

## 알카리 가열처리 현미를 이용한 팽화스낵의 물리화학적 특성

전혜리 · 최은희 · 이시연 · 박준규 · 유영미<sup>1</sup> · 조은경<sup>1</sup> · 이재권\*  
경기대학교 식품생물공학과, <sup>1</sup>(주)다손

### Physicochemical Properties of Puffed Rice Snack Using Alkali-cooked Brown Rice

Hye-Ri Jeon, Eun-Hee Choi, Si-Yeon Lee, Jun-Kyu Park, Young-Mi Yoo<sup>1</sup>,  
Eun-Kyong Jo<sup>1</sup>, and Jae-Kwon Lee\*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University  
<sup>1</sup>Dason Food Co. LTD

#### Abstract

Physicochemical and sensory properties of puffed rice snack containing various levels (0%, 50%, 100%) of alkali-cooked brown rice were examined. To prepare alkali-cooked rice, brown rice was cooked in boiling 2% Ca(OH)<sub>2</sub> solution for 5 min, steeped for 3 h, and dried at 50°C for 18 h. Alkali-cooked rice showed a higher degree of expansion than that of untreated rice after puffing. Although moisture content, enzyme susceptible starch (ESS), and density of puffed rice snack decreased with increasing amounts of the alkali-cooked rice replacement, calcium content increased because of the absorption of calcium during alkaline processing. The puffed rice snack had a darker color as the level of replacement with alkali-cooked rice increased. A sensory test revealed that puffed rice snack replaced with 50% of alkali-cooked rice had no significant differences in color and sensory attributes from those of the control. These results indicate that fortification of calcium could be achieved by partial replacement of alkali-cooked rice without any detrimental effects on the quality of puffed rice snack.

**Key words:** brown rice, alkali cooking, puffed snacks, alkali-cooked brown rice

## 서 론

알카리 가열침지법(nixtamalization)은 중남미 지역에서 유래한 전통적인 옥수수 가공방법으로서, 현재 상업적으로 대량 생산되고 있는 tortilla chip, corn chip과 같은 옥수수 스낵제품에서도 동일한 방법이 사용되고 있다. 알카리 가열침지 과정에서 발생하는 옥수수의 물리화학적 변화로는 외피(pericarp)를 구성하는 cellulose의 분해, 전분의 부분 호화, 향미 증진, 단백질의 bioavailability 개선 및 칼슘 보강 효과 등이 보고되고 있다(Gomez et al., 1992; Rendón-Fernández-Muñoz et al., 2004; Villalobos et al., 2006; Mora-Rochin et al., 2010). 그러나, 이와 같은 알카리처리에 의한

다양한 영향은 옥수수에 국한되어 연구되어 왔으며, 옥수수 이외의 다른 곡류에 대한 가공효과 및 적용가능성에 관한 연구는 전무하다.

현미는 외피, 호분층 및 배아에 함유된 다양한 영양성분과 이들 성분의 각종 성인병예방 기능이 보고되면서, 도정 백미를 대체하는 현미밥을 비롯한 다양한 현미가공제품이 개발되고 있다(Heinemann et al., 2005; Kong and Lee, 2010). 팽화스낵은 대표적 현미가공제품으로 당류 및 향성분을 첨가하지 않은 경우 특유의 향미가 없으며, 일반적으로 비타민 및 미네랄의 함량이 낮은 제품특성을 갖고 있다. 이에 일반 현미를 알카리 가열침지처리 현미로 대체하여 팽화스낵을 제조하고, 옥수수의 알카리 처리에서와 같은 향미 증진, 칼슘 보강효과 및 팽화 특성을 검토함으로써 다양한 현미 가공제품의 개발이 가능할 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 알카리처리한 현미를 사용하여 제조한 팽화스낵의 외형, 물리화학적 특성 및 관능평가를 통하여, 현미 팽화스낵 제조에서의 알카리 처리공정의 영향 및 적용가능성을 조사하였다.

\*Corresponding author: Jae-Kwon Lee, Department of Food Science and Biotechnology, College of Natural Science, Kyonggi University, Gwanggyosan-ro 154-42, Yeongtong-gu, Suwon, 443-760, Korea  
Tel: +82-31-249-9654; Fax: +82-31-249-9650  
E-mail: jglee@kyonggi.ac.kr  
Received December 17, 2013; revised January 19, 2014; accepted January 20, 2014

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에서는 2012년 경기도 화성지역에서 생산된 충청계 현미를 시료로 사용하였다.

