

찰수수 및 메수수 첨가 밥의 취반특성과 항산화활성

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

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

Cooking Properties and Antioxidant Activity of Cooked Rice According to the Addition of Glutinous and Non-glutinous Sorghum

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

Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Gyeongnam 627-803, Korea

ABSTRACT The purpose of this study was to evaluate the physicochemical characteristic of the cooked rice added with glutinous and non-glutinous sorghum. The sorghum cultivars were *Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggeumchal, Nampungchal (glutinous), and Donganme (non-glutinous), and rice cultivar was Ilpum rice. The cooking properties and pasting characteristics of cooking rice adding with sorghum according to varieties and different addition rates evaluated. The cooking properties and pasting characteristics had significant changes with the varieties and different addition rates of sorghum. With increased addition rates of sorghum, the pasting temperature, peak viscosity, trough viscosity, breakdown viscosity, and final viscosity were decreased. With increased addition rates of sorghum, the total polyphenol and flavonoid contents before and after cooked rice were increased. Total polyphenol contents of 30% addition rates before cooking rice with Hwanggeumchal, Nampungchal, and Donganme sorghum were 1,693.30, 1,890.98 and 2,386.11 µg/g sample, whereas those after cooking rice with sorghum were 1,189.28, 1,190.42 and 1,397.87 µg/g sample, respectively. The high level of DPPH radical scavenging activity before and after cooking rice with sorghum were 126.29 and 70.58 mg TE/100g sample in the Donganme in 30% addition rates. Also, ABTS radical scavenging activity was 135.56 and 83.12 mg TE/100g sample, respectively. The results of this study show that the addition of sorghum can make cooked rice improved antioxidant activity.

Keywords : sorghum, glutinous, non-glutinous, pasting characteristics, radical scavenging activity

우리나라의 식생활에서 밥은 농경사회의 시작과 함께 오 늘에 이르기까지 주식으로 널리 상용되고 있으며(Han & Pyo, 2008), 주식인 밥과 더불어 다양한 영양소가 함유된 반찬으로 구성되어 식습관에서 유래되는 생활습관병의 예방에 효과적인 것으로 알려져 있다(Ahn & Ha, 2010). 1970 년도 중반까지 국가정책으로 주 1회 반드시 쌀밥에 보리 등 잡곡을 섞어 먹도록 하였으나, 1976년부터 쌀의 자급자족 이 달성되어 쌀밥의 소비가 증가하였다(Son, 2001). 그러나 최근 급속한 경제성장과 식생활의 서구화로 주식인 쌀의 소비량은 감소하고 있으며, 특히 최근 10년간 약 20%까지 감소하는 추세에 있다(Son *et al.*, 2013). 일반적으로 밥을 지 어먹을 때 쌀은 보통 백미를 많이 이용하고 있으며, 도정 비율이 높아질수록 비타민, 무기질 및 섬유질의 손실이 발생 한다(Jang *et al.*, 2012). 백미의 영양학적 단점은 잡곡류 또는 두류 등을 혼합하여 보충효과를 얻을 수 있으며, 각종 필수영양소와 생리활성 물질들을 다양하게 얻을 수 있는 장점이 있다(Lim *et al.*, 2003). 따라서 최근에는 건강에 대한 관심 증가로 쌀밥 위주의 식단에서 잡곡류 혹은 두류 등을 혼합한 잡곡밥의 섭취량이 늘고 있다(Jung *et al.*, 2010).

잡곡은 식이섬유, 저항전분, 올리고당 등 탄수화물의 좋은 공급원으로 대장질환 등의 소화기계 질환에 효과적인 것으로 보고되었다(Lee *et al.*, 2006). 잡곡밥에 많이 사용되는 콩의 이소플라본, 보리의 β-글루칸과 tocopherol류를 비롯한 각종 생리활성물질들은 체내에서 항산화, 면역 증대 등 다양한 효과를 나타낼 수 있다(Jeong *et al.*, 2005; Ryu & Moon, 2003). 또한 잡곡류는 성인병 예방에 필요한 식이섬유, 비

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-320-1269 (E-mail) wooks@korea.kr

<Received 20 August, 2013; Revised 6 October, 2013; Accepted 29 October, 2013>

타민, 미네랄이 쌀에 비해 다량 함유되어 있는 영양식품으로(Kim & Lee, 2006), 열악한 환경에서도 잘 자라는 강한 내성을 지니고 있어 다량의 생리활성물질을 함유한다(Jang *et al.*, 2012). 많은 잡곡 중에 수수(*Sorghum bicolor* L. Moench)는 북아프리카와 아시아에 걸쳐서 식용으로 재배되고 있는 작물로서(Kim *et al.*, 2012) 열대 아프리카가 원산지로서 가뭄 방지 작물이라고 불릴 정도로 건조한 환경에서 잘 자라는 특징을 가지고 있다. 또한 밀, 벼, 보리, 옥수수 다음으로 수확량이 많은 작물로 알려져 있으며(Ryu *et al.*, 2006), 우리나라뿐만 아니라, 일본, 중국, 인도, 중남미에서는 술, 과자, 떡, 엿 등의 다양한 형태로 섭취하고 있다. 수수의 주요 생리활성 성분으로는 tannin, phenolic acid, antocyanin, phytosterol, policosanol 등으로(Awika *et al.*, 2004; Dykes & Rooney, 2006), 특히 수수에 많이 함유되어 있다고 알려져 있는 tannin은 항산화활성에 영향을 미치는 것으로 보고되어진 바 있다(Dykes *et al.*, 2005). 최근 수수의 도정 부위별 항산화성에 관한 연구(Woo *et al.*, 2010)와 저온 초미분쇄 수수가루의 특성(Kim *et al.*, 2012), 수수가루 첨가 두부(Woo *et al.*, 2009) 등 수수의 항산화활성과 가공성에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

수수는 항산화활성 등 생리적 기능성이 높은 식량자원으로 밥에 혼합하여 먹는 잡곡밥에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 찰수수와 메수수를 혼합하여 밥을 지은 잡곡밥의 일반성분, 취반특성, 호화특성, 항산화성분 및 항산화활성 등의 이화학적 특성을 검정하여 수수 첨가에 따른 잡곡밥의 우수성을 입증하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 원료의 특성 분석

본 시험에 사용된 수수는 2012년 농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부(밀양 소재)에서 재배된 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수를 사용하였으며, 쌀은 2012년 경북 상주에서 생산된 일품쌀을 구입하여 냉장고에 보관하면서 사용하였다. 수수는 시험용 도정기(Ssang Yong Machine Ind., Incheon, Korea)를 이용하여 20%를 도정하여 분석 및 취반용 시료로 사용하였으며, 시료의 분쇄는 Pin-type Mill(DK201, Sejung Tech, Daegu, Korea)을 이용하여 4,600 rpm으로 분쇄하였다. 시료의 수분함량은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였으며, 조단백질 함량은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 분석하였고 조지방 함량은 soxhlet 방법으로 분석하였고 회분함량은 550°C 직접회화법으로 측정하였다. 조단백질함량

은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 정량하였다. 무기성분은 직접회화법을 이용하여 전처리하고 ICP(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등을 분석하였다.

