

## 수수겨 분말 및 추출물 첨가가 유과의 품질특성 및 항산화활성에 미치는 영향

고지연 · 우관식 · 김정인 · 송석보 · 이재생 · 정미선 · 정태욱 · 윤영호 · 오인석

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

### Effects of Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Yukwa Added with 'Donganme' Sorghum Bran Powder and Extracts

Jee Yeon Ko, Koan Sik Woo, Jung In Kim, Seuk Bo Song, Jae Saeng Lee, Mi Seon Jeong, Tae Wook Jung, Young Ho Yun, and In Seok Oh

Department of Functional Crop, NICS, RDA

**ABSTRACT** This study investigated the quality characteristics and antioxidant activities of Yukwa added with 'Donganme' sorghum bran powder and its extracts. 'Donganme' variety has the highest antioxidant activity among sorghum varieties in Korea. The added contents of sorghum bran to Yukwa were 1% and 5% bran powder of 'Donganme' (BPD 1% and 5%) as well as 0.1%, 0.5%, and 1% bran powder extracts of 'Donganme' (BED 0.1%, 0.5%, and 1%). The contents of protein, ash, and minerals of BPD 1% and 5% added Yukwa were higher compared to non-added and BED 0.1%, 0.5%, and 1% added Yukwa. The contents of flavonoids of BPD 1% and 5% as well as BED 0.1%, 0.5%, and 1% added Yukwa increased by 1.6~17.1 fold, and DPPH and ABTS radical scavenging activities increased by 1.8~7.4 fold and 2.3~13.6 fold, respectively, compared to non-added Yukwa. Yukwa added with BED 1% showed the highest antioxidant activity among the treatments, followed by BPD 5%, BED 0.5%, BPD 1%, and BED 0.1% added Yukwa. The expansion ratios of BPD 5% and BED 1% added Yukwa remarkably decreased compared to those of non-added and other treatments. The sensory evaluation values corroborated the results of the Yukwa expansion ratio. The acid values of Yukwa under high temperature storage (60±1°C) increased rapidly after 20 days in all treatments, and those of BPD 5% and 1% added Yukwa increased slowly compared to non-added Yukwa. ABTS radical scavenging activities of Yukwa showed little change during storage in all treatments. As a results, addition of sorghum bran below BPD 1% and BED 0.5% was suitable for antioxidant activity, quality characteristics and sensory evaluation.

**Key words:** sorghum bran, variety, Donganme, antioxidant activity, acid value

## 서 론

수수(sorghum, *Sorghum bicolor* L. Moench)는 외떡잎 식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 밀, 옥수수, 쌀, 보리에 이어 세계에서 5번째로 중요한 식량작물로서 전 세계적으로 57백만 톤, 38백만 ha에서 재배되고 있다(1). 수수의 특징적인 기능성은 phenolic compound가 풍부하다는 것으로 곡물 중 함량이 가장 높을 뿐만 아니라 품종에 따라서는 수수의 약 6%에 이르기까지 한다(2-5). 수수 phenolic compound의 중요한 형태는 phenolic acids, flavonoids, 축합형 탄닌을 포함한 polymeric flavans로 나눌 수 있는데, 이러한 phenolic compound는 항산화활성이 높을 뿐만 아니라 식물체 내 대사 작용에서 중요한 역할을 하고 병충해 같은 생물적 스트레스 및 건조해, 자외선 등의 비생물적 스트

레스로부터 스스로를 보호하는 저항성 기작과 연관되어 있다(6,7).

수수의 항산화활성 성분은 종자 내 부위에 따라 함량의 변이가 크게 나타나는데, 붉은 수수종실의 껍질에 해당되는 겨 부분은 통곡에 비하여 폴리페놀이 3배, tannin이 7배 정도 함량이 많다고 한다(8-10). 우리나라에서도 붉은 수수의 도정 부위별로 항산화활성을 연구한 결과에 의하면(11), 겨 부분의 ABTS radical 소거능은 수수 통곡의 6.5배에 해당하는 것으로 조사되었다. 이러한 붉은 수수겨에는 polyphenol의 한 종류인 anthocyanins이 풍부하고, 수수에 존재하는 anthocyanins은 과일이나 야채에 있는 것보다 pH와 열에 더 안정적이며 함량도 높아 충분한 건강기능성을 기대할 수 있을 것으로 보고되고 있다(12).

또한 수수에 있는 phenolic compound는 품종에 따라 함량의 정도가 상이하여 나타나는 건강기능성도 다양한 것으로 보고되고 있다. Sa 등(13)은 국내산 토종수수 22품종을 대상으로 전자공여능, 환원력, 항균활성 및  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 비교해 본 결과 품종 간 생리활성의 차이가 컸으

Received 7 April 2014; Accepted 18 June 2014

Corresponding author: Koan Sik Woo, Department of Functional Crop, NICS, RDA, Miryang, Gyeongnam 627-803, Korea  
E-mail: wooks@korea.kr, Phone: +82-55-320-1269

며 메수수, 붉은장목수수 추출물에서 BHT, BHA와 같은 합성 항산화제보다도 전자공여능이 컸고, 항산화활성은 메수수에서 가장 높았다고 보고하였다. Kil 등(14)도 25종의 수수를 메탄올에 추출하여 순차적 용매분획한 후 항산화 및 항균활성을 검정한 결과 수수종류에 따라 활성이 매우 다양하게 나타났다고 보고하여 품종 간 기능성의 차이를 보고한 바 있다.

수수 ‘동안메’는 2009년 국립농업유전자원센터에서 분양 받은 유전자원을 농촌진흥청에서 분리육종법으로 육성하여 2013년 신품종 보호 출원한 수수품종이다. 수수 중에서도 항산화활성이 높은 것을 특징으로 하여 대조품종인 ‘황금찰수수’에 비하여 30% 이상의 ABTS radical 소거능을 나타내고 국립식량과학원에서 보유하고 있는 다양한 수수 유전자원들 평균의 2배에 이르는 높은 항산화활성을 나타내는 특징을 지닌 수수이다(15).

