

저항전분 함유 고아밀로스 품종의 현미로 제조한 팽화 과자의 품질특성

이경하¹ · 박지영^{1,†} · 이석기¹ · 이유영¹ · 이병원¹ · 박혜영¹ · 최혜선¹ · 조동화¹ · 한상익¹ · 오세관¹

Quality Characteristics of Puffed Snacks Made from High-amylose Rice Varieties Containing Resistance Starch

Kyung Ha Lee¹, Jiyoung Park^{1,†}, Seuk Ki Lee¹, Yu-Young Lee¹, Byung-Won Lee¹, Hye Young Park¹, Hye Sun Choi¹, Donghwa Cho¹, Sang-ik Han¹, and Sea-Kwan Oh¹

ABSTRACT We investigated physicochemical properties of puffed snacks with intermediate and high amylose rice varieties. The intermediate amylose rice varieties ‘Sindongjin’ and high amylose rice varieties newly developed for food processing, ‘Dodamssal’ and ‘Goami4’ were tested for this study. The crude fat and crude protein contents of the rice cultivars ranged 1.47-3.08% and 6.30-7.63%, respectively. The resistant starch and amylose contents of Dodamssal and Goami4 were higher than those of Sindongjin. The hardness of rice was the highest in Sindongjin and Dodamssal. Also, Hardness of puffed snacks decreased by 72.07% for Sindongjin, 88.21% for Dodamssal and 66.67% for Goami4 compared to raw rice samples. The sensory evaluation showed that the highest scores in taste, texture and overall acceptability of puffed snacks were obtained in Dodamssal. The results of this study indicate that Dodamssal was suitable varieties for puffed snacks. Also, the physicochemical properties of Dodamssal were improved by the extrusion process. Therefore Dodamssal can be used for the industrial production of puffed snacks.

Keywords : brown rice, Dodamssal, high-amylose rice, puffed snacks

최근 국내외를 막론하고 비만을 비롯한 성인병예방에 관심이 높아지면서 다이어트 효과가 있는 기능성 식품의 수요가 증가하고 있으며, 이에 따라 우리나라는 물론 중국, 미국 및 유럽 등 세계 각국에서는 건강기능에 우수한 현미 또는 현미 가공제품을 많이 찾고 있다. 특히 아밀로스 함량이 높은 쌀은 식이섬유와 저항전분이 다량 함유되어 다이어트에 훨씬 효과적이라는 것이 알려지면서 관련 쌀 가공제품에 관심이 집중되고 있다. 일반적으로 건조된 쌀의 90%가 아밀로스과 아밀로펙틴으로 구성된 전분으로 이루어져 있으며 이들 비율에 따라 전분의 호화와 노화 및 물리적 특성에 상당한 영향을 준다. 따라서 쌀 가공제품을 제조하는데 있어 쌀 품종에 따른 전분을 이해하는 것은 중요하다. 일반적으로 쌀은 아밀로스 함량에 따라 1~2%는 waxy, 7~20%는 저 아밀로스, 20~25%는 중간 아밀로스과 25% 이상은 고 아밀로스 쌀로 분류된다(Song *et al.*, 2008). 또한 쌀 전분

은 쉽게 소화되는 전분(Rapidly Digestible Starch, RDS), 천천히 소화되는 전분(Slowly Digestible Starch, SDS), 저항전분(Resistant Starch, RS)으로 분류되는데, Zhang *et al.* (Zhang *et al.*, 2006)의 보고에 따르면 보통 쌀의 전분은 천천히 소화되는 전분(SDS)이 가장 높은 함량으로 존재한다고 하였다. 그 중 저항전분은 인체 내에서 소화, 흡수가 지연되는 전분으로 생리활성 물질, 기능성 물질로서 불용성 식이섬유로 분류되고 있다(Kim *et al.*, 2000). 즉, 저항전분은 분변으로 콜레스테롤 배설을 증가시켜 식후 혈당과 인슐린 분비 상승을 억제하여 콜레스테롤과 중성지방 농도를 감소시켜 심혈관계 질환의 예방과 대장암에 효과가 있다고 보고되고 있다(Oh *et al.*, 2000). 또한 Zhu *et al.* (2011)의 보고에 따르면 저항전분 함량과 식이섬유 함량은 아밀로스 함량과 정의 상관을 보인다고 한다.

도담쌀과 고아미4호는 아밀로스 함량이 높고 저항전분

¹⁾농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 (Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea)

[†]Corresponding author: Jiyoung Park; (Phone) +82-31-695-0622; (E-mail) pjy2812@korea.kr

<Received 9 July, 2017; Revised 7 September, 2017; Accepted 14 September, 2017>

이 많아서 섭취 시 체내 흡수율이 낮아 배출되기 때문에 다이어트용으로 이용되고 있는 품종이다(Yoon *et al.*, 2013). 그러나 호화가 더디기 때문에 밥쌀용으로 적당하지 않아 쌀가루를 제조하여 이용하는 제과, 제면 및 피자도우 등 원료로 이용되고 있으며 이를 이용한 다양한 기능성 가공식품 용도개발에 관심이 고조되고 있다. 쌀은 저항전분과 아밀로스 함량이 높을수록 식감이 좋지 않다. 이는 아밀로스 함량이 많을수록 밀집된 상태의 입자로 되어있어 호화 시 팽창에 대한 저항성이 높고(Choi, 2010a) 호화개시온도가 높아져 밥의 부드러움, 끈기 등이 감소하게 되기 때문이다. 따라서 이러한 고아밀로스 쌀을 이용한 가공제품에 관한 연구개발이 필요한 시점이다.

