

## 곡류 및 잡곡류를 이용한 팽화과자의 생리 활성 비교연구

윤향식 · 유리 · 노재관 · 김이기 · 김상희 · 최송이\* · 한남수\*\* · †엄현주  
충북농업기술원, \*농촌진흥청 농업과학원 가공이용과, \*\*충북대학교 식품생명공학과

### A Comparative Study on the Physiological Activities of Puffed Snack using Miscellaneous Cereals and Grain Crops

Hyang-Sik Yoon, Ri Yu, Jae-Gwan Noh, Yee Gi Kim, Sang Hee Kim, Song Yi Choi\*,  
Nam Soo Han\*\* and †Hyun-Ju Eom

*Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 363-883, Korea*

*\*Dept. of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea*

*\*\*Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea*

#### Abstract

This study was performed to compare the physiological effects of puffed snack on diabetic and geriatric diseases using miscellaneous cereals and grain crops. The puffed snacks were prepared with different amounts of miscellaneous cereals and grain crops (in ratios of 10%, 20%, and 30% of brown rice). Changes in the water soluble index, water absorption index, color, antioxidant activity, total polyphenol content acidity,  $\alpha$ -glucosidase inhibition activity, and sensory evaluation were also determined. As the cereal and crop contents increased, the value of the water soluble index increased while the water absorption index decreased, with the exception of glutinous foxtail and barnyard millets. With respect to color, lightness and yellowness decreased in concert with increases in the cereal and crop contents, whereas redness increased. Furthermore, the antioxidant activity and total polyphenol content as well as  $\alpha$ -glucosidase inhibition activity increased remarkably with increasing concentrations of sorghum. There was no significant difference in the physiological activities depending on the addition of millet, barley and barnyard millets. In sensory evaluation, the puffed snacks containing sorghum, millet, and glutinous foxtail millet received higher values than other samples. Altogether, our results indicate that puffed snacks containing 10~20% sorghum could be suitable as ingredients for improving sensory and physiological activities in diabetic and geriatric diseases.

Key words: puffed snacks, sourghum,  $\alpha$ -glucosidase inhibition activity, diabetic, grain crops

#### 서론

2011년 국제당뇨병연합이 발표한 내용을 보면 전세계 성인의 당뇨병환자는 약 3억 6,600만 명으로, 앞으로도 당뇨병환자는 계속 증가하여 2030년에는 전체인구의 10%인 5억 5천만 명에 달할 것으로 보이며, 우리나라의 당뇨병환자는 OECD 국가 중 1위로 천 만 명으로 추정하고 있다(Wild 등 2004). 당뇨

병은 체내의 탄수화물을 적절하게 사용하지 못하여 일어나는 질병으로, 당노가 진행되면 혈액 내 포도당의 농도와 인슐린의 분비가 조절이 되지 않으며, 간, 근육, 지방조직 등 체내 조직에 인슐린 저항성이 일어나게 된다(Defronzo 등 1997). 당뇨병은 인슐린 생산 여부에 따라 인슐린 의존형(제 1형 당뇨병)과 인슐린 비의존형(제 2형 당뇨병)으로 나뉘며, 주로 성인에서 발병하는 것은 인슐린 비의존형이다. 또한 당뇨병은 유전

† Corresponding author: Hyun-Ju Eom, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 363-883, Korea. Tel: +82-43-220-5693, Fax: +82-43-220-5679, E-mail: hyunjueom@korea.kr

및 환경적인 요인에 의해 영향을 많이 받으며, 이를 치료하기 위한 방법으로는 식이요법, 운동요법, 경구혈당 강하제 및 인슐린 요법 등이 있다(Arky RA 1983). 그러나 당뇨병을 가지면 나타나는 전형적인 당뇨 증상 즉, 다음, 다식(식탐, 食貪), 다뇨를 나타내며, 이를 치료하기 위해 지방이 적거나, 혈당지수가 낮거나, 섬유소가 많은 식이가 권장되며(Crapo 등 1981), 약제를 통한 치료는 다양한 독성과 내성 등 위험요소를 포함하고 있어 장기적으로는 혈당 강하 소재의 개발이 절실한 실정이다.

백미에 비해 현미나 유색미, 잡곡류는 인체에 유용한 각종 영양 및 생리 활성 성분이 많이 포함되어 있어 당뇨 등과 같이 성인병을 가지는 환자들에게는 권유되고 있으며, 최근 일반 소비자들의 건강 지향적인 요구에 부응하여 유색미나 잡곡류의 시장규모가 크게 증가하고 있다(Sa 등 2010; Ko 등 2011; Park 2011). 수수, 울무, 기장, 식용피 등 다양한 잡곡에 관한 기능성 성분 분석, 항산화 활성, 혈당 강하 등의 생리활성(Lee 등 2012; Ko 등 2011)에 관한 연구가 주로 보고되고 있으며, 새로운 웰빙식품의 원료로서 이용 가치가 높을 것으로 기대되고 있다. 하지만 이런 곡류 및 잡곡류는 대부분 취반, 혼반용으로 소비되고 있을 뿐, 잡곡을 활용한 저혈당 가공식품 개발을 위한 시도는 아직까지 부족한 실정이다. 또한, 당뇨 환자를 위한 저혈당 쌀 등을 육종하거나, 혈당을 많이 상승시키지 않는 조리법에 대한 연구는 있지만, 혈당을 많이 올리지 않은 가공법에 대한 연구는 없는 실정이며, 더욱 아쉬운 것은 가공과정 중에 높은 생리 활성이 없어지므로, 이런 생리 활성이 가공 중에 많이 유지되는 가공법에 대한 연구도 필요하다.

