A</sup>	—
Steamed rice	200	<sup>b</sup> 90.26±0.04 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 91.73±0.18 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 91.81±0.16 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 91.34±0.18 <sup>B</sup>
	210	<sup>a</sup> 91.58±0.06 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 90.94±0.05 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 90.78±0.09 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 90.79±0.06 <sup>C</sup>
	220	<sup>b</sup> 90.19±0.09 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 89.91±0.07 <sup>BC</sup>	<sup>c</sup> 89.66±0.29 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 90.77±0.02 <sup>A</sup>

Means of followed by different superscript alphabets in each column (a-c) and row (A-C) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 3. Redness (a) value of instant puffed rice snack made by different materials and puffing conditions**

Material	Puffing temperature (°C)	Moisture content (%)			
		9	12	15	18
Non glutinous rice	200	<sup>c</sup> -1.35±0.04 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> -1.49±0.06 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> -1.55±0.03 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> -1.56±0.04 <sup>B</sup>
	210	<sup>b</sup> -1.17±0.02 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> -1.48±0.03 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> -1.48±0.05 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> -1.51±0.01 <sup>B</sup>
	220	<sup>a</sup> -0.89±0.05 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> -1.30±0.05 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> -1.25±0.04 <sup>BC</sup>	<sup>a</sup> -1.17±0.05 <sup>B</sup>
Glutinous rice	200	<sup>b</sup> -1.38±0.07 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> -1.18±0.04 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> -1.22±0.03 <sup>A</sup>	—
	210	<sup>b</sup> -1.38±0.03 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> -1.20±0.04 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> -1.39±0.04 <sup>B</sup>	—
	220	<sup>a</sup> -1.19±0.02 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> -1.11±0.01 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> -1.99±0.04 <sup>B</sup>	—
Steamed rice	200	<sup>b</sup> -1.40±0.02 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> -2.09±0.05 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> -2.15±0.03 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> -2.36±0.12 <sup>C</sup>
	210	<sup>c</sup> -1.82±0.09 <sup>AB</sup>	<sup>b</sup> -1.75±0.03 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> -1.92±0.04 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> -1.82±0.09 <sup>AB</sup>
	220	<sup>a</sup> -1.27±0.01 <sup>AB</sup>	<sup>a</sup> -1.23±0.03 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> -1.34±0.09 <sup>BC</sup>	<sup>a</sup> -1.41±0.04 <sup>C</sup>

Means of followed by different superscript alphabets in each column (a-c) and row (A-C) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 4. Yellowness (b) value of instant puffed rice snack made by different materials and puffing conditions

Material	Puffing temperature (°C)	Moisture content (%)			
		9	12	15	18
Non glutinous rice	200	<sup>c</sup> 8.97±0.14 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 8.50±0.16 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 6.83±0.03 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 6.82±0.09 <sup>C</sup>
	210	<sup>b</sup> 9.79±0.21 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 8.29±0.05 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 7.49±0.08 <sup>D</sup>	<sup>b</sup> 7.73±0.09 <sup>C</sup>
	220	<sup>a</sup> 10.37±0.22 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 9.39±0.12 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 8.87±0.10 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 9.39±0.06 <sup>B</sup>
Glutinous rice	200	<sup>b</sup> 7.53±0.05 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> 7.20±0.07 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 6.53±0.09 <sup>C</sup>	—
	210	<sup>a</sup> 8.62±0.07 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 7.85±0.04 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 7.35±0.10 <sup>C</sup>	—
	220	<sup>a</sup> 8.85±0.20 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 7.69±0.09 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 7.75±0.06 <sup>B</sup>	—
Steamed rice	200	<sup>b</sup> 10.65±0.05 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> 9.78±0.08 <sup>BC</sup>	<sup>c</sup> 9.62±0.17 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 9.96±0.19 <sup>B</sup>
	210	<sup>c</sup> 10.39±0.09 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 10.79±0.13 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 10.56±0.12 <sup>BC</sup>	<sup>a</sup> 10.68±0.07 <sup>AB</sup>
	220	<sup>a</sup> 11.51±0.14 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 11.63±0.03 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 11.57±0.09 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 10.60±0.09 <sup>B</sup>

Means of followed by different superscript alphabets in each column (a-c) and row (A-D) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

200°C에서 220°C로 증가함에 따라 멍쌀, 전멍쌀 즉석팽화스낵의 L값은 감소하였고 찹쌀 즉석팽화스낵은 수분함량 9% 일 때 감소하였는데 수분함량 12, 15%일 때는 팽화온도 220°C에서 가장 높은 값을 나타내었다. 전체적으로 L값은 수분함량이 감소할수록, 팽화온도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었고 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 원료인 멍쌀, 찹쌀, 전멍쌀에 따른 L값은 큰 차이가 없었다.

