

배유특성이 다른 수수가루 첨가가 건면의 품질특성 및 항산화활성에 미치는 영향

고지연[†] · 우관식 · 김정인 · 송석보 · 이재생 · 김현영 · 정태욱 · 김기영 · 곽도연 · 오인석

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

Effects of Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Dry Noodles with Added Sorghum Flour by Characteristics of Endosperm

Jee Yeon Ko[†], Koan Sik Woo, Jung In Kim, Seuk Bo Song, Jae Saeng Lee, Hyun Young Kim, Tae Wook Jung, Ki Young Kim, Do Yeon Kwak, and In Seok Oh

Dept. of Functional Crop, NICS, RDA, Gyeongnam 627-803, Korea

ABSTRACT This study was conducted in order to investigate the quality characteristics and antioxidant activities of dry noodles with addition of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour from glutinous and non-glutinous varieties. The sorghum varieties used in this study were glutinous 'Hwaggumchal' and non-glutinous 'Donganme', and the contents added to noodles were 'Hwaggumchal' 5%, 'Hwaggumchal' 10%, 'Donganme' 5%, and 'Donganme' 10%. The turbidity of soup of cooked noodles was increased by addition of sorghum flour. The cooking loss of 'Hwaggumchal' flour added noodles (HFN) was greater than that of 'Donganme' flour added noodles (DFN), reflecting endosperm characteristics. Phenolic compounds such as polyphenol, flavonoid, and tannin contents and antioxidant activity of sorghum flour added noodles were increased in proportion to the amounts of added sorghum flour. In the added varieties, DFN showed greater amounts of phenolic compounds and higher levels of DPPH and ABTS radical scavenging activities than HFN. The DPPH and ABTS radical scavenging activities of 5~10% DFN were increased by 4.6~6.2 fold and 10.5~13.4 fold, respectively, compared to non-added noodles. Regarding cooking effects, DPPH and ABTS radical scavenging activities of sorghum flour added noodles were increased by 10.9~11.2% after cooking. In sensory evaluation, color and appearance value were highest in HFN, and no differences in taste and overall acceptability were observed among treatments.

Key words: sorghum flour, variety, dry noodles, turbidity, antioxidant activity

서 론

수수(Sorghum, *Sorghum bicolor* L. Moench)는 외떡잎 식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 주로 식용으로 소비되고 있고 밀, 옥수수, 쌀, 보리에 이어 세계에서 5번째로 중요한 식량작물로서 전 세계적으로 54백만톤, 35백만 ha에서 재배되고 있는 작물이다(1). 수수의 특징적인 기능성은 phenolic compound가 풍부하다는 것으로, 곡물 중 함량이 가장 높을 뿐 아니라 품종에 따라서는 수수의 약 6%에 이르기 도 한다(2-5). 수수 phenolic compound의 중요한 형태는 phenolic acids, flavonoids, 축합형 탄닌을 포함한 polymeric flavans으로 나눌 수 있고, 항산화활성이 높을 뿐 아니라 식물체내 대사작용에서 중요한 역할을 하며, 병충해 같은 생물적 스트레스 및 건조해, 자외선 등의 비생물적 스트레스로부터 스스로를 보호하는 저항성 기작과 연관되어 있다(6,7).

수수 추출물의 phenolic compound는 lipoxygenase와 cyclooxygenase 산화효소를 저해하는 강력한 항산화효과로 활성산소 억제에 기여하고(8), 강한 항돌연변이성(9) 및 콜레스테롤 생합성 관련 효소인 HMG-Co A reductase 활성을 억제함으로써(10) 혈당강하에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(11). 특히 수수에 포함되어 있는 proanthocyanidins과 같은 축합형 탄닌은 초기에는 단백질, 탄수화물 등과 결합하여 단백질 분자의 흡수를 저해하는 체내 소화 흡수기작과 관련된 영양학적 분야에서 관심의 대상이었지만(12,13), 최근 HIV-1 virus의 저해효과(14), 면역력 증진을 통한 항암효과(15) 등 축합형 탄닌의 여러 가지 생리적 활성들이 밝혀지면서 새로이 주목받고 있다(5).

다양한 수수의 기능성은 높은 항산화활성과 연관이 있는데 실제 수수의 섭취가 인체에 미치는 영향과 관련하여 수수를 주로 섭취하는 중국 Saxchi 지방에서는 밀이나 옥수수를 주로 섭취하는 다른 지역에 비하여 식도암으로 인한 사망이 1.4~3.2배가 낮다고 하여 수수 섭취가 소화기 특히 식도암의 경감에 효과가 있다는 결과가 있다(16). 이러한 수수 추출물 및 수수관련 음식의 섭취 시 나타나는 효능의 예들은

Received 5 April 2013; Accepted 13 May 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: kjeeyeon@korea.kr, Phone: 82-55-320-1267

수수가 *in vitro* 상에서도 매우 강력한 항산화능을 가지고 있다는 증거가 된다.

수수에 있는 phenolic compound는 품종에 따라 함량의 정도가 매우 다양하고, 나타내는 건강기능활성도 다양한 것으로 보고되고 있다. Sa 등(17)은 국내산 토종수수 22품종을 대상으로 전자공여능, 환원력, 항균활성 및 α -glucosidase 저해활성을 비교해본 결과, 품종간 생리활성의 차이가 커서 메수수, 붉은장목수수 추출물에서 BHT, BHA와 같은 합성항산화제보다도 전자공여능이 컸고, 항산화활성은 메수수에서 가장 높았다고 보고하였다. Kil 등(18)도 25종의 수수를 메탄올 추출하여 순차적 용매분획한 후 항산화 및 항균활성을 검정한 결과 수수 종류에 따라 활성이 매우 다양하게 나타났다고 보고하여 품종간 기능성의 차이를 보고한 바 있다.