이에 본 연구팀에서는 다양한 곡류와 잡곡류를 팽화하여 당뇨 등 성인병 환자들을 위한 혈당강하능이 우수한 소재를 찾고자 하였으며, 앞으로 이들을 위한 식품소재로 제시하고 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 연구에 사용된 시료는 2012년도에 충북 괴산에서 재배한 것을 2013년도에 괴산잡곡영농조합법인(충북 괴산)에서 구입하였으며, 시료의 종류는 현미(추청벼), 흑미(찰흑미), 식용피(재래종 식용피), 보리(서둔찰보리), 차좁쌀(노랑차조), 수수(황금찰수수), 기장(황금기장), 울무(대청울무) 등을 사용하였다.

### 2. 팽화과자 제조방법

시료인 곡류 및 잡곡의 수분 함량은 분쇄하지 않고 곡물/

종자 수분측정기(GMK-303F, g-wonhitech, Seoul, Korea)로 측정하였으며, 시료의 수분 함량은 증류수를 분무하여 수분 함량을 18%로 조절한 다음 밀봉하여 10℃에서 15시간 동안 수분을 평형화시킨 후, 팽화기에 그대로 넣어 팽화하였다. 팽화성형기는 (주)델리스에서 제작한 즉석팽화기(DDP-1, Delice Co., Ltd, Seongnam, Korea)를 사용하였으며, 팽화판을 직경이 4.5 cm인 원형을 사용하였고, 운전조건은 예비실험을 통하여 가열온도 220℃에서 제조하였다. 이러한 팽화기를 사용하여 제조한 팽화과자의 모양은 원형으로 원료의 특성과 가공조건에 따라 과자의 팽화 정도(부푼 정도)가 다르게 나타난다. 기존 혈당강하능 등 기능성이 우수한 것으로 알려진 현미 100%를 팽화한 과자를 대조구로 설정하였으며, 실험구는 예비실험을 통해 즉석팽화기로 성형할 수 있는 범위인 현미에 잡곡을 각각 10%, 20%, 30% 첨가하여 팽화한 후 대조구에 대하여 비교 평가하였다.

### 3. 곡류 및 잡곡류의 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC(1990) 방법에 따라 수행하였다. 수분은 105℃ 상압건조가열법으로, 조단백질은 Micro Kjeldahl 질소정량법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 조회분은 550℃ 직접건식회화법으로, 조섬유는 Fibertec system M(Tecator Co., Sweden)을 이용하여 Henneberg-Stohmann 개량법으로 분석하였다. 당질은 위에서 계산된 일반성분의 합과 100과의 차이 값으로 하였다.

### 4. 수분용해지수 및 수분흡착지수

시료 10 g에 물 100 mL를 가하여 상온에서 1시간 동안 교반한 후 2,000×g에서 10분간 원심분리한 다음, 상등액 10 mL를 수분 칭량병에 놓은 후 105℃에서 4시간 동안 건조하여 고형분 함량을 측정 후 수분용해지수(water soluble index, WSI, 1)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI, 2)를 다음 식으로 각 산출하였다. 수분흡착지수(WAI)는 침전물의 무게 측정 후 수분 함량을 계산하였다.

$$WSI(\%) = \frac{\text{가용성 고형물 무게}}{\text{건조샘플 무게}} \times 100 \quad (1)$$

$$WAI(g/g) = \frac{\text{침전물 무게} - \text{건조샘플 무게}}{\text{건조샘플 무게}} \times 100 \quad (2)$$

### 5. 색도

곡류 및 잡곡류를 이용한 팽화과자의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 3회 측정하였고, Hunter값인 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 나타내었다. 표준백

판의 L값은 96.84, a값은 -0.20, b값은 -0.23이었다.

## 6. 항산화 활성

팽화과자의 항산화 활성은 전자공여능으로 측정하였으며, 여과한 시료 0.2 mL에 0.4 mM DPPH 용액 0.8 mL를 가한 후 vortex mixer로 10초간 진탕하고, 실온에서 10분간 방치 후 분광광도계(Cary UV-Vis spectrophotometer, Agilent Technologies, Santa Clara CA, USA)를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여 효과는 시료 첨가구와 시료를 첨가하지 않은 경우의 흡광도를 백분율로 나타내었다(Blois MS 1958).

## 7. 총 폴리페놀 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's 방법에 따라 측정하였다(Schmidit 등 1977). 추출물 0.1 mL에 증류수 8.4 mL와 2 N Folin-Ciocalteu's 시약(Sigma Co., St. Louis, MO, USA) 0.5 mL를 첨가하고, 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL를 가하여 1시간 방치한 후 분광광도계를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid(Sigma Co.)를 이용하여 검량선을 작성하고, 그 양을 환산하였다.

## 8. α-Glucosidase 저해능 분석

곡류 및 잡곡류를 이용한 팽화과자의 α-glucosidase 저해 활성은 Tibbot & Skadsen(1996) 방법을 참고하여 측정하였다. 1.5 mM *p*-nitrophenol-α-D-glucopyranoside(*p*NPG, Sigma Co.) 50 μL와 3.5 unit/mL α-glucosidase 효소액 100 μL를 혼합하고, 대조구에는 증류수 50 μL와 처리구에는 여과한 시료 50 μL를 넣어 발색시켰다. 이때 생성된 *p*-nitrophenol(*p*NP)는 405 nm에서 분광광도계로 흡광도를 측정하여 대조구에 대한 흡광도 감소 정도를 백분율로 표현하였다.

## 9. 기호도 검사

기호도 검사는 충청북도농업기술원에 재직 중인 직원 및

연구원 26명을 대상으로, 연령대는 20대 9명, 30대 8명, 40대 8명, 50대 이상이 1명이었다. 9점 평점법으로 실시하였고, 평가항목으로는 외관(appearance), 향(flavor), 조직감(texture), 맛(taste), 전반적인 기호도(overall acceptability)를 점수로 표시하도록 하였다.