압출 성형기를 이용한 팽화공정은 고온·고압 상태에서 전분 및 단백질의 용융(melting)에 의해 점탄성을 가지는 용융반죽이 되며, 용융반죽에 포함된 물 또는 가스등이 기화됨으로써 발생하는 변화의 원리를 이용하는 가공기술이다(Jang *et al.*, 2006). 즉, 고온·고압·고전단력에 의해 물리적, 화학적 변화를 일으키며 급격하게 부피를 증가시킴으로써 다공질의 구조를 형성할 수 있는 곡류의 가공방법 중 하나이다. 또한 이 과정에서 수분의 증발에 의한 건조와 팽화에 의해 전분의 호화를 비롯한 성분의 변화가 수반되어 맛과 조직감이 향상된다(Jin *et al.*, 2012). 이와 같은 과정을 거쳐 제조된 쌀과자는 다공성 구조를 형성하여 딱딱한 식감을 갖는 쌀 제품의 물성을 개선할 수 있는 좋은 기술이다. 또한 전분의 호화도 상승에 따른 소화흡수율 증가, 곡류가 갖고 있는 생리활성 물질의 체내흡수율 증대 등을 제공할 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 최근 건강기능성 전분 소재로 관심이 높고 그 활용도가 기대되는 도담쌀과 고아미4호의 새로운 용도개발과 가공이용성을 증대를 위해 압출 성형기를 이용한 팽화과자를 제조하여 제품의 품질특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 재료는 2016년에 농촌진흥청 국립식량과학원(경기도, 수원)에서 재배, 수확되었으며 신동진(*Oryza sativa* cv. Shindongjin)과 도담쌀(Dodamssal)과 고아미4호(Goami4)를 사용하였다. 정조는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시험재료로 사용하였다. 또한 압출 성형기를 이용한 팽화과자제조는 쌀과자 가공전문업체인 (주)깊은숲속행복한식품에서 자체 개발한 특수제작과정을 거쳐 제조하

였으며 이를 분쇄하여 분석에 이용하였다.

원료곡의 품질 특성

일반성분 분석

원료의 수분함량은 적외선수분함량측정기(AND MX-50 moisture analyzer, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 회분은 600°C 직접 회화법으로 회화 후 측정하였다. 지질은 에테르를 용매로 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043 extraction unit, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)로 분석하였고, 조단백질은 semimicro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 분석하였다. 탄수화물은 시료 100 g에 수분, 조지방, 조단백질, 조회분 값을 감하여 산출하였다. 천립중은 완전립 1,000개를 선별하여 무게를 측정하여 비교하였으며, 칼로리는 일본식품성분표의 에너지 환산계수(탄수화물 4.20, 단백질 4.32, 조지방 9.21)를 사용하여 계산하였다(Kim *et al.*, 2000).

아밀로스, 저항전분 함량

아밀로스 함량은 Juliano (1985)의 비색정량법에 따라 시료 100 mg에 95% ethanol 1 mL를 넣고, 1 N sodium hydroxide 용액 9 mL를 넣어서 완전 분산시키고 100°C에서 호화시킨 후 냉각시켰다. 호화액에 1 N acetic acid를 넣어 중화시키고 I₂-KI용액(0.2% iodine과 2% potassium iodide) 2 mL를 첨가하여 정색반응을 시킨 후, 분광광도계(UV Spectrophotometer 1601, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용한 620 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 Potato amylose를 사용하여 검량선 작성 후 아밀로스 함량을 산출하였다.

쌀의 저항전분 함량 분석은 AOAC 방법에 의한 Megazyme kit를 이용하여 측정하였다(McCleary *et al.*, 2002). 즉, 시료 100 mg에 pancreatin α -amylase로 37°C에서 16시간 반응시킨 후 침전물에 2M KOH 용액을 첨가하여 분산 및 용해시켰다. 1.2 M sodium acetate buffer (pH 3.8)와 amyloglucosidase를 첨가하여 50°C에서 30분 반응시킨 후 가수분해된 glucose 양에 따라 저항전분 함량을 계산하였다.

지방산 분석

지방산 분석은 0.6 g의 분말시료에 Heptane 1.7 mL 넣고 유도체 시약(methanol : toluene : 2,2-dimethoxypropane : sulfuric acid = 39 : 20 : 5 : 2)을 3.3 mL 가하고, 60°C에서 반응하였다. 반응이 끝난 후 상온에서 냉각 후 fatty acid methyl esters (FAMES)를 함유하고 있는 상등액을 취하여 시료 중 수분은 Magnesium sulfate로 제거하여 capillary GC에 주입하였다(Rafael & Mancha, 1993).