Table 3에 나타난 것과 같이 a값은 멍쌀 즉석팽화스낵에서 수분함량이 감소함에 따라 증가하였고 팽화온도가 증가함에 따라 증가하였다. 찹쌀 즉석팽화스낵의 a값은 팽화온도 200, 210, 220°C에서 수분함량 12%일 때 가장 높은 값을 나타내었고 팽화온도가 200°C에서 220°C로 증가함에 따라 수분함량 9, 12%일 때 증가하였고 수분함량 15%에서는 감소하였다. 전체적으로 a값은 수분함량이 감소할수록, 팽화온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 4에서와 같이 b값도 a값과 마찬가지로 수분함량이 감소할수록, 팽화온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 전멍쌀 즉석팽화스낵의 b값이 멍쌀, 찹쌀 즉석팽화스낵보다 높은 값을 나타내었다.

Jang 등(6)의 빵잎 팽화과자에 관한 연구와 Cheon과 Eun(12)의 일반 고구마 분말을 첨가한 팽화과자의 특성연구

에서 팽화온도가 증가함에 따라 L값은 감소하고 a, b값은 증가하였다고 보고하였다. 이는 본 연구결과와 일치하였고 즉석팽화스낵 제조과정 중 발생하는 Maillard reaction에 의한 갈변반응이 원인인 것으로 판단되며 갈변반응은 일반적으로 온도가 높을수록(13), 수분함량이 낮을수록 더 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있다.

#### 수분용해지수와 수분흡착지수

수분용해지수와 수분흡착지수는 호화도와 팽화에 영향을 받으며 스낵 제품으로써 이들 수치는 높을수록 좋은 품질로 인정된다(14). 수분함량과 팽화온도를 달리하여 제조한 멍쌀, 찹쌀, 전멍쌀 즉석팽화스낵의 수분용해지수와 수분흡착지수는 Table 5, 6과 같다. 동일한 수분함량과 팽화온도에서 제조한 원료에 따른 수분용해지수는 찹쌀>전멍쌀>멍쌀 순으로 나타났고 수분흡착지수는 수분함량 9, 12, 15%에서 찹쌀>전멍쌀>멍쌀 순으로 나타났으며 수분함량 18%에서는 멍쌀>전멍쌀 순으로 나타났다. 모든 시험구 중에서 수분함량 15%, 팽화온도 220°C에서 제조한 찹쌀 즉석팽화스낵의 수분용해지수는 24.36±0.54%, 수분흡착지수는 12.69±0.07로 가장 높은 값을 나타내었고 수분함량 9%, 팽화온도 200°C에서 제조한 멍쌀 즉석팽화스낵이 수분용해지수 1.42±0.05%, 수분흡착지수 5.15±0.12로 가장 낮은 값을 나타내었다.

전체적으로 보면 수분용해지수는 전멍쌀 시험구에서 수

Table 5. Water solubility index of instant puffed rice snack made by different materials and puffing conditions (%)

Material	Puffing temperature (°C)	Moisture content (%)			
		9	12	15	18
Non glutinous rice	200	<sup>c</sup> 1.42±0.05 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 1.64±0.05 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 2.60±0.04 <sup>A</sup>	<sup>c</sup> 2.68±0.13 <sup>A</sup>
	210	<sup>b</sup> 1.55±0.03 <sup>D</sup>	<sup>b</sup> 2.05±0.01 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 2.99±0.05 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 3.14±0.09 <sup>A</sup>
	220	<sup>a</sup> 1.78±0.08 <sup>D</sup>	<sup>a</sup> 2.48±0.10 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 3.15±0.09 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 3.92±0.07 <sup>A</sup>
Glutinous rice	200	<sup>c</sup> 7.58±0.13 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 8.44±0.05 <sup>B</sup>	<sup>c</sup> 11.20±0.20 <sup>A</sup>	—
	210	<sup>b</sup> 7.92±0.03 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 10.62±0.50 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 16.28±0.46 <sup>A</sup>	—
	220	<sup>a</sup> 10.47±0.12 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 13.50±0.70 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 24.36±0.54 <sup>A</sup>	—
Steamed rice	200	<sup>c</sup> 5.70±0.40 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 6.95±0.18 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 6.80±0.10 <sup>AB</sup>	<sup>c</sup> 6.42±0.13 <sup>B</sup>
	210	<sup>b</sup> 7.38±0.09 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 7.82±0.03 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 6.95±0.14 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 6.67±0.14 <sup>D</sup>
	220	<sup>a</sup> 8.36±0.13 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 8.53±0.11 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 8.05±0.03 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 7.63±0.06 <sup>D</sup>