### 알카리 가열침지 처리

현미의 알카리처리는 선행예비실험을 통하여 결정화 조건(Jeon et al., 2012)에 따라 다음과 같이 실시하였다. 즉, 현미 1kg을 0.2%의 끓는  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  용액에서 5분 가열 후 동일한 용액에서 3시간 침지한 다음, 흐르는 물에서 수세하여 과도한 알카리를 제거하였다. 수세한 알카리처리 현미는 50°C 건조 오븐(OF-22GW, Jeio Tech., Daegeon, Korea)에서 18시간 건조하여 시료로 사용하였다.

### 팽화스낵의 제조

팽화 스낵은 일반 현미만으로 제조한 시료를 대조구로 하여, 현미 중량대비 알카리처리 현미를 50, 100%로 대체하여 팽화스낵을 제조하였다. 현미의 팽화는 곡류전용 유압식 팽화기(SYP 4506, Shin Young Mechanics, Bucheon, Korea)를 사용하여 270°C에서 실시하였다.

### 외관특성

팽화스낵의 외형은 저배율 실체현미경(anatomical microscope AK-3, OMAX, Bucheon, Korea)을 이용하여 팽화스낵의 성형 상태 및 팽화 후 곡립의 팽화도, 결착도, 내부구조 등을 관찰하였다.

### 물리화학적 특성

시료의 물리화학적 분석은 현미 팽화스낵을 Udy cyclone 분쇄기(Udy Co., Fort Collins, CO, USA)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄하여 행하였다. 수분함량은 105°C 상압가열건조법(AACC 44-18, 2000)으로 측정하였으며, 전분의 호화도는 Megazyme kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)를 이용하는 효소분해법(AACC 76-13, 2000)에 따라 총 전분

함량 대비 손상전분(ESS, enzyme susceptible starch)의 함량으로 측정하였다. 팽화스낵의 용적밀도는 종자치환법(AACC 44-19, 2000)을 이용하여 측정하였으며, 칼슘함량은 시료 0.1g을 강산 혼합용액( $\text{HNO}_3$  10.0 mL,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3.0 mL)에서 분해 후, 원자 흡광 분광광도계(atomic absorption spectrometer, Solaar M6 Dual Zeeman, Thermo Scientific, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 팽화스낵의 표면색도는 색차계(colorimeter, Color JC801, Color Techno System Co., Ltd., Japan)를 이용하여 Hunter 체계에 따라 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값으로 나타내었다.

### 관능 평가

시료의 관능평가는 훈련된 경기대학교 식품생물공학과 대학원생 5명을 panel로 선정하여 향(flavor), 맛(taste), 식이감(texture), 외관(appearance) 및 전체적인 기호도(overall eating quality)를 7단계 평점법으로 하여 수행하였다.

### 통계분석

분석결과는 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차를 산출하여 표시하였으며, 처리시료의 유의차는 분산분석(ANOVA) 후 Duncan법으로 검증하였다( $p < 0.05$ ). 통계분석은 SPSS 통계프로그램(SPSS Statistics 21, IBM, Armonk, NY, USA)을 사용하여 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 구조특성

알카리처리 현미의 함량을 달리하여 제조한 팽화스낵의 외형 및 구조특성을 Fig. 1에 나타내었다. 팽화스낵의 외형과 내부구조는 알카리처리 현미의 함량에 따라 상이하였다. 알카리처리 현미로 제조한 팽화스낵(Fig. 1c)의 경우, 대조구(Fig. 1a)와 비교하여 팽화 후 현미 곡립의 크기와 부피가 증가하였으며 표면에는 air space가 더 많이 분포하는 외관 구조를 나타내었다. 또한, 알카리처리 현미의 함량이 높을수록 팽화스낵의 내부구조는 air cell이 없이 치밀하여