## 10. 통계분석

각 시료에서 얻은 실험결과는 3회 반복 실험을 실시하였고, 모든 측정치는 평균(mean)±표준편차(standard deviation)로 나타내었으며, 관능평가의 경우, 결과의 유의성을 검정하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 행한 후 시료 간 차이의 유무를 Duncan's multiple range test로 비교 분석하였다( $p < 0.05$ ). 모든 통계분석은 Statistical Analysis System(v8.1, SAS Institute Inc., NC, USA) 통계프로그램을 이용하여 처리하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 일반성분

곡류 및 잡곡류의 수분, 조회분, 조지방 및 조단백, 조섬유, 당류의 함량을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 수분의 경우는 9.50~15.64%, 조회분 0.15~1.35%, 조지방 1.26~4.19%, 조단백 6.10~16.11%, 조섬유 4.35~11.27%로 나타났다. 조섬유는 차좁쌀이 11.27%로 가장 높았으며, 보리가 4.35%로 가장 낮았다. Lee 등(2012)의 보고에 따르면 식용피 3종에 영양성분 분석 결과, 수분 8.0~8.7%, 조회분 1.2~2.1%, 조단백 9.3~10%, 조섬유 2.5~9.5%, 당류 76~78%로 품종에 따라 약간의 차이를 보였는데, 본 연구에서 식용피의 조단백이 16.1%로 식용피 3종의 기존 연구에 비해 높다는 것을 알 수 있었다. 또한 Seo 등(2011)에서 기장과 수수의 일반성분을 분석할 경우, 수분은 12.16%, 12.7%, 조회분 3.23%, 3.24%, 조지방 8.36%, 7.96%, 조단백 11.19%, 10.09%, 조섬유 6.73%, 7.26%로 각각 보고하였고, Lee 등(2010)은 수수, 울무, 기장, 보리의 조단백이 10.98%,

Table 1. Chemical composition of miscellaneous cereals and grain crops<sup>1)</sup>

(%)

	Moisture	Crude ash	Crude lipid	Crude protein	Crude fiber
Brown rice	14.94±0.03	0.93±0.23	2.03±0.10	8.19±0.36	8.21±0.90
Sorghum	12.61±0.01	0.35±0.07	4.19±1.02	9.30±0.20	9.30±1.52
Millet	10.38±2.94	1.29±0.01	4.06±0.45	13.46±0.17	9.98±1.44
Barley	15.64±0.72	0.15±0.07	1.26±0.16	6.10±0.08	4.35±1.12
Glutinous foxtail millet	13.15±0.02	0.65±0.07	3.57±0.04	8.77±0.25	11.27±0.76
Adlay	9.50±0.16	1.35±0.07	3.82±0.09	10.16±0.23	8.24±1.13
Black rice	14.31±0.04	1.10±0.17	2.27±0.09	9.43±0.32	6.78±0.62
Barnyard millets	11.17±0.04	0.25±0.07	1.81±0.09	16.11±0.01	7.30±0.40

<sup>1)</sup> Means ± standard deviation

15.45%, 11.87% 및 9.07%로 보고하여, 본 연구결과와 일부는 유사하나 일부는 상이한 결과를 보였다. 이런 결과는 잡곡의 품종과 재배 환경 및 도정공정에 따른 차이로 생각된다.

## 2. 수분용해지수 및 수분흡착지수

현미는 혈당강하능이 우수하여 당뇨병 등 성인병 환자들의 기본식에 항상 포함되는 곡류로써, 선행연구에서 곡류나 잡곡류를 한 가지를 사용하는 것보다 현미와 함께 팽화를 시키면 기호도가 향상돼 기존 현미에 다양한 잡곡을 첨가하게 되었다. 현미에 잡곡 첨가량을 달리하여 팽화과자를 제조하여 각각의 팽화과자의 수분용해지수(Water soluble index, WSI) 및 수분 흡착지수(Water absorption index, WAI)를 분석한 결과는 Table 2와 같다.

잡곡 종류별 팽화과자의 수분용해지수는 첨가량을 증가시키면 따라 그 값이 전반적으로 증가하였다. Jeong 등(2002)은

**Table 2. Water soluble index (WSI) and water absorption index (WAI) of puffed snack with miscellaneous cereals and grain crops<sup>1,2)</sup>**

Samples(%)	WSI(%)	WAI(g)	
Brown rice	100	0.39±0.01 <sup>ef</sup>	4.37±0.09 <sup>d</sup>
	10	0.60±0.05 <sup>c</sup>	4.20±0.04 <sup>d</sup>
	20	0.70±0.03 <sup>b</sup>	4.14±0.12 <sup>d</sup>
Sorghum	30	0.80±0.01 <sup>a</sup>	4.05±0.37 <sup>d</sup>
	10	0.32±0.00 <sup>fg</sup>	4.99±0.82 <sup>cd</sup>
	20	0.39±0.01 <sup>ef</sup>	4.38±0.08 <sup>d</sup>
Millet	30	0.42±0.01 <sup>e</sup>	4.53±0.04 <sup>d</sup>
	10	0.29±0.00 <sup>gh</sup>	4.85±0.75 <sup>cd</sup>
	20	0.28±0.01 <sup>gh</sup>	4.69±0.20 <sup>d</sup>
Barley	30	0.31±0.01 <sup>fg</sup>	4.37±0.30 <sup>d</sup>
	10	0.21±0.01 <sup>h</sup>	5.95±0.17 <sup>abc</sup>
	20	0.23±0.02 <sup>gh</sup>	4.98±2.20 <sup>cd</sup>
Glutinous foxtail millet	30	0.22±0.01 <sup>gh</sup>	6.16±1.14 <sup>ab</sup>
	10	0.07±0.01 <sup>i</sup>	4.31±0.04 <sup>d</sup>
	20	0.08±0.01 <sup>i</sup>	4.21±0.06 <sup>d</sup>
Adlay	30	0.08±0.01 <sup>i</sup>	4.20±0.99 <sup>d</sup>
	10	0.55±0.14 <sup>cd</sup>	6.37±0.05 <sup>a</sup>
	20	0.60±0.01 <sup>c</sup>	5.08±0.01 <sup>bcd</sup>
Black rice	30	0.71±0.01 <sup>b</sup>	4.51±0.18 <sup>d</sup>
	10	0.30±0.01 <sup>fg</sup>	4.19±0.08 <sup>d</sup>
	20	0.46±0.09 <sup>de</sup>	4.26±0.04 <sup>d</sup>
Barnyard millets	30	0.55±0.13 <sup>cd</sup>	4.28±0.07 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>2)</sup> Means ± standard deviation