취반특성 및 Rapid Visco-Analyzer(RVA) 호화 특성 측정

수수 첨가 잡곡밥의 취반특성을 검정하기 위하여 5, 10, 15, 20, 25, 30%를 수수로 대체하여 취반하여 특성을 검정하였다. 시료의 취반에 따른 점도, 경도, 탄력성 등의 물리적 특성은 식미측정기(RHS1A, Satake Co., Hiroshima, Japan)를 이용하여 물로 5회 세척한 후 20분 침지하고 30분 증자 및 10분간 뜸을 들인 후 분석하였다. 수수 첨가 잡곡밥의 호화특성 또한 5, 10, 15, 20, 25, 30%를 수수로 대체하여 신속점도측정계(Rapid Visco-Analyzer, Newport Scientific, Sydney, Australia)로 점도변화를 측정하였다(Woo *et al.*, 2011). 즉, 쌀가루(대조구), 수수가루만, 또는 쌀과 수수가루를 혼합한 시료 3.5 g(14% moisture basis)을 증류수에 분산시켜 25 mL로 조제한 시료를 RVA cup에 넣고 50°C에서 1분간 유지한 후 분당 12.16°C 속도로 95°C까지 증가시켰으며 95°C에서 2.5분간 유지시킨 후 다시 11.84°C의 속도로 50°C로 냉각시켜 측정하였다. 이로부터 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough, 95°C에서 2.5분 후의 점도), 강하점도(breakdown viscosity), 50°C로 냉각후의 최종점도(final viscosity), 치반점도(setback viscosity), 호화시간(peak time) 및 호화온도(pasting temperature) 등을 측정하였다(Kim *et al.*, 2012).

수수 첨가 잡곡밥 에탄올 추출물의 항산화성분 분석

찰수수와 메수수 첨가 잡곡밥의 항산화성분 및 항산화활성 측정하기 위하여 일정 비율로 혼합한 수수 첨가 밥의 취반 전후의 시료를 동결건조(FDT-8612, OPERON, Kimpo, Korea)하고 분쇄기(vibrating sample mill, CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 추출용 시료로 사용하였다. 분쇄된 시료 20 g을 80% 에탄올 100 mL을 첨가하여 50°C에서 24시간동안 진탕추출(SK-71 Shaker, Jeio Tech, Kimpo, Korea)을 2회 실시한 다음 여과하여 감압농축기(Eyela N-1000, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 완전히 제거하였다. 여기에 추출용매로 재용해한 후 200 mL로 정용하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto

et al., 2002). 추출물 50 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μL 를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, μg gallic acid equivalent(GAE)/g sample(dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 μL 에 증류수 1 mL와 5% NaNO_2 75 μL 를 가한 다음, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μL 를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 μL 를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Dewanto *et al.*, 2002). 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, μg catechin equivalent(CE)/g sample(dry basis)로 나타내었다.

수수 첨가 잡곡밥 에탄올 추출물의 radical 소거활성 검정

수수 첨가 잡곡밥 에탄올 추출물에 대한 radical 소거활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS (2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거활성을 Choi *et al.*(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. DPPH radical의 소거활성은 0.2mM DPPH용액(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 ABTS과 2.6 mM potassium persulphate을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 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 μL 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 시료 100 g(dry basis) 중의 mg Trolox equivalent(TE)로 표현하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 통계분석은 SAS

version 9.2(statistical analysis system, SAS Institute, Cary, NC, USA) program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

원료곡의 일반성분 및 무기성분 함량

본 시험에 사용된 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수와 쌀(일품)의 일반성분 및 무기성분의 함량을 분석한 결과 Table 1과 같이 나타났다. 수수의 수분 함량은 10.1~11.6 g/100 g로 나타났고 일품쌀은 14.2 g/100 g로 약간 높은 함량을 보였고 조단백질 함량은 황금찰이 10.3 g/100 g로 높았고 남풍찰이 7.5 g/100 g로 낮았으며, 일품쌀은 5.9 g/100 g으로 나타났다. 조지방 함량은 남풍찰이 3.1 g/100 g으로 약간 높았고 일품쌀은 0.2 g/100 g로 낮은 함량을 보였으며, 조회분 함량은 황금찰이 1.7 g/100 g으로 나타났고 일품쌀이 0.4 g/100 g으로 낮았다. Lee *et al.*(2010)의 보고에 따르면 충북 괴산에서 생산된 수수의 수분, 조회분, 조단백질 함량을 조사한 결과 각각 13.23, 1.13 및 10.98%로 보고하였으며, Woo *et al.*(2011)은 시중 유통 수수제품의 수분, 조회분, 조단백질 함량은 각각 12.09, 1.11 및 9.14 g/100 g으로 보고하여 유사한 함량을 보이는 것으로 조사되었다. Lee *et al.*(2007)은 일품의 정조에서 조단백질 6.08%, 조지방 2.08% 및 회분 4.56%로 보고하였는데 이는 제현과 도정유무에 의한 차이로 생각된다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 등의 무기성분 함량은 수수 품종별로 약간의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 수수의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 황금찰이 각각 939.0, 46.5 및 503.7 mg/100 g으로 높게 나타났고 나트륨 함량은 남풍찰이 28.1 mg/100 g으로 가장 낮았다. 일품쌀의 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 함량은 각각 185.2, 25.7, 81.0 및 16.0 mg/100 g의 함량을 보여 나트륨을 제외하고 수수에 비해 낮은 함량을 보였다. Lee *et al.*(2010)의 연구에서는 칼륨, 칼슘 및 나트륨 함량이 각각

Table 1. Proximate and mineral composition of sorghum varieties and Ilpum rice.