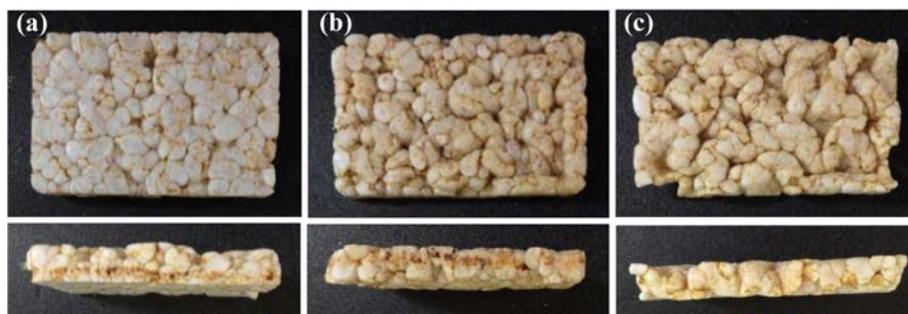


Fig. 1. External and cross sectional appearances of puffed rice snacks with different replacement of alkali-cooked brown rice; (a) control, (b) 50% replacement, and (c) 100% replacement.

**Table 1. Physicochemical properties of puffed rice snacks with different replacement of alkali-cooked brown rice.**

Sample	Water contents (%)	Density (g/ml)	Damaged starch (%)	Calcium contents (mg/100 g)
Control	1.50±0.29 <sup>b</sup>	0.21±0.07 <sup>b</sup>	90.91	14.25±0.33 <sup>a</sup> (22±0.3)
50% replacement*	0.61±0.06 <sup>a</sup>	0.18±0.06 <sup>ab</sup>	87.46	156.17±1.34 <sup>b</sup>
100% replacement	0.89±3.03 <sup>a</sup>	0.14±0.03 <sup>a</sup>	86.70	307.81±7.63 <sup>c</sup> (413±2.5)

Values (means±standard deviation) within a column followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Values in the parentheses are calcium contents before puffing.

\* Amount of replaced alkali cooked brown rice.

알카리처리 현미의 첨가에 따라 원료간 결합력은 증가하는 것으로 확인되었다. 그러나 알카리처리 현미만으로 제조한 팽화스낵은 과도한 팽화로 인하여 기계적 취약 부위의 손상이 발생함에 따라, 팽화스낵의 적절한 기계적 강도와 성형을 위하여 일반 현미와 알카리처리 현미의 혼합이 바람직할 것으로 판단되었다. 알카리처리 현미의 팽화도 증가는 팽화스낵의 용적밀도 측정실험(Table 1)에서도 동일한 결과를 확인하였으며, 이러한 결과는 알카리처리 및 건조 과정에서 형성된 현미 내부의 호화전분층(gelatinized starch layer)이 팽화과정에서 발생하는 과열수증기의 유출을 억제하는 barrier로 작용하여 팽화온도(270°C)에서의 내부 과열증기압이 일반 현미 보다 알카리처리 현미에서 더 높기 때문으로 판단되었다(Chandrasekhar and Chattopadhyay, 1990).

### 물리적특성

알카리처리 현미의 함량을 달리한 팽화스낵의 물리화학적 특성과 표면색도는 Table 1과 2에 각각 표시하였다. 알카리처리 현미를 함유한 팽화스낵의 수분함량은 1% 이하로 대조구보다 낮았으며, 용적밀도 또한 알카리처리 현미의 대체비율 증가(0, 50, 100%)에 따라 0.21 g/mL에서 0.18, 0.14 g/mL로 각각 감소하였다. 일반적으로 곡류 팽화 제품의 팽화는 자체 수분의 기화에 기인하며, 팽화도는 온도와 압력의 갑작스런 변화 정도에 따라 결정된다(Hoseney, 1998). 이와 같은 수분함량과 팽화도 간의 상관관계를 통하여, 알카리처리 팽화스낵은 자체 수분이 일반 현미 팽화스낵 보다 더 높은 증기압으로 팽화에 작용함으로써 팽화도를 증가시키며, 그 결과 대조구 보다 낮은 수분함량을 나

타내는 것으로 판단되었다.

팽화스낵의 손상전분(damaged starch)측정 결과, 알카리처리 현미의 대체비율이 높을수록 손상전분 함량은 다소 감소하였다. 이러한 결과는 현미의 알카리 가열, 침지, 건조과정에서 전분의 annealing(Tester and Debon, 2000)과 호화전분의 재결정화(recrystallization)로 인하여 전분 분해 효소 glucoamylase에 의해 분해되지 않기 때문으로 예상되었다(Fransco et al., 1995).