Means of followed by different superscript alphabets in each column (a-c) and row (A-D) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

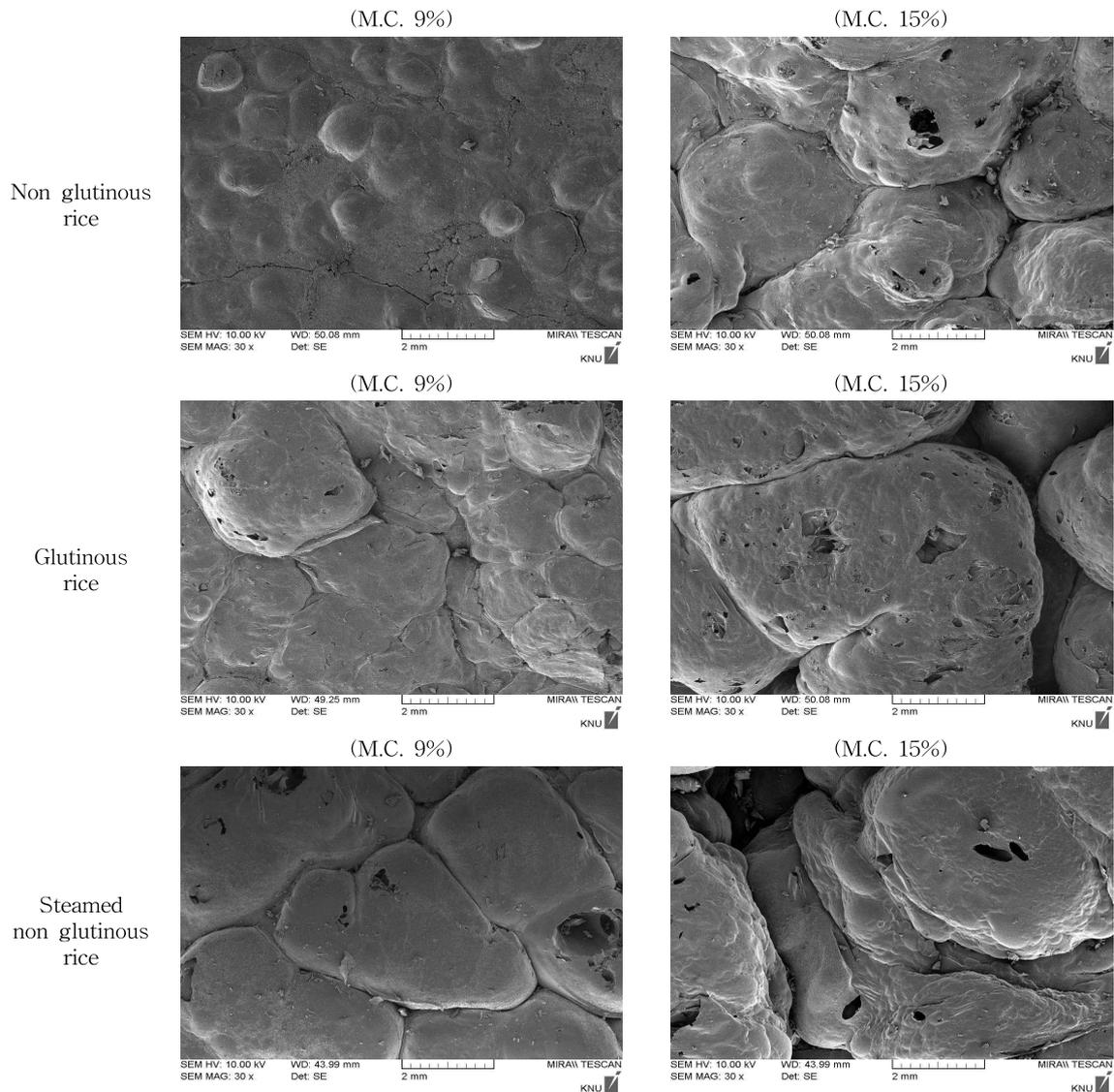
**Table 6. Water absorption index of instant puffed rice snack made by different materials and puffing conditions (g/g)**