Variety	Proximate composition (g/100 g)				Mineral composition (mg/100 g)			
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	K	Ca	Mg	Na
Ilpum	14.2 \pm 0.24 ¹⁾	5.9 \pm 0.12	0.2 \pm 0.14	0.4 \pm 0.07	185.2 \pm 2.85	25.7 \pm 1.39	81.0 \pm 5.36	16.0 \pm 0.08
Hwaggumchal	10.2 \pm 0.00	10.3 \pm 0.06	2.6 \pm 0.08	1.7 \pm 0.03	939.0 \pm 30.25	46.5 \pm 1.10	503.7 \pm 15.90	9.9 \pm 4.72
Nampungchal	11.6 \pm 0.08	7.5 \pm 0.09	3.1 \pm 0.09	1.5 \pm 0.13	808.9 \pm 22.58	39.9 \pm 2.24	497.4 \pm 42.32	28.1 \pm 6.55
Donganme	10.1 \pm 0.03	9.0 \pm 0.06	2.5 \pm 0.05	1.4 \pm 0.03	813.1 \pm 14.91	36.8 \pm 1.72	415.8 \pm 11.91	18.1 \pm 2.92

¹⁾ Each value is mean \pm SD (n=3).

261.88, 9.38 및 6.77 mg/100 g으로 보고하였으며, Woo *et al.*(2011)의 연구에서는 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 함량이 각각 42.35, 6.99, 21.41 및 4.83 mg/100 g으로 보고하여 본 연구결과와 차이를 보였는데 이는 생산년도, 품종, 도정정도 등의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

수수 첨가에 따른 취반특성

수수 첨가량을 달리하여 취반에 따른 경도(Hardness), 점도(Viscosity), 밸런스(Balance) 및 탄력성(Elasticity) 등의 물리적 특성을 분석한 결과 Table 2와 같이 나타났다. Satake 식미측정기는 경도, 점도, 밸런스 및 탄력성 등을 고 품질 쌀을 기준으로 측정하는 방식으로 수치를 산출하는 장치로 기준이 되는 쌀의 이상적인 수치는 각각 4, 0.2, 0.2 및 0.05로 표시된다(Woo *et al.*, 2011). 본 시험에 앞서 대조구로 사용한 일품쌀의 경도, 점도, 밸런스 및 탄력성의 점수는 각각 3.35, 0.41, 0.12 및 0.68로 비교적 높은 점수를 보였다.

황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 경도는 각각 8.17, 4.92 및 16.88로 동안메가 높게 나타났고 남풍찰이 낮았으며, 점도는 각각 0.78, 0.59 및 0.19로 황금찰이 높게 나타났고 동안메가 낮았다. 수수 첨가량을 달리한 수수밥의 취반 후 물리적 특성을 식미측정기를 이용하여 분석한 결과 경도와 점도는 전체적으로 수수의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 경도에 있어서 대조구인 일품쌀밥의 값과 유사한 값을 보인 처리는 황금찰의 경우 10%까지, 남풍찰은 25%까지, 동안메는 10% 첨가군까지 유의적인 차이를 보이지 않았다. 점도의 경우는 첨가량이 적은 처리군에서는 약간 감소하는 경향을 보이다가 수수 첨가군은 20% 첨가 이후에는 약간 증가하는 경향을 보였다. 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 밸런스는 각각 0.10, 0.12 및 0.01로 남풍찰이 높게 나타났고 동안메가 낮았으며, 탄력성은 각각 0.71, 0.67 및 0.83로 동안메가 높게 나타났고 남풍찰이 낮았다. 수수 첨가량을 달리한 수수밥의 밸런스는 황금찰, 남

Table 2. Cooking properties of cooking rice adding sorghum according to varieties and different addition rates.

Variety	Addition rates (%)	Hardness	Viscosity	Balance	Elasticity
Ilpum		3.35±0.69 ^{kl}	0.41±0.11 ^{defgh}	0.12±0.03 ^{ab}	0.68±0.02 ^{bc}
Hwaggumchal	5	3.43±0.28 ^{1 jkl2)}	0.31±0.05 ^h	0.09±0.01 ^{fg}	0.67±0.03 ^{bc}
	10	3.88±0.39 ^{fghijkl}	0.37±0.06 ^{fgh}	0.10±0.02 ^{defg}	0.65±0.02 ^c
	15	4.05±0.20 ^{efghijk}	0.42±0.07 ^{defgh}	0.10±0.02 ^{bcdefg}	0.68±0.02 ^{bc}
	20	4.13±0.52 ^{efghij}	0.41±0.10 ^{defgh}	0.10±0.02 ^{cdefg}	0.66±0.03 ^c
	25	4.23±0.58 ^{defghi}	0.46±0.13 ^{cdef}	0.11±0.02 ^{bcdefg}	0.68±0.02 ^{bc}
	30	4.28±0.36 ^{defgh}	0.43±0.09 ^{cdefg}	0.10±0.02 ^{cdefg}	0.65±0.02 ^c
	100	8.17±0.61 ^b	0.78±0.19 ^a	0.10±0.02 ^{defg}	0.71±0.02 ^b
Nampungchal	5	3.28±0.43 ^l	0.33±0.07 ^{gh}	0.10±0.02 ^{cdefg}	0.66±0.02 ^c
	10	3.47±1.00 ^{jkl}	0.42±0.18 ^{defgh}	0.11±0.05 ^{bcdef}	0.68±0.03 ^{bc}
	15	3.51±0.14 ^{ijkl}	0.34±0.13 ^{gh}	0.10±0.02 ^{cdefg}	0.66±0.01 ^c
	20	3.68±0.46 ^{hijkl}	0.43±0.10 ^{defgh}	0.12±0.02 ^{abcd}	0.67±0.02 ^c
	25	3.72±0.40 ^{ghijkl}	0.46±0.08 ^{cdef}	0.14±0.02 ^a	0.69±0.01 ^{bc}
	30	4.03±0.37 ^{efghijkl}	0.51±0.11 ^{bcd}	0.11±0.02 ^{bcdef}	0.68±0.03 ^{bc}
	100	4.92±0.46 ^d	0.59±0.10 ^b	0.12±0.02 ^{abc}	0.67±0.02 ^c
Donganme	5	3.48±0.37 ^{ijkl}	0.37±0.08 ^{fgh}	0.11±0.02 ^{bcdefg}	0.68±0.02 ^{bc}
	10	3.84±0.34 ^{fghijkl}	0.39±0.11 ^{efgh}	0.10±0.02 ^{bcdefg}	0.67±0.01 ^c
	15	4.63±0.36 ^{de}	0.54±0.15 ^{bc}	0.12±0.03 ^{abcde}	0.66±0.04 ^c
	20	4.43±0.35 ^{defg}	0.41±0.08 ^{defgh}	0.09±0.02 ^{efg}	0.67±0.02 ^{bc}
	25	4.54±1.43 ^{def}	0.47±0.10 ^{cdef}	0.09±0.01 ^{defg}	0.62±0.15 ^d
	30	5.77±0.67 ^c	0.50±0.12 ^{bcde}	0.09±0.02 ^g	0.66±0.02 ^c
	100	16.88±2.17 ^a	0.19±0.05 ⁱ	0.01±0.00 ^h	0.83±0.01 ^a