유과는 우리나라의 전통적인 과자의 하나로 찹쌀을 주원료로 탄수화물과 지질을 함유한 고칼로리 식품으로 높은 온도의 기름에서 제조되는 다공성 팽화식품으로 수침시간이 길며 미생물의 작용으로 발효식품의 성격을 가지고 있다(16). 유과는 제조과정 중 기름을 이용하여 팽화과정을 거치는데 이로 인하여 저장 및 유통기간 중 기름의 산패가 발생하여 악취 등 여러 가지 부작용이 발생하므로 유과의 제조 시 산패기간을 지연시키기 위한 여러 가지 연구가 활발히 진행되고 있다. 모래, 공기, 자갈, 소금 등 기름을 이용하지 않는 새로운 팽화방법 및 장미추출물, 유색미, 썩 등 항산화활성이 높은 부재료 첨가에 의한 산패의 연장 및 기능성의 증진에 관한 연구도 수행되고 있다(17-19).

따라서 수수가 가지고 있는 항산화활성 및 건강기능성을 식품 산업적 측면에서 더욱 효과적으로 이용하기 위하여 수수 중 항산화활성이 높은 ‘동안메’에서 활성이 가장 높은 부위인 수수겨를 유과에 첨가하고 유과의 화학적 특성 변화를 살펴봄으로써 ‘동안메’ 수수겨 첨가에 의한 유과의 기능성 증진 및 산패 억제 효과를 검토하고자 본 시험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

시험에 사용된 수수겨는 농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부(밀양, 한국)에서 2012년 재배된 수수 ‘동안메’를 20% 도정하여 얻었다. ‘동안메’ 수수겨는 수수겨 분말 자체와 수수겨 분말을 주정 100%로 추출한 뒤 동결건조를 통해 농축시킨 추출물의 형태로 찹쌀 유과반대기에 첨가하여 사용하였다. 처리내용은 1) 수수겨 분말 1%, 2) 수수겨 분말 5%, 3) 수수겨 추출물 0.1%, 4) 수수겨 추출물 0.5%, 5) 수수겨 추출물 1%, 6) 대조(찰쌀 100%)의 6처리로 유과를 제조하였다. 대조 및 각 처리에 사용된 찹쌀은 2012년 생산된 ‘백옥찰’을 이용하였다.

### 유과 제조방법

수수겨가 첨가된 유과를 제조하기 위하여 ‘백옥찰’ 찹쌀 일정량을 그릇의 가장자리에 골마지라 불리는 하얀 거품이 끼이도록 약 5일간 맑은 물에 불렀다가 깨끗이 씻은 후 탈수(4시간)하여 분쇄·건조하였다. 분쇄된 찹쌀가루에 처리별 첨가물과 정종 7.5%, 불려서 간 생콩물 20%로 반죽한 후 찹통에 젖은 보를 깔고 충분히 익혔다. 완전히 익은 찹쌀은 쪄낸 반죽이 실처럼 올라올 수 있을 때까지 충분히 치고 넓은 도마에 녹말가루를 뿌리고 약 0.5 cm 두께로 얇게 민 후 조금 마르면 1×4 cm 크기의 반대기로 잘라서 식품건조기에서 수분함량이 15% 정도 될 때까지 24시간 건조시켰다. 수수겨 분말 및 수수겨 추출물이 첨가된 건조된 유과반대기는 낮은 온도(100~120°C)에서 1차 튀긴 후 높은 온도(150°C)에서 2차 튀김의 과정을 거쳐 제조되었다. 자세한 제조과정은 Fig. 1에 나타내었다.

### 일반성분 분석

시험재료 및 처리별 유과의 일반성분은 단백질, 회분 및 무기성분을 조사하였다. 회분함량은 550°C에서 24시간 회화하여 측정하였다. 조단백은 처리별로 튀겨진 유과 시료를 동결건조(FDT-8612, Operon, Kimpo, Korea) 하고 분쇄(Vibrating sample mill, CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)하여 분석용 시료로 사용하였다. 일정량의 시료를 취하여 습식분해한 후 100 mL로 정용하여 분석용 시료로 사용하였다. 조단백질 함량은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeltac Analyzer Unit, FOSS Tecator, Laurel, MD, USA)를 이용하여 정량하였다. 무기성분의 함량은 550°C에서 회화한 후 0.5 N 질산을 가하여 가운해서 녹이고 GF/C 여과지로 여과한 다음 정용하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 분석하였다. 조지방 함량은 자동 조지방측정기(Soxxhlet system, Raypa Co., Oxnard, CA, USA)를 사용하여 측정하였다.

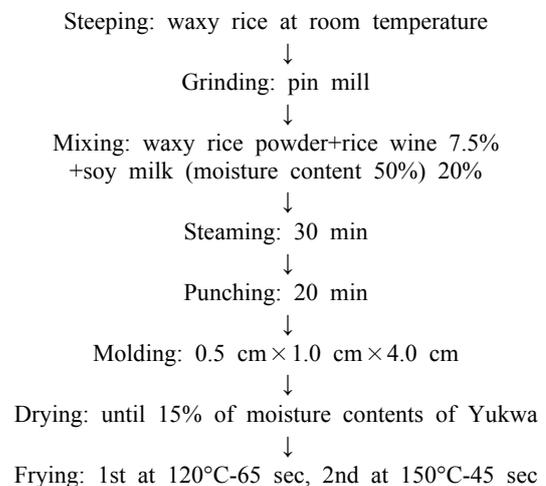


Fig. 1. Manufacturing process of Yukwa.

**조리 및 품질특성**

대조구 및 수수겨 첨가 유과의 조리특성으로 유과의 팽화와 색도를 측정하였다. 팽화율은 Lee 등(18)의 방법에 준하여 팽화 전후의 부피를 종자치환법으로 측정하여 아래의 계산식에 의하여 나타내었다.

$$\text{팽화율}(\%) = \frac{[\text{팽화 후 부피}(\text{mL}) - \text{팽화 전 부피}(\text{mL})]}{\text{건물중량}(\text{g})} \times 100$$

색도는 처리별로 튀기기 전 반대기와 튀긴 후 반대기의 색도를 색차계(Color difference meter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 조사하였으며, 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도를 나타내는 a값(redness), 황색도를 나타내는 b값(yellowness)의 변화된 값을 비교하였다. 이때 사용된 표준 백판의 L값은 98.89, a값은 -0.11, b값은 -0.33이었다.

**항산화성분 및 항산화활성**

시험재료 및 처리별 수수겨 첨가 유과의 항산화성분 및 항산화활성은 조리 전과 조리 후로 나누어 시행함으로써 조리 후 따른 기능성 성분 및 활성 변화를 같이 살펴보았다. 분석방법은 동결건조 된 처리별 유과 5 g을 취하여 80% 에탄올로 추출하여 분석용 시료로 사용하였다. 처리별 수수 첨가 유과의 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 Dewanto 등(20)과 Duval과 Shetty(21)의 방법에 따라 분석하였으며, 표준물질로는 (+)-catechin(Sigma-Aldrich, Tokyo, Japan)을 사용하여 검량선을 작성하였고, mg catechin equivalent(CE)/g(dry basis)으로 나타내었다.