이와 같이 수수는 항산화, 항암, 혈당강하 등 건강기능활성이 다양함에도 불구하고 주된 가공이용형태는 혼반용으로 한정되어 있으며, 취반 시 거친 맛이 강하고 고유의 쓴맛으로 인하여 식미감이 주요 곡류에 비해 떨어지는 경향이 있다. 고량주, 수수 부꾸미 같은 전통식품으로 일부 이용되고 있으나 농식품 자원으로서 개발 등에 따른 산업화 실적이 미비하여 신수요에 따른 재배면적 확대가 거의 이루어지고 있지 않다(19). 국수는 우리나라의 보편적인 분식형 음식으로 곡물을 분쇄하여 반죽한 것을 가늘고 길게 뽑은 식품을 총칭하는 것으로 전 세계적으로 널리 분포되어 있으며 간편식으로 많이 이용되고 있다. 국내 면류 시장은 지속적으로 성장하는 추세에 있으며, 영양성분 및 기능성의 강화와 식감 개선 등을 목적으로 마분말(20), 유색미가루(21), 복분자 분말(22), 발아현미(23) 등 다양한 부원료를 첨가한 면류 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 따라서 항산화활성이 높은 수수를 시장규모가 계속 확대되고 있는 국수제조에 이용할 수 있다면 수수의 수요확대 및 기능성 증진 국수소재 개발에 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구는 수수 중 우리나라에서 널리 재배되고 있는 찰수수인 '황금찰수수'와 2013년 국립식량과학원에서 항산화활성이 높은 기능성 품종으로 새로이 개발된 메수수 '동안메' 수수를 첨가한 밀가루 복합분으로 만들어진 건면의 이화학적 특징, 조리 특성 등의 품질과 항산화활성 등의 생리활성을 평가함으로써 항산화성 높은 수수의 식품으로서의 이용 기술을 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료

시험에 사용된 국수는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 2012년 개발된 항산화성이 우수한 메수수 '동안메' 분말을 5 및 10% 첨가하여 제조된 건면과 찰수수 '황금찰'을 5 및 10% 첨가한 건면, 그리고 밀가루 100%로 제조된 건면의 5 처리를 사용하였다. 사용된 밀가루는 구례에서 재배된 우

리밀로 만든 우리밀영농조합법인의 밀벧 우리밀가루를 이용하였다. 수수첨가 및 밀가루 국수의 제조는 구례 우리밀 가공공장에 의뢰하여 2012년 12월 제작하였다.

일반성분 분석

처리별 국수의 일반성분은 수분, 단백질, 회분 및 무기성분을 조사하였다. 수분함량은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였으며, 회분함량은 550°C에서 24시간 회화하여 측정하였다. 조단백은 처리별 국수시료를 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, Hoeganaes, Sweden)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. 또한 국수에 첨가된 수수 품종별 가루의 단백질 및 무기성분도 위와 같은 방법으로 조사하였다.

조리 및 품질 특성

대조구 및 수수분말 첨가면의 조리특성은 Kong과 Lee(23)의 방법을 변형하여 조리 후 면의 수분함수율과 조리손실율 및 조리 국물의 탁도를 측정하였다. 국수의 함수율(%)은 건면 30 g을 600 mL의 끓는 물에 넣고 5분간 삶은 후 건져서 흐르는 냉수에 1분간 냉각시키고 이를 1분간 방치하여 수분을 제거한 후 무게를 측정하여 무게의 변화(g)를 측정하고 증가된 국수의 무게에 대한 국수 초기무게의 비율로 나타내었다. 조리에 따른 손실을 측정하기 위한 용출고형물은 조리 시 나온 국물은 90°C에서 하룻밤 건조 후, 130°C에서 완전 건조하여 측정된 고형물의 양으로 측정하였다. 조리가 끝난 국물을 500 mL로 정용한 후 spectrophotometer(UV-1650 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 675 nm에서 흡광도를 측정하여 탁도를 나타냈다. 대조구 및 수수분말 첨가면의 조리 전후 색도는 면 5가닥을 병렬로 붙여놓고 상단부를 색차계(color difference meter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도를 나타내는 a값(redness), 황색도를 나타내는 b값(yellowness)의 변화된 값을 비교하였다. 이때 사용된 표준 백판의 L값은 98.9, a값은 -0.1, b값은 -0.36이었다. 조리한 국수의 텍스처 측정은 상기와 같은 방법으로 면을 삶은 후 texture analyser(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)의 accessory인 spaghetti/noodle test rig를 이용하여 인장강도를 측정하였다. 인장강도의 측정용 arm은 21 cm로 하고 국수가 풀리지 않도록 반대 방향으로 2회 정도 감아 측정하

였으며, 측정 조건은 test option, return to start; pre test speed, 3 mm/sec; test speed, 1 mm/sec; post test speed, 3 mm/sec; distance, 45 mm; trigger force, 100 g이었다.