¹⁾ Each value is mean±SD (n=3×3). 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.

풍찰 및 동안메에서 각각 0.09~0.11, 0.10~0.14 및 0.09~0.12로 큰 차이를 보이지 않았으며, 탄력성 또한 각각 0.65~0.68, 0.66~0.69 및 0.62~0.68로 큰 차이를 보이지 않았다. 이상의 결과에서 식미측정기를 이용하여 취반 후 물리적 특성을 조사한 결과 기준이 되는 쌀에 비해 수수의 취반 후 경도, 점도, 탄력성 등은 비교적 높은 수치를 보여 식감에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 생각된다(Woo *et al.*, 2011).

수수 첨가에 따른 호화특성

수수 첨가량을 달리한 품종별 수수밥의 호화특성을 신속 점도측정계(RVA)를 사용하여 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(breakdown viscosity), 최종점도(final viscosity), 치반점도(setback viscosity), 호화

시간(peak time) 및 호화온도(pasting temperature) 등을 측정한 결과 Table 3과 같이 품종과 첨가량에 따라 호화양상에 차이가 있음을 알 수 있었다. 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 호화온도(pasting temperature)는 각각 77.13, 74.78 및 86.68℃로 나타났고 일품쌀은 85.93℃로 메성과 찰성에 따라 온도가 차이가 있었다. 수수 첨가밥의 호화온도는 황금찰, 남풍찰 수수의 경우 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였고 동안메는 20%까지 감소하는 경향을 보이다가 이후 증가하는 것으로 나타났다. 호화시간(peak time)은 황금찰이 6.40분으로 가장 길었고 남풍찰이 4.27분으로 짧았으며, 일품쌀은 6.20분으로 나타났고 수수 첨가밥의 경우 수수 첨가량이 증가할수록 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. 일품쌀의 최고점도(peak viscosity)는 190.75 RVU이

Table 3. Pasting characteristics of before cooking rice adding sorghum according to varieties and different addition rates.