지방산 분석에 사용된 GC system은 HP 6890 system FID (Agilent 6890A, USA)이었고, HP-Innowax capillary (0.25 μ m i.d. \times 30 m)를 사용하였다. 분석조건은 initial temperature 150°C, final temperature 280°C로서 4°C/min씩 증가되도록 하였고, carrier gas로서 N₂를 1.3 mL/min으로 흘려주었다. 분석이 진행되는 동안 inlet과 detector의 온도는 각각 250°C 및 300°C가 유지되도록 하였다. GC 분석의 표준물질은 FAME mix RM-6 (sigma aldrich, USA)를 구입하여 분석에 이용하였다.

현미경도측정

품종별 현미의 경도(Hardness)를 분석하기 위해 Texture analyzer (testXpert II, Zwick Roell, Ulm, Germany)를 이용하였으며 형태가 완전한 쌀을 하나씩 취하여 측정하였다. 경도 측정 조건은 pre-test speed 2 mm/sec, post-test speed 2 mm/sec, strain 40%, probe diameter 4 mm의 조건으로 경도를 측정하였다.

팽화과자의 품질특성

물성 측정

압출 성형기를 이용하여 제조한 팽화과자의 조직감 차이를 분석하기 위해 Texture analyzer를 이용하여 측정하였다. 조직감 측정은 형태가 완전한 쌀과자를 하나씩 취하여 측정하였다. 조직감 측정조건은 two-cycle compression를 실시하였으며, pre-test speed 2 mm/sec, post-test speed 2 mm/sec, strain 40%, probe diameter 4 mm의 조건으로 경도(hardness), 탄성(springness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다.

색도 측정

압출 성형기를 이용하여 제조한 팽화과자의 색도를 분석하기 위해 Color Differencemeter (Model CM-3500d, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하였다. 표준값은 8°의 표준색판(L값 0.44, a값 1.38, b값 -0.62), 60°의 표준 색판(L값 2.82, a값

4.06, b값 0.63) 및 80°의 표준 색판(L값 0.63, a값 2.37, b값 0.47) 기본값으로 설정하여 Hunter's value 인 명도(Lightness), 적색도(Redness), 황색도(Yellowness)를 측정하였다.

식미관능평가

압출 성형기를 이용하여 제조한 팽화과자의 기호도 검사를 위해 관능평가에 대한 사전 교육을 받은 16명을 패널로 선정하여 기호도 검사를 실시하였다. 관능평가항목은 외관, 색, 향, 맛, 조직감 및 전체적 기호도 등 6가지 항목을 사용하였고 관능평가 척도는 7점 척도법(7: 가장 좋다, 1: 가장 싫다)으로 점수를 표시하였다. 시료는 세 자리 숫자의 난수 표로 표기되어 순서 없이 제공하였다.

통계분석

각 항목의 측정값은 SPSS 18.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하였으며, 시험군 간의 유의성은 Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

원료곡의 품질 특성

현미의 성분분석

품종에 따른 현미의 수분, 조회분, 지방, 단백질 및 탄수화물 등의 일반성분을 분석하였다(Table 1). 수분함량의 경우 12.24~12.95% 범위로 분석되었으며, 조회분 함량은 1.19~1.58%, 지방의 경우는 1.47~3.08%로 분석되었다. 또한 단백질 함량의 경우 6.30~7.63%로 확인되었으며 탄수화물 함량은 74.76~78.19%로 확인되었다. 현미의 무게를 나타내는 천립중은 17.63~27.10g으로 나타났으며 칼로리는 356.30~362.81 kcal로 나타났다. 본 연구결과 조지방과 단백질 함량은 고아미4호 > 도담쌀 > 신동진 순으로 나타났으며 탄

Table 1. Proximate composition of different brown rice cultivars.

| Cultivars | Moisture (%) | Fat (%) | Protein (%) | Ash (%) | Carbohydrate (%) | Thousand grains weight (g) | Calorie (kcal) |
|------------|---------------------------|------------|-------------|------------|------------------|----------------------------|----------------|
| Sindongjin | 12.80±0.76 ^{1)a} | 1.47±0.02c | 6.30±0.08c | 1.24±0.10b | 78.19±0.88a | 27.10±0.26a | 356.30±3.32b |
| Dodamssal | 12.24±0.01a | 2.54±0.01b | 7.18±0.00b | 1.19±0.01b | 76.85±0.03b | 20.77±0.15b | 362.81±0.06a |
| Goami4 | 12.95±0.09a | 3.08±0.13a | 7.63±0.02a | 1.58±0.02a | 74.76±0.25c | 17.63±0.12c | 360.27±0.06a |

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

수화물과 천립중은 신동진 > 도담쌀 > 고아미4호 순으로 나타났다. 전반적으로 고아미 4호에서 수분함량이 12.95%, 조지방 함량이 3.08%, 단백질 함량이 7.63%, 조회분 함량이 1.58%로 가장 높은 함량을 나타내었다. 반면 밥쌀용 품종인 신동진에서 조지방과 조단백질 함량은 낮으나 탄수화물 함량과 천립중은 가장 높게 나타내었다. 이러한 결과는 품종별 차이에 의한 것으로 생각된다(Oh *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2017).