수수 첨가 유과의 에탄올 추출물에 대한 항산화활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 Choi 등(22)의 방법을 변형하여 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical의 소거활성은 표준물질로 Trolox를 이용하였고 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/g(dry basis)으로 표현하였다.

또한 수수겨 첨가 처리가 저장 중 유과의 항산화활성에

미치는 영향을 빠른 시간 내 살펴보기 위하여 튀겨진 유과반대기를 60±1°C의 고온에 보관하면서 5일 간격으로 35일간 산가와 ABTS radical의 소거활성 변화를 분석하였다. 산가는 지질 1 g을 중화하는데 필요한 수산화칼륨의 mg 수를 나타내는 것으로 유과로부터 추출된 유지시료 약 2 g을 마개 달린 삼각플라스크에 넣고 중성의 에탄올·에테르혼액(1:2) 100 mL를 넣어 녹인 후 이를 페놀프탈레인시액을 지시약으로 하여 엷은 홍색이 30초간 지속할 때까지 0.1 N 에탄올성수산화칼륨용액으로 적정하였다.

**유과 관능검사**

수수겨가 첨가된 유과의 관능검사는 각 처리별 유과반대기를 1, 2차로 튀긴 후 30분간 방랭 후 접시에 담아 관능검사요원에게 배포하여 실시하였다. 관능검사에 참여한 패널은 남 10명, 여 13명으로 총 23명이며, 나이는 20대 초반에서 50대에 이르기까지 다양하였다. 유과 배포 시 대조구인 찹쌀 유과를 가운데 두고 각 처리별 유과를 임의로 배치하여 대조구와 비교하면서 관능을 측정할 수 있도록 하였다. 관능검사에 사용된 특성은 외관, 향, 맛, 조직감, 전체적 기호도를 평가하였고, 채점기준은 3(매우 좋음)에서 -3(매우 나쁨)까지의 7단계를 100% 찹쌀 유과를 대조구(0)로 평가하였다. 관능검사 후 결과 통계처리는 SAS를 이용하여 P<0.05 수준에서 Duncan의 다중검정으로 유의성을 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**동안메 수수겨 가루의 일반성분 및 항산화활성**

Table 1은 유과제조에 이용된 재료인 ‘백옥찰’ 찹쌀과 ‘동안메’ 수수겨의 일반성분 및 항산화활성을 나타낸 것이다. ‘동안메’ 수수겨는 찹쌀에 비하여 모든 성분에서 높은 함량을 나타내었으며, 특히 K, Ca, Mg 등의 무기성분과 polyphenol, flavonoid의 항산화성분 그리고 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능에서 매우 높은 수준을 나타내었다.

**수수겨 가루 및 추출물이 첨가된 유과의 일반성분**

수수겨 분말 및 수수겨 추출물이 첨가된 유과의 일반성분

**Table 1.** Chemical properties, antioxidants and radical activity of added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and waxy rice

Variety	Fat (%)	Protein (%)	Crude ash (%)	Mineral compositions (mg/100 g)			Poly-phenol <sup>1)</sup>	Flavonoid <sup>2)</sup>	Radical scavenging activity <sup>3)</sup>	
				K	Ca	Mg			DPPH	ABTS
Donganme bran	7.96 ±0.323 <sup>4)5)</sup>	10.50 ±0.063 <sup>a</sup>	3.86 ±0.131 <sup>a</sup>	1,026.9 ±1.68 <sup>a</sup>	42.24 ±3.067 <sup>a</sup>	365.20 ±4.436 <sup>a</sup>	180.10 ±5.513 <sup>a</sup>	9.80 ±0.589 <sup>a</sup>	103.50 ±2.917 <sup>a</sup>	173.47 ±0.495 <sup>a</sup>
Waxy rice	5.21 ±0.076 <sup>b</sup>	5.13 ±0.009 <sup>b</sup>	0.43 ±0.080 <sup>b</sup>	26.3 ±1.35 <sup>b</sup>	7.03 ±0.356 <sup>b</sup>	6.38 ±0.473 <sup>b</sup>	0.90 ±0.004 <sup>b</sup>	0.02 ±0.001 <sup>b</sup>	0.03 ±0.006 <sup>b</sup>	0.286 ±0.013 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>mg gallic acid equivalent per gram sample. <sup>2)</sup>mg tannic acid equivalent per gram sample. <sup>3)</sup>mg Trolox equivalent per gram sample. <sup>4)</sup>Each value is mean±SE (n=3). <sup>5)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (P<0.05) different by Duncan's multiple range test.

**Table 2.** Chemical properties of Yukwa added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and extracts

Treatment	Protein (%)	Fat (%)	Crude ash (%)	Minerals compositions (mg/100 g)		
				K	Ca	Mg
BPD 1% <sup>1)</sup>	6.34±0.27 <sup>b2)3)</sup>	20.2±1.03 <sup>b</sup>	0.13±0.03 <sup>b</sup>	61.54±3.788 <sup>b</sup>	20.29±1.074 <sup>a</sup>	17.68±1.748 <sup>b</sup>
BPD 5%	7.23±0.09 <sup>a</sup>	17.8±1.97 <sup>c</sup>	0.26±0.05 <sup>a</sup>	87.62±1.259 <sup>a</sup>	21.16±0.994 <sup>a</sup>	22.65±3.208 <sup>a</sup>
BED 0.1%	6.32±0.311 <sup>b</sup>	20.9±0.89 <sup>b</sup>	0.15±0.03 <sup>b</sup>	51.07±1.442 <sup>c</sup>	19.12±1.896 <sup>a</sup>	13.15±0.867 <sup>c</sup>
BED 0.5%	5.74±0.43 <sup>b</sup>	24.8±2.25 <sup>a</sup>	0.13±0.07 <sup>b</sup>	51.32±2.793 <sup>c</sup>	19.55±2.126 <sup>a</sup>	15.36±1.967 <sup>c</sup>
BED 1%	5.89±0.25 <sup>b</sup>	15.3±0.41 <sup>d</sup>	0.15±0.03 <sup>b</sup>	50.85±1.783 <sup>c</sup>	19.35±1.529 <sup>a</sup>	14.64±1.087 <sup>c</sup>
Control	6.15±0.18 <sup>b</sup>	12.8±0.89 <sup>c</sup>	0.13±0.02 <sup>b</sup>	50.28±2.373 <sup>c</sup>	20.22±1.165 <sup>a</sup>	13.72±0.922 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme.

