

## 조 배유 특성별 분말 즉석 죽의 품질 특성 및 항산화 활성

†고지연 · 송석보 · 최명은 · 우관식 · 최지명 · 광도연 · 김기영\* · 정태욱\* · 고종철 · 오인석  
농촌진흥청 국립식량과학원, \*농촌진흥청

### Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Powdery Instant Porridge by Characteristics of Endosperm of Foxtail Millet

†Jee Yeon Ko, Seuk Bo Song, Meyong Eun Choe, Koan Sik Woo, Ji Myeong Choi, Do Yeon Kwak, Ki Yong Kim\*, Tae Wook Jung\*, Jong Cheol Ko and In Seok Oh  
Dept. of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea  
\*RDA, Miryang 627-803, Korea

#### Abstract

This study was conducted in order to investigate the antioxidant capabilities and quality characteristics of instant porridge made of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) from different varieties with different endosperm characteristics and processing using different methods. The two foxtail millet varieties used in this study were waxy foxtail millet, 'Samdachal', and non-waxy foxtail millet, 'Samdame'. The means of processing food to create instant porridge were dry cereal frying, wet cereal frying, freeze drying after steaming, popping, and no treatment. The WAI (water absorption index) of instant porridge made of waxy foxtail millet was higher than that of non-waxy foxtail millet, and popping created the highest WAI among the treatments tested. When we analyzed RVA characteristics of non-waxy foxtail millet instant porridge, peak viscosity and setback values were decreased in all processed foxtail millet instant porridge compared to non-waxy foxtail millet instant porridge. In waxy foxtail instant porridge, the peak and final viscosities of processed treated instant porridge increased. The viscosity just after pouring hot water into the instant porridge was higher in waxy foxtail millet porridge treated by freeze drying after steaming, popping, and wet cereal frying; the viscosity of non-waxy foxtail porridge was increased after popping as compared with the other treatments. The polyphenol contents and antioxidant activities were increased in all processed, treated-instant porridge except for freeze dried porridge after steaming. The popping treatment showed the highest polyphenol contents (1.5 fold), and ABTS antioxidant activity (1.2 fold), compared to no treatment. Non-waxy foxtail millet porridge produced by popping earned the highest sensory evaluation scores.

Key words: foxtail millet, food-processing, instant porridge, viscosity, antioxidant activity

#### 서 론

조(Foxtail millet, *Setaria italica*)의 원산지는 중앙아시아로서 신석기시대부터 중동, 중국 등 유라시아 대륙 전역에서 재배되면서 근대까지 식량작물의 하나로서 이용되어온 곡물이다(Seong & Kwon 2011). 식물체의 길이는 1.0~1.5 m, 곡식알

맹이 천 알의 무게는 2.5~3.0 g, 종피색은 황색, 회색, 오렌지색, 흑색 등 다양하게 존재하지만, 낱알색은 회녹색과 노란색이 주를 이루고 있다. 조의 지역적 적응성은 온대에서 아열대에 이르기까지 넓은 지역으로, 출수기와 식물체 높이, 이삭 모양 등의 농업적 특성이 다양하게 나타나며, 각 지역마다 여러 종류의 재래종이 분포하고 있다(Yoon & Xu 2008).

† Corresponding author: Jee Yeon Ko, Dept. of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea. Tel: +82-55-320-1225, Fax: +82-55-353-3050, E-mail: kjeeyeon@korea.kr

조는 크기와 무게가 작은 소립 화본과 곡물을 지칭하는 밀렛류(millet)에 속한다. 우리나라에서는 조, 기장이 대표적으로 이용되는 밀렛이고, 아프리카, 인도 등에서는 손가락조(Finger millet), 진주조(Pearl millet), 테프(Teff), 코도(Kodo) 등 다양한 종류가 이용되고 있다(Amadou 등 2013). 밀렛류는 쌀, 밀, 옥수수 등 다른 화본과 곡물에 비하여 알맹이가 작아, 영양 및 기능성분이 많이 함유되어 있는 호분층 및 배아의 비율이 17%로 다른 곡류(쌀 3%, 소맥 2%)에 비하여 높다는 특징이 있다. 조의 영양성분은 단백질함량 9~12%, 조섬유 6.7%, 칼슘 14~30 mg/100 g, 철분 2.8~5.3 mg/100 g, 비타민 B<sub>1</sub> 0.59 mg/100 g 등으로 주식으로 섭취되는 쌀에 비하여 식이섬유 3~10배, 칼슘 3~5배, 철분 3배 더 높은 영양학적 특징을 지니고 있다(FAO 1995). 그 외에도 폴리페놀 및 피트산 등 항산화 물질이 많아 콜레스테롤 저하, 당뇨 예방 등 성인병에 대한 광범위한 예방 효과가 있음이 알려지고 있다(Amadou 등 2013; Woo 등 2012; Ko 등 2011). Lee 등(2014)은 조 등이 혼합된 잡곡을 원료로 *Aspergillus oryzae* CF 1001 균주를 이용하여 당화효소를 개발하여 항산화 활성 및 항당뇨 활성을 평가한 결과, 상기의 활성에서 유의한 효과를 나타내었다고 보고하였다. Choi 등(2005)은 조의 단백질이 plasma adiponectin과 HDL 콜레스테롤을 현저히 증가시키고, 인슐린 저항성을 높여 2형 당뇨에 효과가 있다고 보고하였다.