항산화성분 및 항산화활성

처리별 수수 첨가 건면의 항산화성분 및 항산화활성을 측정하기 위하여 동결건조 하여 분쇄된 시료 5 g을 취하여 80% 에탄올 50 mL를 첨가하여 50°C에서 24시간 동안 진탕추출(SK-71 Shaker, JEIO Tech, Kimpo, Korea)을 2회 실시한 다음 여과하여 감압농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 완전히 제거하였다. 여기에 80% 에탄올을 이용하여 재용해한 후 50 mL로 정용하여 제조된 각각의 수수첨가 건면의 에탄올 추출물을 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 처리별 수수 첨가 건면의 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(24). 추출물 50 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 50 µL를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, mg gallic acid equivalent(GAE)/g(dry basis)로 나타내었다. 총 탄닌 함량은 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na₂CO₃ 용액 1 mL와 1 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co.) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)로 표준물질로 검량선을 작성하여 mg tannic acid equivalent(TAE)/g(dry basis)로 나타내었다(25). 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO₂ 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 가하였다. 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(24). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하여 검량선을 작성하였으며, mg catechin equivalent(CE)/g(dry basis)으로 나타내었다.

수수 첨가 건면의 에탄올 추출물에 대한 항산화활성은

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co.) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich Co.) radical의 소거활성을 Choi 등(26)의 방법을 변형하여 측정하였다. DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical의 소거활성은 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulfate를 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical의 소거활성은 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/g(dry basis)으로 표현하였다. 또한 수수 첨가 국수의 항산화성분 및 항산화활성은 조리전과 조리후로 나누어 시행함으로써 조리에 따른 기능성 성분 변화를 같이 살펴보았다.

조리면의 관능검사

조리면의 관능검사는 각 처리별 건면을 1 L의 끓는 물에 40 g을 넣고 5분간 삶은 후 찬물에 급냉하여 건진 후 삶은 면을 물에 잠기도록 담아 관능검사요원에게 배포하여 실시하였다. 관능검사에 참여한 패널은 남 11명, 여 12명으로 총 23명이며, 나이는 20대 초반에서 50대에 이르기까지 다양하였다. 조리면의 배포 시 대조구인 밀가루면 국수를 가운데 두고 각 처리별 국수를 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% 밀가루 국수를 대조구(0)로 평가하였다. 관능검사 후 결과 통계처리는 SAS(version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan 다중검정으로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

첨가된 수수가루의 일반성분 및 항산화 활성

면 제조에 원료로 사용한 수수 '황금찰'과 '동안메'의 특성

Table 1. Chemical properties, antioxidants and radical scavenging activity of added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour

Variety	Protein (g/100 g)	Minerals compositions (mg/100 g)			Polyphenol ¹⁾	Tannin ²⁾	Radical scavenging activity ³⁾	
		K	Ca	Mg			DPPH	ABTS
Control	11.02±0.88 ⁴⁾	111.3±1.89	7.8±0.57	46.7±3.42	0.68±0.039	tr ⁵⁾	0.32±0.018	0.12±0.005
Hwanggumchal	9.88±0.80	134.3±1.05	8.5±0.09	50.8±1.51	14.9±0.04	4.7±0.18	7.5±0.03	13.9±0.21
Donganme	10.35±0.68	148.2±13.1	8.4±0.12	58.0±0.67	20.9±0.72	6.9±0.07	15.4±0.04	25.4±0.19

¹⁾mg gallic acid equivalent per gram sample. ²⁾mg tannic acid equivalent per gram sample. ³⁾mg Trolox equivalent per gram sample. ⁴⁾Each value is mean±SD (n=3). ⁵⁾trace.

을 검정한 결과 Table 1과 같이 나타났다. 건면에 사용된 밀가루의 단백질 함량은 11.02 g/100 g이었고, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 111.3, 7.8, 46.7 mg/100 g이었다. '황금찰'의 단백질 함량은 9.88 g/100 g이었고 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 134.3, 8.5 및 50.8 mg/100 g이었으며, '동안메'는 단백질 10.35 g/100 g, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 148.2, 8.4 및 58.0 mg/100 g으로서 '동안메'의 무기성분 함량이 '황금찰'에 비하여 높은 경향이였다. 80% 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 탄닌 함량을 측정된 결과 밀가루의 총 폴리페놀은 0.68 mg TAE/g, 탄닌은 검출되지 않았으며, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성은 0.32 mg TE/g와 0.12 mg TE/g으로 나타났다. '황금찰' 및 '동안메' 수수의 총 폴리페놀 함량은 각각 14.9 및 20.9 mg GAE/g, 탄닌은 각각 4.7 및 6.9 mg TAE/g이었으며, '황금찰' 및 '동안메' 수수의 DPPH 라디칼 소거활성은 각각 7.5 및 15.4 mg TE/g, ABTS 라디칼 소거활성은 각각 13.9 및 25.4 mg TE/g으로 고산화성 품종으로 신규로 육성된 '동안메'의 폴리페놀과 탄닌 함량이 '황금찰'에 비하여 1.4~1.5배, 항산화활성은 1.8~2.1배 높게 나타났다.