Variety	Addition rates (%)	Peak viscosity (RVU ¹⁾)	Trough viscosity (RVU)	Breakdown ²⁾ (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback ³⁾ (RVU)	Peak Time (min)	Pasting Temp. (°C)
Ilpum		190.75±6.96 ^a	130.29±2.77 ^a	60.46±4.19 ^{ab}	225.79±2.77 ^a	35.04±4.19 ^{efgh}	6.20±0.10 ^{abcdef}	85.93±0.60 ^{abcd}
Hwaggumchal	5	174.92±0.59 ⁴⁾⁵⁾	111.04±2.53 ^{bcd}	63.88±1.94 ^a	201.67±1.77 ^{def}	26.75±1.17 ^{ghi}	6.20±0.00 ^{abcdef}	82.60±1.56 ^{abcde}
	10	169.92±3.42 ^{bc}	109.42±8.49 ^{bcd}	60.50±5.06 ^{ab}	195.84±7.66 ^{efg}	25.92±4.24 ^{hi}	6.30±0.14 ^{abc}	81.48±2.23 ^{abcde}
	15	164.96±0.30 ^{cde}	109.84±7.54 ^{bcd}	55.13±7.84 ^{abc}	191.92±2.95 ^{fgh}	26.96±3.24 ^{ghi}	6.23±0.14 ^{abcde}	80.08±0.39 ^{abcde}
	20	158.71±2.42 ^{def}	104.63±3.71 ^{bcd}	54.09±1.29 ^{abcd}	186.79±3.13 ^{ghi}	28.08±0.71 ^{fghi}	6.00±0.10 ^{fg}	78.43±2.65 ^{cde}
	25	155.50±4.84 ^{efg}	105.54±5.60 ^{bcd}	49.96±0.76 ^{bcd}	185.63±4.42 ^{ghi}	30.13±0.42 ^{fgh}	6.07±0.00 ^{defg}	78.25±2.69 ^{cde}
	30	144.38±10.3 ^{hi}	98.42±8.96 ^{def}	45.96±1.36 ^{cdefghi}	173.75±10.4 ⁱ	29.38±0.06 ^{fgh}	5.97±0.05 ^g	79.58±1.10 ^{bcde}
	100	86.00±0.35 ^k	83.09±0.47 ^g	2.92±0.83 ^l	104.38±1.00 ^j	18.38±1.35 ⁱ	6.40±0.10 ^a	77.13±0.67 ^{de}
Nampungchal	5	153.67±10.4 ^{fgh}	111.83±8.49 ^{bcd}	41.84±1.89 ^{efghi}	200.71±11.3 ^{def}	47.05±0.88 ^d	6.37±0.05 ^{ab}	88.05±1.20 ^{ab}
	10	156.84±2.00 ^{def}	105.09±1.53 ^{bcd}	51.75±3.54 ^{bcde}	193.63±1.12 ^{fgh}	36.79±3.13 ^{efg}	6.17±0.05 ^{bcdefg}	84.13±2.65 ^{abcd}
	15	156.88±3.12 ^{def}	109.79±3.48 ^{bcd}	47.08±0.35 ^{cdefgh}	195.00±3.07 ^{efg}	38.13±0.06 ^{def}	6.33±0.00 ^{abc}	80.48±2.37 ^{abcde}
	20	140.54±4.54 ⁱ	91.17±17.4 ^{efg}	49.38±12.9 ^{cdef}	173.34±17.8 ⁱ	32.80±13.3 ^{efgh}	6.03±0.14 ^{efg}	80.25±5.94 ^{abcde}
	25	142.50±3.78 ⁱ	107.21±3.95 ^{bcd}	35.30±0.18 ^{ij}	184.67±3.18 ^{ghi}	42.17±0.59 ^{de}	6.23±0.14 ^{abcde}	77.48±0.18 ^{de}
	30	144.92±1.89 ^{hi}	108.75±5.30 ^{bcd}	36.17±7.19 ^{hij}	181.13±0.53 ^{hi}	36.21±1.36 ^{efg}	6.20±0.18 ^{abcdef}	77.48±1.66 ^{de}
	100	113.96±1.71 ^j	85.67±3.06 ^{fg}	28.30±4.77 ^{jk}	112.58±3.89 ^j	17.96±0.88 ⁱ	4.27±0.00 ⁱ	74.78±0.46 ^e
Donganme	5	166.55±2.65 ^{bcd}	118.21±0.30 ^b	48.34±2.95 ^{cdefg}	223.75±1.06 ^{ab}	57.21±1.59 ^c	6.23±0.14 ^{abcde}	88.98±0.39 ^a
	10	157.55±4.42 ^{def}	116.17±1.41 ^{bc}	41.38±3.01 ^{efghi}	222.59±1.18 ^{ab}	65.04±3.24 ^{bc}	6.30±0.04 ^{abc}	89.05±1.20 ^a
	15	153.63±0.42 ^{fgh}	111.75±1.17 ^{bcd}	41.88±1.59 ^{efghi}	219.00±1.41 ^{abc}	65.38±1.83 ^{bc}	6.27±0.09 ^{abcd}	79.95±10.8 ^{abcde}
	20	146.13±0.77 ^{ghi}	102.79±0.41 ^{cde}	43.34±1.18 ^{defghi}	210.67±1.06 ^{bcd}	64.54±0.30 ^{bc}	6.14±0.09 ^{cdefg}	81.38±9.65 ^{abcde}
	25	145.84±0.59 ^{ghi}	107.67±1.77 ^{bcd}	38.17±1.18 ^{ghij}	215.92±1.18 ^{abc}	70.09±0.59 ^b	6.20±0.00 ^{abcdef}	87.60±3.11 ^{ab}
	30	143.71±5.83 ^{hi}	104.00±3.30 ^{cde}	39.71±9.14 ^{fghi}	208.17±6.72 ^{cde}	64.46±12.6 ^{bc}	6.13±0.00 ^{cdefg}	85.68±3.22 ^{abcd}
	100	105.75±1.77 ^j	87.09±0.47 ^{fg}	18.67±1.29 ^k	190.00±0.35 ^{fgh}	84.25±2.12 ^a	5.44±0.05 ^h	86.68±1.17 ^{abc}

¹⁾ Rapid Visco Units.

²⁾ Peak viscosity minus trough viscosity.

³⁾ Final viscosity minus peak viscosity.

⁴⁾ Each value is mean±SD (n=3×3).

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.

있고 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수는 각각 86.00, 113.96 및 105.75 RVU로 일품쌀보다 낮은 값을 나타내었으며, 수수 첨가밥의 경우 수수 첨가량이 증가할수록 전체적으로 감소하였다. 수수 30% 첨가 밥의 경우 각각 144.38, 144.92 및 143.71 RVU로 품종별로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 최저점도(trough viscosity)의 경우 일품쌀은 130.29 RVU로 나타났고 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수는 각각 83.09, 85.67 및 87.09 RVU로 일품쌀보다 낮은 값을 나타내었다. 수수 첨가 밥의 경우 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 30% 첨가 밥은 각각 98.42, 108.75 및 104.00 RVU로 나타났다. 최고점도와 최저점도 정도의 차이로서 아밀로스 함량과 부의 상관관계를 가지며, 가공중의 열, 전단에 대한 저항성과 높은 상관성을 보이는(Chun *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2009) 강하점도(breakdown viscosity)의 경우 일품쌀은 60.46 RVU, 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수는 각각 2.92, 28.30, 18.67 RVU로 황금찰이 가장 낮았다. 수수 첨가 밥의 경우 5% 첨가 밥에서 각각 63.88, 41.84 및 48.34 RVU로 나타났고 30% 첨가 밥은 각각 45.96, 36.17 및 39.71 RVU로 나타나 수수 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 최종점도(final viscosity)의 경우 일품쌀이 225.79 RVU로 나타났고 수수는 일품쌀에 비해 낮았으며, 수수 중에는 동안메(190.00 RVU)가 높은 값을 보였다. 수수 첨가 밥의 경우 수수 첨가량이 증가함에 따라 감소하였으며, 수수 30% 첨가 밥에서 각각 173.75, 181.13 및 208.17 RVU로 동안메에 비해 황금찰과 남풍찰이 감소 정도가 큰 것으로 나타났다. 전분의 노화 경향을 반영하는 치반점도(setback viscosity)는 값이 클수록 노화가 빠르게 진행되는 것을 뜻한다(Chun *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2009). 따라서 동안메(84.25 RVU)보다 황금찰(18.38 RVU)과 남풍찰(17.96 RVU) 수수가 노화가 천천히 일어나는 것으로 예상된다. 일품쌀은 35.04 RVU로 나타났으며, 수수 첨가 밥은 전체적으로 황금찰이 낮게 나타났고 첨가량에 따라 약간 증가하는 경향을 보였다. Joung *et al.*(2010)의 연구에 따르면 백합 구근을 일반분쇄 및 미분쇄 후 소맥 분 대비 일정량을 첨가하여 제빵가공 특성을 연구한 보고에 따르면 백합 구근 미분쇄 분말의 첨가량이 증가할수록 호화 개시온도가 증가하고 최고점도 및 강하점도는 감소하였으며, 치반점도 또한 감소하여 노화를 억제 할 수 있는 능력을 나타내는 것으로 보고하였다.