조는 배유 특성에 따라 아밀로스 함량이 25~28% 수준인 메조와 아밀로스 함량이 8% 정도인 차조로 나눌 수 있는데(Ha & Lee 2001), 현재 우리나라에서 이용되는 조의 대부분(99.8%)은 혼반용으로 쓰이고 있기 때문에 멥쌀밥에 넣었을 때 찰성이 높아 식감을 높일 수 있는 차조가 주종을 이루고 있다(Yoon ST 2011). 하지만 일본농림성자료에 의하면 조선시대 및 일제 강점기말까지 조는 혼반용보다 주식으로 이용되었으므로 메조의 섭취량이 더 많았고, 그 재배면적도 66만 ha(1941년)에 이르렀다고 한다(Seong & Kwon 2011). 조선시대 밥의 종류와 조리방법에 대한 문헌적 고찰을 정리한 Bok(2007)에 의하면 ‘식료찬요’에는 메좁쌀로 밥을 해먹으면 신장의 기운을 북돋우고, ‘동의보감’에는 청량미(청차조)로 밥을 해먹으면 위경련과 속을 다스린다고 한다. 오늘날에도 제주에서는 메조를 미음조라고 하여 산후조리식품 및 환자의 영양식으로 먹는 전통이 남아 있다. 해외의 조 가공이용방법으로는 중국, 인도, 중남미 등에서는 술, 과자, 빵 등의 다양한 형태로 잡곡을 이용되고 있으며, 특히 중국에서는 전통적으로 아침에 조죽을 먹으면 위장에 좋다는 믿음이 있어 많이 이용되고 있으며, 아프리카 등지에서도 어린이 혹은 환자의 이유식으로 많이 이용된다(Dorothy 등 1997).

본 연구는 영양 및 기능성이 우수한 조의 새로운 소비 수요 창출에 이바지하고자 배유 특성이 다른 차조와 메조를 이

용하여 전통적 식품가공의 일종인 죽을 현대인의 식생활에 적합한 분말 죽식 죽으로 개발하고자 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험 재료 및 처리 방법

조를 이용하여 뜨거운 물에 부어 바로 먹을 수 있는 분말 죽식 죽을 개발하고자 다양한 호화가공처리 후 분말화하고, 제조된 죽식 죽의 이화학적 특성 및 품질특성을 조사하였다. 시험에 사용된 조는 2014년 국립식량과학원 남부작물부에서 생산된 메조와 차조로서, 메조 삼다메는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 2010년 개발된 황색조이며, 차조 삼다찰은 2011년 개발된 청색조이다(Oh 등, 2013). 물만 부어 바로 섭취할 수 있도록 전분의 호화 후 노화를 막는 가공처리로서 1) 건조곡 볶음, 2) 수침곡 볶음, 3) 찐 후 급속냉동, 4) 팽화 및 대조로 5) 원곡을 시험하였다. 수침곡 볶음과 찐 후 급속냉동은 전분의 알파화 후 급속한 수분건조로 노화를 막고자 처리하였으며, 건조곡 볶음과 팽화는 전분의 호정화(dextrization)를 위하여 처리하였다. 건조곡 볶음은 시료 150 g을 200~230°C에서 6분, 140~170°C에서 7분 볶음 처리하였고, 수침곡 볶음은 시료를 2시간 수침한 후 200~230°C에서 6분, 140~170°C에서 10분 볶음 처리하였다. 찐 후 급속냉동건조는 2시간 수침한 종자를 2시간 동안 충분히 찌고, 동결건조기(EDU-2100, EYELA, Tokyo, Japan)로 동결 건조하였으며, 팽화처리는 원곡을 전통적인 고온고압의 형태의 팡핑기로 팡화처리하였다. 시료는 각각의 가공처리 후 핀밀분쇄(Vibrating sample mill, CMT Co. Ltd, Tokyo, Japan)하여 죽식 죽 가루로 제조하였다.

### 2. 일반성분 분석

처리별 죽식 죽의 일반 성분은 단백질, 회분, 수분 및 무기성분을 조사하였다. 수분함량은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였으며, 회분함량은 550°C에서 24시간 회화하여 측정하였다. 조단백은 시료일정량을 취하여 습식 분해한 후 볼륨을 100 mL로 맞추고, Kjeldahl 분석장치(2300 Kjeltac Analyzer Unit, FOSS Tecator, Höganäs, Sweden)를 이용하여 정량하였다. 무기성분의 함량은 시료 1 g을 550°C에서 회화한 후 0.5 N 질산을 첨가하여 온도를 높여 녹이고, 여과지(GF/C)로 여과한 다음 25 mL로 정용하여 유도결합플라즈마분석기(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300 DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)에서 mg/kg 단위로 정량한 후 아래의 계산식에 의하여 분석하였다(Ko 등, 2013).

$$K \text{ (mg/100 g)} = (\text{mg/kg} \times \text{정용부피(mL)} / \text{시료무게(g)} \times 1.205 / 1000) \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{Ca (mg/100 g)} &= (\text{mg/kg} \times \text{정용부피(mL)/시료무게(g)} \times 1.400 / 1000) \times 100 \\ \text{Mg (mg/100 g)} &= (\text{mg/kg} \times \text{정용부피(mL)/시료무게(g)} \times 1.665 / 1000) \times 100 \\ \text{Na (mg/100 g)} &= (\text{mg/kg} \times \text{정용부피(mL)/시료무게(g)} \times 1.350 / 1000) \times 100 \end{aligned}$$

### 3. 조리 및 품질 특성

가공처리별 즉석 죽의 물리성 및 품질 특성을 살펴보고자 색도, 수분흡착성, 호화특성, 점도를 조사하였다. 즉석 죽 가루의 색도는 색차계(Color difference meter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여서 명암도를 표현하는 L값(lightness), 적색도를 표현하는 a값(red), 황색도를 표현하는 b값(yellowness)의 값을 측정하였다. 이때 사용된 표준백판 L값 99.2, a 값은 -0.1, b 값 -0.31이었다. 즉석 죽 가루의 수분흡수특성을 알기 위하여 수분흡착지수(WAI, Water absorption index)와 수분용해지수(WSI, Water solubility index)는 We 등(2011)의 방법에 따라 측정하였다. 건조된 시료 1 g에 증류수 30 mL 가한 후 30°C로 맞추어 30분간 교반한 후 30분 2,500 rpm에서 원심분리하고, 상등액과 침전물을 분리한 후 각각의 무게를 측정하였다. 젖은 침전물의 무게를 B라고 하고, 상등액을 알루미늄 접시에 부어 105°C 건조 후 고형분의 무게를 측정된 것을 A라고 하였을 때 수분흡착지수(WAI)와 수분용해지수(WSI)의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{WAI (g/g)} = \text{B/Dry sample weight}$$

$$\text{WSI (g/g)} = \text{A/Dry sample weight}$$

처리별 즉석죽의 호화 특성은 신속점도측정계(RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 사용하여 조사하였다. 각 처리별 시료 3 g을 RVA 시료통에 담고, 증류수를 25 mL 넣은 후 0~1분 50°C, 1~4.7분 95°C까지 상승, 4.7~7.2분은 95°C에서 유지, 7.2~11분은 50°C까지 냉각, 11~13분은 50°C를 유지하면서 점도를 측정하였다. 점도의 측정은 4초 간격으로 실시하였다.

