

국내 유통 혼합잡곡 제품의 품질 및 항산화 특성

김미정 · 고지연* · 이경하 · 김현주 · 이석기 · 박혜영 · 심은영 · 오세관 · †우관식
농촌진흥청 국립식량과학원

Quality and Antioxidant Characteristics of Commercially Available Mixed Grains in Korea

Mi-Jung Kim, Jee Yeon Ko*, Kyung Ha Lee, Hyun-Joo Kim, Seuk Ki Lee, Hye Young Park,
Eun-Yeong Sim, Sea Kwan Oh and †Koan Sik Woo

Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

**Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea*

Abstract

This study was undertaken to evaluate the quality characteristics and antioxidant characteristics of commercially available mixed grains in Korea. The quality characteristics of mixed grain products studied were the mixing ratio, water binding capacity, water solubility, swelling power, and pasting characteristics. The antioxidant characteristics assessed the total polyphenol, flavonoid contents, DPPH and ABTS radical scavenging activities. The mixing ratio of commercially available mixed grain products consisted of 5~25 kinds of grains, with maximum products containing 15-grain products. The water binding capacity, water solubility, and swelling power in commercially available mixed grain products were 99.83~122.83%, 6.91~39.26% and 7.76~86.92%, respectively. The peak, trough, breakdown, final and setback viscosity were 31.53±20.17 RVU, 25.24±13.22 RVU, 6.29±7.43 RVU, 50.27±25.84 RVU and 18.74±8.68 RVU, respectively. Total polyphenol and flavonoid contents were 817.14~2,524.29 µg GAE/g and 06.36~1,099.09 µg CE/g, respectively. The DPPH and ABTS radical scavenging activities were 31.91~151.70 mg TE/100 g and 28.09~119.92 mg TE/100 g, respectively. Products with high phenol content and radical scavenging activity were found to contain greater proportion of brown rice, colored rice, barley and soybean.

Key words: cereal crop, mixed grains, quality characteristics, antioxidant characteristics

서론

급속한 산업화로 인한 환경오염, 흡연, 음주 등은 활성산소를 발생시키고, 체내에 축적된 활성산소는 세포의 구성성분을 비가역적으로 파괴하여 각종 질병을 유발시키는 원인이 되고 있다(Kim 등 2005; Cao 등 2006). 또한 최근 과거에 비해 곡류의 섭취는 감소하고, 육류, 유제품, 유지류, 당류 등의 소비가 증가하고 있으며, 이로 인해 순환기 및 대사성 만성 질환이 점차 증가하고 있다(Lee KH 2015). 이에 따라 천연 식품을 통해 노화억제, 면역증강 등 천연유래 생리활성물질

의 효능에 대한 관심이 증대되고 있으며(Arai S 1996; Ryu & Kim 2006), 항산화 활성을 가진 농산물에 대한 소비와 관심이 증가되고 있다(Kwak 등 2004).

잡곡은 식량작물 중 쌀을 제외한 보리, 울무, 콩, 조, 기장, 수수, 옥수수 등을 말하며(Kim & Lee 2006), 식이섬유, 저항전분, 올리고당 등 탄수화물의 좋은 공급원으로 대장질환 등의 소화기계 질환에 효과적인 것으로 보고되었다(Lee 등 2006). 잡곡밥에 많이 사용되는 콩의 이소플라본, 보리의 β-글루칸과 tocol 류를 비롯한 각종 생리활성물질들은 체내에서 항산화, 면역 증대 등 다양한 효과를 나타낼 수 있다(Ryu &

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea. Tel: +82-31-695-0616, Fax: +82-31-695-4085, E-mail: weeks@korea.kr

Moon 2003; Jeong 등 2005). 또한 잡곡류는 성인병 예방에 필요한 식이섬유, 비타민, 미네랄이 쌀에 비해 다량 함유되어 있는 영양식품으로 열악한 환경에서도 잘 자라는 강한 내성을 지니고 있어 다량의 생리활성물질을 함유한다(Kim & Lee 2006; Jang 등 2012).