<sup>2)</sup>Each value is mean±SE (n=3).

<sup>3)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

을 살펴보면(Table 2) 수수겨 분말 1%와 5%가 포함된 유과의 단백질, 회분 및 무기성분 함량이 겨 추출물 첨가 및 대조구에 비하여 증가하는 경향이였다. 특히 겨 분말이 첨가된 유과의 경우 수수겨 분말에서 함량이 높았던 K 함량은 1% 첨가 시 22.3%, 5% 첨가 시 74.2% 증가하였고, Mg 함량은 각각 29.1%, 65.3% 증가하였다. 조지방 함량은 대조구에 비하여 수수겨 분말 및 추출물이 첨가된 경우 19.5~93.8% 증가하였고, 수수겨 추출물이 0.5% 첨가된 유과가 가장 높았다.

#### 수수겨 가루 및 추출물이 첨가된 유과의 품질특성

‘동안메’ 수수겨 분말 및 겨 추출물이 첨가된 유과반대기 및 튀겨진 유과의 색도를 Table 3에 나타내었다. 조리 전 대조구의 명도(L-value), 적색도(a-value), 황색도(b-value) 값은 각각 90.06, 0.02 및 11.02로 나타났으며, 수수겨 분말 및 수수겨 추출물이 첨가된 유과반대기의 L, a, b 값은 각각 69.04~85.74, 2.03~7.98 및 9.34~11.95로 대조구와 유의적인( $P<0.05$ ) 차이를 보였다. 수수겨 분말과 겨 추출물이 증가할수록 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하였다. 튀김 후에는 명도와 적색도가 감소하고 황색도는

증가하는 경향이였으나, 수수겨 5%와 수수겨 추출물 1%가 첨가된 유과의 경우 적색도와 황색도가 크게 증가하였는데 이는 이들 처리의 경우 반대기가 제대로 부풀지 못하여 튀겨진 유과의 밀도가 다른 유과에 비하여 높았기 때문으로 생각된다.

처리별 유과의 팽화율은 Fig. 2에 나타내었다. 수수겨 1%, 수수겨 추출물 0.1%, 0.5%가 첨가된 유과의 팽화도는 대조구와 큰 차이가 없이 12.5~13.4 사이로 나타났으나, 수수겨 5% 첨가 시 팽화율이 현저히 감소되어 5.2에 불과하였으며, 수수겨 추출물 1%가 첨가된 경우에는 2.2로 유과가 거의 부풀지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 수수겨 분말 상태일 때는 1%, 수수겨 추출물 상태로는 0.5% 첨가까지는 유과의 품질특성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 특이한 점은 겨가 분말상태일 때는 1%까지 첨가하여도 유과의 팽화율에 미치는 영향이 적었으나, 추출물 상태로는 1% 첨가 시 유과가 거의 부풀지 않는 것으로 나타났다. 유과의 팽화율에 영향을 미치는 요인으로는 찹쌀의 품종, 수침시간, 증자시간, 교반 정도, 첨가물의 종류 및 양, 유과의 수분함량, 튀김온도 및 방법 등(16) 여러 가지 요인이 있으나 첨가물의 어떠한 성분이 유과의 팽화율에 영향을

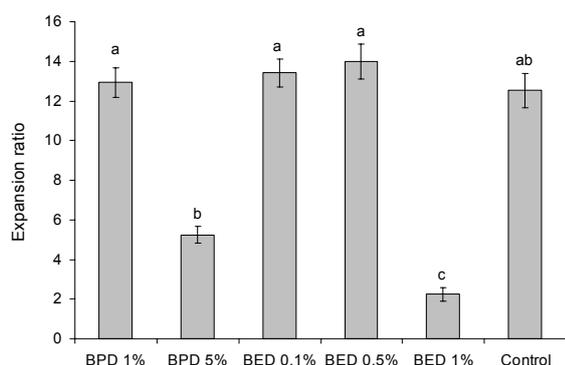
**Table 3.** Changes of hunter's color values of Yukwa added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and extracts

Treatment	L-value (lightness)	a-value (redness)	b-value (yellowness)	
Before frying	BPD 1% <sup>1)</sup>	79.11±0.151 <sup>c2)3)</sup>	4.56±0.077 <sup>c</sup>	10.03±0.192 <sup>c</sup>
	BPD 5%	69.04±0.031 <sup>c</sup>	7.98±0.010 <sup>a</sup>	11.95±0.017 <sup>a</sup>
	BED 0.1%	85.74±0.165 <sup>b</sup>	2.03±0.035 <sup>d</sup>	9.92±0.225 <sup>d</sup>
	BED 0.5%	79.14±0.023 <sup>c</sup>	5.23±0.023 <sup>b</sup>	9.34±0.162 <sup>d</sup>
	BED 1%	73.28±0.020 <sup>d</sup>	7.97±0.033 <sup>a</sup>	11.00±0.043 <sup>b</sup>
	Control	90.06±0.051 <sup>a</sup>	0.02±0.032 <sup>c</sup>	11.02±0.123 <sup>b</sup>
	After frying	BPD 1%	70.90±0.437 <sup>c</sup>	4.35±0.328 <sup>c</sup>
BPD 5%		52.96±0.567 <sup>f</sup>	11.69±0.173 <sup>b</sup>	16.85±0.172 <sup>b</sup>
BED 0.1%		75.51±0.904 <sup>b</sup>	1.15±0.038 <sup>d</sup>	12.42±0.842 <sup>d</sup>
BED 0.5%		68.26±0.468 <sup>d</sup>	4.20±0.096 <sup>c</sup>	10.85±0.536 <sup>f</sup>
BED 1%		58.85±0.878 <sup>e</sup>	12.75±0.023 <sup>a</sup>	25.88±0.159 <sup>a</sup>
Control		79.30±1.203 <sup>a</sup>	-0.92±0.130 <sup>c</sup>	13.16±0.803 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme.

<sup>2)</sup>Each value is mean±SE (n=3).

<sup>3)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.