수수가루 첨가 건면의 일반 성분

품종 및 첨가비율이 다른 수수가루 첨가 건면의 수분, 조단백 및 무기성분 함량은 Table 2와 같다. 처리별 건면의 수분함량은 10.1~11.0%로 수수 첨가 건면은 대조구인 밀가루 건면과 뚜렷한 차이가 없었다. 단백질 함량은 대조구에 비하여 수수가루를 첨가한 건면에서 유의적으로 증가하였으나 품종에 따라서는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 무기성분 함량도 단백질 함량과 마찬가지로 대조구에 비하여 유

의적으로 증가하였고 품종간 차이는 뚜렷하지 않았으나 수수의 혼합비율이 증가함에 따라 Mg 함량이 증가하는 경향이였다. 이는 건면에 무기성분 함량이 높은 통수수 분말이 첨가됨으로써 건면의 무기성분 함량에 영향을 미친 것으로 생각된다.

수수가루 첨가 건면의 조리 및 품질특성

배유 특성이 서로 다른 수수 '황금찰' 및 '동안메' 가루를 첨가한 건면의 조리특성을 살펴보기 위하여 조리 후 면의 수분흡수율, 조리국물의 탁도 및 용출고형분을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 수수가루가 첨가된 면의 조리 후 수분흡수율은 197~224%로 대조구인 밀가루면의 209%와 유사한 수준이었으며 첨가농도가 늘어남에 따라 증가하는 경향이였다. 수분결합력은 시료와 수분의 친화성을 나타내는 것으로 시료의 전분 입자내 비결정형 부분이 많을수록 높아진다고 한다(27). 조리 시 국물의 탁도는 대조구에 비하여 수수가루 첨가 및 농도에 따라 증가하였다. 밀가루에 다른 분말을 첨가한 복합분 국수와 관련된 연구결과들을 살펴보면, 본 시험과 마찬가지로 첨가한 가루의 함량이 증가할수록 조리국물의 용출고형분 및 탁도가 증가한다는 보고가 많았다(20,21,23). Kong과 Lee(23)는 발아현미가루를 첨가한 국수를 조리한 결과 분말의 첨가량이 많아질수록 조리국물의 용출고형분이 증가하였고, Ahn과 Yun(20)은 마분말의 첨가량이 늘어날수록 조리된 국수의 무게, 부피 및 조리 후 국물의 탁도가 증가하였다고 보고하였다. 그러나 Kim 등(28)은 부추와 미나리 건조분말을 2.5%와 5.0% 첨가한 국수의 조리국물 탁도는 첨가된 분말량에 따라 다르게 나타나 2.5% 첨가 시는 대조구보다 감소하였으나 5.0% 첨가 시는

Table 2. Proximate and minerals compositions of dry noodles added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour

Variety	Addition rate (%) (w/w)	Proximate compositions (g/100 g)		Minerals compositions (mg/100 g)		
		Moisture	Protein	K	Ca	Mg
Control		10.6±0.12 ^{1)ab2)}	11.0±0.18 ^d	78.6±2.21 ^a	11.9±1.57 ^a	34.3±0.98 ^c
Hwanggumchal	5	10.1±0.48 ^b	11.9±0.35 ^{bc}	84.8±5.29 ^a	14.2±4.73 ^a	40.8±1.51 ^b
	10	10.6±0.17 ^{ab}	11.7±0.10 ^c	88.2±13.1 ^a	14.3±0.65 ^a	48.0±0.67 ^a
Donganme	5	11.0±0.13 ^a	12.3±0.06 ^a	80.4±1.68 ^a	12.8±0.39 ^a	41.5±1.50 ^b
	10	10.7±0.40 ^{ab}	12.1±0.03 ^{ab}	88.9±1.42 ^a	14.0±0.41 ^a	49.6±3.32 ^a

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾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 3. Cooking properties of cooked noodles added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour

Variety	Addition rate (%) (w/w)	Water absorption (%)	Turbidity of soup (A675 nm)	Cooking loss (%)
Control		209±3.6 ^{1)ab2)}	0.35±0.016 ^d	1.95±0.003 ^e
Hwanggumchal	5	207±5.1 ^{ab}	0.49±0.006 ^c	2.22±0.012 ^e
	10	224±15.3 ^a	0.60±0.043 ^a	2.43±0.005 ^a
Donganme	5	197±3.6 ^b	0.52±0.005 ^c	2.10±0.003 ^d
	10	207±11.2 ^{ab}	0.56±0.031 ^b	2.37±0.011 ^b

¹⁾Each value is mean±SD (n=5).

²⁾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 4. Effects of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour addition on the textural properties of dry noodle after cooking by tension test

Variety	Addition rate (%) (w/w)	Tension	
		Force (g)	Time (sec)
Control		9.05±0.723 ^{1)a2)}	16.46±5.575 ^a
Hwanggumchal	5	9.00±1.032 ^a	13.57±3.363 ^b
	10	8.82±1.156 ^a	12.30±4.525 ^b
Donganme	5	8.55±0.870 ^a	13.90±6.735 ^b
	10	8.14±0.952 ^b	11.49±3.465 ^c

¹⁾Each value is mean±SD (n=10).

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

증가하였다고 보고하여 제조 시 첨가되는 재료의 종류 및 형태에 따라 차이가 있는 것으로 생각되었다.