잡곡산업의 발전을 위해 잡곡의 부가가치 상승 및 경쟁력 강화를 위한 잡곡 레시피 개발과 이를 활용한 가공제품 기술 개발 및 산업화 방안 등이 요구된다(Jung 등 2013). 그러나 국내에서 생산되어 유통되고 있는 잡곡류의 이화학적 특성에 대한 체계적인 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 시중에서 유통되는 있는 혼합잡곡의 품질특성과 페놀성분 함량, radical 소거활성 등의 항산화 특성을 검정하여 추후 기능성 강화 잡곡 혼합비율 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 혼합비율 조사

본 연구에 사용된 혼합잡곡 제품은 시중에 유통되고 있는 제품을 구입하여 사용하였으며, 총 37개의 상품을 서울 양재동의 양곡시장과 농협, 대형마트에서 구입하여 분석하였다. 모든 제품은 구입하여 4℃ 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였으며, 분석 직전에 Vibrating sample mill(CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 제품의 혼합비율 조사는 시료 중 100 g을 취하여 작목별로 분류한 후 무게를 측정하여 혼합비를 산출하였으며, 3회 반복하여 평균치를 계산하였다.

2. 혼합잡곡 제품의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 분석

시중 유통 혼합잡곡 제품의 수분결합력은 분쇄 시료 1 g을 증류수 40 mL를 혼합하여 1시간 교반하고, 10분 동안 3,000 rpm으로 원심분리(CR-22GⅢ, Hitachi, Tokyo, Japan)하여 상등액을 제거한 다음, 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료분말의 무게(g)를 빼고, 처음 시료분말 무게(g)에 대한 백분율로 계산하였다(Woo 등 2016). 용해도와 팽윤력은 분쇄 시료 1 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1℃의 항온수조에 30분간 가열하고, 3,000 rpm으로 20분간 원심분리 후 상등액은 105℃에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고, 침전물은 그대로 무게를 측정하였으며, 아래의 계산식에 의해 산출하였다(Woo 등 2016).

용해도(solubility, %) =

$$\frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게(g)} \times 100}{\text{처음 시료 무게(g)}}$$

팽윤력(swelling power, %) =

$$\frac{\text{원심분리 후 무게(g)} \times 100}{\text{처음 시료 무게(g)} \times (100 - \text{용해도})}$$

3. 혼합잡곡 제품의 RVA 호화점도 특성 분석

시중 유통 혼합잡곡 제품의 아밀로그래프 특성은 Kim 등 (2012)의 방법을 토대로 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료를 60 mesh 이상으로 분쇄한 후 3 g을 칭량하여 알루미늄 캔 용기에 투입하고, 25 mL의 증류수에 분산시켜 50℃에서 1분간 유지시킨 후 50℃에서 95℃까지 3.48분 동안 상승시키고, 95℃에서 2.05분간 유지시켰다. 그 후, 다시 3.48분 동안에 50℃로 냉각시키면서 점도 특성을 조사하였다. 총 분석시간은 약 13분이며, 초기 호화온도(pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 최종점도(final viscosity), 강하점도(breakdown) 및 치반점도(setback)를 계산하여 특성을 비교하였다.

4. 추출물 제조 및 항산화 성분 함량 분석

시중 유통 혼합잡곡 제품의 페놀성분 및 라디칼 소거 활성을 분석하기 위해 시료 일정량을 취하여 80% 에탄올을 넣고 homogenizer로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간동안 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하고, 잔사에 다시 용매를 가하여 추출한 후 두 추출물을 합쳐 -20℃ 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Lee 등(2016)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 시료의 폴리페놀성 물질에 의해 환원된 결과, 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 10 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 200 µL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 10 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 50 µL에 증류수 200 µL와 5% NaNO₂ 15 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃ · 6H₂O 30 µL를 가하여 6분 방치하고, 1 N NaOH 100 µL를 첨가하며, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Dewanto 등 2002). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

5. 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 측정

추출물에 대한 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl-

hydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거 활성을 측정하였다(Lee 등 2016). DPPH radical 소거 활성은 0.2 mm DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 200 μ L에 시료 10 μ L를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical 소거 활성은 ABTS 7.4 mm와 potassium persulphate 2.6 mm를 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 200 μ L에 추출액 10 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거 활성은 시료 100 g당 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

6. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean \pm S.D.로 표현하였다. 또한 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 각 분석항목 간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 시중 유통 혼합잡곡 제품의 혼합비율

시중에 유통되고 있는 혼합잡곡 37제품을 구입하여 혼합비율을 조사한 결과는 Table 1과 같이 나타났다. 전체적으로 쌀(잡쌀, 백미), 현미(일반현미, 잡쌀현미), 유색미(흑미, 홍미, 녹미), 보리(쌀보리, 압맥, 할맥, 유색보리 등), 콩, 팥, 조, 기장, 수수, 울무, 녹두, 옥수수, 밀, 귀리, 메밀 등이 함유되어 있는 것으로 조사되었다. 쌀(잡쌀, 백미)의 경우, 전 제품에서 확인할 수 있었으며, 최고 69.93%에서 최소 8.33%까지 다양한 함유량을 나타내었다. 현미의 경우, 35개 제품(3.88~50.25%)에 함유되어 있었으며, 유색미는 36개 제품(2.49~54.20%)에 함유되어 있는 것으로 조사되었다. 보리와 콩의 경우, 33개 제품에 함유되어 있었으며, 각각 6.52~34.10 및 1.13~28.91%로 조사되었다. 팥과 수수는 31개 제품에 포함되어 있었으며, 각각 0.55~11.02 및 0.60~12.13%로 조사되었고, 조는 30개 제품(0.87~15.21%), 기장은 26개 제품(0.65~5.57%)에 함유되어 있었다. 울무는 11개 제품(0.47~7.31%)에 함유되어 있었고, 옥수수는 10개 제품(0.56~5.15%), 녹두는 7개 제품(0.38~4.28%)에 함유되어 있는 것으로 조사되었다. 밀은 16번과 27번 제품에 각각 5.29 \pm 0.40 및 13.58 \pm 1.24% 함유되어 있었고, 귀리(30번 제품, 4.04 \pm 0.33%)와 메밀(31번 제품, 2.97 \pm 0.25%)이 포함된 제품도 각각 1제품씩 조사되었다. 이상의 결과, 구입한 시중 유통 혼합잡곡 제품은 일반적으로 5~25가지의 작목으로

구성되어 있었으며, 시중 유통 혼합잡곡 제품은 15개 작목이 혼합된 제품이 13개(약 35%)로 가장 많은 것으로 조사되었다.

2. 혼합잡곡 제품의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력

수분결합력(Water binding capacity)은 전분입자의 표면에 흡착되거나 내부로 침투되는 물의 양을 측정한 것으로, 시중 유통 혼합잡곡 제품의 수분결합력을 측정한 결과는 Fig. 1 및 Table 2와 같이 나타났다. 백미(삼광)의 수분결합력은 187.31 \pm 2.46%로 나타났으며, 혼합잡곡 제품의 수분결합력은 99.83~122.83%의 범위로 나타났다. 가장 높은 수분결합력을 보인 제품은 2번(122.83 \pm 2.11%)으로 참쌀(13.79%), 현미(28.38%), 유색미(15.51%), 보리(15.08%), 콩(4.68%), 팥(6.78%), 조(1.73%), 기장(2.07%), 수수(5.63%), 울무(4.83%), 녹두(1.52%) 등이 함유되어 있었다. 가장 낮은 수치를 보인 제품은 18번 제품(99.83 \pm 0.65%)으로 참쌀(28.38%), 현미(23.95%), 유색미(14.43%), 보리(15.36%), 콩(5.80%), 팥(2.79%), 조(1.88%), 기장(2.12%), 수수(2.15%), 울무(3.15%) 등이 함유되어 있었다.