**Fig. 2.** Expansion ratio of Yukwa added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and extracts. BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme. Any means followed by the same letter above the bars are not significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

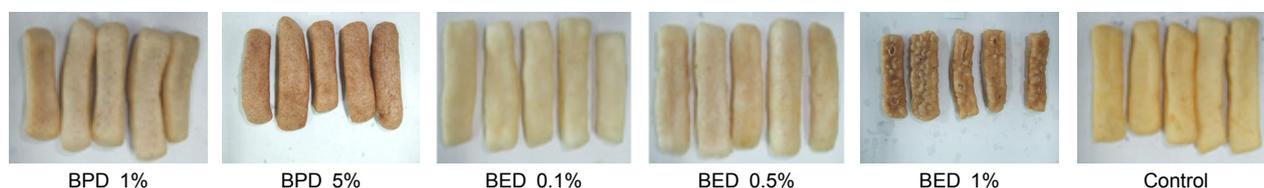
미치는지에 대한 자세한 연구 결과는 아직 없으므로 앞으로 추가적인 연구가 필요한 부분이다. 찹쌀에 유색미를 3%, 5%, 7% 첨가하여 유과의 팽화도를 분석한 Lee 등(18)의 연구 결과에 의하면 유색미 분말을 3~7% 첨가 시에는 팽화율이 대조구와 유의한 차이를 나타내지 않고 10% 첨가 시부터 유의적으로 낮아진다고 하여 겨 분말 5% 첨가 시 팽화율이 낮아진 본 실험의 결과와 달랐으며, 썩 분말을 0.5, 1.0,

1.5, 2.0% 첨가하여 유과의 팽화율을 조사한 Yang 등(19)의 결과에 의하면 썩 분말을 1% 첨가할 때까지는 무첨가와 팽화율에 차이가 없어 본 실험 결과와 같은 결과를 나타내었다. 이는 첨가된 성분들이 섬유소를 비롯한 여러 가지 구성 성분이 서로 달랐기 때문에 팽화율에 차이가 있는 것으로 보이며 상기의 결과를 볼 때 썩 분말과 수수겨는 유과의 팽화에 영향을 미치는 이화학적 성분이 유사할 것으로 추정되었다.

Fig. 3은 수수겨 분말 및 수수겨 추출물이 첨가되어 제조된 유과의 모습으로 처리에 따라 색깔 및 부푸는 정도가 다르게 나타나는 것을 알 수 있으며, 동안메 겨 추출물 1%가 첨가된 경우는 유과가 제대로 부풀지 않아 유과로서의 성상을 갖추지 못하였다.

### 수수겨 가루 및 추출물이 첨가된 유과의 항산화활성

Table 4는 '동안메' 수수겨 분말 및 수수겨 추출물이 첨가된 유과반대기 및 튀겨진 유과의 항산화성분 및 항산화활성을 나타낸 것이다. 반대기 상태에서 찹쌀 100%인 대조구의 polyphenol 함량은 7.83 mg TAE/100 g, 동안메 겨 수수겨 1, 5% 및 수수겨 추출물 0.1, 0.5, 1%가 첨가된 반대기의 경우 polyphenol 9.04~18.36 mg GA/100 g 범위로 수수겨 첨가에 따라 1.4~2.3배 증가하였다. 비타민 P(투과성 비타민) 또는 비타민 C<sub>2</sub>(비타민 C의 상승제)라고도 불리는



**Fig. 3.** Appearance of Yukwa added with sorghum bran powder and extracts. BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme.

**Table 4.** Polyphenol, Flavonoid, ABTS, and DPPH radical activity of Yukwa added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and extracts

Treatment	Polyphenol	Flavonoid	ABTS	DPPH	
	(mg std. equivalents/100 g, sample)		(mg Trolox eq./100 g, sample)		
Before frying	BPD 1% <sup>1)</sup>	9.67±0.065 <sup>d2)3)</sup>	2.54±0.395 <sup>d</sup>	45.43±1.226 <sup>d</sup>	19.50±4.397 <sup>d</sup>
	BPD 5%	14.17±0.056 <sup>b</sup>	17.64±0.331 <sup>b</sup>	86.42±0.916 <sup>b</sup>	58.81±3.329 <sup>b</sup>
	BED 0.1%	9.04±0.038 <sup>d</sup>	3.23±0.808 <sup>d</sup>	41.46±1.672 <sup>c</sup>	21.75±4.567 <sup>d</sup>
	BED 0.5%	11.00±0.065 <sup>c</sup>	12.83±0.725 <sup>c</sup>	71.02±0.947 <sup>c</sup>	43.18±3.571 <sup>c</sup>
	BED 1%	18.36±0.047 <sup>a</sup>	26.52±0.878 <sup>a</sup>	167.65±0.769 <sup>a</sup>	115.70±5.342 <sup>a</sup>
	Control	7.83±0.157 <sup>e</sup>	1.55±0.319 <sup>e</sup>	22.57±1.609 <sup>f</sup>	8.52±1.733 <sup>e</sup>
After frying	BPD 1%	9.60±0.558 <sup>d</sup>	3.96±0.100 <sup>d</sup>	45.77±0.699 <sup>e</sup>	29.88±0.177 <sup>d</sup>
	BPD 5%	11.89±0.007 <sup>b</sup>	14.75±0.389 <sup>b</sup>	83.43±1.032 <sup>b</sup>	54.78±1.014 <sup>b</sup>
	BED 0.1%	9.58±0.119 <sup>d</sup>	4.10±0.172 <sup>d</sup>	54.68±1.848 <sup>d</sup>	42.02±3.510 <sup>c</sup>
	BED 0.5%	10.07±0.146 <sup>c</sup>	7.35±0.015 <sup>c</sup>	61.51±1.017 <sup>c</sup>	47.60±2.396 <sup>c</sup>
	BED 1%	17.07±0.212 <sup>a</sup>	19.44±0.127 <sup>a</sup>	145.34±1.471 <sup>a</sup>	93.91±4.109 <sup>a</sup>
	Control	9.60±0.558 <sup>e</sup>	3.87±0.669 <sup>e</sup>	45.77±0.987 <sup>e</sup>	21.87±3.200 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme.

<sup>2)</sup>Each value is mean±SE (n=3).