수분용해지수는 전분의 붕괴에 의해 발생하는 수용성 물질의 양에 비례하여 호화도가 증가하여 수분용해지수가 높은 값을 나타낸다고 보고하였는데, 본 연구에서도 같은 요인인 것으로 생각된다. 또한 Tie 등(2008)은 호화도가 증가할수록 수분용해지수가 높은 값을 나타낸다고 보고하였다. 팽화과자의 수분용해지수와 수분흡착지수는 Lee & Kim(1994)이 호화도와 팽화율에 영향을 받으며, 이 수치가 높을수록 좋은 품질로 인정된다고 보고하였다.

다양한 잡곡 중 수수를 첨가하였을 때 다른 잡곡들의 비해 수분용해지수가 높게 측정되었으며, 수수 > 흑미 > 식용피 > 기장 > 보리 > 차좁쌀 > 울무 순으로 첨가량이 증가할수록 수분용해지수가 높게 나타났다. 따라서 수수를 첨가하면 호화도도 높고 수용성 물질의 양도 많아졌을 것으로 판단된다.

수분흡착지수는 전분과 단백질의 수화를 나타내는 지표로 (Mason & Hosem 1986) 수분을 흡수하기 쉬운 기공이 많은 조직으로 변화되었을 때 수분흡착지수가 증가한다고 보고하였다(Lee 등 2011).

본 실험에서는 흑미와 차좁쌀을 첨가하였을 때 다른 잡곡에 비해 팽화과자의 수분 흡착지수가 더 높게 나타났다. 따라서 잡곡 팽화과자의 호화도 증가에 의한 수용성 물질의 생성과 함께 기공이 많은 조직으로 변화됐을 것으로 판단된다.

## 3. 잡곡 종류별 팽화과자 색도

현미에 잡곡 종류별 첨가량을 다르게 제조한 팽화과자의 색도 L\*, a\*, b\* 값은 Table 3에 나타내었다. 명도를 나타내는 L\*값은 기장을 제외한 잡곡들은 첨가량이 증가할수록 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다. Fan 등(1999)은 높은 팽화온도 및 시간의 증가로 빵튀기의 갈변을 촉진하여 L\*값이 감소한다고 보고하였다. 적색도를 나타내는 a\*값은 차좁쌀과 식용피를 제외한 다른 잡곡들에서 첨가량의 증가에 따라 그 값이 증가하였다. 특히 수수의 경우, Chea & Hong(2006)은 수수에 페놀 화합물 등의 유효성분이 다량 함유되어 있다고 보고하였다. 또한 Kim 등(2006)은 페놀 화합물은 주로 플라보노이드, 페놀산, 안토시아닌 등으로 구성되어 있으며, 대부분이 플라보노이드계 색소로 보고하고 있다.

수수 자체의 적갈색은 플라보노이드계 색소로 수수 첨가량에 증가에 따라 L\*값이 감소하면서 a\*값이 증가하는 결과를 나타내었다. 이것은 Ko & Sea(2010)의 보고와 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 본 연구에서의 L\*값의 감소 및 a\*값의 증가는 220°C의 높은 팽화온도와 잡곡이 가지고 있는 고유의 색의 영향으로 생각된다.

기장을 제외한 잡곡들은 전반적으로 L\* 값과 b\*값은 감소하며, a\*값은 증가하는 것으로 나타났다. 팽화과자의 제조과정 중 높은 온도와 압력으로 maillard reaction에 의한 갈변반응

Table 3. Color values of puffed snack with miscellaneous cereals and grain crops<sup>1,2)</sup>