용해도(Water solubility)는 Fig. 1 및 Table 2와 같이 백미(삼광)는 5.35 \pm 0.16%로 나타났으며, 혼합잡곡 제품의 용해도는 6.91~39.26%의 범위로 나타났다. 가장 높은 용해도를 보인 제품은 22번 제품(39.26 \pm 3.24%)으로 현미(54.25%), 유색미(8.40%), 콩(28.91%), 팥(8.45%) 등으로 구성되어 있었으며, 가장 낮은 제품은 36번(6.91 \pm 0.28%)으로 참쌀(64.77%), 현미(10.65%), 유색미(5.60%), 보리(15.02%), 조(0.87%), 기장(3.09%) 등이 함유되어 있었다.

팽윤력(Swelling power)은 Fig. 1 및 Table 2와 같이 백미(삼광)는 162.37 \pm 4.04%로 나타났으며, 혼합잡곡 제품의 팽윤력은 7.76~86.92%의 범위로 나타났다. 가장 높은 용해도를 보인 제품은 36번 제품(86.92 \pm 3.38%)이었으며, 가장 낮은 제품은 22번(7.76 \pm 0.86%)이었다. Leach 등(1959)은 전분 입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 팽윤력이 높은 것은 전분 입자내의 결합력이 약하다는 것을 보여주며, 결합정도가 강한 전분은 팽윤에 대해 강하게 저항하므로 가열에 따른 팽윤

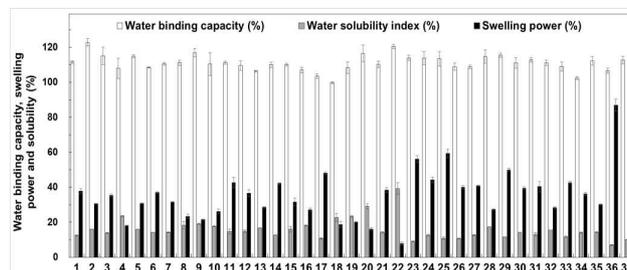


Fig. 1. Water binding capacity, solubility, and swelling power of commercially available mixed grains.

Table 1. Mixing ratio of commercially available mixed grains (total 37 products)

(unit: %)

Products	Rice	Brown rice	Colored rice	Barley	Soybean	Adzuki bean	Sorghum	Foxtail millet	Proso millet	Adlay	Corn	Mung bean	Wheat	Oat	Buck wheat
1	○	○	○	○	○	○	○	○			○				
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○			
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○			
5	○	○	○	○	○	○	○	○							
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○				
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○			
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○			
9	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○				
10	○	○	○	○	○	○	○	○			○				
11	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
12	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○			
13	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
14	○	○	○	○	○				○						
15	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○				
16	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○		
17	○	○	○	○											
18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
19	○	○	○	○	○		○	○	○	○					
20	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○				
21	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
22	○		○		○	○									
23	○	○	○				○	○	○	○	○				
24	○	○	○	○	○	○									
25	○	○	○	○	○	○	○	○							
26	○	○	○		○	○	○	○							
27	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○		
28	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
29	○	○	○	○	○	○	○	○							
30	○	○	○	○	○	○	○		○					○	
31	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○			○
32	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
33	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○				
34	○	○	○	○	○	○	○		○						
35	○				○	○	○	○							
36	○	○	○	○				○	○						
37	○	○	○	○			○	○	○						

Table 1. Continued

Factors	Mean±S.D.	Max	Min	Count
Rice	27.33±16.71 ¹⁾	69.93	8.33	37
Brown rice	25.43± 9.78	50.25	3.88	35
Colored rice	12.91± 8.32	54.20	2.49	36
Barley	17.97± 7.06	34.10	6.52	33
Soybean	7.37± 6.23	28.91	1.13	33
Adzuki bean	3.88± 2.87	11.02	0.55	31
Sorghum	3.62± 2.56	12.13	0.60	31
Foxtail millet	3.38± 3.06	15.21	0.87	30
Proso millet	2.78± 1.27	5.57	0.65	26
Adlay	2.29± 2.11	7.31	0.47	11
Corn	2.65± 1.41	5.15	0.56	10
Mung bean	2.02± 1.31	4.28	0.38	7
Wheat	9.44± 5.86	13.58	5.29	2
Oat	4.04± 0.33	4.04	4.04	1
Buckwheat	2.97± 0.25	2.97	2.97	1

¹⁾ Each value is mean±S.D. (n=3).