<sup>3)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

flavonoid는 주로 anthocyanins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며, 구조에 따라 특정 flavonoid는 항균, 항암, 항바이러스, 항알레르기 및 항염증활성을 지니고 독성은 거의 나타나지 않는 것으로 보고되고 있다(23). 이러한 flavonoid 함량은 대조구 1.55 mg TAE/100 g, 동안메 겨 수수겨 1, 5% 및 수수겨 추출물 0.1, 0.5, 1%가 첨가 시 2.54~26.52 mg CA/100 g의 범위로서 1.6~17.1배까지 크게 증가하였다. Ko 등(24)에 의하면 '동안메' 통곡을 5% 첨가한 수수국수의 경우 flavonoid 함량이 2.1배 증가하였음에 비하여 '동안메' 겨 5% 첨가 시 11.4배 증가하여 통곡에 비하여 거의 첨가로 flavonoid 함량이 현저히 증가하였으며, 수수겨 1% 및 겨 추출물 0.5%의 첨가로도 통곡 5% 첨가 시와 유사한 수준으로 flavonoid 함량이 증가함을 알 수 있었다.

ABTS와 DPPH 라디칼 소거능은 대조구가 22.57, 8.52 mg TE/100 g이었고, 첨가구의 ABTS 라디칼 소거능은 41.46~167.65, DPPH 라디칼 소거능은 19.50~115.70으로 각각 1.8~7.4배, 2.3~13.6배 증가하였다. 가장 높은 항산화성분 및 활성을 나타낸 것은 동안메 수수겨 추출물 1%가 첨가된 유과반대기였으며, 다음으로 동안메 수수겨 5%, 동안메 수수겨 추출물 0.5%, 동안메 수수겨 1%, 동안메 수수겨 추출물 0.1%의 순이었다. 반대기를 튀긴 후에는 튀기기 전에 비하여 항산화활성이 약간 늘어나거나 비슷하였으며 처리별로도 같은 경향이었으나 유과 기름 함유량의 차이 등으로 처리 간 약간의 변화는 있었다.

이와 같이 수수겨 분말 첨가 농도에 따라 유과의 항산화성분 및 항산화활성이 증가함으로써 '동안메' 수수겨 첨가로 인한 항산화활성 증진 효과를 확인할 수 있다. 수수의 항산화활성 및 건강기능성에 관한 연구는 다양하게 이루어져 있으며(25-28), 특히 본 논문에서 이용된 수수 동안메는 항산화활성이 높은 것을 특징으로 개발된 붉은 메수수 품종으로(15) 다른 수수 품종보다 기능성 증진에 더 효과적인 첨가물이라고 할 수 있다. 또한 튀긴 후에도 항산화성분 및 활성의 차이가 처리농도별로 뚜렷이 나타나므로 조리 후에도 이러한 기능성을 기대할 수 있다. Sung 등(29)은 수수와 마찬가지로 phenolic compound에 의한 항산화활성이 높은 녹차 분말을 1% 첨가하여 제조된 유과를 섭취한 마우스로 시험

한 결과 무첨가 유과를 섭취한 마우스보다 녹차 분말이 첨가된 유과를 섭취한 마우스에서 혈중 지질 및 체중이 유의적으로 감소함을 보고한 바 있다.

#### 수수겨 가루 및 추출물이 첨가된 유과의 관능검사

수수겨가 첨가되지 않은 참쌀유과를 대조구로 0점, 매우 좋음에서 매우 나쁨을 3점에서 -3점으로 나누어 외관, 색, 조직감, 맛, 전체적 기호도 등을 평가한 결과는 Table 5와 같다. 외관과 색감은 '동안메' 수수겨 추출물을 0.5% 첨가한 유과에서 가장 양호하였고, 맛과 조직감은 '동안메' 수수겨 추출물 0.1%와 0.5%를 첨가한 유과에서 비슷하게 나타나는 경향이였다. 팽화도가 낮았던 수수겨 5%와 수수겨 추출물 1% 첨가 처리는 다른 처리와는 현저한 차이를 보이며 모든 항목에서 매우 낮은 값을 나타내어 유과의 팽화도가 관능평가에 직접적으로 영향을 미친 것으로 생각되었다. 전체적인 기호도는 수수겨 추출물 0.1%, 0.5%, 수수겨 1% 첨가 유과에서 모두 대조구보다 높았고 외관, 조직감 등에서 모두 높았던 수수겨 추출물 0.5%를 첨가한 처리에서 0.57로 가장 높게 나타나 수수겨 추출물 0.1~0.5% 첨가로는 기호성에 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

#### 수수겨 가루 및 추출물이 첨가된 유과의 고온저장 중 산가 및 항산화활성 변화

수수겨 분말 및 추출물이 첨가된 유과의 산가를 60±1°C에서 저장하면서 비교한 결과는 Fig. 4에 있다. 저장 15일까지는 수수겨 첨가 처리에 의한 산가의 차이가 뚜렷하지 않았고 모든 처리에서 산가가 서서히 증가하였으나 저장 20일부터 산가가 급격히 증가하였으며, 특히 수수겨가 첨가되지 않은 유과의 산가가 높게 나타나고 수수겨 분말 첨가의 경우 산가의 증가 변화가 완만히 일어났으며 수수겨 분말 5% 첨가 유과에서 산가가 가장 낮게 나타났다. 식품위생규격 및 한과류 제조가공기술 지침서(30)에 따르면 유과의 산가가 2를 넘지 않아야 한다고 명시되어 있는데 저장 20일에 이르러 수수겨 분말 5%를 첨가한 유과를 제외하고는 모든 처리에서 산가가 2를 넘었고 수수겨가 5% 첨가된 유과는 30일까지 큰 변화가 없었다.

Jo 등(31)은 25°C, 45°C, 65°C에서 유과를 보관하며 산

**Table 5.** Sensory evaluation of Yukwa added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and extracts

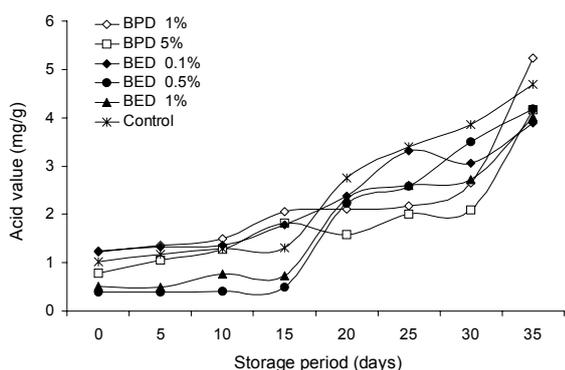
Variety	Appearance	Color	Taste	Texture	Overall eating quality
BPD 1% <sup>1)</sup>	0.30±0.159 <sup>b2)3)</sup>	-0.09±0.153 <sup>d</sup>	-0.13±0.170 <sup>b</sup>	-0.26±0.180 <sup>b</sup>	0.04±0.172 <sup>b</sup>
BPD 5%	-2.43±0.123 <sup>c</sup>	0.13±0.303 <sup>c</sup>	-2.13±0.130 <sup>c</sup>	-1.91±0.124 <sup>c</sup>	-1.78±0.140 <sup>c</sup>
BED 0.1%	0.48±0.139 <sup>ab</sup>	0.43±0.123 <sup>b</sup>	0.26±0.113 <sup>a</sup>	0.30±0.098 <sup>a</sup>	0.39±0.122 <sup>a</sup>
BED 0.5%	0.78±0.166 <sup>a</sup>	0.87±0.130 <sup>a</sup>	0.22±0.088 <sup>a</sup>	0.17±0.081 <sup>a</sup>	0.57±0.123 <sup>a</sup>
BED 1%	-2.91±0.060 <sup>d</sup>	-2.74±0.094 <sup>e</sup>	-2.87±0.072 <sup>d</sup>	-2.91±0.060 <sup>d</sup>	-2.91±0.060 <sup>d</sup>