아밀로스, 저항전분 함량

품종별 현미의 아밀로스 함량은 신동진이 15.51, 도담쌀에서 32.19, 고아미4호에서 34.31%로 나타나 고아미4호에서 유의적($p < 0.05$)으로 가장 높은 함량을 나타내었다(Fig. 1). Shim *et al.* (2015)에 따르면 도담쌀의 아밀로스 분석결과 38.7%로 보고하였는데 본 실험에서는 이보다 낮은 함량을 나타내었다. 또한 Chun *et al.* (2014)의 보고에 따르면 고아미4호의 아밀로스 함량이 35.8%로 보고하였고 Yoon *et al.* (2013)의 보고에 따르면 고아미4호의 아밀로스 함량이 37.1%로 보고 한바 있어 본 실험에서 조금 낮은 결과를 나타내었다. 이러한 원인은 재배 시기나 재배방법, 토양 등의 재배조건 등에 의한 차이로 생각된다(Kim *et al.*, 2010).

쌀의 취반 시 가하는 물을 흡수하면서 전분입자가 팽윤되고 가열과정을 통해 아밀로스가 용출되어 점성이 증가하여 호화가 진행된다. 용출된 아밀로스에 의해 호화 전분겔이 형성되므로 아밀로스 함량이 높을수록 그물구조가 촘촘해져서 전분겔의 강도가 커지게 되어 단단한 느낌이 들고

식감이 떨어지게 된다(We *et al.*, 2013). 따라서 아밀로스 함량이 많은 도담쌀과 고아미4호의 경우 식감이 떨어지는 경향이 있다(Lee *et al.*, 2004). 그러나 도담쌀과 고아미4호 품종은 식이섬유 함량과 저항전분이 많아 섭취 시 상당량이 체내에 흡수되지 않고 몸 밖으로 배출된다고 보고되어 섭취 시 체중감소 효과 및 비만환자의 중성지방 감소, 당뇨병환자의 혈당조절에도 기여함이 보고된 바 있다(Lee & Shin, 2002). 또한 Asp & Bjorck (1992) 등의 보고에 따르면 저항전분은 대장암 발병률을 감소시킨다고 하였다. 즉, 저항전분은 위와 장에서 소화되지 않고 대장으로 들어가 *bifidobacteria* 같은 장내 유익세균의 증식을 촉진하여 단쇄지방산(short chain fatty acid)이 생성시킨다(Chang, 2004). 이는 대장 내의 pH를 감소시키고 칼슘, 철, 마그네슘과 같은 무기질의 흡수를 촉진하기도 하며 세포의 DNA손상을 회복시켜 대장암 발생을 억제한다고 한다(Morais *et al.*, 1996). 품종별 현미의 저항전분 함량은 신동진이 0.37, 도담쌀에서 8.06, 고아미4호에서 10.42%로 나타나 도담쌀과 고아미4호에서 유의적($p < 0.05$)으로 가장 높은 함량을 나타내었다(Fig. 2). 따라서 이러한 기능성을 함유한 도담쌀과 고아미4호의 식감을 개선하여 섭취할 수 있는 방법이 필요할 것으로 판단된다.

지방산 분석

각 품종의 현미에 대한 지방산 조성을 분석한 결과 palmitic acid, oleic acid, linoleic acid 등 지방산이 대부분(95% 이상)을 차지하고 그 외에는 linolenic acid, steric acid, myristic

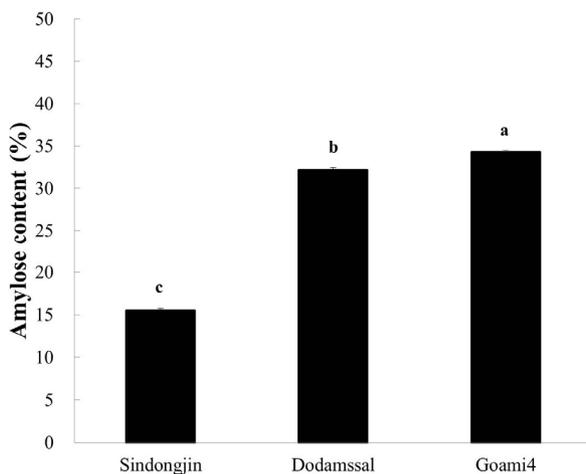


Fig. 1. Amylose contents of different brown rice cultivars. Results are expressed as mean±standard deviation (n = 3). abc means with different lower case superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

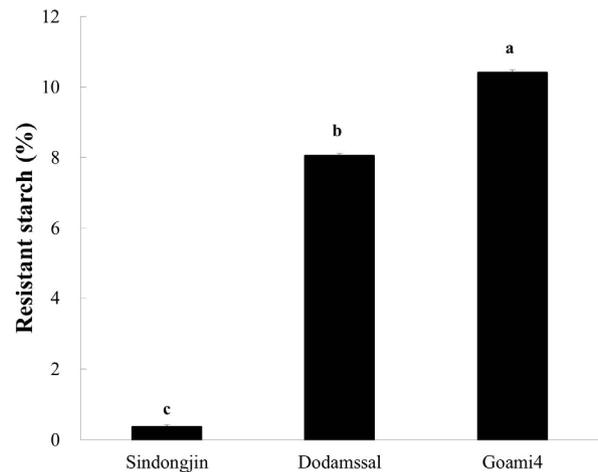


Fig. 2. Resistant starch of different brown rice cultivars. Results are expressed as mean±standard deviation (n = 3). abc means with different lower case superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Fatty acid composition (%) of different brown rice cultivars.