Table 2. Water binding capacity, solubility, and swelling power of commercially available mixed grains (unit: %)

Factor	Water binding capacity	Water solubility	Swelling power
Mean±S.D.	111.09±4.55 ¹⁾	15.72±5.91	35.83±14.39
Max	122.83	39.26	86.92
Min	99.83	6.91	7.76
White rice	187.31±2.46	5.35±0.16	162.37± 4.04

¹⁾ Each value is mean±S.D. (n=37×3).

력을 비교하여 상대적인 결합강도를 알 수 있다고 하였으며, Lee & Kim(1992)의 연구에서 팽윤력은 전분의 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지며, 전분의 팽윤 성질은 입자 내의 미셀구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받게 된다고 설명하였다.

3. 혼합잡곡 제품의 RVA 호화점도 특성

시중 유통 혼합잡곡 제품의 호화특성을 신속점도측정계(RVA)를 사용하여 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(breakdown viscosity), 최종점도(final viscosity), 치반점도(setback viscosity), 호화온도(pasting temperature) 등을 측정된 결과, Fig. 2 및 Table 3과 같이 각각 31.53±20.17, 25.24±13.22, 6.29±7.43, 50.27±25.84, 18.74±8.68 RVU 및 5.64±0.52분으로 나타났다. 백미(삼광)의 최고점도는 160.50±0.66 RVU이었으며, 혼합잡곡 제품은 5.47~111.53 RVU로 나타났다. 가장 높은 최고점도를 보인 제품은 36번 제품(111.52±2.50

RVU)이었으며, 가장 낮은 제품은 22번(5.47±0.09 RVU)이었다. 최저점도의 경우 백미(삼광)는 108.58±2.55 RVU 이었으며, 혼합잡곡 제품은 4.94~70.22 RVU로 나타났다. 가장 높은 최저점도를 보인 제품 또한 36번 제품(70.22±1.06 RVU)이었으며, 가장 낮은 제품은 22번(4.94±0.13 RVU)이었다. 최고점도

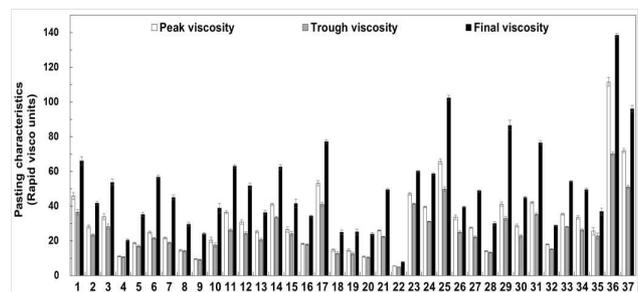


Fig. 2. Peak, trough, and final viscosity of commercially available mixed grains.

Table 3. Pasting characteristics of commercially available mixed grains

Factor	Peak viscosity (RVU) ¹⁾	Trough viscosity (RVU)	Breakdown (RVU) ²⁾	Final viscosity (RVU)	Setback (RVU) ³⁾	Peak time (min)
Mean±S.D.	31.53±20.17 ⁴⁾	25.24±13.22	6.29±7.43	50.27±25.84	18.74±8.68	5.64±0.52
Max	111.53	70.22	41.31	138.31	45.36	6.93
Min	5.47	4.94	0.39	7.81	2.33	3.93
White rice	160.50± 0.66	108.58± 2.55	51.92±1.94	223.22± 2.60	62.72±1.94	6.05±0.04

¹⁾ Rapid visco units.

²⁾ Peak viscosity minus trough viscosity.

³⁾ Final viscosity minus peak viscosity.

⁴⁾ Each value is mean±S.D. (n=37×3).