또한 소비자가 실제 즉석 죽을 섭취할 때의 즉석 죽의 조직감을 알아보고자(Han 등 1988), 배유 특성 및 가공처리 방법별 즉석 죽에 뜨거운 물을 부은 후 점도를 조사하였다. 각 처리별 즉석 죽 가루 5 g에 95~90°C 사이의 뜨거운 물 30 mL를 부은 후, 10초간 10회 교반하여 분말을 물에 풀고, 바로 신속점도계의 30초 내 점도의 평균값을 구하였다.

### 4. 항산화 성분 및 항산화 활성

원료곡별 및 가공처리별 즉석 죽의 항산화 활성 및 항산화

성분을 살펴보고자 폴리페놀 및 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 각각의 가공처리 후 핀밀 분쇄한 시료 5 g을 80% 에탄올 50 mL를 가하여 50°C에서 24시간 동안 진탕추출(SK-71 Shaker, JEIO Tech, Kimpo, Korea)을 2회 실시하였다. 그 후 여과하여 감압농축기(Eyela N-1000, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 제거하였다. 여기에 에탄올 80%를 이용하여 재용해한 후 50 mL로 맞추어 제조한 즉석죽 에탄올 추출물은 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석시료로 사용하였다. 처리별 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(2002)과 Duval & Shetty(2001)의 방법에 준하여 분석하였으며, 표준물질로 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 계산하였고, mg catechin equivalent(CE) / g(dry basis)으로 나타내었다.

즉석 죽 에탄올 추출물의 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 Choi 등(2006)의 방법에서 변형하여 측정하였다. ABTS 및 DPPH radical의 소거활성은 Trolox를 표준물질로 사용하였고, mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity) / g(dry basis)으로 표현하였다.

### 5. 즉석 죽의 관능검사

제조된 분말 즉석 죽의 기호도를 살펴보고자 관능검사를 수행하였다. 배유특성 및 가공처리별 분말 5 g, 탈지분유 1.3 g, 소금 0.05 g을 첨가하여 잘 혼합한 분말에 시료량의 5배의 80~90°C의 뜨거운 물 25 mL를 부어 분말이 잘 풀리도록 저은 후 관능검사요원에게 배포하여 실시하였다. 관능검사에 참여한 패널은 남 9명, 여 11명으로 총 20명이며, 나이는 20대 중반에서 50대에 이르기까지 다양하였다. 즉석 죽의 배포 시 대조구인 무처리 즉석 죽을 가운데 두고 각 처리별 즉석 죽을 임의 배치함으로써 대조구와 비교하여 죽의 관능을 측정할 수 있게 하였다. 관능검사에서는 외관, 향, 맛, 조직감, 및 전반적 기호도를 평가하였고, 채점기준은 매우 좋음(3)에서 매우 나쁨(-3)까지의 7단계를 100% 무처리구를 대조구(0)로 평가하였다. 관능검사 및 분석한 데이터들의 결과 통계처리는 SAS 프로그램으로 DUNCAN 다중검정을 실시하였으며  $p < 0.05$  수준 유의성 검증을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 시험재료의 이화학적 특성

시험에 사용된 재료의 이화학적 특성을 조사한 결과는 Table 1에서와 같다. 단백질 함량은 메조 삼다메가 더 높았고, 조지방, K, Ca, Mg 함량은 차조 삼다찰이 더 높았다. 아밀로스 함

**Table 1. Chemical properties, antioxidants and radical scavenging activity of foxtail millet**

Row material of instant porridge	Proximate compositions (g/100 g)				Minerals compositions (mg/100 g)		
	Moisture	Amylose	Protein	Crude oil	K	Ca	Mg
Non-waxy foxtail <sup>1)</sup>	7.5±0.07 <sup>2)3)</sup>	24.4±0.48 <sup>b</sup>	10.1±0.03 <sup>b</sup>	3.9±0.07 <sup>a</sup>	245.2±17.52 <sup>a</sup>	14.7±2.73 <sup>a</sup>	153.4±11.62 <sup>a</sup>
Waxy foxtail	7.4±0.09 <sup>a</sup>	6.6±0.11 <sup>a</sup>	8.9±0.03 <sup>a</sup>	4.4±0.01 <sup>b</sup>	312.1±13.33 <sup>b</sup>	17.8±4.08 <sup>a</sup>	185.2± 8.28 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Non-waxy foxtail millet: Samdame, Waxy foxtail millet: Samdachal

<sup>2)</sup> Each values are mean±standard deviation (n=3).

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

량은 메조 삼다메가 24.4 g/100 g으로, 메벼의 아밀로스 함량인 20~25 g/100 g에 해당되었고, 차조 삼다찰은 아밀로스 함량이 6.6 g/100 g으로 일반적인 찰벼의 아밀로스 함량인 2~3 g/100 g(Matveev 등 2001)보다는 높은 편이었다.