| Cultivars | Palmitic (C16:0) | Stearic (C18:0) | Oleic (C18:1) | linoleic (C18:2) | linolenic (C18:3) | SFA | USFA |
|------------|------------------|-----------------|---------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|
| Sindongjin | 22.21±0.99b | 2.07±0.07c | 36.25±1.37a | 37.97±2.11a | 1.49±0.08b | 24.28±0.97b | 75.72±0.97a |
| Dodamssal | 22.38±0.53b | 2.88±0.06b | 39.03±1.25a | 34.46±0.75b | 1.25±0.03c | 25.26±0.48b | 74.74±0.48a |
| Goami4 | 31.07±0.90a | 3.11±0.03a | 27.52±1.57b | 36.57±0.67ab | 1.73±0.04a | 34.18±0.87a | 65.82±0.87b |

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences ($p<0.05$).

acid 등의 지방산이 미량(0.5%~2%)으로 존재한다(Yoon *et al.*, 2007). 본 연구 결과, 현미가 가지는 주요 지방산은 linoleic acid (C18:2), oleic acid (C18:1), palmitic acid (C16:0)이며, 특히 linoleic acid와 oleic acid가 전체 지방산의 70.41~72.39%를 차지하는 것으로 나타났다(Table 2). 전체 지방산에서 불포화 지방산의 비율은 포화지방산의 비율에 비해 약 1.93~3.12배 높게 나타났다. 불포화 지방산은 높은 양질의 기름으로 보고되고 있으며 주로 oleic acid와 linoleic acid가 대부분인 것으로 분석되었다. 반면 포화지방산은 palmitic acid가 대부분으로 나타났다. 식이지방은 그 종류에 따라 혈중 지질에 미치는 영향이 다르다. 포화지방산(SFA)은 혈중 총 콜레스테롤을 증가시키나 불포화 지방산(USFA)은 혈중 총 콜레스테롤 수준을 저하시켜 심혈관계 질환의 발생위험을 낮추는 것으로 알려져 있다(Jung & Paik, 1993). 본 연구결과 신동진과 도담쌀에서 유의적으로($p<0.05$) 가장 높은 불포화 지방산비율을 나타내었으며 고아미4호는 비교적 낮은 비율을 나타내었다. Choi (2010b)의 보고에 의하면 지방산 조성에 가장 중요한 요인은 등숙기 기온에 있으나, 벼의 품종과 재배시기에 따라서도 변화된다고 하였다. 따라서 본 연구결과에서 나타난 결과도 품종별 지방조성의 차이는 벼 품종의 고유 특성과 재배시기에 등에 의한 차이라고 생각된다.

현미경도

Choi *et al.* (2008)의 보고에 따르면 쌀의 경도는 저장 중에 지방질 산화로 생성된 과산화물이 단백질 산화를 일으켜 전분입자들의 결합력을 강화시키기 때문이라고 하였다. 또한 쌀의 경도에 따라 수분흡수 정도가 차이가 나기 때문에 쌀의 경도를 이해하는 것은 쌀 가공품을 제조하는데 있어 중요한 요인이다(Park & Shin, 2016). 품종별 현미의 경도를 측정된 결과 신동진이 비교적 높은 값을 나타내었으며 고아미4호는 유의적으로 낮은 값을 나타내었다(Fig. 3). 도담쌀이나 고아미4호의 경우는 등근 전분구조이면서 배유 부분이 아밀로스가 30% 이상을 함유하고 있고, 연질의 불

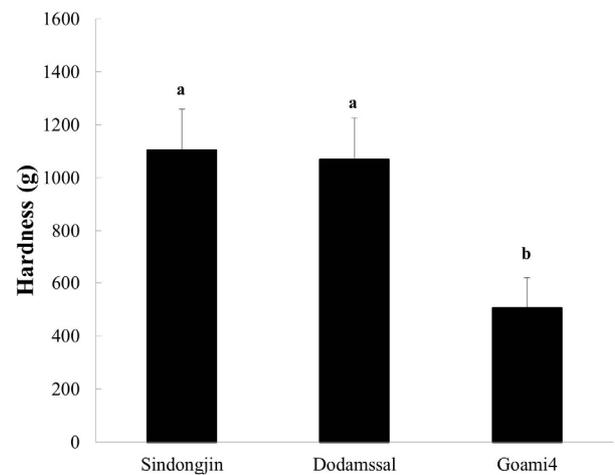


Fig. 3. Hardness of different brown rice cultivars. Results are expressed as mean±standard deviation (n = 3). ab means with different lower case superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

투명한 전분으로 구성되어 있다(Lee *et al.*, 2011). 반면 신동진의 경우는 배유 부분이 아밀로펙틴으로 된 경질의 투명한 전분이 많고(Park & Shin, 2016) 현미의 호분층이 두꺼워 딱딱한 물성을 나타내는 것으로 생각된다.