와 최저점도 정도의 차이로서 아밀로스 함량과 부의 상관관계를 가지며, 가공 중의 열, 전단에 대한 저항성과 높은 상관성을 보이는(Chun 등 2005; Lee 등 2009) 강하점도의 경우 백미(삼광)는 51.92±1.94 RVU이었으며, 혼합잡곡 제품은 0.39~41.31 RVU로 나타났다. 가장 높은 강하점도를 보인 제품 또한 36번 제품(41.31±1.50 RVU)이었으며, 가장 낮은 제품은 20번(0.39±0.05 RVU)로 찹쌀(16.08%), 현미(22.42%), 유색미(3.91%), 보리(13.54%), 콩(22.96%), 팥(10.30%), 조(5.24%), 수수(1.94%), 울무(1.00%), 옥수수(2.61%) 등이 함유되어 있었다. 최종점도의 경우, 백미(삼광)는 223.20±2.60 RVU이었으며, 혼합잡곡 제품은 7.81~138.31 RVU로 나타났다. 가장 높은 최종점도를 보인 제품 또한 36번 제품(138.31±1.25 RVU)이었으며, 가장 낮은 제품은 22번(7.81±0.27 RVU)이었다. 전분의 노화 경향을 반영하는 치반점도는 값이 클수록 노화가 빠르게 진행되는 것을 뜻한다(Chun 등 2005; Lee 등 2009). 백미(삼광)의 치반점도는 62.72±1.94 RVU이었으며, 혼합잡곡 제품은 2.33~45.36 RVU로 나타났다. 가장 높은 치반점도를 보인 제품 또한 32번 제품(45.36±1.75 RVU)으로 찹쌀(13.75%), 현미(25.09%), 유색미(18.53%), 보리(25.93%), 콩(3.29%), 팥(0.94%), 조(8.12%), 기장(2.16%), 수수(2.20%) 등이 함유되어 있었으며, 가장 낮은 제품은 22번(2.33±0.36 RVU)이었다. 백미(삼광)의 호화시간은 6.05±0.04분으로 나타났고, 혼합잡곡 제품은 3.93~6.93분으로 조사되었다. 가장 긴 호화시간을 보인 제품 또한 9번 제품(6.93±0.07분)으로 찹쌀(15.35%), 현미(18.95%), 유색미(14.32%), 보리(20.08%), 콩(14.90%), 팥(2.71%), 조(2.81%), 기장(3.98%), 수수(4.05%), 옥수수(2.85%) 등이 함유되어 있었으며, 가장 짧은 제품은 26번(3.93±0.12분)으로 찹쌀(69.93%), 현미(3.88%), 유색미(16.17%), 콩(1.91%), 팥(3.01%), 조(1.46%), 수수(3.64%) 등이 함유되어 있었다.

4. 혼합잡곡 제품의 페놀 화합물 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 물질로 다

양한 구조와 분자량을 가지며, 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있으며(Rice-Evans 등 1997), 곡류에 함유되어 있는 polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있다(Middleton & Kandaswami 1994). 시중 유통 혼합잡곡 제품의 항산화 성분 함량을 분석한 결과, Fig. 3 및 Table 4와 같이 총 폴리페놀 함량은 817.14~2,524.29 µg GAE/g의 범위로 나타났고, 백미(삼광)는 713.57±14.87 µg GAE/g으로 나타나 전체적으로 혼합잡곡 제품이 높은 함량을 나타내었다. 총 폴리페놀 함량이 가장 높은 제품은 29번(2,524.29±10.10 µg GAE/g)으로 혼합비율은 찹쌀(20.01%), 현미(23.25%), 유색미(19.99%), 보리(21.50%), 콩(7.27%), 팥(2.43%), 조(2.04%), 수수(3.51%) 등이 함유되어 있었다. 또한 총 폴리페놀 함량이 높은 제품으로 31번 제품(2,174.29±35.95 µg GAE/g)은 찹쌀(16.65%), 현미(35.12%), 유색미(14.25%), 보리(14.31%), 콩(4.56%), 팥(1.08%), 조(2.38%), 기장(2.79%), 수수(2.91%), 메밀(2.97%) 등이 함유되어 있었고, 8번 제품(2,167.14±11.66 µg GAE/g)은 찹쌀(15.23%), 현미(28.59%), 유색미(16.34%), 보리(14.15%), 콩(9.68%), 팥(3.38%), 조(1.62%), 기장(4.26%), 수수(3.11%), 울무(0.66%), 녹두(2.98%) 등이 함유되어 있었다. 반면, 총 폴리