## 2. 배유특성 및 가공처리별 조 즉석 죽 가루의 색도 및 수분특성

서로 다른 호화증진 가공 처리한 조 즉석 죽 가루와 원료곡 가루의 색도는 Table 2에 나타난 것과 같다. 원료곡 가루의 색도에서 밝기(lightness)는 차조와 메조가 비슷하였고, 황색도(yellowness)와 적색도(redness)는 메조가 가장 높았다. 가공처리에 따라서는 전체적으로 밝기가 감소하고, 적색도와 황색도는 증가하는 경향이었으나, 원료곡 종류 및 처리별로 조금씩 차이는 있었다. 메조는 팽화처리 시 밝기와 적색도는 거의 변하지 않았고, 황색도가 다소 감소하여 색감의 차이가 크지 않았으며, 수침곡 볶음 처리 시 밝기가 가장 감소하고, 적색도와 황색도가 증가하여 색이 어둡고 진한 색감으로 변

하였다. 차조는 팽화곡과 찐 후 냉동건조 처리 시 원곡과 가장 비슷하였으며, 건조곡 볶음 및 수침곡 볶음 시 밝기가 감소하고, 적색도와 황색도가 증가하였다.

Table 3은 배유특성 및 호화 가공처리에 따른 조 즉석 죽 가루와 원료곡 가루의 WAI 및 WSI를 나타낸 것이다. 가공처리에 따라 수분특성은 크게 변화하여, 원곡에 비하여 모든 가공처리에서 WAI가 증가하였으며, 그 정도는 팽화곡, 찐 후 냉동건조, 수침곡 볶음, 건조곡 볶음의 순서였다. WAI는 시료의 수분 친화성을 나타내는 척도로 시료 전분 입자 속 비결정형된 부분이 많을수록 높아지며(Konik-Rose 등 2001), Lee 등(1995)은 팽화처리된 알파미분 첨가량에 따른 흰 떡의 WAI를 조사한 연구 결과, 알파미분 첨가량이 늘어날수록 WAI가 증가하였는데, 이는 팽화처리에 의하여 전분 분자가 분해되고, 수용성 성분이 증가하여 수분의 포집능력이 증가하였기 때문이라고 보고하였다. 본 시험 결과도 팽화처리 시 다른 처리에 비해 WAI가 증가하는 정도가 큰 걸로 보아 팽화처리가 전분 분자의 분해 및 수용성 성분 증가에 영향을 미쳤던 것으

**Table 2. Changes of Hunter's color values of instant porridge by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdame and Samdachal) and processing treatment**

Row material of instant porridge	Processing treatment	L-value (Lightness)	a-value (Redness)	b-value (Yellowness)
Non-waxy foxtail millet <sup>1)</sup>	Dry cereal frying	72.6±1.09 <sup>2)3)</sup>	5.5±0.04 <sup>b</sup>	18.9±0.33 <sup>c</sup>
	Wet cereal frying	69.2±0.50 <sup>a</sup>	6.4±0.03 <sup>c</sup>	20.2±0.08 <sup>d</sup>
	Freeze drying after steaming	79.5±0.32 <sup>c</sup>	2.3±0.06 <sup>a</sup>	17.0±0.09 <sup>b</sup>
	Popping	85.7±0.27 <sup>d</sup>	2.5±0.03 <sup>a</sup>	12.3±0.12 <sup>a</sup>
	No treatment	83.4±0.24 <sup>d</sup>	2.4±0.07 <sup>a</sup>	17.8±0.39 <sup>b</sup>
Waxy foxtail millet	Dry cereal frying	75.7±0.25 <sup>a</sup>	4.0±0.02 <sup>c</sup>	15.9±0.11 <sup>c</sup>
	Wet cereal frying	74.0±0.21 <sup>a</sup>	3.9±0.01 <sup>c</sup>	19.1±0.04 <sup>d</sup>
	Freeze drying after steaming	80.6±0.27 <sup>b</sup>	1.3±0.02 <sup>a</sup>	14.2±0.12 <sup>b</sup>
	Popping	81.3±0.08 <sup>b</sup>	3.0±0.01 <sup>b</sup>	13.2±0.01 <sup>a</sup>
	No treatment	80.8±0.58 <sup>b</sup>	1.1±0.06 <sup>a</sup>	13.1±0.42 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Non-waxy foxtail millet: Samdame, Waxy foxtail millet: Samdachal

<sup>2)</sup> Each values are mean±standard deviation (n=3).

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

**Table 3. WAI and WSI of instant porridge by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdame and Samdachal) and processing treatment**

Row material of instant porridge	Processing treatment	WAI <sup>4)</sup> (g g <sup>-1</sup> )	WSI (g g <sup>-1</sup> )
Non-waxy foxtail millet <sup>1)</sup>	Dry cereal frying	2.6±0.01 <sup>2) b3)</sup>	0.09±0.017 <sup>a</sup>
	Wet cereal frying	3.4±0.01 <sup>c</sup>	0.12±0.012 <sup>b</sup>
	Freeze drying after steaming	3.5±0.02 <sup>c</sup>	0.10±0.006 <sup>a</sup>
	Popping	5.3±0.08 <sup>d</sup>	0.18±0.008 <sup>d</sup>
	No treatment	2.1±0.02 <sup>a</sup>	0.15±0.071 <sup>c</sup>
Waxy foxtail millet	Dry cereal frying	2.6±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.024 <sup>a</sup>
	Wet cereal frying	5.0±0.12 <sup>c</sup>	0.20±0.036 <sup>b</sup>
	Freeze drying after steaming	7.5±1.17 <sup>d</sup>	0.40±0.094 <sup>d</sup>
	Popping	7.8±0.46 <sup>d</sup>	0.38±0.040 <sup>d</sup>
	No treatment	1.9±0.05 <sup>a</sup>	0.27±0.018 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Non-waxy foxtail millet: Samdame, Waxy foxtail millet: Samdachal

<sup>2)</sup> Each values are mean±standard deviation (n=3).

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

<sup>4)</sup> WAI : Water absorption index, WSI : Water solubility index.

로 생각되었다. 배유특성에 따른 WAI는 모든 처리에서 차조가 높게 나타나 찰성 곡류의 호화 처리 시 메성 곡류보다 수분을 흡수하는 양이 많음을 알 수 있었고, 특히 모든 처리에서 차조의 팽화처리 시 가장 높았다. 이와 같은 결과는 Chinnaswamy & Hanna(1990)에 의하면 팽화처리 시 아밀로펙틴이 아밀로스에 비하여 전분 분자구조의 분획화가 증가한다는 연구결과와 일치하였다. WSI도 WAI와 같이 팽화와 찐 후 냉동건조 가공 처리 시 가장 높게 나타났으며, 배유특성별

로는 차조에서 높게 나타나, 분자구조 분획화에 의한 상등액 내 콜로이드성 용해물질이 증가하였음을 알 수 있었다.