수수품종별 조리국물의 탁도는 '황금찰' 첨가 국수 0.49~0.60, '동안메' 첨가 국수 0.52~0.56, 조리손실율은 '황금찰' 첨가 국수 2.22~2.43%, '동안메' 첨가 국수 2.10~2.37%로 '황금찰'이 첨가된 국수에서 '동안메' 첨가 국수에 비하여 조리국물의 탁도 및 손실율이 더 높게 나타났다. 국수 조리국물의 탁도 및 손실율은 조리 동안 국수 겉 표면의 호화된 전분의 용해정도에 영향을 받는다고 알려져 있는데 (29,30), 찰성 곡류와 메성 곡류의 호화 및 용해에 관련된 연구결과를 보면, 멥쌀과 찰쌀가루의 호화양상은 초기호화 온도 및 호화피크, 호화엔탈피 모두 찰쌀에 비하여 멥쌀에서 높게 나타나서 찰쌀의 호화가 더 쉽게 일어나고(29), 호화 시 팽윤력과 용해도가 찰쌀의 전분이 더 높고 온도 증가에 따라 용해도가 더 증가하였다고 한다(30). 따라서 찰성을 나타내는 '황금찰' 수수가 첨가된 국수에서 메성 수수인 '동안메' 첨가에 비하여 국물의 탁도 및 조리손실율이 더 높게 나타난 것으로 생각되었다. 국물의 탁함 정도는 먹는 사람의 기호와 관련되는 지표로서 국물과 스프를 같이 넣고 끓이는 즉석면 등의 경우 국물의 탁도가 높을수록 조리 시 손실이

많을 뿐 아니라 기호성에서도 떨어지므로 수수가루 첨가 복합면의 개발 시 고려해야 할 지표로 판단된다.

수수 첨가 건면의 texture를 측정하기 위하여 끓는 물에서 동일시간 동안 조리한 시료에 대해 force 및 time의 값을 측정한 결과는 Table 4에 나타났다. 여기서 time은 면선이 힘을 받기 시작해서 끊어질 때까지 걸리는 시간을 초로 나타낸 값이고, force는 면이 받은 최대의 힘을 수치로 나타낸 값이다. 대조구의 force 및 time의 값은 각각 9.05 g, 16.46 sec으로 나타났으며 수수가루 첨가량 및 품종에 따라 각각 8.14~9.00 g, 11.49~13.90 sec으로 나타나 대조구에 비하여 수수가루 첨가 국수에서 force의 평균값은 감소하는 경향이었으나, 통계적으로는 수수 '동안메' 10%를 첨가한 국수를 제외하고는 force 측정값에는 큰 차이가 없었으며, time은 수수가루 첨가국수에서 대조구보다 감소하였다. 수수 품종에 따라서는 찰수수인 '황금찰' 첨가 시보다 메수수인 '동안메' 첨가 시 첨가량에 따라 감소경향이 뚜렷하였다. 이는 글루텐이 존재하지 않는 수수가루를 첨가함으로써 밀가루 면에 비하여 인장도가 감소한 것으로 생각되며, Lee와 Jung(21)이 찰성과 메성 흑미가루를 첨가하여 국수를 제조해본 결과 찰성 흑미를 첨가하였을 경우 10% 정도 첨가하여도 대조와 별 차이가 없었으나 메성 흑미를 첨가하면 cutting force가 크게 감소하는 texture를 나타낸다고 하여 본 시험결과와 유사하였다.

수수 첨가 건면의 색도

'황금찰'과 '동안메' 수수가루를 첨가한 건면의 조리 전후 색도 변화를 측정한 결과는 Table 5와 같다. 조리 전 대조구의 명도(L-value), 적색도(a-value), 황색도(b-value) 값은 각각 84.42, 2.02 및 13.33으로 나타났으며, '황금찰수수' 5 및 10%, '동안메' 5 및 10% 첨가면의 L, a, b 값은 각각 71.09~67.07, 6.49~5.27 및 11.15~13.00으로 대조구와 유의적인($P<0.05$) 차이를 보였다. 수수가루 첨가량이 증가할수록 명도 및 황색도는 감소하는 경향을 보인 반면,

Table 5. Changes of Hunter's color values of cooked noodles added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour

Treatment	Variety	Addition rate (%) (w/w)	L-value (lightness)	a-value (redness)	b-value (yellowness)
Dry noodle	Control		84.42±0.244 ^{1)a2)}	2.02±0.072 ^f	13.33±0.220 ^a
	Hwanggumchal	5	67.07±0.687 ^e	6.49±0.125 ^b	13.00±0.203 ^b
		10	69.14±1.057 ^d	6.38±0.162 ^b	11.81±0.025 ^e
	Donganme	5	71.09±0.589 ^c	5.27±0.061 ^d	12.09±0.125 ^d
		10	69.83±0.236 ^d	5.35±0.072 ^d	11.15±0.150 ^f
	Cooked noodle	Control		84.42±0.244 ^b	2.02±0.072 ^g
Hwanggumchal		5	60.52±0.207 ^f	5.67±0.067 ^c	9.99±0.095 ^g
		10	56.30±0.186 ^h	6.86±0.116 ^a	9.69±0.083 ^h
Donganme		5	61.07±0.113 ^f	5.04±0.040 ^e	9.55±0.045 ^h
		10	57.61±0.021 ^g	5.65±0.017 ^c	8.09±0.119 ⁱ

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

적색도는 증가하는 경향을 보였다. 이는 붉은 계열 수수인 ‘황금찰’과 ‘동안메’ 분말의 첨가량이 증가할수록 적색도 값은 증가하고 명도 및 황색도 값은 감소하는 것으로 판단된다. 수수 품종별로는 ‘황금찰’ 첨가 건면의 적색도가 ‘동안메’ 첨가 건면보다 높게 나타나 ‘황금찰’ 가루의 첨가 시 국수의 색이 더 붉게 나타남을 알 수 있었다. 조리 후 대조구의 명도, 적색도, 황색도는 각각 84.42, 2.02 및 13.33으로 나타났으며, 수수분말 첨가 건면의 명도, 적색도, 황색도는 품종 및 첨가 농도별로 각각 56.30~61.07, 5.04~6.86 및 8.09~9.99로 대조구와 유의적인($P<0.05$) 차이를 보였다. 조리 후 대조구 및 수수분말 첨가 면의 명도 및 황색도는 조리전 면의 명도 및 황색도에 비해 낮게 나타났으며, 대조구와 가장 다른 색도를 나타내었던 적색도는 조리전과 유사한 경향으로 국수 내 포함되어 있는 수수의 적색 색소성 물질의 함량은 가열과 같은 조리과정에 크게 영향을 받지 않는 것으로 생각되었다.