Material	Puffing temperature (°C)	Moisture content (%)			
		9	12	15	18
Non glutinous rice	200	<sup>c</sup> 5.15±0.12 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 5.32±0.07 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 6.14±0.06 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 7.38±0.16 <sup>A</sup>
	210	<sup>b</sup> 5.59±0.03 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 5.81±0.10 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 6.45±0.05 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 7.23±0.35 <sup>A</sup>
	220	<sup>a</sup> 5.81±0.08 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 6.33±0.19 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 7.18±0.12 <sup>A</sup>	<sup>a</sup> 7.21±0.04 <sup>A</sup>
Glutinous rice	200	<sup>c</sup> 7.89±0.08 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 8.76±0.03 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 11.80±0.06 <sup>A</sup>	—
	210	<sup>b</sup> 9.05±0.06 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 10.64±0.14 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 12.60±0.19 <sup>A</sup>	—
	220	<sup>a</sup> 10.46±0.22 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 12.36±0.01 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 12.69±0.07 <sup>A</sup>	—
Steamed rice	200	<sup>c</sup> 6.27±0.02 <sup>D</sup>	<sup>c</sup> 6.58±0.01 <sup>C</sup>	<sup>c</sup> 6.73±0.04 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 6.82±0.06 <sup>A</sup>
	210	<sup>b</sup> 6.51±0.01 <sup>C</sup>	<sup>b</sup> 6.74±0.04 <sup>B</sup>	<sup>b</sup> 6.84±0.02 <sup>A</sup>	<sup>b</sup> 6.86±0.04 <sup>A</sup>
	220	<sup>a</sup> 6.70±0.03 <sup>D</sup>	<sup>a</sup> 6.85±0.07 <sup>C</sup>	<sup>a</sup> 7.01±0.01 <sup>B</sup>	<sup>a</sup> 7.16±0.07 <sup>A</sup>

Means of followed by different superscript alphabets in each column (a-c) and row (A-D) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

분함량 12%일 때 가장 높은 값을 나타낸 것을 제외하면 수분함량이 증가할수록, 팽화온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났습니다.

수분흡착지수는 수분함량이 증가할수록, 팽화온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났습니다.



**Fig. 1. Scanning electron micrographs of surface of instant puffed rice snack made at moisture content (9, 15%) and puffing temperature (220°C).**