쌀 과자의 품질 특성

조직감 특성

압출 성형기를 이용하여 제조한 팽화과자의 조직감 특성 변화를 측정된 결과 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess)은 시료에 따라 유의적($p<0.05$) 차이를 나타내었고 탄성(springiness), 씹힘성(chewiness)은 유의적($p<0.05$) 차이가 나타나지 않았다(Table 3). 팽화 과자의 경도는 신동진에서 가장 높은 값을 나타내었으며 높은 아밀로스 함량과 저항전분을 함유하고 있는 도담쌀과 고아미4호는 의 경우는 호화된 후에 낮은 경도 값을 나타내었다. 이러한 현상은 제조과정을 거치면서 경도가 생쌀 대비 신동진은 72.07%, 도담쌀은 88.21%, 고아미4호는 66.67% 감소되어 도담쌀에

서 가장 크게 물성을 개선한 것으로 나타났다. 응집성은 식품의 형태를 그대로 유지하는 힘으로 정의 되는데 경도가 높은 신동진과자에서 가장 낮 값을 나타내었고 도담쌀과 고아미4호에서는 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 이는 경도가 높은 시료에서 변형이 일어날 때 식품의 형태를 유지할 수 없기 때문에 더 낮은 값을 나타낸 것으로 생각된다. 씹힘성은 고체 식품을 삼킬 수 있는 상태까지 씹는데 필요한 힘으로 도담쌀에서 가장 낮은 수치를 나타내었으나 시료 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서 본 연구 결과, 호화 시 저항전분과 고아밀로스 함량으로 인해 좋지 못한 식감을 나타낸다고 보고되었던(Choi *et al.*, 2010) 도담쌀과 고아미4호의 경도를 분석한 결과, 압출 성형기를 이용한 팽화과정을 거쳐 개선되었으며 이는 도담쌀과 고아미4호 품종에 적합한 가공방법으로 생각된다.

색도

색도 측정 결과, 명도의 경우는 신동진 > 도담쌀 > 고아미4호 순서로 신동진에서 가장 높았으며 적색도와 황색도

는 고아미4호 > 도담쌀 > 신동진 순서로 고아미4호에서 가장 높은 값을 나타내었다(Table 4). Jang *et al.* (2006)은 팽화형 과자 제조 시 팽화온도와 팽화시간의 증가에 따라 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가한다고 하였다. 또한 Fan *et al.* (1999)은 높은 팽화온도와 팽화시간의 증가는 팽화 하였을 때 갈변을 촉진 시켜 명도 값을 감소시킨다고 하였다. 본 연구 결과 같은 팽화 온도와 팽화시간 등의 조건에도 시료별로 명도, 적색도, 황색도가 차이가 나는 것은 품종에 의한 차이인 것으로 생각되며 저항전분의 함량이 과자제품의 색도에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 따라서 저항전분 함유 품종의 쌀 가공제품의 기호도를 높이기 위해서는 품종별로 적합한 제조조건 확립이 필요할 것으로 생각된다.

관능평가

압출 성형기를 이용하여 제조한 쌀 품종별 팽화과자의 관능적 특성 평가결과, 외관, 색, 향에서는 유의적 차이를 나타내지 않았으나 맛, 조직감과 전체적 기호도에서는 도

Table 3. Texture profile analysis of puffed snacks made from different brown rice cultivars.

| Cultivars | Hardnesss (g) | Springiness | Cohesiveness | Gumminess (g) | Chewiness (g) |
|------------|----------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| Sindongjin | 3097.67±25.00a | 0.01±0.01a | 0.33±0.12b | 0.05±0.02b | 167.04±77.59a |
| Dodamssal | 1267.33±36.78c | 0.01±0.01a | 0.56±0.07a | 0.11±0.04a | 138.29±42.85a |
| Goami4 | 1700.33±38.81b | 0.00±0.00a | 0.43±0.18ab | 0.10±0.01a | 174.35±23.17a |

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences ($p<0.05$).

Table 4. Hunter color values of puffed snacks made from different brown rice cultivars.

| Cultivars | Lightness | Redness | Yellowness |
|------------|-------------|------------|-------------|
| Sindongjin | 84.38±0.06a | 1.26±0.03c | 16.46±0.31c |
| Dodamssal | 82.76±0.04b | 3.38±0.03b | 17.16±0.18b |
| Goami4 | 74.61±0.04c | 6.37±0.03a | 22.40±0.01a |

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences ($p<0.05$).

Table 5. Sensory characteristics of puffed snacks made from different brown rice cultivars.

| Cultivars | Appearance | Color | Flavor | Taste | Texture | Overall acceptability |
|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------------|
| Sindongjin | 4.87±1.41ns | 5.20±1.32ns | 4.67±1.59ns | 4.33±1.63b | 4.40±1.64b | 4.73±0.88c |
| Dodamssal | 5.40±1.24 | 5.60±1.18 | 5.60±1.24 | 6.13±0.92a | 6.07±0.96a | 6.53±0.74a |
| Goami4ho | 5.27±1.44 | 4.73±1.79 | 5.47±1.06 | 5.60±1.18a | 4.87±1.41b | 5.47±1.13b |

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences ($p<0.05$).