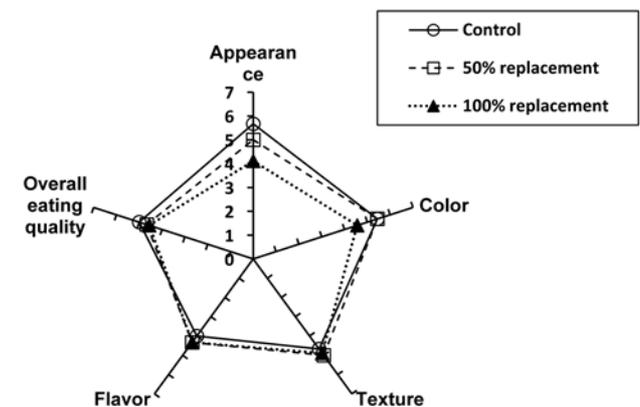
일반 현미의 칼슘함량은 알카리처리에 따라 22 mg/100 g에서 413 mg/100 g으로 크게 증가하였으며 팽화 후 각각 14.25, 307.8 mg/100 g으로 다소 감소하였다. 한편 알카리처리 현미를 50% 대체하여 제조한 팽화스낵의 경우, 칼슘함량은 307.8 mg/100 g에서 156.2 mg/100 g으로 약 50% 감소하여 알카리처리 팽화스낵의 칼슘함량은 알카리처리 현미의 대체비율에 따라 결정되는 것을 확인하였다. 이러한 결과를 통하여 알카리처리에 따른 팽화스낵의 칼슘함량 증가는 옥수수의 알카리 가열침지에 의해 칼슘함량이 증가한다는 Fernández-Muñoz et al.(2004)의 보고와 같이, 알카리 가열침지과정에서 현미 내부로 흡수된  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 영향에 기인하는 것으로 판단되었다.

알카리처리 현미의 대체에 따른 팽화스낵의 표면색도는 Table 2에 표시하였다. 알카리처리 현미를 함유한 팽화스낵의 표면색도는 대조구와 비교하여 명도(L)와 황색도(b) 값

**Table 2. Changes in color values of puffed rice snacks with different replacement of alkali-cooked brown rice.**

Sample	Color		
	L	a	b
Control	88.30±0.05 <sup>c</sup>	7.21±0.02 <sup>a</sup>	23.48±0.02 <sup>b</sup>
50% replacement*	85.40±0.02 <sup>b</sup>	8.35±0.11 <sup>b</sup>	25.95±0.04 <sup>c</sup>
100% replacement	81.74±0.12 <sup>a</sup>	25.40±0.10 <sup>c</sup>	17.67±0.01 <sup>a</sup>

Values (means±standard deviation) within a column followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Fig. 2. Sensory evaluation of puffed rice snacks with different replacement of alkali-cooked brown rice.**

은 각각 88.3, 23.5에서 81.7, 17.7로 감소하였으나, 적색도 (a)는 7.2에서 25.4로 증가하였다. 이러한 팽화스낵의 색도 차이는 현미 외피(pericarp)에 존재하는 flavonoid 색소성분이 알카리처리 과정에서 pH의 영향으로 변색되기 때문으로 판단되었다. 한편 알카리처리 현미를 50% 대체하여 제조한 팽화스낵의 경우, 적색도와 황색도는 대조구와 유사한 색도를 나타내었으며 명도는 증가하여, 알카리처리 팽화스낵의 이색 발생과 낮은 명도는 일반 현미와의 혼합을 통하여 해결될 수 있을 것으로 예상되었다.

### 관능평가

팽화스낵의 관능성평가 결과(Fig. 2), 알카리처리 현미만으로 제조한 팽화스낵의 질감, 향미 및 전반적인 기호도는 대조구와 유사하였으나 색도 및 외관은 낮게 평가되었으며, 이는 팽화스낵의 낮은 명도와 과도한 팽화에 따른 결과로 판단되었다. 그러나 알카리처리 현미 대체비율 50%의 팽화스낵은 모든 관능지표에서 대조구와 유사한 관능평가 결과를 나타내어, 일반 현미와 알카리처리 현미를 혼합한 팽화스낵의 관능성은 일반 현미 팽화스낵과 유의적으로 차이가 없는 것을 확인하였다.