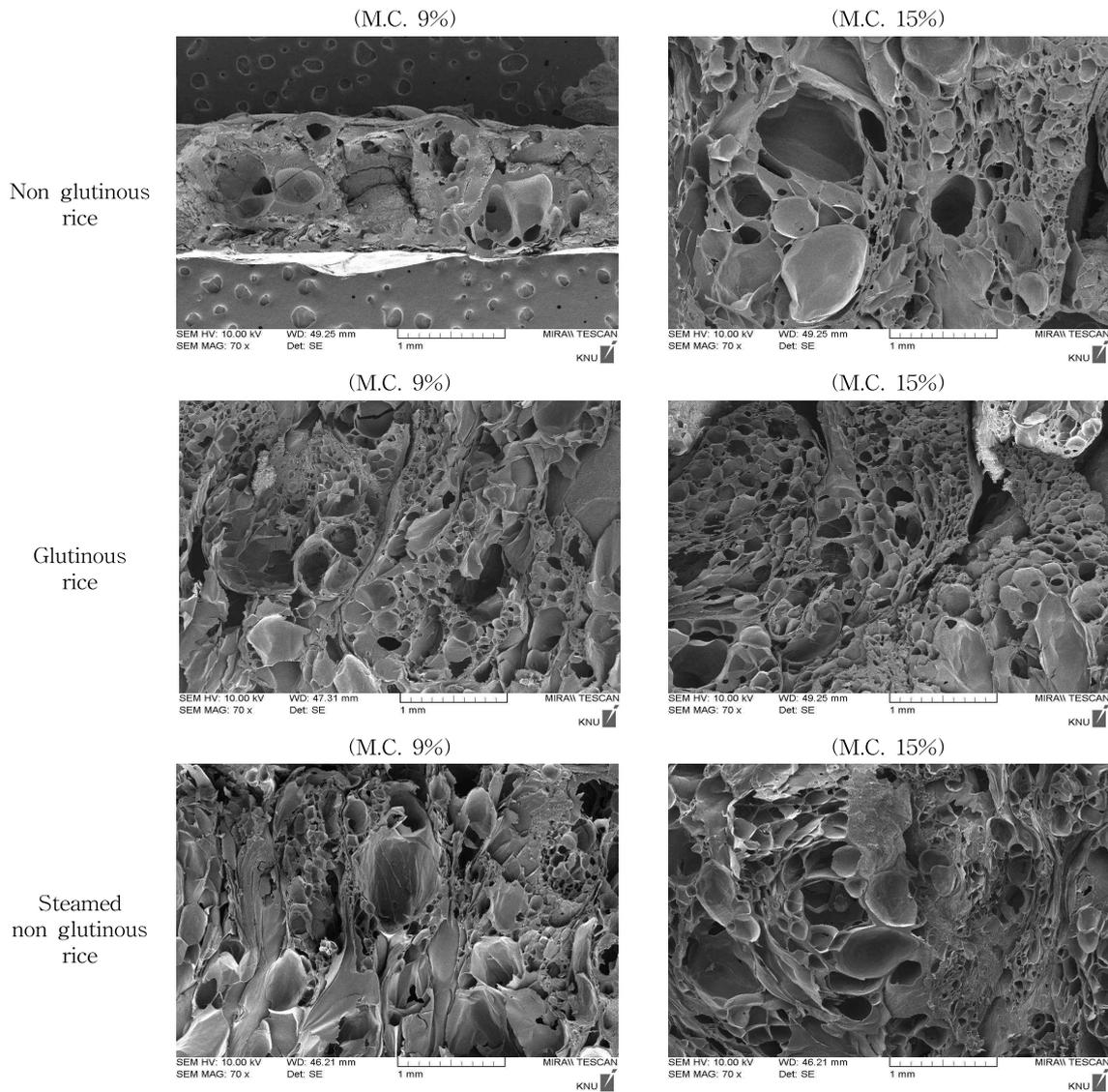


Fig. 2. Scanning electron micrographs of cross section of instant puffed rice snack made at moisture content (9, 15%) and puffing temperature (220°C).

수분용해지수는 전분의 붕괴에 의해 발생하는 수용성 물질의 양에 비례하며(15) Tie 등(16)은 호화도가 증가할수록 수분용해지수가 높은 값을 나타낸다고 보고하였다. 또한 수분흡착지수는 전분과 단백질의 수화를 나타내는 지표로서(17) Lee 등(18)의 연구결과에서도 옥수수전분 압출성형물의 수분흡착지수의 증가 요인은 전분 용융물이 기계적 전단력에 취약해져 수분을 흡수하기 쉬운 기공이 많은 조직으로 변화되었기 때문이라고 보고한 바 있다. 이로부터 본 실험에서 수분함량이 증가할수록, 팽화온도가 증가할수록 즉석팽화스낵의 호화도의 증가에 의한 수용성 물질의 양이 많아지고 기공이 많은 조직으로 변화된 것으로 판단된다.

미세구조

수분함량 9%, 팽화온도 220°C와 수분함량 15%, 팽화온도 220°C에서 제조한 멥쌀, 찰쌀, 찌멥쌀 즉석팽화스낵의 표면

(×30)과 단면(×70)의 미세구조는 Fig. 1, 2와 같다. 멥쌀, 찰쌀, 찌멥쌀로 제조한 즉석팽화스낵의 표면은 수분함량 9%에서 완전한 용융이 이루어지지 않아 쌀알 모양이 관찰되었으나 수분함량이 15%로 증가함에 따라 쌀알 모양이 나타나지 않았다. 멥쌀, 찰쌀 즉석팽화스낵의 단면은 수분함량 15%일 때 수분함량 9%보다 기공의 크기가 작고 분포가 균일하게 나타났으며 수분함량 9, 15%에서 제조한 찌멥쌀 즉석팽화스낵의 단면은 큰 차이를 보이지 않았다. 기공의 크기와 균일한 정도는 찰쌀>찌멥쌀>멥쌀 순으로 찰쌀 즉석팽화스낵의 기공이 가장 작고 균일하게 나타났다. 이는 체적밀도 부분에서 수분함량이 많을수록 체적밀도가 감소하였고 수분함량 15%, 팽화온도 220°C에서 찰쌀의 체적밀도가 가장 낮은 값을 나타낸 결과와 일치하였다.