수수가루 첨가 건면의 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량

품종별 수수가루 첨가 정도에 따른 건면의 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 6과 같다. 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 모두 대조구에 비하여 수수가루를 첨가한 구에서 첨가비율이 높을수록 증가하는 경향이었으며, 특히 탄닌의 함량은 대조구에 비하여 7~23배 증가하였다. 이는 수수가 곡류 중 페놀성 화합물 함량이 높을 뿐 아니라 다른 곡물에는 거의 없는 탄닌이 높은 수준으로 포함되어 있기 때문으로(3,4), 본 실험에 이용된 수수 분말 중에도 4.71~6.87 mg TAE/g 함유되어 있는 것으로 조사되었다(Table 1). 수수에 포함된 탄닌은 연구 초기에는 체내 소화흡수기작과 관련된 영양학적 분야에서 관심의 대상이었지만(12,13), 최근에는 축합형 탄닌의 HIV-1 virus의 저해효과(14), 면역력 증진을 통한 항암효과(15) 등 여러 가지 생리적 활성들이 밝혀지면서 기능성 물질로 새로이 주목받고 있다. 또한 첨가된 수수가 5~10% 수준이었음에도 불구하고 국수 중 phenolic compound의 증가가 뚜렷하였던 것은 첨가된 수수가루가 통곡이어서 유색수수 종피(pericarp) 부분에 축적된 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌성분이 도정으로 깎여 나가지 않고 남아있었기 때문으로 생각된다(31). 유색계열 수수의 추출물 중 phenolic compound에는 free

radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring이 있어 우수한 항산화력을 가지는데(32), Shi 등(8)은 이러한 항산화성분들은 lipoxygenase와 cyclooxygenase와 같은 산화효소를 저해함으로써 강력한 항산화효과를 나타내 활성산소 억제에 기여하고 있다고 보고하였다.

품종에 따라서는 동일한 양의 수수가루를 첨가하였을 때 ‘황금찰’에 비하여 ‘동안메’ 수수 첨가 시 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량이 더 증가하였는데, 폴리페놀의 경우 ‘황금찰’에 비해 동안메 첨가 시 3.7~4.1%, 탄닌 67.6~72.3%, 플라보노이드 33.5~101.6% 더 증가하였다. 이는 ‘동안메’ 수수가 수수 중 항산화성분 및 활성이 우수한 것을 특징으로 육성된 품종이라는 첨가된 수수의 특징이 건면의 제품특성에 그대로 반영된 결과로 생각된다.

수수가루 첨가 건면의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성

수수가루 첨가 건면의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성을 조리전 상태와 일정량의 끓는 물에 일정시간 동안 조리한 후로 나누어 측정하였다(Fig. 1). 밀가루 건면인 대조구의 경우 조리 전 DPPH radical 소거능은 3.240 mg TE/100 g, ‘황금찰’ 5 및 10% 첨가 시 각각 4.665 및 6.341 mg TE/100 g, ‘동안메’ 5 및 10% 첨가 시 7.847 및 10.189 mg TE/100 g으로 수수가루 첨가 농도가 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가하는 경향을 나타냈으며, 첨가된 수수가루 품종별로는 항산화성분이 높은 ‘동안메’ 첨가 시 ‘황금찰’에 비하여 더욱 증가하여서 처리별 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량과 같은 경향이였다. ABTS radical 소거능도 DPPH radical 소거능과 같은 경향이였으며, 라디칼 소거능은 DPPH 소거활성보다 높게 나타났다. 이러한 천연물의 항산화활성은 활성 radical에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다고 한다(33). 조리후 처리별 국수의 항산화활성은 조리 전 국수와 같은 경향으로 수수가루 첨가량이 증가할수록 증가하였고, 품종별로는 ‘동안메’ 수수 첨가 시 ‘황금찰’ 수수 첨가에 비해 DPPH radical 소거활성 18.1~24.7%, ABTS radical 소거활성 46.6~48.2% 증가하였다. 조리과정이 항산화활성에 미치는 영향을 살펴본 결과,

Table 6. Polyphenol, tannin and flavonoid contents of noodles added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour

Variety	Addition rate (%) (w/w)	Polyphenol ¹⁾	Tannin ²⁾	Flavonoid ³⁾
Control		678.74±3.989 ^{4)e5)}	3.51±3.372 ^d	256.75±6.767 ^c
Hwanggumchal	5	747.90±12.204 ^d	26.88±1.983 ^c	268.06±11.880 ^c
	10	813.87±9.192 ^b	47.56±0.805 ^b	548.55±2.908 ^b
Donganme	5	786.44±5.995 ^c	46.33±0.682 ^b	540.37±6.767 ^b
	10	844.01±16.79 ^a	79.70±1.502 ^a	732.15±21.879 ^a

¹⁾µg gallic acid equivalent per gram sample. ²⁾µg tannic acid equivalent per gram sample. ³⁾µg catechin equivalent per gram sample.