## 요 약

알카리처리 현미의 함량을 달리하여 제조한 팽화스낵의 구조, 물리화학적 특성 및 관능성을 측정하여, 알카리처리 현미가 팽화스낵의 특성에 미치는 영향을 검토하였다. 알카리처리 현미를 함유한 팽화스낵은 알카리처리 현미의 높은 팽화도로 인하여, 팽화 후 현미 곡립의 부피 증가와 함께 치밀한 내부구조를 형성하였으나, 과도한 팽화에 의한 외형손상이 발생하는 것으로 관찰되었다. 팽화스낵의 수분 함량 및 용적밀도는 알카리처리 현미의 대체비율이 높아짐에 따라 감소하였다. 또한 알카리처리 현미를 함유한 팽화스낵의 손상전분함량은 알카리처리 과정에서 호화된 전분의 재결정화로 인하여 대조구 보다 낮았으며, 갈습함량은 흡수된 갈습의 영향으로 증가하였다. 알카리처리 현미를 함유한 팽화스낵의 색도는 외피에 존재하는 flavonoid 색소가 알카리처리 과정에서 변색되어, 대조구 보다 명도 및 황색도는 낮았으나 적색도는 증가하였다. 팽화스낵의 관능성 평가결과, 알카리처리 현미만으로 제조한 팽화스낵은 질감, 향미 및 전반적인 기호도는 대조구와 유사하였으나, 낮은 명도와 과도한 팽화에 따라 색도 및 외관의 관능특성은 낮게 평가되었다. 한편 알카리처리 현미의 대체비율 50%로 제조한 팽화스낵의 경우, 일반 현미 팽화스낵과 외관, 색도 및 관능지표에서 유의적 차이가 없었으며, 갈습함량 증가에 따른 갈습 보강효과가 확인되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 2012년 농림바이오기술 산업화지원사업의 결과이며, 연구비지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (No. 44-18, 76-13, 44-19), St. Paul, MN, USA.
- Chandrasekhar PR, Chattopadhyay PK. 1990. Studies on microstructural changes of parboiled and puffed rice. *J. Food Process Pres.* 14: 27-37.
- Fernández-Muñoz JL, Rojas-Molina I, González-Dávalos ML, Leal M, Valtierra ME, Martín-Martínez ES, Rodríguez ME. 2004. Study of calcium ion diffusion in components of maize kernels during traditional nixtamalization process. *Cereal Chem.* 81: 65-69.
- Fransco CML, Ciacco CF, Tavares DQ. 1995. Effect of the heat-moisture treatment on the enzymatic susceptibility of corn starch granules. *Starch* 47: 223-228.
- Gomez MH, Lee JK, McDonough CM, Waniska RD, Rooney LW. 1992. Corn starch changes during tortilla and tortilla chip processing. *Cereal Chem.* 69: 275-279.
- Gutiérrez E, Rojas-Molina I, Pons-Hernández JL, Guzmán H, Aguas-Angel B, Arenas J, Fernández P, Palacios-Fonseca A, Herrera G, and Rodríguez ME. 2007. Study of calcium ion diffusion in nixtamalized quality protein maize as a function of the cooking temperature. *Cereal Chem.* 84: 186-194.
- Heinemann RJB, Fagundes PL, Pinto EA, Penteado MVC, Lanfer-Marquez UM. 2005. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. *J. Food Compos. Anal.* 18: 287-296.
- Hoseney RC. 1998. Principles of cereal science and technology. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA, pp. 341-343.
- Jeon HR, Choi EH, Yoo YM, Jo EK, Lee JK. 2012. Characterization of alkali cooking and steeping process for brown rice. In: *Proceedings of 79th Annual Meeting of KoSFost.* June 13-15, Daejeon, Korea, pp. 347.
- Kong SH, Lee JS. 2010. Quality characteristics and changes in GABA content and antioxidant activity of noodle prepared with germinated brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 274-280.
- Mora-Rochin S, Gutiérrez-Urbe JA, Serna-Saldívar SO, Sánchez-Peña P, Reyes-Moreno C, Milán-Carrillo J. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *J. Cereal Sci.* 52: 502-508.
- Rendón-Villalobos R, Agama-Acevedo E, Islas-Herández JJ, Sánchez-Muñoz J, Bello-Pérez LA. 2006. In vitro starch bioavailability of corn tortillas with hydrocolloids. *Food Chem.* 97: 631-636.
- Tester RF, DebonSJ. 2000. Annealing of starch- a review. *Int. J. Biol. Macromol.* 27: 1-12.