답쌀과 고아미4호가 유의적으로 높은 점수를 나타냈으며 특히 도답쌀에서 가장 높은 점수를 받았다(Table 5). Lee *et al.* (2006)의 보고에 따르면 팽화형 쌀과자의 관능평가 시 제품의 외관이나 맛, 스낵의 단단함, 부서짐성, 부착성 등의 조직감이 전체적인 기호도에 영향을 미친다고 하였다. 본 연구 결과에서도 외관이나 색, 향 등에서도 수치가 가장 높고 맛과 조직감에서도 가장 높은 점수를 받은 도답쌀에서 전반적 기호도 역시 가장 높은 점수를 받았다. 이와 같은 결과는 낮은 경도와 상대적으로 높은 지방함량을 함유한 도답쌀과 고아미4호에서 고소한 맛과 풍미를 내어 좋은 점수를 나타낸 것으로 생각된다. 아울러 도답쌀 팽화과자를 제품화하기 위해서는 더 정밀한 분석항목을 세분화하여 평가하고 맛에 영향을 주는 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 기능성 쌀의 이용성 증대를 위하여 저항전분 함유 고아밀로스 품종인 도답쌀과 고아미4호로 압출 성형기를 이용하여 팽화과자를 제조하여 품질 특성을 살펴보았다. 품종별로 쌀의 일반 성분을 분석한 결과, 조지방 함량과 조단백 함량은 1.47~3.08%, 6.30~7.63%로 확인되었으며 탄수화물 함량은 74.76~78.19%로 확인되었다. 아밀로스 함량은 신동진이 15.51%, 도답쌀에서 32.19%, 고아미4호에서 34.31%로 나타나 고아미4호에서 유의적($p<0.05$)으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 또한 저항전분 함량은 신동진이 0.37%, 도답쌀에서 8.06%, 고아미4호에서 10.42%로 나타나 도답쌀과 고아미4호에서 유의적($p<0.05$)으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 품종별 현미의 경도를 측정할 결과 신동진과 도답쌀이 높은 정도 값을 나타내었다. 압출 성형기를 이용하여 제조한 팽화과자의 경도가 생쌀 대비 신동진은 72.07%, 도답쌀은 88.21%, 고아미4호는 66.67% 감소되어 도답쌀에서 가장 크게 물성을 개선한 것으로 나타났다. 또한 쌀 품종에 따라 제조한 팽화과자의 관능적 특성 평가결과, 맛, 조직감과 전체적 기호도에서는 도답쌀과자에서 가장 높은 점수를 받았다. 따라서 본 연구 결과, 호화 시 저항전분과 고아밀로스 함량으로 식감이 좋지 않아 밥쌀용으로 적합하지 않았던 도답쌀과 고아미4호는 압출 성형기를 이용하여 팽화과자를 제조함으로써 식감을 개선할 수 있었으며, 특히 도답쌀은 이러한 공정기술을 이용한 가공제품 제조에 적합한 품종으로 확인되었다. 본 연구결과는 기능성 쌀을 이용한 가공제품 연구개발에 기초자료가 될 것으로 기대된다.

인용문헌(REFERENCES)

- Asp, N. G. and I. Bjorck. 1992. Resistant starch. Trends Food Sci. Technol. 3 : 111-114.
- Chang, M. J. 2004. Starch in human health. Food Indust. Nutr. 9 : 10-18.
- Choi, I. D. 2010a. Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39 : 1313-1319.
- Choi, I. D. 2010b. Fatty acids, amino acids and thermal properties of specialty rice cultivars. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39 : 1405-1409.
- Choi, Y. H., S. L. Lim, E. G. Jeong, J. Song, J. T. Kim, J. H. Kim, and C. G. Lee. 2008. Effects of low-temperature storage of brown rice on and cooked rice quality. Korean J. Crop Sci. 53 : 179-186.
- Chun, A., D. J. Kim, M. R. Yoon, S. K. Oh, and I. S. Choi. 2014. Quality characteristics of Makgeolli of rice cultivars with different starch compositions. Korean J. Food and Nutr. 27 : 50-58.
- Fan, S., F. Hsieh, and E. H. Huff. 1999. Puffing of wheat cakes using a rice cake machine. Am. Soc. Agr. Eng. 15 : 677-684.
- Jang, E. Y., T. Y. Jin, and J. B. Eun. 2006. Properties of puffed mulberryrice snack, Ppeongtuigi by pellet with mulberry leaf and brown rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. 38 : 756-761.
- Jin, T., J. H. Yu, and G. H. Ryu. 2012. Effect of moisture content and temperature on physical properties of instant puffed rice snacks. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41 : 846-852.
- Juliano, B. O. 1985. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In rice chemistry and technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA. pp. 59-120.
- Jung, E. K. and H. Y. Paik. 1993. Fatty acid contents in food of major fat sources in Korean Diet. Korean J. Nutrition. 26 : 254-267.
- Kim, H. R., M. J. Kim, Y. H. Yang, K. J. Lee, and M. R. Kim. 2010. Effect of grain size on the physicochemical & nutritional properties of beef porridge. Korean J. Food Culture. 25 : 70-75.
- Kim, J. H., I. S. Choi, S. H. Park, M. S. Shin, and S. H. Oh. 2000. Effects of resistant starch on metabolism of bile acids in college women. Korean J. Nutr. 33 : 802-812.
- Kim, M. J., S. N. Shin, and S. K. Kim. 2000. Proximate composition and calorie of Korean instant noodles. Korean J. Food Sci. Technol. 32 : 1043-1050.
- Lee, C. and J. S. Shin. 2002. Effects of different fiber content of rice on blood glucose and triglyceride levels in normal subject. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31 : 1048-1051.
- Lee, J. S., Y. S. Ahn, H. S. Kim, M. N. Chung, and B. C.