⁴⁾Each value is mean±SD (n=3).

⁵⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

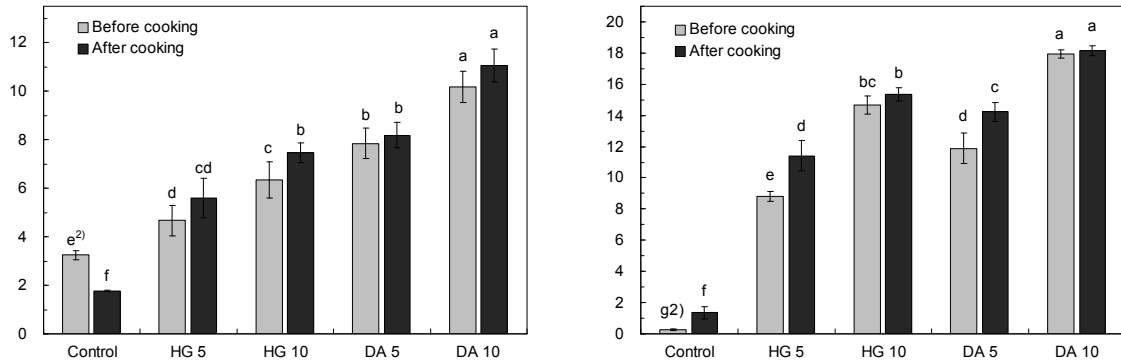


Fig. 1. DPPH and ABTS radical scavenging activities of noodles added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour before and after cooking. HG 5, noodle added with sorghum flour of Hwanggumchal 5%; HG 10, noodle added with sorghum flour of Hwanggumchal 10%; DA 5, noodle added with sorghum flour of Donganmel 5%; DA 10, noodle added with sorghum flour of Donganmel 10%. ¹mg Trolox equivalent per 100 gram sample. ²Values with different letters are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple ranged tests.

Table 7. Sensory evaluation of cooked noodles from added with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggumchal and Donganme) flour

Variety	Addition rate (%) (w/w)	Appearance	Color	Taste	Texture	Overall eating quality
Hwanggumchal	5	1.04±0.878 ^{1) b2)}	0.57±1.121 ^{ab}	0.61±0.722 ^a	0.70±1.222 ^a	0.74±0.915 ^a
	10	1.65±0.935 ^a	1.26±1.176 ^a	0.39±1.340 ^a	0.57±1.409 ^a	0.65±1.265 ^a
Donganme	5	0.22±1.204 ^c	0.13±1.201 ^b	0.52±1.201 ^a	0.30±1.222 ^a	0.35±1.071 ^a
	10	0.83±1.072 ^b	0.57±0.898 ^{ab}	0.52±0.898 ^a	0.61±1.373 ^a	0.74±0.915 ^a

Sensory evaluation value of control: 0.

¹)Each value is mean±SD (n=3).

²)Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

조리 후 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 조리 전에 비하여 10.9~11.2% 더 증가하였으며, 이는 첨가된 수수 분말내 항산화활성이 조리 후에도 유지될 뿐 아니라 가열반응에 의하여 오히려 DPPH 및 ABTS radical 소거활성이 증가되었기 때문으로 생각된다. Woo 등(34)은 두부 제조 시 황금찰 수수가루를 첨가한 두부에서 첨가량의 증가에 따라 항산화활성이 유의적으로 증가하였다고 하였으며, Ko 등(35)은 볶음시간에 따른 수수차의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성을 측정 한 결과 5~7분까지는 볶음시간이 증가할수록 활성도 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하여 본 연구결과와 유사하여서 수수가 가지고 있는 항산화활성은 열에 상당히 안정적일 뿐 아니라 오히려 증가하는 결과로 수수를 첨가한 가공제품 개발에 유리한 특성으로 나타났다.

조리면의 관능검사

수수가루가 첨가되지 않은 밀가루 건면을 대조구로 0점, 매우 좋음에서 매우 나쁨을 3점에서 -3점으로 나누어 외관, 색, 조직감, 맛, 전체적 기호도 등을 평가한 결과는 Table 7과 같다. 외관과 색감은 '황금찰' 수수를 10% 첨가한 국수에서 가장 양호하였고, 조직감은 '동안메' 수수를 5% 첨가한 국수에서 낮은 값을 나타내었으나 통계적인 유의성이 없었다. Table 7에 나타난 texture 조사 결과에 의하면 수수의

첨가에 따라 면의 점탄성이 떨어지는 경향이었으나, 관능검사 시 조직감은 메밀면처럼 유색의 약간 끊어지는 texture를 오히려 좋게 생각하는 요원들도 많아 조직감에 있어 대조구와 통계적인 차이가 나타나지 않은 것으로 생각되었다. 전체적인 기호도에서는 연령대가 다양하였기 때문에 개인간 편차가 큰 편으로 처리 간에 차이가 없었고 모든 처리에서 대조군인 밀가루 100%로 제조한 국수보다 기호성이 증가하는 것으로 나타났다.