Samples(%)		L* value	a* value	b* value
Brown rice	100	77.80±0.67 <sup>a</sup>	0.67±0.25 <sup>ef</sup>	13.01±0.41 <sup>efg</sup>
	10	76.50±0.38 <sup>cdef</sup>	1.42±0.15 <sup>gh</sup>	12.58±0.17 <sup>k</sup>
Sorghum	20	74.09±0.72 <sup>f</sup>	2.36±0.22 <sup>efg</sup>	11.58±0.42 <sup>l</sup>
	30	71.86±0.93 <sup>g</sup>	2.64±0.33 <sup>ef</sup>	11.11±0.28 <sup>l</sup>
Millet	10	75.39±0.94 <sup>ab</sup>	0.18±0.14 <sup>efg</sup>	12.69±0.45 <sup>fgh</sup>
	20	75.55±0.63 <sup>abcd</sup>	0.45±0.13 <sup>efg</sup>	14.09±0.30 <sup>ghi</sup>
	30	75.83±0.90 <sup>bcde</sup>	0.54±0.14 <sup>c</sup>	14.59±0.41 <sup>gh</sup>
Barley	10	76.62±1.09 <sup>abcd</sup>	0.43±0.08 <sup>d</sup>	12.77±0.35 <sup>gh</sup>
	20	76.09±1.86 <sup>f</sup>	0.47±0.11 <sup>b</sup>	11.87±1.10 <sup>ij</sup>
	30	75.21±0.74 <sup>g</sup>	0.75±0.16 <sup>a</sup>	12.89±0.40 <sup>i</sup>
Glutinous foxtail millet	10	77.71±0.62 <sup>a</sup>	0.70±0.26 <sup>ef</sup>	14.03±0.12 <sup>cd</sup>
	20	75.97±0.69 <sup>ef</sup>	0.58±0.22 <sup>ef</sup>	13.55±0.50 <sup>def</sup>
	30	75.99±0.79 <sup>bcde</sup>	0.53±0.09 <sup>efg</sup>	13.72±0.27 <sup>cde</sup>
Adlay	10	77.55±0.17 <sup>abcd</sup>	0.48±0.14 <sup>fgh</sup>	12.75±0.79 <sup>fgh</sup>
	20	76.38±1.07 <sup>bcde</sup>	0.52±0.03 <sup>efgh</sup>	12.34±0.36 <sup>hij</sup>
	30	76.11±0.72 <sup>def</sup>	0.78±0.20 <sup>ef</sup>	12.61±0.87 <sup>efg</sup>
Black rice	10	75.43±0.90 <sup>cdef</sup>	0.27±0.20 <sup>h</sup>	10.22±0.71 <sup>fgh</sup>
	20	74.22±0.72 <sup>cdef</sup>	0.55±0.12 <sup>fgh</sup>	9.36±0.56 <sup>cd</sup>
	30	71.91±0.27 <sup>cde</sup>	0.61±0.13 <sup>fgh</sup>	9.01±0.38 <sup>abc</sup>
Barnyard millets	10	76.91±0.01 <sup>abc</sup>	1.88±0.01 <sup>c</sup>	15.24±0.01 <sup>a</sup>
	20	76.64±0.02 <sup>abcd</sup>	1.73±0.01 <sup>c</sup>	14.99±0.02 <sup>ab</sup>
	30	74.69±0.01 <sup>ef</sup>	1.73±0.01 <sup>c</sup>	14.23±0.01 <sup>bcd</sup>

<sup>1)</sup> Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>2)</sup> Means ± standard deviation

이 일어나고, 이러한 반응에 의해 색도가 변화했을 것으로 생각된다(Ha 등2004).

#### 4. 잡곡 팽화과자의 DPPH 라디칼 소거 활성

잡곡 종류별 첨가량에 따른 팽화과자의 항산화 성분 분석 결과는 Fig. 1과 같다. 현미만 사용하여 팽화과자 제조시 생리 활성은 뛰어나지 않지만, 잡곡을 10% 첨가하여 가공하였을 때 생리 활성이 수수> 흑미> 보리> 식용피> 현미> 차좁쌀> 기장> 울무 순으로 각 26.85%, 20.01%, 19.38%, 15.66%, 15.16%, 14.10%, 13.71%, 12.90%로 대조구인 현미와 비교하였을 때 증가하는 결과를 나타내었다. 또한 첨가량에 따라 전반적으로 항산화 활성이 증가되었지만, 차좁쌀, 울무 및 식용피의 경우는 일정한 경향은 나타나지 않았다. 특히 수수를 30% 첨가한 팽화과자에서 37.16%까지 증가하였으며, 다른 잡곡에 비해 활성이 가장 높게 나타났다.

Kang 등(1996)에 의하면 DPPH 라디칼 소거 활성은 페놀류, 플라보노이드 물질에서 기인하여 항산화 활성을 나타낸다고

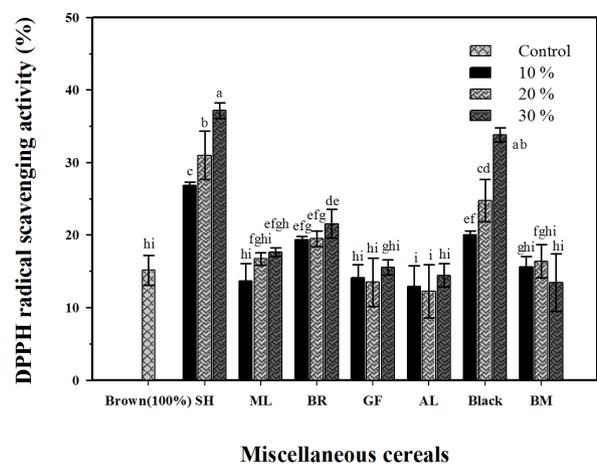


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of puffed snack with miscellaneous cereals and grain crops. Brown(100%): brown rice, SH: sorghum, ML: millet, BR: barley, GF: glutinous foxtail millet, AL: adlay, Black: black rice, BM: barnyard millets

보고하였는데, Kim 등(2013)의 연구의 경우 수수에서 총페놀과 플라보노이드의 함량이 높게 나타났고, 또한 Kwak 등(2004)의 연구에서도 메밀, 기장, 울무보다 수수의 플라보노이드 함량이 높다고 보고하였다. 따라서 잡곡류 중에서 수수가 항산화 활성이 높은 것은 총 플라보노이드, 폴리페놀, 탄닌 등의 항산화 성분 함량에 기인된 것으로 판단된다.

5. 잡곡 첨가 팽화과자의 총 폴리페놀

잡곡류 첨가 정도에 따른 팽화과자의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 대조구인 현미와 비교했을 때 수수, 차좁쌀, 흑미, 울무에서 총 폴리페놀의 함량이 증가하였다. 특히 수수의 경우, 첨가량에 따라 각 59.47%, 74.13%, 91.47%로 유의적으로 증가하였고, 차좁쌀의 경우 첨가량에 따라 68.80%, 94.80%, 80.80%로 높게 측정되었다.

Kim 등(2013)의 연구에서는 메수수가루 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 증가하는 경향을 나타냈으며, 메수수가루를 첨가한 생면의 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량이 매우 높게 나타났다. 이는 본 연구에서 수수의 첨가량에 따른 총 폴리페놀 함량이 증가와 수수를 첨가한 팽화과자의 총 폴리페놀의 함량이 증가한 결과와 유사한 경향을 보였다. 그러나 기장과 보리, 식용피의 경우, 첨가량에 관계없이 총 폴리페놀의 큰 변화는 나타나지 않았다. 또한 Seo 등(2011)의 연구결과, 조, 기장, 수수의 폴리페놀 분석 결과, 수수에서 가장 높은 함량을 보였다. 이와 같이 총 폴리페놀의 함량 변화는 곡류 종류에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있었다.