취반 전후의 수수 첨가 밥의 항산화성분 함량

수수 첨가량을 달리한 품종별 수수밥에 대한 취반 전후의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과 Fig. 1과 같이 품종과 첨가

량에 따라 유의적으로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 일품쌀의 취반 전후 총 폴리페놀 함량은 각각 891.86 및 694.49 $\mu\text{g GAE/g sample}$ 로 나타났고 혼반용으로 사용된 20% 도정한 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 총 폴리페놀 함량은 각각 2,839.97, 4,235.13 및 6,232.68 $\mu\text{g GAE/g sample}$ 의 함량을 보였다. 일반적으로 수수 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량은 취반 전후 모두에서 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, 동안메 첨가 밥이 높은 함량을 보였다. 황금찰, 남풍찰, 동안메 30% 첨가 취반전의 밥에서 각각 1,693.30, 1,890.98 및 2,386.11 $\mu\text{g GAE/g sample}$ 의 함량으로 나타났고 취반후의 경우 1,189.28, 1,190.42 및 1,397.87 $\mu\text{g GAE/g sample}$ 의 함량을 보였다. 총 플라보노이드 함량 또한 Fig. 2와 같이 품종과 첨가량에 따라 유의적으로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 일품쌀의 취반 전후 총 플라보노이드는 검출이 되지 않았으며, 혼반용으로 사용된 20% 도정한 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 총 플라보노이드 함량은 각각 831.01, 1,424.32 및 2,061.97 $\mu\text{g CE/g sample}$ 의 함량을 보였다. 황금찰, 남풍찰, 동안메 30% 첨가 취반전의 밥에서 각각 391.34, 515.30 및 733.97 $\mu\text{g CE/g sample}$ 의 함량을 나타내었고 취반후의 경우 266.71, 275.95

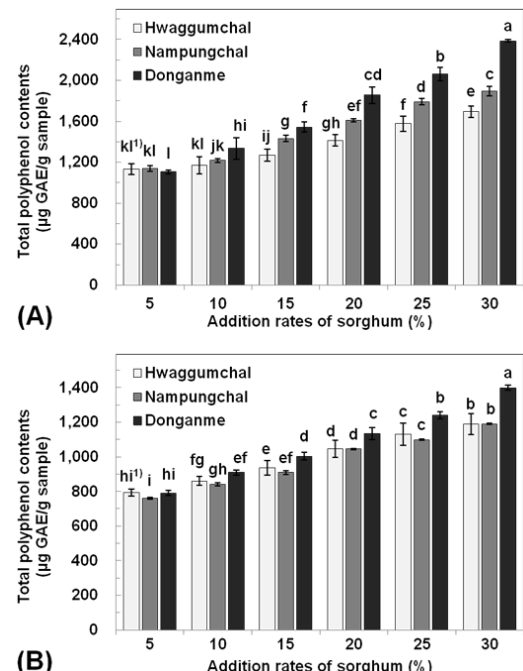


Fig. 1. Total polyphenol contents before (A) and after cooking rice (B) adding sorghum according to varieties and different addition rates. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

및 491.05 $\mu\text{g CE/g sample}$ 의 함량을 보였다. 취반 후에 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 감소하는 것은 취반 전 세척과정에서 용출된 것으로 보인다. 수수에 있어 총 폴리페놀 및 플라보노이드 등과 같은 페놀화합물은 수수의 종피(pericarp) 부분에 축적되어 있으며(Dykes & Rooney, 2006), 품종과 도정 정도에 따라 함량 차이를 보일 수 있다. 이러한 수수의 페놀화합물은 항산화성 뿐만 아니라 항균, 콜레스테롤 저하와 같은 건강기능성과 밀접하게 연관이 있는 것으로 최근 연구결과에서 밝혀지고 있다(Grimmer *et al.*, 1992; Ha *et al.*, 1998; Hahn *et al.*, 1984). 따라서 본 연구에서 동일한 조건으로 도정한 수수에서 총 폴리페놀 및 플라보노이드 등과 같은 페놀화합물이 차이를 보이는 것은 품종의 특성으로 설명될 수 있으며, 황금찰이나 남풍찰 등의 찰수수에 비해 동안메 수수에 더 많은 페놀화합물이 함유되어 도출된 결과로 생각되며, 추후 어떠한 성분이 얼마만큼 함유되어 있는지에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

취반 전후의 수수 첨가 밥의 radical 소거활성

수수 첨가량을 달리한 품종별 수수밥에 대한 취반 전후의 DPPH radical 소거활성을 측정한 결과 Fig. 3과 같이 품종과 첨가량에 따라 유의적으로 차이를 보이는 것으로 나타났

다. 일품쌀의 취반 전후 DPPH radical 소거활성은 각각 21.37 및 8.86 mg TE/100 g sample로 나타났고 혼반용으로 사용된 20% 도정한 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 DPPH radical 소거활성은 각각 107.48, 261.47 및 352.77 mg TE/100 g sample의 활성을 보였다. 일반적으로 수수 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거활성은 유의적으로 증가하였으며, 동안메 첨가 밥 추출물이 높은 활성을 보였다. 황금찰, 남풍찰, 동안메 30% 첨가 취반전의 밥 추출물의 DPPH radical 소거활성은 각각 59.11, 82.29 및 126.29 mg TE/100 g sample로 나타났고 취반후의 경우 43.09, 48.82 및 70.58 mg TE/100 g sample의 활성을 보였다. ABTS radical 소거활성 또한 Fig. 4와 같이 품종과 첨가량에 따라 유의적으로 차이를 보였다. 일품쌀의 취반 전후 ABTS radical 소거활성은 각각 22.02 및 11.11 mg TE/100 g sample로 나타났고 혼반용으로 사용된 20% 도정한 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 ABTS radical 소거활성은 각각 206.97, 326.33 및 353.69 mg TE/100 g sample로 나타났