### 3. 배유특성 및 가공처리별 조 즉석 죽 가루의 호화특성

작물별 및 가공처리별 즉석 죽 가루의 RVA 특성을 Table 4에 나타내었다. 메조를 원료로 한 즉석 죽은 원곡에 열과 수분을 가한 것에 비하여 가공 처리한 즉석 죽 가루에서 Peak viscosity(PV)와 Final viscosity(FV)가 저하되어 가공 처리 후

**Table 4. RVA pasting properties of instant porridge by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdame and Samdachal) and processing treatment**

Row material of instant porridge	Processing treatment	Viscosity(RVU)					Peak time (min)	Pasting temp. (°C)
		Peak visc.	Holding strength	Final visc.	Break down	Set back		
Non-waxy foxtail millet <sup>1)</sup>	Dry cereal frying	18.0	16.9	30.9	1.1	12.9	6.7	87.9
	Wet cereal frying	6.1	4.7	8.2	1.4	2.1	6.5	81.0
	Freeze drying after steaming	10.7	9.8	18.0	0.9	7.3	6.8	82.2
	popping	22.9	21.4	31.6	1.6	8.7	6.4	83.4
	No treatment	47.0	27.9	64.9	19.1	17.9	5.1	79.4
Waxy foxtail millet	Dry cereal frying	39.6	37.4	50.6	2.2	11.1	5.4	74.6
	Wet cereal frying	68.2	67.7	99.6	0.6	31.4	6.9	81.6
	Freeze drying after steaming	210.9	91.5	127.5	119.3	-83.4	3.2	61.8
	popping	52.5	27.0	36.2	25.5	-16.4	2.1	84.5
	No treatment	35.4	26.8	36.7	8.6	1.3	4.9	79.8

<sup>1)</sup> Non-waxy foxtail millet: Samdame, Waxy foxtail millet: Samdachal

전체적으로 점도가 저하되었으며, 전분의 노화와 관계있는 setback도 저하되어 사전에 가공처리에 의해 호화가 이루어져 열과 수분에 안정적으로 나타났다. 처리별로는 수침곡 볶음에서 PV와 FV가 원료곡에 비하여 현저히 저하되고, setback이 낮게 나타나 가장 안정적인 상태의 즉석 죽 가루로 판단되었다. 차조는 호화 시 건조곡 볶음처리를 제외하고는 원곡에 비하여 가공 처리한 즉석 죽 가루의 호화 시 점도가 더 크게 증가하였으며 특히, 찐 후 냉동건조 즉석 죽은 가장 낮은 온도에서 가장 빨리 호화가 개시되었으며, PV와 FV가 가장 높게 나타났다. Kim 등(2012)은 벼, 옥수수, 밀, 보리, 귀리를 대상으로 팽화 압출한 페이스트의 점도는 원료곡에 비하여 낮아지는 경향이라 하였는데, 본 연구에서도 메조는 같은 경향을 보였으나, 차조의 팽화처리 시는 원료곡과 비슷한 점도 변화를 나타내는 등 배유 특성에 차이가 있었다. 찰성과 메성 쌀의 호화에 관한 연구결과에 의하면, 멥쌀과 찰쌀가루의 호화양상은 전분의 구조적 차이에 의하여 초기호화온도 및 PV, 호화 엔탈피 모두 멥쌀에서 찰쌀에 비하여 높게 나타나 찰쌀의 호화가 더 쉽게 일어난다고 하였는데(Kim KA 1996; Lee & Lee 2013), 본 시험의 메조와 차조의 무처리 가루를 보면 메조에서 PV와 FV 및 Breakdown이 높아 같은 경향이었다.

#### 4. 배유특성 및 가공처리별 조 즉석 죽의 점도

가루 즉석 죽에서 섭취 시 점도는 가루의 호화도 및 질감과 관계하므로(Han 1988), 최종적으로 제품의 품질에 영향을 많이 미치는 요소이다. 실제 소비자가 즉석 가루죽을 섭취할 때의 점도 상태를 알아보기 위해 제조된 즉석 죽 가루에 뜨거운 물을 부어 10초간 10회 교반으로 즉석 죽을 만들어 섭취하기 직전 상태로 만들어 점도를 조사해 본 결과는 Table 5와 같다. 가공 처리에 따라서는 메조와 차조 모두 건조곡 볶음가루로

**Table 5. Viscosity of instant porridge by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdame and Samdachal) and processing treatment**

Processing treatment	Viscosity (RVU)	
	Non-waxy foxtail millet <sup>1)</sup>	Waxy foxtail millet
Dry cereal frying	2.1±0.151 <sup>2)a3)</sup>	4.3±0.265 <sup>b</sup>
Wet cereal frying	6.5±0.233 <sup>b</sup>	228.3±3.268 <sup>c</sup>
Freeze drying after steaming	35.0±1.257 <sup>c</sup>	347.1±2.480 <sup>d</sup>
popping	258.8±11.356 <sup>d</sup>	223.6±1.225 <sup>c</sup>
No treatment	2.6±0.05 <sup>a</sup>	1.8±0.07 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Non-waxy foxtail millet: Samdame, Waxy foxtail millet: Samdachal

<sup>2)</sup> Each values are mean±standard deviation (n=3).