## 요 약

멥쌀, 찹쌀, 찌멥쌀의 수분함량(9, 12, 15, 18%)과 즉석팽화기의 팽화온도(200, 210, 220°C)를 달리하여 제조한 즉석팽화스낵의 체적밀도, 색도, 수분용해지수와 수분흡착지수, 미세구조 등의 물리적 특성을 조사하였다. 즉석팽화스낵 제조 시 수분함량과 팽화온도가 증가함에 따라 체적밀도는 감소하는 경향을 나타내었다. 색도에서 수분함량이 감소할수록, 팽화온도가 증가할수록 L값은 감소하는 경향을 나타내었고 a, b값은 증가하는 경향을 나타내었다. 수분용해지수와 수분흡착지수는 수분함량과 팽화온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 멥쌀, 찹쌀, 찌멥쌀 간에는 체적밀도, 파괴력, 수분용해지수와 수분흡착지수에서 차이를 나타내었고 색도에서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 미세구조는 수분함량이 9%에서 15%로 증가함에 따라 기공의 크기가 작고 균일하게 분포되었으며 찹쌀 즉석팽화스낵의 기공이 가장 작고 균일하게 나타났다.

## 문 헌

1. Song JC, Park HJ. 1997. *New food processing*. Ulimmoon-hwasa, Seoul, Korea. p 470-471.
2. Payne FA, Taraba JL, Saputra D. 1989. A review of puffing processes for expansion of biological products. *J Food Eng* 10: 183-197.
3. Kang SH, Ryu GH. 2001. Improvement in the Yukwa manufacturing by extrusion process with CO<sub>2</sub> gas injection. *Food Sci Biotechnol* 10: 1-6.
4. Kum JS, Lee HY, Shin MG, Yoo MR, Kim KH. 1994. Properties of modified rice starch by physical modification. *Korean J Food Sci Technol* 26: 428-435.
5. Park MK, Lee KH, Kang SA. 2006. Effect of particle size of rice flour on popping rice bread. *Korean J Food Sci Technol* 22: 419-427.
6. Jang EY, Jin TY, Eun JB. 2006. Properties of puffed mulberry-rice snack, ppeongtuigi by pellet with mulberry leaf and brown rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 38: 756-761.
7. Kim JH, Ryu GH. 2001. Effects of extrusion process parameters on puffing of extruded pellets. *Korean J Food Sci Technol* 33: 55-59.
8. AACC. 1983. *Approved method of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 56-20.
9. Harper JM. 1981. *Extrusion of foods*. CRC Press Inc., Boca Raton, FL, USA. Vol 2, p 7-19.
10. Chinnaswamy R, Hanna MA. 1988. Relationship between amylose content and extrusion-expansion properties of corn starches. *Cereal Chem* 65: 138-143.
11. Sim YJ, Jung BM, Rhee KC. 2001. Quality characteristics of extruded formulated products prepared from blends of rice flour, corn flour and fish muscle by single-screw extrusion. *Korean J Food Sci Technol* 33: 45-49.
12. Cheon SH, Eun JB. 2011. The physical properties of puffed snacks (*ppeongtuigi*) added with sweet potato flours. *J Appl Biol Chem* 54: 147-152.
13. Ha JO, Lee SC, Bac HD, Park OP. 2004. *Food chemistry*. Dooyangsa, Seoul, Korea. p 218-344.
14. Lee SH, Kim CK. 1994. Optimization for extrusion cooking conditions of rice extrudate by response surface methodology. *Korean J Food Nutr* 7: 137-143.
15. Jeong HS, Min YK, Toledo RT. 2002. Effects of low temperature extrusion method on the physical properties and cell structure of pregelatinized rice flour extrudate. *Food Eng Prog* 6: 145-151.
16. Tie J, Kim MH, Ryu HJ, Lee KH, Han MS, Cho SS, Lee HK, Ryu GH. 2008. Quality characteristics of rice cake (Injulmi) made with traditional process and instant Injulmi machine and different steeping time. *Food Eng Prog* 12: 97-106.
17. Mason WR, Hosney RC. 1986. Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. *Cereal Chem* 63: 436-441.
18. Lee KC, Kim YS, Ryu GH. 2011. Saccharification characteristics of extruded corn starch at different process parameters. *Food Eng Prog* 15: 155-161.

(2012년 2월 23일 접수; 2012년 4월 30일 채택)