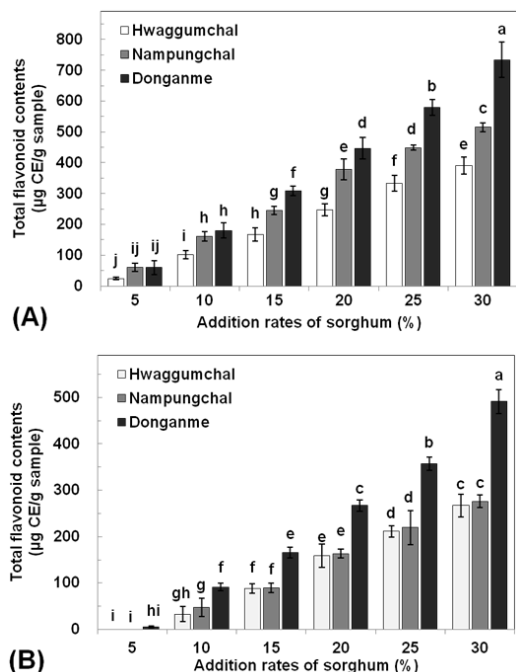


Fig. 2. Total flavonoid contents before (A) and after cooking rice (B) adding sorghum according to varieties and different addition rates. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

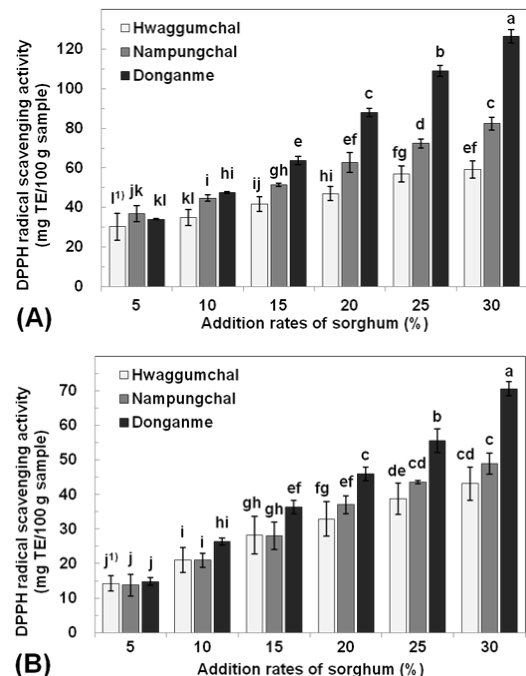


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity before (A) and after cooking rice (B) adding sorghum according to varieties and different addition rates. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

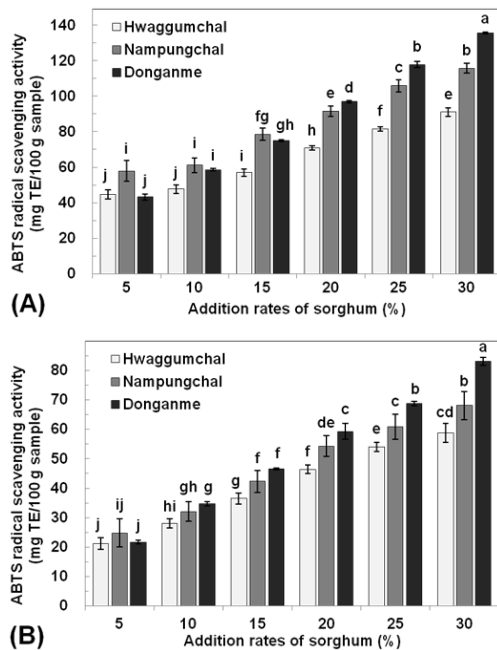


Fig. 4. ABTS radical scavenging activity before (A) and after cooking rice (B) adding sorghum according to varieties and different addition rates. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

DPPH 및 ABTS radical 소거활성이 감소한 것은 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 감소와 마찬가지로 취반 전 세척 과정에서 성분 용출에 따라 활성이 감소한 것으로 보인다. 식물체에 널리 분포되어 있는 페놀성 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가지며, 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다(Rice-Evans *et al.*, 1997). 이는 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재로 기인한 것으로 보고되었으며, 특히 플라보노이드는 그 구조에 따라 항산화 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(Middleton & Kandaswami, 1994). 본 연구에서 수수의 항산화성분의 함량이 높은 메수수를 혼반용으로 사용할 경우 보다 높은 항산화활성을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

찰수수와 메수수를 혼합하여 밥을 지은 잡곡밥의 일반성분, 취반특성, 호화특성, 항산화성분 및 항산화활성 등의 이화학적 특성을 검정하여 수수 첨가에 따른 잡곡밥의 우수성을 입증하고자 하였다. 본 시험에 사용된 황금찰, 남풍찰, 동안메 수수의 수분 및 회분 함량은 큰 차이를 보이지 않았고 조단백질 함량은 황금찰이 10.3 g/100 g로 높았으며, 무

기성분 함량은 수수 품종별로 약간의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 식미특성 중 경도와 점도는 전체적으로 수수의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였고 밸런스 및 탄력성은 큰 차이를 보이지 않았으며, 쌀에 비해 수수의 취반 후 경도, 점도, 탄력성 등은 비교적 높은 수치를 보여 식감에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 예상되었다. 수수 첨가량에 따른 밥의 호화특성을 분석한 결과 일반적으로 호화온도, 최고점도, 최저점도, 강하점도, 최종점도는 감소하는 경향을 보였으며, 치반점도는 증가하는 경향을 보였다. 품종 및 첨가량을 달리한 수수밥의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 일반적으로 수수 첨가량이 증가할수록 취반 전후 모두에서 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, 동안메 첨가 밥이 높은 함량을 보였다. 총 폴리페놀 함량의 경우 황금찰, 남풍찰, 동안메 30% 첨가 취반전의 밥에서 각각 1,693.30, 1,890.98 및 2,386.11 $\mu\text{g GAE/g sample}$ 의 함량으로 나타났고 취반후의 경우 1,189.28, 1,190.42 및 1,397.87 $\mu\text{g GAE/g sample}$ 의 함량을 보였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성 또한 수수 첨가량이 증가할수록 활성은 유의적으로 증가하였으며, 동안메 첨가 밥 추출물이 높은 활성을 보였다. 동안메 30% 첨가 취반전후의 DPPH radical 소거활성은 126.29 and 70.58 mg TE/100g sample이었고 ABTS radical 소거활성은 135.56 and 83.12 mg TE/100g sample이었다. 본 연구에서 수수의 항산화성분의 함량이 높은 메수수를 혼반용으로 사용할 경우 보다 높은 항산화활성을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업(ATIS 과제번호: PJ009101)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