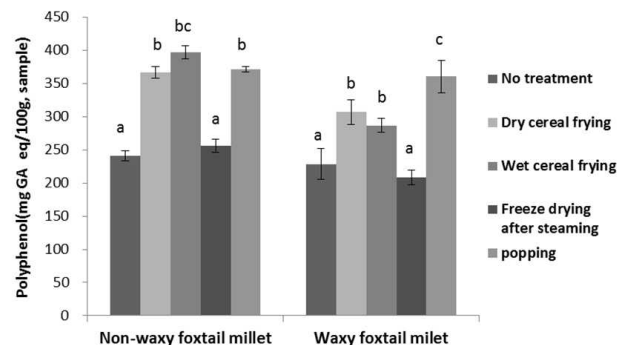
<sup>3)</sup> Any means in the same column followed by the same letters are not significantly different by Duncan's test ( $P<0.05$ ).

만든 죽은 무처리 죽과 점도 차이가 크게 없었다. 메조의 경우, 수침곡, 냉동건조, 팽화처리의 순서로 죽의 점도가 증가되었고, 차조는 찐 후 냉동건조에서 가장 점도가 높았다. 건조곡 볶음 죽이 무처리 죽과 점도 차이가 크지 않은 것으로 보아 건조곡 볶음에 의해서는 호화과정이 충분하게 일어나지 않았다는 알 수 있었다. 차조의 찐 후 냉동처리는 347.1 RVU로서 모든 가공처리 및 작물 전체에서 가장 높았으며, 메조 팽화처리, 차조의 수침곡 볶음 및 팽화처리 분말은 즉석 죽으로 이용하기에 충분한 점성을 지닌 것으로 판단되었다.

#### 5. 배유특성 및 가공처리별 조 즉석 죽 가루의 항산화 활성

원료곡 및 가공처리별 즉석 죽 가루의 폴리페놀 함량(Fig. 1)은 가공처리에 따라 메조와 차조 모두 폴리페놀 함량이 증가하는 경향이였으나, 찐 후 냉동건조 처리 시에는 원료곡과 비슷하거나, 오히려 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 조에서 항산화성을 나타내는 성분이 수용성이 많아 찌는 과정에서 손실이 컸었던 것으로 생각되었다.

원료곡 및 가공처리별 즉석 죽 가루의 항산화 활성을 알아보기 위하여 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능을 조사하였다(Fig. 2). DPPH 라디칼 소거능의 경우, 모든 원료곡에서 찐 후 급속냉동건조 처리시 항산화 활성이 가장 낮아 메조와 차조에서는 무처리와 같은 수준이었고, 팽화처리에 의하여 메조와 차조 모두 항산화 활성이 가장 높게 증가하였으며, 다음으로는 건조곡 볶음, 수침곡 볶음의 차례를 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능은 폴리페놀 함량과 비슷한 경향으로 나타나, 메조와 차조 모두 찐 후 냉동건조 시 원료곡과 비슷하거나 오히려 약간 감소하였으며, 메조에서는 건조곡 볶음, 수침곡 볶음, 팽화처리가 모두 비슷한 수준으로 증가하였고, 차조에서는 팽화처리 시 가장 높은 ABTS 라디칼 소거능을 나타내었다. 천연물에서 항산화 활성이 나타나는 것은 활성 radical



**Fig. 1. Polyphenol contents by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) and processing treatment (non-waxy foxtail millet: Samdame, waxy foxtail millet: Samdachal).**

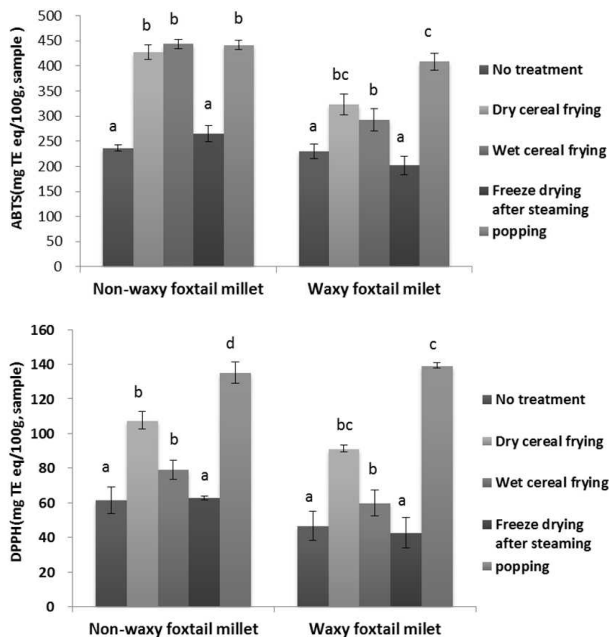


Fig. 2. DPPH and ABTS radical scavenging activities by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) and processing treatment (non-waxy foxtail millet: Samdame, waxy foxtail millet: Samdachal).

에 전자를 공여함으로써 식품 속 지방질의 산화를 억제하고, 인체에서는 활성 radical에 의하여 일어나는 노화현상을 억제시키는 역할을 함으로써, 인체의 질병과 노화 방지에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다(Kim 등 2001). 본 연구에서 건조 및 수침 볶음처리, 팽화처리와 같은 가열처리 후 ABTS 및

DPPH radical 소거능이 증가한 것은 조 원료곡 내 당류의 caramel형 갈색화 반응에 의한 항산화 효과 증가로 생각되며 (Ahn, 1984), Ko 등(2009)은 볶음 시간에 따른 수수의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성도를 측정 결과, 5~7분까지 볶음시간이 증가할수록 항산화 활성도가 증가하는 경향을 나타내었고, Song 등(2013)은 팥 품종별 볶음처리 결과, 초기에는 약간 감소하였으나, 시간이 지날수록 유의적으로 증가하였다고 보고하여 같은 결과를 나타내었다. 다만 찌 후 냉동건조 처리 시에는 수용성 항산화 성분의 손실로 항산화 활성이 감소되었다.