- Jeong. 2006. Making techniques of high quality powder in sweet potato. *Korean J. Crop Sci.* 51 : 198-203.
- Lee, K. H., K. S. Woo, S. K. Lee, H. Y. Park, E. Y. Sim, S. Kim, S. K. Oh, D. H. Cho, and H. J. Kim. 2017. Evaluation of quality characteristics of rice to select suitable varieties for porridge. *Korean J. Food Nutr.* 30 : 243-250.
- Lee, S. B., J. H. Lee, Y. S. Shin, K. S. Lee, H. G. Hwang, O. Y. Jeong, C. I. Yang, Y. H. Choi, S. J. Yang, Y. H. Jeon, H. C. Hong, H. Y. Kim, Y. C. Cho, J. H. Lee, J. D. Yea, M. K. Oh, M. K. Kim, Y. G. Kim, K. H. Jeong, and Y. T. Lee. 2011. A medium-maturing, high non-dietary starch, specialty rice cultivar 'Goami 3'. *Kor. J. Breed. Sci.* 43 : 595-599.
- Lee, S. H., H. J. Park, S. Y. Cho, G. J. Han, H. K. Chun, T. Y. Kim, H. G. Hwang, and H. C. Choi. 2004. Supplementary effect of the high dietary fiber rice on lipid metabolism in diabetic KK mice. *Korean J. Nutr.* 37 : 81-87.
- McCleary, B. V., M. McNally, and P. Rossiter. 2002. Measurement of resistant starch by enzymatic digestion in starch and selected plant materials: collaborative study. *J. AOAC International.* 85 : 1103-1111.
- Morais, M. B., A. Feste, R. G. Miller, and C. H. Lifichitz. 1996. Effect of resistant starch and digestible starch on intestinal absorption of calcium, iron and zinc in infant pigs. *Paediatr. Res.* 39 : 872-876.
- Oh, S. K., D. J. Kim, A. R. Cheun, M. R. Yoon, H. C. Hong, I. S. Choi, Y. J. Oh, K. B. Oh, and Y. K. Kim. 2010. Quality evaluation of Juanbyeon as aseptic-packaged cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42 : 721-726.
- Park, J. and M. Shin. 2016. Physicochemical and cooking characteristics of non-waxy soft brown rice. *Korean J. Food Sci.* 5 : 531-540.
- Rafael, G. and M. Mancha. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation from fresh plant tissues. *Anal. Biochem.* 211 : 139-143.
- Shim, E. Y., S. K. Chung, J. H. Cho, K. S. Woo, H. Y. Park, H. J. Kim, S. G. Oh, and W. H. Kim. 2015. Physicochemical properties of high-amylose rice varieties. *Food Eng. Prog.* 19 : 392-398.
- Song, J., J. H. Kim, D. S. Kim, C. K. Lee, J. T. Youn, S. L. Kim, and S. J. Suh. 2008. Physicochemical properties of starches in Japonica rices of different amylose content. *Korean J. Crop. Sci.* 53 : 285-291.
- Taira, H., M. Nakagahra, and T. Nagamine. 1982. Fatty acid composition of Indica, Sinica, Javanica and Japonica groups of nonglutinous brown rice. *J. Agric. Food Chem.* 36 : 45-47.
- We, G. J., Y. S. Cho, M. R. Yoon, M. S. Shin, and S. H. Ko. 2010. Development of rice flour-based puffing snack for Early Childhood. *Food Eng. Prog.* 14 : 322-327.
- Yoon, M. R., C. E. Kim, H. J. Koh, and M. Y. Kang. 2007. Physicochemical properties of rice kernels affected on palatability. *Korean J. Crop Sci.* 52 : 45-50.
- Yoon, M. R., J. H. Lee, J. E. Kwak, A. R. Chun, and B. K. Kim. 2013. Content and characteristics of resistant starch in high amylose mutant rice varieties derived from Ilpum. *Korean J. Breed. Sci.* 45 : 324-331.
- Zhang, G., Z. Ao, and B. R. Hamaker. 2006. Slow digestion property of native cereal starches. *Biomacromolecules.* 7 : 3252-3258.
- Zhu, L. J., Q. Q. Liua, J. D. Wilson, M. H. Gu, and Y. C. Shi. 2011. Digestibility and physicochemical properties of rice (*Oryza sativa L.*) flours and starches differing in amylose content. *Carbohydr. Polym.* 86 : 1751-1759.