요 약

항산화성 높은 수수의 식품으로서의 이용기술을 개발하고 기능성 국수 소재로서의 가능성을 평가하고자, 배유특성과 항산화활성이 서로 다른 수수 '황금찰'과 '동안메'를 5%, 10% 첨가한 밀가루 복합분으로 만들어진 건면을 대상으로 이화학적 특징, 조리 특성 등의 품질과 항산화활성 등의 생리활성을 평가하였다. 조리 시 국물의 탁도는 대조구에 비하여 수수가루가 첨가된 건면의 조리국물에서 수수 첨가 농도에 따라 증가하였으며, 품종별로는 찰수수인 '황금찰'이 첨가된 국수에서 메수수인 '동안메' 첨가국수에 비하여 조리국물의 탁도 및 손실율이 높게 나타났다. 처리별 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량은 대조구에 비하여 수수가루를 첨가

한 수수에서 첨가비율이 높을수록 증가하였으며, 탄닌의 함량은 대조구에 비하여 7~23배 증가하였다. 수수 품종에 따라서는 '황금찰'에 비하여 '동안메' 수수 첨가 시 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량이 각각 3.7~4.1, 67.6~72.3 및 33.5~101.6% 증가하였고 DPPH 및 ABTS radical 소거활성도 처리별 페놀성 물질 함량과 동일한 경향을 나타내어 '동안메' 수수 10% 첨가 시 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 각각 10.189 및 17.950 mg TE/100 g으로 가장 높은 활성을 나타내었다. 수수가루 첨가 건면의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 조리 전에 비하여 조리 후에는 10.9~11.2% 더 증가하였으며, 처리별로는 조리전과 동일한 경향으로 수수 분말내 항산화활성이 조리 후에도 유지될 뿐 아니라 가열반응에 의하여 오히려 증가되는 것으로 나타났다. 관능평가에서는 색과 외관이 '황금찰' 첨가 시 높은 값을 나타내었으나, 맛과 전체적인 기호도는 처리 간에 차이가 없었고 모든 처리에서 대조군인 밀가루 100%로 제조한 국수보다 기호성이 증가하는 것으로 나타났다.

REFERENCES

1. Food and Agricultural Organization (FAO). 2011. FAOSTAT Agricultural database 2011. <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 impact 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 Bio 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. Shi H, Noguchi N, Niki E. 2001. Galvinoxyl method for standardizing electron and proton donation activity. *Methods Enzymol* 335: 157-165.
9. Grimmer HR, Parbhoo V, McGrath RM. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fraction from sorghum bicolor grain. *J Sci Food Agric* 59: 251-256.
10. 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.
11. 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.
12. Butler LG. 1992. Antinutritional effects of condensed and hydrolysable tannins. In *Plant Polyphenol: Synthesis, Properties and Significance*. Hemingway RW, Laks PE, eds. Plenum press, New York, NY, USA. p 693-698.
13. Nguz K, van Gaver D, Huyghebaert A. 1998. In vitro inhibition of digestive enzymes by sorghum condensed tannins [*Sorghum bicolor* L. (Moench)]. *Sci Aliments* 18: 507-514.
14. Chan DC, Kim PS. 1998. HIV entry and its inhibition. *Cell* 93: 681-684.
15. Ferreira D, Slade D. 2002. Oligomeric proanthocyanidins: naturally occurring O-heterocycles. *Nat Prod Rep* 19: 517-541.
16. Awika JM, Yang L, Browning JD, Faraj A. 2009. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *LWT-Food Sci Technol* 42: 1041-1046.
17. Sa YJ, 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 α -glucosidase by *Sorghum bicolor* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 42: 598-604.
18. 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.
19. Seong MH, Kwon DH. 2011. Survey on marketing of coarse grain. Research report P145. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea. p 81.
20. Ahn JW, Yoon JY. 2008. Quality characteristics of noodles added with *Dioscorea japonica* powder. *Korean J Food Sci Technol* 40: 528-533.
21. Lee WJ, Jung JK. 2002. Quality characteristics and preparation of noodles from brown rice flour and colored rice flour. *Korean J Culinary Research* 8: 267-278.
22. Lee YN, Kim YS, Song GS. 2000. Quality of dry noodle prepared with wheat flour and immature *Rubus coreanus* (bogbunja) powder composites. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 271-276.
23. Kong SH, Lee JS. 2010. Quality characteristics and changes in GABA content and antioxidant activity of noodle prepared with germinated brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 274-280.
24. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
25. 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.
26. 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.
27. Konik-Rose CM, Moss R, Rahman S, Appels R, Stoddard F, McMaster G. 2001. Evaluation of 40 mg swelling test for measuring starch functionality. *Starch* 53: 14-20.
28. Kim CB, Kim SH, Kim MY, Yoon JT, Cho RK. 2002. Effects of addition of leak and dropwort powder on the quality of noodles. *Korean J Food Preserv* 9: 36-41.
29. Kim KA. 1996. Physicochemical properties of nonwaxy and waxy brown rice flour. *Korean J Soc Food Sci* 12: 557-561.
30. Lii CY, Shao YY, Tseng KH. 1995. Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem* 72: 393-400.

31. 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 methanolic extracts from milling fractions of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1695-1699.
32. Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48: 115-119.
33. 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.
34. Woo KS, Ko JY, Seo MC, Song SB, Oh BG, Lee JS, Kang JR, Nam MH. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1746-1752.
35. Ko JY, Woo KS, Song SB, Seo HI, Kim HY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS. 2012. Physicochemical characteristics of sorghum tea according to milling type and pan-fried time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1546-1553.