Sensory evaluation value of control: 0.

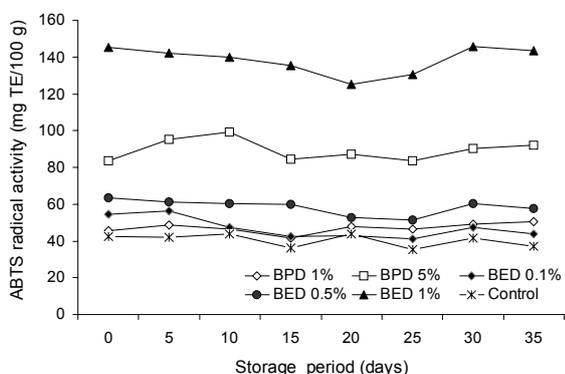
<sup>1)</sup>BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme.

<sup>2)</sup>Each value is mean±SE (n=23).

<sup>3)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.



**Fig. 4.** Change of acid values of Yukwa added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and extracts during storage period (storage temperature: 60±1°C). BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme.



**Fig. 5.** Change of ABTS radical activities of Yukwa added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Donganme) bran powder and extracts during storage period (storage temperature: 60±1°C). BPD: bran powder of Donganme, BED: bran extracts of Donganme.

가를 조사한 결과 25°C에서 보관한 경우는 산가의 변화가 거의 없었으나 45°C와 65°C에서 보관한 것은 0.21(1주일)~13.43(63일), 0.07(1일)~19.68(24일)로 변화하였다고 하였다. Lee 등(18)은 유과의 저장성을 늘리기 위하여 유색미를 5%와 10% 첨가한 유과를 50°C에서 저장하면서 산가 변화를 살펴본 결과 본 실험과 마찬가지로 3주 이후 급격히 증가하였으나 유색미 첨가에 따른 산가의 차이는 없었다고 보고하였으며, Lee(17)는 장미추출물을 0.02% 첨가한 유과를 60±1°C에 저장하면서 산가 변화를 측정한 결과 장미추출물을 첨가한 유과에서 산가의 진행속도가 완만히 나타나 추출물이 지방산패에 영향을 미친 것으로 보고하였다. 이와 같은 결과를 보면 저장 중 산가 변화는 첨가물의 종류 및 항산화활성에 따라 서로 영향을 미치는 양상이 다르게 나타나고 수수겨 추출물 및 분말 첨가의 경우 15일 이후 유과의 산가 진행속도에 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

Fig. 5는 60±1°C에서 저장기간 중 수수겨 분말 및 수수겨 추출물이 첨가된 유과의 ABTS 라디칼 소거활성 변화를 나타낸 그래프이다. 산가와와는 달리 저장기간의 경과에 따른

항산화활성의 변화는 크게 나타나지 않았으며 처리별로는 초기의 항산화활성 차이가 35일까지 계속 유지되는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 보아 수수겨에서 항산화활성을 나타내는 폴리페놀 등 항산화성분인 열과 산소에 상당히 안정적으로 활성을 나타내기 때문으로 생각되었다.

Fig. 4와 Fig. 5의 결과를 보면 수수겨가 첨가된 유과는 저장기간 중 산가의 변화가 대조구에 비하여 적고 항산화활성은 저장기간 중에도 높게 유지되는 것으로 나타나 수수겨의 첨가가 유과의 유통기한 연장에 도움을 줄 수 있는 것으로 생각되었으며 처리별로는 수수겨 가루 5%와 1% 첨가 시 연장 효과가 우수하였다.

## 요 약

수수의 건강기능성을 산업적 측면에서 더욱 효과적으로 이용하기 위하여 수수 품종 중 항산화활성이 높은 ‘동안메’에서 활성이 가장 높은 부위인 수수겨가 첨가된 유과의 이화학적 특성 변화를 평가하여 ‘동안메’ 수수겨 첨가에 의한 기능성 증진 및 산패 억제 효과를 검토하고자 본 시험을 수행하였다. ‘동안메’ 수수겨 분말을 주정 100%로 추출한 뒤 동결 건조를 통해 농축시킨 추출물과 수수겨 분말 자체를 찹쌀 유과반대기에 첨가하였는데, 처리 수준은 수수겨 분말 1%, 5%로, 수수겨 추출물 0.1%, 0.5%, 1% 및 대조(찹쌀 100%)로 하였다. 유과의 단백질, 회분 및 무기성분 함량은 ‘동안메’ 겨 추출물 및 대조구에 비하여 겨 분말의 첨가 시 증가하는 경향이었으며, 항산화성분인 유과 중 flavonoid 함량은 대조구에 비하여 ‘동안메’ 겨 수수겨 1, 5% 및 수수겨 추출물 0.1, 0.5, 1% 첨가 시 1.6~17.1배, ABTS와 DPPH 라디칼 소거능은 각각 1.8~7.4배, 2.3~13.6배 증가하였다. 가장 높은 항산화성분 및 활성을 나타낸 것은 ‘동안메’ 수수겨 추출물 1%가 첨가 시이며, 다음으로 겨 분말 5%, 겨 추출물 0.5%, 겨 분말 1%, 겨 추출물 0.1%의 순이었다. 색도와 팽화도로 유과의 품질 변화를 살펴본 결과 수수겨가 첨가된 유과반대기 및 튀겨진 유과의 색도는 첨가물 함량이 증가할수록 명도는 감소하고 적색도 및 황색도는 증가하였으며, 팽화도는 수수겨 분말 1%, 수수겨 추출물 0.1%, 0.5%가 첨가된 경우 대조구와 크게 차이가 없었으나 수수겨 분말 5%, 수수겨 추출물 1% 첨가 시 현저히 감소되었다. 관능평가에서 전체적인 기호도는 팽화도와 마찬가지로 수수겨 5%, 수수겨 추출물 1% 첨가 시 현저히 감소하였으며 수수겨 추출물 0.5%를 첨가한 처리에서 가장 높게 나타나, 수수겨 분말 1%, 수수겨 추출물 0.1~0.5% 첨가로는 기호성에 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 수수겨 가루 및 추출물이 첨가된 유과의 고온저장 중 산가 및 항산화활성 변화를 살펴본 결과 저장 20일부터 산가가 급격히 증가하였으며 대조구의 산가가 높게 나타나고 수수겨 분말 첨가 시 증가가 완만히 일어나는 경향이였다. ABTS 라디칼 소거능은 산가와와는 달리 저장기간의 경과에 따라 변화가 크