- Ahn, J. Y. and T. Y. Ha. 2010. Nutritional superiority of rice. Food Pres. Proces. Ind. 9 : 60-62.
- Awika, J. M., L. W. Rooney, X. Wu, R. L. Prior, and L. Cisneros-Zevallos. 2004. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. J. Agr. Food Chem. 51 : 6657-6662.
- Choi, Y., S. M. Lee, J. Chun, H. B. Lee, and J. Lee. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chem. 99 : 381-387.
- Chun, A. R., J. Song, H. C. Hong, and J. R. Son. 2005. Improvement of cooking properties by milling and blending

- in rice cultivar Goami2. Korean J. Crop Sci. 50 : 88-93.
- Dewanto, V., W. Xianzhong, and R. H. Liu. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 50 : 4959-4964.
- Dykes, L. and W. L. Rooney. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. J. Cereal Sci. 44 : 236-251.
- Dykes, L., L. W. Rooney, R. D. Waniska, and W. L. Rooney. 2005. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. J. Agr. Food Chem. 53 : 6813-6818.
- Grimmer, H. R., V. Parbhoo, and R. M. Mcgrath. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fractions from Sorghum bicolor grain. J. Sci. Food Agr. 59 : 251-256.
- Ha, T. Y., I. J. Cho, and S. H. Lee. 1998. Screening of HMG Co A reductase inhibitory activity of ethanol and methanol extract from cereal and regumes. Korean J. Food Sci. Technol. 30 : 224-229.
- Hahn, D. H., L. W. Rooney, and C. F. Earp. 1984. Tannin and phenols of sorghum. Cereal Foods World 29 : 776-779.
- Han, K. S. and S. H. Pyo. 2008. Standardization of the recipe for the large-scale production of Salbob and Ogokbob. Korean J. Food Cookery Sci. 24 : 682-690.
- Jang, H. L., H. J. Im, Y. Lee, K. W. Kim, and K. Y. Yoon. 2012. A survey on the preferences and recognition of multigrain rice by adding grains and legumes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41 : 853-860.
- Jeong, K. H., J. H. Seo, and Y. J. Jeong. 2005. Characteristics of soybean hydrolysates prepared with various protease. Korean J. Food Preserv. 12 : 460-464.
- Joung, Y. M., K. S. Lee, S. Y. Hwang, M. J. Son, and K. Y. Lee. 2010. Effect of *Lilium davidi*'s root powder additions on the rheology of the dough and processing adaptability for bread. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39 : 287-293.
- Jung, E. S., D. H. Shin, J. K. Doo, S. W. Chae, Y. S. Kim, and Y. M. Park. 2010. Status of mixed grain diet by people with diabetes in Jeollabuk-do and sensory evaluation of different composition of mixed grains. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39 : 1049-1055.
- Kim, H. Y., H. I. Seo, J. Y. Ko, J. I. Kim, J. S. Lee, S. B. Song, T. W. Jung, K. Y. Kim, D. Y. Kwak, I. S. Oh, H. S. Jeong, and K. S. Woo. 2012. Physicochemical characteristics of the sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder following low temperature-microparticulation. Korean J. Food Nutr. 25 : 656-663.
- Kim, Y. S. and G. C. Lee. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multigrain in Seoul · Kyeonggi and Kangwon area. Korean J. Food Cult. 21 : 661-669.
- Lee, H. J., Y. A. Kim, and H. S. Lee. 2006. Annual changes in the estimated dietary fiber intake of Korean during 1991-2001. Korean J. Nutr. 39 : 549-559.
- Lee, H. K., I. G. Hwang, H. Y. Kim, K. S. Woo, S. H. Lee, S. H. Woo, J. Lee, and H. S. Jeong. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39 : 1399-1404.
- Lee, J. S., K. S. Woo, A. Chun, J. Y. Na, and K. J. Kim. 2009. Waxy rice variety-dependent variations in physicochemical characteristics of sogokju, a Korean traditional rice wine. Korean J. Crop Sci. 54 : 172-180.
- Lee, Y. R., J. Y. Kim, K. S. Woo, I. G. Hwang, K. H. Kim, K. J. Kim, J. H. Kim, and H. S. Jeong. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. Food Sci. Biotechnol. 16 : 1006-1010.
- Lim, S. B., M. S. Kang, M. K. Jwa, D. J. Song, and Y. J. Oh. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32 : 52-57.
- Middleton, E. and C. Kandaswami. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol. 48 : 115-119.
- Rice-Evans, C. A., N. J. Miller, and G. Paganga. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Sci. 2 : 152-159.
- Ryu, H. S., J. Kim, and H. S. Kim. 2006. Enhancing effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) extracts on mouse spleen and macrophage cell activation. J. Korean Diet. Assoc. 19 : 176-182.
- Ryu, S. H. and G. S. Moon. 2003. Antioxidative and antiaging effects of dietary yellow and black soybean in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32 : 591-597.
- Son, S. H., H. J. Lee, K. Park, T. Y. Ha, and J. S. Seo. 2013. Nutritional evaluation and its relation to the risk of metabolic syndrome according to the consumption of cooked rice and cooked rice with multi-grains in Korean adults: Based on 2007-2008 Korean national health and nutrition examination survey. Korean J. Community Nutr. 18 : 77-87.
- Son, S. M. 2001. Rice based meal for prevention of obesity and chronic disease. Korean J. Community Nutr. 6 : 862-867.
- Woo, K. S., J. Y. Ko, M. C. Seo, S. B. Song, B. G. Oh, J. S. Lee, J. R. Kang, and M. H. Nam. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38 : 1746-1752.
- Woo, K. S., M. C. Seo, J. R. Kang, J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, B. G. Oh, G. D. Park, Y. H. Lee, M. H. Nam, and H. S. Jeong. 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.
- Woo, K. S., M. C. Seo, J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, J. R. Kang, D. Y. Kwak, B. G. Oh, M. H. Nam, H. S. Jeong, and J. Lee. 2011. Physicochemical characteristics of commercially available cereal crops in Korea. J. Agr. Sci. Chungbuk Nat'l. Univ. 27 : 40-47.