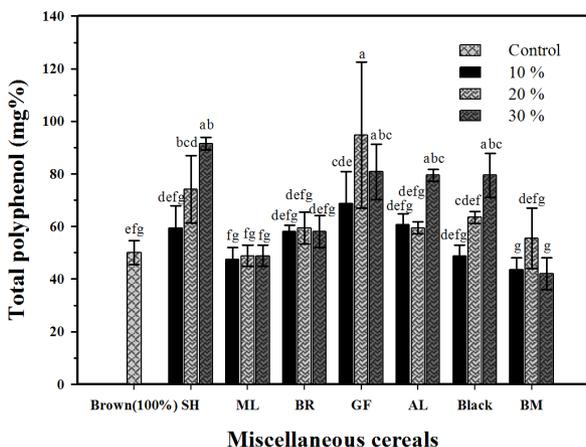


Fig. 2. Total polyphenol content of puffed snack with miscellaneous cereals and grain crops. Brown(100%): brown rice, SH: sorghum, ML: millet, BR: barley, GF: glutinous foxtail millet, AL: adlay, Black: black rice, BM: barnyard millets

6.  $\alpha$ -Glucosidase 저해 활성

$\alpha$ -Glucosidase에 대한 저해능은 포도당의 흡수를 억제시켜, 식후 혈당 상승을 감소시키며, 본 연구의 잡곡별 팽화과자의  $\alpha$ -glucosidase 저해 활성은 Fig. 3에 나타내었다. 현미에 잡곡별 10% 첨가하여 제조한 팽화과자의 혈당강하능은 수수, 흑미, 기장, 식용피, 현미, 차좁쌀, 울무, 보리 순으로 각 40.43%, 25.31%, 22.07%, 20.16%, 19.78%, 18.18%, 17.83%, 17.42%로 나타났다. 특히 잡곡 중 수수의 경우, 첨가량이 증가할수록 혈당강하능이 증가하였고, 30% 첨가 시 89%로 매우 높은 수치를 보였다.

Sa 등(2010)이 보고한 장목별 수수 모두  $\alpha$ -glucosidase 저해 활성을 보였고, 특히 붉은장목수수는 98%로 높은 억제율을 나타내어, 본 실험과 유사한 경향을 보였다. 그러나 보리와 흑미에서는 첨가량에 관계없이 혈당강하능에 큰 변화를 나타내지 않았다.

7. 관능평가

잡곡별 첨가량에 따른 팽화과자의 관능평가는 9점 평점법으로 실시하였고, 결과는 Table 4와 같다. 잡곡을 첨가한 팽화과자의 외관은 대조구에 비해 전반적으로 선호도가 높게 나타났다. 이는 현미에 잡곡이 섞여 팽화됨으로써 잡곡의 모양과 색상이 팽화과자에 나타남으로써 선호도가 향상된 것으로 생각된다. 10% 첨가량 기준으로 전반적인 선호도는 기장> 수수> 식용피> 울무> 현미> 흑미> 차좁쌀> 보리 순으로 나타났다.

수수는 첨가량이 10%에서 전반적인 기호도와 맛에서 가

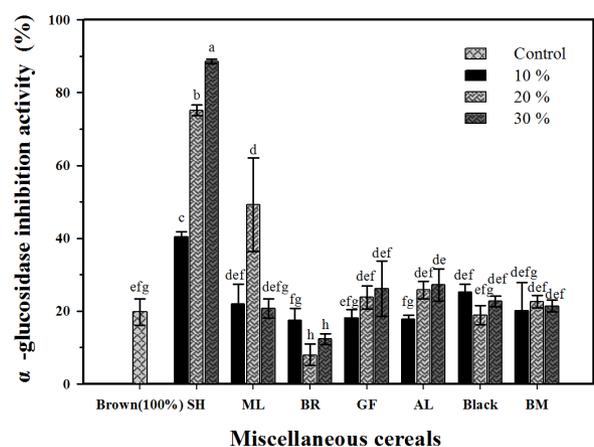


Fig. 3.  $\alpha$ -glucosidase inhibition activities of puffed snack with miscellaneous cereals and grain crops. Brown(100%): brown rice, SH: sorghum, ML: millet, BR: barley, GF: glutinous foxtail millet, AL: adlay, Black: black rice, BM: barnyard millets

Table 4. Sensory characteristics of puffed snack with miscellaneous cereals and grain crops<sup>1,2)</sup>