6. 배유특성 및 가공처리별 조 즉석 죽의 관능검사

작물별 및 가공처리별 즉석 죽의 관능검사 결과(Table 6), 메조 삼다메는 팽화처리한 즉석 죽의 전체적인 기호도가 가장 높게 나타났다. 이는 팽화처리 즉석 죽이 맛, 외양과 질감부분에서 다른 처리에 비하여 점수가 높았던 것에 기인하였다고 생각된다. 차조 삼다찰은 수침곡 볶음 즉석 죽의 경우, 차조 특유의 쓴맛이 완화되고, 질감도 다른 처리에 비하여 우수하였기 때문에 기호도가 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 찌 후 냉동건조로 만든 즉석 죽은 처리로 인한 호화는 충분히 일어나서 점도가 높고 조직감은 좋았으나, 뜨거운 물을 부었을 때 가루의 뭉침 현상이 일어나 외관에서 점수가 낮게 나타났고, 이것이 기호도가 떨어지는 결과를 나타내는 것으로 생각되었다 (Fig. 3). 결론적으로 메조 삼다메를 팽화처리한 분말 즉석 죽의 기호도가 가장 높았으며, 뜨거운 물에도 잘 녹아 가공적성이 우수하였다.

Table 6. Sensory evaluation of instant porridge by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) and processing treatment

Row material of instant porridge	Processing treatment	Appearance	Color	Taste	Texture	Overall eating quality
Non-waxy foxtail millet <sup>1)</sup>	Dry cereal frying	0.95 <sup>2)</sup> ±0.106 <sup>3)4)</sup>	1.70±0.137 <sup>c</sup>	1.65±0.140 <sup>b</sup>	0.35±0.122 <sup>a</sup>	0.65±0.169 <sup>a</sup>
	Wet cereal frying	1.15±0.169 <sup>ab</sup>	1.40±0.142 <sup>b</sup>	1.00±0.166 <sup>a</sup>	0.35±0.140 <sup>a</sup>	1.10±0.190 <sup>b</sup>
	Freeze drying after steaming	1.00±0.151 <sup>a</sup>	0.65±0.169 <sup>a</sup>	1.65±0.155 <sup>b</sup>	2.00±0.166 <sup>b</sup>	1.65±0.140 <sup>c</sup>
	Popping	1.75±0.149 <sup>c</sup>	1.35±0.102 <sup>b</sup>	2.00±0.151 <sup>c</sup>	2.05±0.143 <sup>b</sup>	2.10±0.164 <sup>d</sup>
Waxy foxtail millet	Dry cereal frying	0.90±0.150 <sup>a</sup>	2.05±0.126 <sup>b</sup>	0.95±0.126 <sup>a</sup>	1.05±0.126 <sup>a</sup>	0.65±0.102 <sup>a</sup>
	Wet cereal frying	1.65±0.126 <sup>b</sup>	1.80±0.109 <sup>b</sup>	2.40±0.105 <sup>d</sup>	2.60±0.106 <sup>bc</sup>	2.00±0.151 <sup>b</sup>
	Freeze drying after steaming	0.80±0.086 <sup>a</sup>	1.05±0.143 <sup>a</sup>	1.30±0.180 <sup>b</sup>	2.30±0.137 <sup>b</sup>	1.65±0.102 <sup>b</sup>
	Popping	1.45±0.106 <sup>b</sup>	1.10±0.115 <sup>a</sup>	1.95±0.106 <sup>c</sup>	2.65±0.102 <sup>bc</sup>	1.70±0.153 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Non-waxy foxtail millet: Samdame, Waxy foxtail millet: Samdachal

<sup>2)</sup> Sensory evaluation value of control: 0

<sup>3)</sup> Each values are mean±standard deviation (n=3).

<sup>4)</sup> Any means in the same column followed by the same letters are not significantly different by Duncan's test (P<0.05).

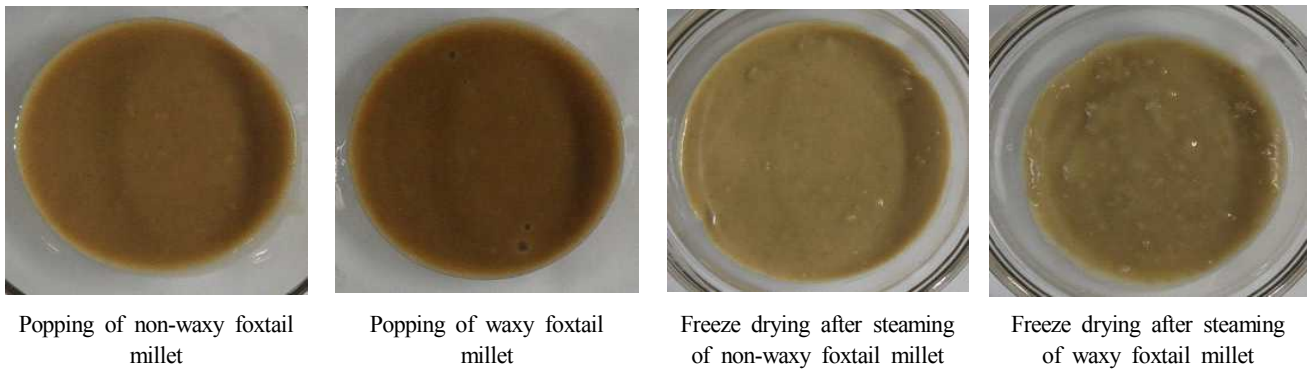


Fig. 3. Instant porridge of foxtail millet by characteristics of endosperm of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdame and Samdachal) and popping and freeze drying after steaming processing.