게 나타나지 않았으며, 처리별로는 초기의 항산화활성 차이가 35일까지 계속 유지되는 것으로 나타났다. 결론적으로 항산화성, 산가 변화 및 유과의 품질특성 등을 고려할 때 '동안메' 수수겨는 분말로서 1%, 추출물로서 0.5% 미만으로 유과에 첨가하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ008691)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

1. Food and Agricultural Organization (FAO). 2011. FAOSTAT agricultural database 2012. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
2. Deshpande SS, Cheryan M, Salunkhe DK. 1986. Tannin analysis of food products. *Crit Rev Food Sci Nutr* 24: 401-449.
3. Beta T, Rooney LW, Marovatsanga LT, Tayler JRN. 1999. Phenolic compounds and kernel characteristics of *Zimbabwean sorghums*. *J Sci Food Agric* 79: 1003-1010.
4. Awika JM, Rooney LW. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential aspects on human health. *Phytochemistry* 65: 1199-1221.
5. Dicko MH, Guppen H, Traore AS, Voragen AGJ, van Berkel WJH. 2006. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnol Mol Biol Rev* 1: 21-38.
6. Brown DE, Rashotte AM, Murphy AS, Normanly J, Tague BW, Peer WA, Taiz L, Muday GK. 2001. Flavonoids act as negative regulators of auxin transport in vivo in *Arabidopsis*. *Plant Physiol* 126: 524-535.
7. Parr AJ, Bolwell GP. 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of diet by modifying the phenols content or profile. *J Sci Food Agric* 80: 985-1012.
8. Hahn DH, Rooney LW. 1986. Effect of genotype on tannins and phenols of sorghum. *Cereal Chem* 63: 4-8.
9. Hahn DH, Rooney LW, Earp CF. 1984. Tannins and phenols of sorghum. *Cereal Foods World* 29: 776-779.
10. Beta T, Rooney LW, Marovatsanga LT, Tayler JRN. 2000. Effects of chemical treatments on polyphenols and malt quality in sorghum. *J Cereal Sci* 31: 295-302.
11. Woo KS, Seo MC, Kang JR, Ko JY, Song SB, Lee JS, Oh BG, Park GD, Lee YH, Nam MH, Jeong HS. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1695-1699.
12. Devi PS, Saravanakumar M, Mohandas S. 2011. Identification of 3-deoxyanthocyanins from red sorghum (*Sorghum bicolor*) bran and its biological properties. *Afr J Pure Appl Chem* 5: 181-193.
13. Sa YJ, Kim J, 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.
14. Kil HY, Seong ES, Ghimire BK, Chung IM, Kwon SS, Goh EJ, Heo K, Kim MJ, Lim JD, Lee D, Yu CY. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. *Food Chem* 115: 1234-1239.
15. National Institute of Crop Science, Rural Development Administration. 2013. *New variety and cultivation techniques of cereal crops*. Miraecom, Suwon, Korea. p 123.
16. Lee SA, Kim C, Kim HI. 2000. Studies on the drying method of *Gangjung* pellets. *Korean J Soc Food Sci* 16: 47-56.
17. Lee JM. 2003. Antioxidant capability of a rose extract and its for making yukwa. *MS Thesis*. Ewha Womans University, Seoul, Korea.
18. Lee YS, Jung HO, Lee JO. 2002. Quality characteristics of *Yukwa* prepared with pigmented rice. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 529-533.
19. Yang S, Kim MY, Chun SS. 2008. Quality characteristics of *Yukwa* prepared with mugwort powder using different puffing process. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 340-348.
20. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
21. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377.
22. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
23. Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48: 115-119.
24. Ko JY, Woo KS, Kim JI, Song SB, Lee JS, Kim HY, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS. 2013. Effects of quality characteristics and antioxidant activities of dry noodles with added sorghum flour by characteristics of endosperm. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1227-1235.
25. Shi H, Noguchi N, Niki E. 2001. Galvinoxyl method for standardizing electron and proton donation activity. *Methods Enzymol (Flavonoids and Other Polyphenols)* 335: 157-166.
26. Grimmer HR, Parbhoo V, McGrath RM. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fraction from *Sorghum bicolor* grain. *J Sci Food Agric* 59: 251-256.
27. Ha TY, Cho IJ, Lee SH. 1998. Screening of HMG-CoA reductase inhibitory activity of ethanol and methanol extracts from cereal and legumes. *Korean J Food Sci Technol* 30: 224-229.
28. Wang J, Roe B, Macmil S, Yu Q, Murray JE, Tang H, Chen C, Najjar F, Wiley G, Bowers J, Van Sluys MA, Rokhsar DS, Hudson ME, Moose SP, Paterson AH, Ming R. 2010. Microcollinearity between autopolyploid sugarcane and diploid sorghum genomes. *BMC Genomics* 11: 261-278.
29. Sung NY, Kweon SY, Park JN, Choi JI, Song BS, Kim JK, Kim JW, Kim JH. 2011. Effect of *Yukwa* containing green tea powder on lipid composition and body weight change in mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 177-182.
30. Korea Food Research Institute. 1994. *Guideline of manufacturing and processing technique on the Korean traditional cookies*. Korea Food Research Institute, Seongnam, Korea. p 63.
31. Jo HB, Lee KK, Jeong HJ, Kim AK, Park KA, Yoon YT, Son YJ, Kim DI. 1998. Change of physicochemical properties of yukwa with storage condition. *Rep Seoul Res Inst Public Heal Environ* 34: 81-89.