Samples(%)		Appearance	Flavor	Texture	Taste	Overall acceptability
Brown rice	100	5.33±0.82 <sup>c</sup>	6.00±1.26 <sup>a</sup>	5.83±0.98 <sup>a</sup>	5.83±1.33 <sup>b</sup>	6.00±1.26 <sup>b</sup>
	10	5.66±1.51 <sup>c</sup>	5.83±1.47 <sup>a</sup>	5.66±1.51 <sup>a</sup>	6.83±1.47 <sup>a</sup>	7.00±1.67 <sup>a</sup>
Sorghum	20	7.66±0.82 <sup>a</sup>	5.66±1.51 <sup>a</sup>	4.83±1.83 <sup>b</sup>	5.00±1.41 <sup>b</sup>	5.17±1.33 <sup>b</sup>
	30	6.50±1.05 <sup>b</sup>	5.50±1.22 <sup>a</sup>	4.83±1.83 <sup>b</sup>	5.16±1.72 <sup>b</sup>	5.16±1.60 <sup>b</sup>
Millet	10	6.80±1.48 <sup>a</sup>	6.00±1.00 <sup>a</sup>	8.00±1.00 <sup>a</sup>	8.00±0.71 <sup>a</sup>	8.00±0.71 <sup>a</sup>
	20	6.20±1.92 <sup>a</sup>	6.00±1.41 <sup>a</sup>	6.20±0.45 <sup>b</sup>	7.00±1.22 <sup>b</sup>	6.00±1.00 <sup>b</sup>
	30	5.20±2.59 <sup>b</sup>	5.20±1.48 <sup>a</sup>	5.40±1.67 <sup>a</sup>	6.20±0.84 <sup>c</sup>	5.60±1.14 <sup>b</sup>
Barley	10	5.80±0.84 <sup>b</sup>	5.00±0.71 <sup>b</sup>	4.60±1.67 <sup>a</sup>	5.40±1.67 <sup>a</sup>	5.20±1.10 <sup>b</sup>
	20	6.60±1.34 <sup>a</sup>	4.60±0.55 <sup>b</sup>	5.40±1.82 <sup>a</sup>	5.40±2.19 <sup>a</sup>	6.80±2.77 <sup>a</sup>
	30	6.60±1.52 <sup>a</sup>	5.00±0.71 <sup>b</sup>	5.20±2.59 <sup>a</sup>	5.20±3.03 <sup>a</sup>	5.00±2.55 <sup>b</sup>
Glutinous foxtail millet	10	6.60±1.34 <sup>a</sup>	4.60±0.89 <sup>b</sup>	5.60±1.52 <sup>b</sup>	5.80±1.10 <sup>b</sup>	5.60±1.67 <sup>b</sup>
	20	7.40±1.52 <sup>a</sup>	4.20±1.30 <sup>c</sup>	7.20±1.30 <sup>a</sup>	7.00±1.58 <sup>a</sup>	7.20±1.30 <sup>a</sup>
	30	5.60±1.52 <sup>b</sup>	4.80±1.64 <sup>c</sup>	6.00±2.55 <sup>b</sup>	5.40±2.51 <sup>b</sup>	5.20±2.17 <sup>b</sup>
Adlay	10	5.20±0.45 <sup>b</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	6.80±1.10 <sup>b</sup>	7.00±2.35 <sup>a</sup>	6.20±2.17 <sup>a</sup>
	20	5.80±0.84 <sup>a</sup>	5.60±1.34 <sup>a</sup>	7.40±0.55 <sup>a</sup>	6.00±2.55 <sup>a</sup>	5.80±2.49 <sup>a</sup>
	30	5.20±1.10 <sup>a</sup>	5.40±1.52 <sup>b</sup>	7.20±1.30 <sup>a</sup>	6.00±2.35 <sup>a</sup>	5.00±2.12 <sup>b</sup>
Black rice	10	6.67±1.03 <sup>b</sup>	5.50±1.22 <sup>b</sup>	6.50±1.52 <sup>a</sup>	6.17±1.17 <sup>a</sup>	5.83±1.17 <sup>b</sup>
	20	7.83±0.98 <sup>a</sup>	5.50±1.97 <sup>b</sup>	6.33±2.07 <sup>a</sup>	6.17±1.72 <sup>a</sup>	6.66±2.34 <sup>a</sup>
	30	7.00±2.10 <sup>b</sup>	6.50±1.97 <sup>a</sup>	4.83±2.48 <sup>b</sup>	5.83±1.83 <sup>a</sup>	5.5 ±1.87 <sup>b</sup>
Barnyard millets	10	6.86±0.75 <sup>a</sup>	7.48±1.21 <sup>a</sup>	7.57±0.84 <sup>a</sup>	7.00±1.72 <sup>a</sup>	7.00±0.75 <sup>a</sup>
	20	7.43±1.05 <sup>a</sup>	7.14±1.21 <sup>a</sup>	7.29±0.52 <sup>a</sup>	7.29±1.22 <sup>a</sup>	7.57±0.75 <sup>a</sup>
	30	6.43±2.26 <sup>b</sup>	7.00±1.17 <sup>a</sup>	7.57±0.52 <sup>a</sup>	6.00±1.55 <sup>b</sup>	6.00±1.26 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p<0.05$ ).

<sup>2)</sup> Means ± standard deviation

장 높게 평가되었고, 외관의 경우는 20% 첨가했을 때 가장 높은 평가를 받았다. 그러나 향과 조직감에서 수수 첨가량이 증가함에 따라 향과 조직감이 떨어져 결과적으로 첨가량이 많아질수록 기호도는 감소했다. 기장의 경우, 10% 첨가 시 기호도가 가장 높게 나타났으며, 외관, 향, 조직감, 맛 모두에서 가장 높은 평가를 받았으나, 첨가량이 증가됨에 따라 조직감이 급격히 떨어졌다. 울무는 10% 첨가 시 기호도가 높게 나타났고, 보리와 차좁쌀은 20% 첨가되었을 때 기호도가 높게 평가되었다. 차좁쌀의 경우, 30% 첨가 시 대조구보다 고소한 향이 급감하였다. 식용피의 경우, 대조구에 비해 기호도가 좋아지는 것으로 평가되었다.

이상의 결과에서 현미에 잡곡류를 첨가하여 첨가량에 따라 팽화과자를 만들 경우, 수수를 첨가하여 제조하는 것이 혈당강하능과 같은 생리 활성능력은 우수하고, 기호도도 증가하여 성인병 등을 가진 환자들에게 앞으로 좋은 식품소재가 될 것이라 기대되며, 이렇게 만든 팽화수수의 분말 또한 좋은

식품소재가 될 것이라 생각된다.