## 요 약

영양 및 기능성이 높은 조의 다양한 수요 창출을 위하여 배유 특성이 다른 조를 대상으로 분말 즉석 죽을 제조하고, 이화학적 특징 및 조리 특성 등의 품질과 항산화 활성의 생리 활성을 평가하였다. 대상으로 사용한 조 원료곡은 메조 삼다메, 차조 삼다찰을 사용하였고, 물만 부어 바로 섭취할 수 있도록 전분의 호화 후 노화를 막는 가공처리로서 1) 건조곡 볶음, 2) 수침곡 볶음, 3) 찐 후 급속냉동, 4) 팽화처리하고 대조로 5) 원곡을 사용하였다. 재료의 수분 흡착능을 알아보는 WAI는 팽화처리에서 가장 높았으며, 원료곡에 따라서는 차조가 높았다. 즉석 죽 가루의 RVA 특성은 메조의 경우, 가공처리 후 전체적으로 점도 및 setback이 저하되어 열과 수분에 안정적으로 나타났다. 차조는 가공 처리된 즉석 죽을 재호화함에 따라 점도가 크게 증가하였다. 즉석 죽 가루에 뜨거운 물에 부었을 때의 점도는 건조곡 볶음가루 죽은 원료곡 가루죽과 점도 차이가 크게 없었고, 메조는 팽화처리, 차조는 찐 후 냉동건조, 수침곡 볶음 및 팽화처리 분말에서 즉석 죽으로 이용하기에 충분한 점성을 지닌 것으로 판단되었다. 항산화 성분인 폴리페놀 함량 및 ABTS 라디칼 소거능은 찐 후 냉동건조를 제외하고는 가공처리에 의해 뚜렷이 증가하였으며, 가공처리 중에는 팽화처리 시 원료곡 폴리페놀 함량 및 ABTS 라디칼 소거능의 1.5배, 1.7배로 가장 증가하였다. 배유 특성 및 가공처리별 즉석 죽의 관능검사 결과, 메조 삼다메를 팽화처리한 분말 즉석 죽의 기호도가 가장 높았으며, 뜨거운 물에도 영김 현상 없이 잘 녹아 가공적성이 우수하였다. 따라서, 죽의 점도 및 수분흡착능은 차조 삼다찰이 높았으나, 항산화 활성, 열과 수분에 대한 안정성, 기호도 및 물에 풀었을 때 영김 현상을 고려할 경우, 메조 삼다메가 더 우수하였으며, 가공처리방법으로는 팽화처리가 모든 항목에서 가장 우수하였다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청의 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ011365032015)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

## References

- Ahn MS. 1984. Effects of reaction temperature, time and presence of organic acids or their salts on the antioxidants activity of caramelization mixtures. Ph.D. Thesis, Korea Univ. Seoul, Korea
- Amadou I, Gounga M, Le GW. 2013. Millets: Nutritional composition, some health benefits and processing-A review. *Emir J Food Agric* 25:501-508
- Bok HJ. 2007. The literary investigation on types and cooking method of bop (boiled rice) during Joseon dynasty (1400's~1900's). *Korean J Food Culture* 22:721-741
- Chinnaswamy R, Hanna MA. 1990. Macromolecular and functional properties of native and extrusion-cooked corn starch. *Cereal Chem* 67:490-499
- 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
- Choi YY, Osada K, Ito Y, Nagasawa T, Choi MR, Nishizawa N. 2005. Effect of dietary protein of Korean foxtail millet on plasma adiponectin, HDL-cholesterol, and insulin levels in genetically type 2 diabetic mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 69:31-37
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:4959-4964



- Dorothy MG, David K, and Aurea MA. 1997. Improved corn and millet based weaning food: Formation, viscosity, and nutrition and microbial quality. *J Food PRO Preservation* 21:507-524
- 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.
- FAO. 1995. Sorghum and millets in human nutrition. FAO Food and Nutrition series 27. Rome, Italy. p 119
- Ha YD, Lee SP. 2001. Characteristic of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:182-192
- Han O, Lee SH, Lee HY, Kim YM, Min BY. 1988. Physicochemical characteristics of rice flour gelatinized by extrusion cooking. *Korean J Food Sci Technol* 20:470-475
- Kim CH, Kim C, Ryu GH. 2012. Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1603-1610
- Kim KA. 1996. Physicochemical properties of nonwaxy and waxy brown rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 12:557-561
- Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33:626-632
- 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. *Korean J Food Sci Technol* 40: 1128-1135
- 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
- Ko JY, Woo KS, Song SB, Seo HI, Kim HY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS. 2009. Physicochemical characteristics of sorghum tea according to milling type and pan-fried time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1546-1553
- Konik-Rose CM, Moss R, Rahhman S, Appels R, Stoddard F, McMaster G. 2001. Evaluation of 40 mg swelling test for measuring starch functionality. *Starch* 53:14-20
- Lee CH, Han O, Kum JS, Bak KH, Yoo BK. 1995. Changes in the physicochemical properties of Korean rice cake by the addition of gelatinized rice flour. *Korean J Dietary Culture* 10:101-106
- Lee HM, Lee YT. 2013. Pasting properties of corn, potatoes, sweet potato starches and wheat flours with partial rice starch substitution. *Food Eng Prog* 17:238-244
- Lee JS, Kang YH, Kim KK, Yun YK, Lim JG, Kim TW, Kim DJ, Won SY, Bae MH, Choi HS, Choe M. 2014. Exploration of optimum conditions for production of saccharogenic mixed grain beverages and assessment of anti-diabetic activity. *J Nutr Health* 47:12-22
- Matveev YI, Van Soest JGG, Nieman C, Wasserman LA, Protserov VA, Ezernitskaja M, Yuryev VP. 2001. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylose maize starches. *Carbohydr Polym* 44:151-160
- Oh IS, KO JY, Kwak DY, Kim KY, Kim JI, Kim HJ, Park CY, Bae SD, Song SB, Woo KS, Yoon YN, Yoon ES, Lee JS, Jung KY, Jung TW, Choi YD, Hwang JB, and Hyeon JN. 2013. Recently developed miscellaneous cereal varieties and cultural methods. RDA. pp123
- Seong MH, Kwon DH. 2011. Survey on marketing of coarse grain. Research report P145. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea. p 81
- Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jeong TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Woo KS. 2013. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of adzuki bean and adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:317-324
- We GJ, Lee IA, Kanf TW, Min JH, Kang WS, Ko SH. 2011. Physicochemical properties of extruded rice flours and wheat flour substitute for cookie application. *Food Engi Progress* 15:404-412
- Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Seo HY, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. 2012. Antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:302-309
- Yoon ST, Xu ZY. 2008. Crop characteristics of foxtail millet (*Setaria italica* Beauvois) resources. *Korean J Intl Agri* 30: 211-215
- Yoon ST. 2011. Review of coarse grain export by coarse grain project diagnosis. Research report of RDA. p118