## 요약 및 결론

본 연구는 다양한 곡류와 잡곡류를 팽화하여 당뇨병 등 성인병 환자들을 위한 혈당강하능이 우수한 소재를 찾고자 하였다. 현미에 다양한 잡곡을 10%, 20%, 30% 비율로 첨가하여 제조한 팽화과자의 품질 특성과 항산화 활성, 총 폴리페놀, 혈당강하능의 변화를 조사하였다. 잡곡 종류별 수분용해지수는 첨가량이 증가할수록 증가하였고, 수분흡착지수는 차좁쌀과 식용피를 제외한 나머지 잡곡에서 감소하였다. 잡곡 첨가량에 따른 색도 분석에서 명도는 첨가량이 많을수록 감소하는 경향을 나타냈고, 적색도는 차좁쌀과 식용피를 제외한 잡곡에서 증가하였으며, 황색도는 기장을 제외한 잡곡들에서 전반적으로 감소하였다. 잡곡 팽화과자의 생리 활성(항산화 활성, 총 폴리페놀 및 혈당강하능)의 경우, 100% 현미로 만든

팽화과자보다 잡곡을 첨가하였을 경우, 대체적으로 그 값이 증가하였다. 특히, 수수 첨가 팽화과자는 항산화 활성이 37%, 총 폴리페놀은 91%, 혈당강하능이 89%까지 매우 높게 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 흑미, 차좁쌀, 울무에서 현미와 비교했을 때 크게 증가하였고, 항산화 활성과 혈당강하능은 큰 차이가 없었다. 보리와 식용피는 첨가량에 관계없이 생리활성의 큰 변화가 나타나지 않았다. 관능평가의 경우, 수수, 기장, 차좁쌀 및 식용피를 첨가하였을 때 패넬에게 높은 점수를 얻었다. 이상의 결과에서 잡곡을 첨가하여 팽화과자를 제조 시 현미에 10~20% 수수를 첨가하는 것이 다른 잡곡에 비해 품질특성을 유지하면서 생리 활성능력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 팽화수수 가공품 현장실용화 및 체형 상품 개발, 과제번호: PJ00998404)의 지원에 의해 이루어진 것임.

### References

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 1017-1918
- Arky RA. 1983. National management of diabetic, pp. 539-566 In: Diabetes Mellitus: Theory and Practice. 3rd ed., Medical Examination Publishing Co., NY, USA
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Chea KY, Hong JS. 2006. Quality characteristics of *sulgidduk* with different amounts of waxy sorghum flour. *Korean J Food Cookery Sci* 22:363-369
- Crapo PA, Inesel J, Sperling M, Kolterman OG. 1981. Comparison of serum glucose, insulin and glucagon responses to different type of serum complex carbohydrate in noninsulin-dependent diabetic patients. *Am J Clin Nutr* 33:184-190
- DeFronzo RA. 1997. Pathogenesis of type 2 diabetes: metabolic and molecular implications for identifying diabetes genes. *Diabetes Rev* 5:177-269
- Fan S, Hsieh F, Huff EH. 1999. Puffing of wheat cakes using a rice cake machine. *Am Soc Agr Eng* 15:677-684
- Ha JO, Lee SC, Bac HD, Park OP. 2004. Food Chemistry. Dooyangsa, Seoul, Korea. 218-344
- 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
- Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28:624-630
- Kim HY, Ko JY, Kim JI, Jung TW, Yun HT, Oh IS, Jeong HS, Woo KS. 2013. Quality and antioxidant activity of wet noodles supplemented with non-glutinous sorghum powder. *Korean J Food Sci Technol* 45:521-525
- Kim JS, Lee YJ, Yang JF, Sa YJ, Kim MO, Park JH, Park DS, Yu CY, Kim MJ. 2013. Biological activity of *Sorghum bicolor* M. cv. Bulgeunjangmoksusu extracts. *Korean J Plant Res* 26:111-118
- Kim KO, Kim HS, Ryu HS. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. *J Korean Diet Assoc* 12:82-88
- Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1128-113
- Ko SH, Seo EO. 2010. Quality characteristics of muffins containing purple colored sweet potato powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 20:272-278
- Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS. 2004. Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet, and job's tears. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:921-929
- Lee HK, Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee SH, Woo SH, Lee J, Jeong HS. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1399-1404
- Lee KC, Kim YS, Ryu GH. 2011. Saccharification characteristics of extruded corn starch at different process parameters. *Food Eng Prog* 15:155-161
- Lee SH, Kim CK. 1994. Optimization for extrusion cooking conditions of rice extrudate by response surface methodology. *Korean J Food Nutr* 7:137-143
- Lee YS, Yoon HS, Lee SY, Lee JK, Park CS, Seo WD, Kim SY, Woo SH, Song IG. 2012. Nutritional components and biological activities of barnyard millets (*Echinochloa* spp.). *Korean J Food Nutr* 25:644-649
- Mason WR, Hosney RC. 1986. Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. *Cereal Chem* 63:436-441

- Park SM, Chio YM, Ham HM, Jeong HS, Lee JS. 2011. Antioxidant content and activity in methanolic extracts from colored barley. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1043-1047
- Sa YI, Kim JS, Kim MO, Jeong HJ, Yu CY, Park DS, Kim MJ. 2010. Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of  $\alpha$ -glucosidase by *Sorghum bicolor* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 42:598-604
- Schmidit DD, Frommer W, Junge B, Muller L, Wingender W, Truscheit E, Schafer D. 1977. Alpha-glucosidase inhibitors. New complex oligosaccharides of microbial origin. *Aturwissenschaften* 64:535-536
- Seo MC, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Kwak JY, Oh BG, Yoon YN, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011. Antioxidant compounds and activities of foxtail millet, proso millet and sorghum with different pulverizing methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:790-797
- Tibbot BK, Skadsen RW. 1996. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative  $\alpha$ -glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol* 30:229-241
- 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
- Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. 2004. Global prevalence of diabetes: Estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 27:1047-1053

---

접 수 : 2014년 8월 21일  
 최종수정 : 2014년 10월 14일  
 채 택 : 2014년 10월 16일