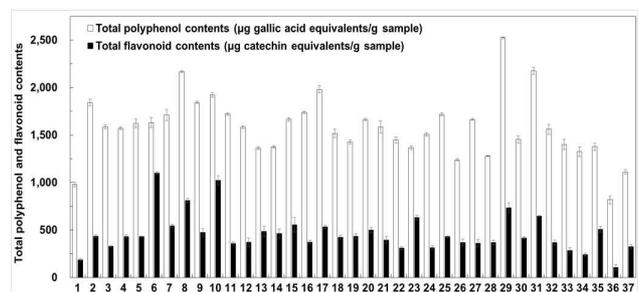


Fig. 3. Total polyphenol and flavonoid contents of commercially available mixed grains.

Table 4. Total polyphenol, flavonoid contents, DPPH and ABTS radical scavenging activities of commercially available mixed grains

Factor	Total polyphenol contents ¹⁾	Total flavonoid contents ²⁾	Radical scavenging activity ³⁾	
			DPPH radical	ABTS radical
Mean±S.D.	1,580.03±325.95 ⁴⁾	461.30±200.27	75.83±25.33	58.37±16.30
Max	2,524.29	1,099.09	151.70	119.92
Min	817.14	106.36	31.91	28.09
White rice	713.57± 14.87	51.82± 4.55	19.12± 4.91	20.29± 0.80

¹⁾ µg gallic acid equivalents/g sample.

²⁾ µg catechin equivalents/g sample.

³⁾ mg trolox equivalents/100 g sample.

⁴⁾ Each value is mean±S.D. (n=37×3).

페놀 함량이 가장 낮은 제품은 36번(817.14±43.25 µg GAE/g)으로 찹쌀(64.77%), 현미(10.65%), 유색미(5.60%), 보리(15.02%), 조(0.87%), 기장(3.09%) 등이 함유되어 있었다.

총 플라보노이드 함량은 Fig. 3 및 Table 4와 같이 106.36~1,099.09 µg CE/g의 범위로 나타났으며, 백미(삼광)는 51.82±4.55 µg CE/g이었다. 총 플라보노이드 함량이 가장 높은 제품은 6번(1,099.09±14.59 µg CE/g) 제품으로 혼합비율은 찹쌀(10.90%), 현미(31.16%), 유색미(6.93%), 보리(31.52%), 콩(10.64%), 팥(3.03%), 조(1.64%), 기장(1.63%), 수수(1.22%), 옥수수(1.34%) 등이 함유되어 있었다. 또한 총 플라보노이드 함량이 높은 제품으로 10번 제품(1,022.73±46.42 µg CE/g)은 찹쌀(14.88%), 현미(25.54%), 유색미(14.95%), 보리(15.31%), 콩(9.93%), 팥(5.06%), 조(4.47%), 수수(5.23%), 옥수수(4.62%) 등이 함유되어 있었다. 반면, 총 플라보노이드 함량이 가장 낮은 제품은 총 폴리페놀 함량과 마찬가지로 36번(106.36±26.89 µg CE/g)으로 조사되었다. 이와 같이 총 폴리페놀 및 플라보노이드 등 페놀 성분의 함량은 현미, 유색미, 보리, 콩 등의 작목이 높은 함량의 제품이 높은 것으로 조사되었다.

5. 혼합잡곡 제품의 radical 소거활성

시중 유통 혼합잡곡 제품의 항산화 활성을 항산화 물질에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical 소거활성법(Nieva 등 2000)과 혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS radical 소거활성법(Kim 등 2009)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/100 g sample로 나타내었다. 전자공여능은 지질 과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며, free radical은 인체 내에서 각종 질병과 세포의 노화를 일으키므로 식물 추출물 등에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요성이 있다(Kim 등

2009). 혼합잡곡 제품의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 4 및 Table 4와 같이 31.91~151.70 mg TE/100 g의 범위로 나타났다. 백미(삼광)의 DPPH radical 소거활성은 19.12±4.91 mg TE/100 g이었는데, 전체적으로 혼합잡곡 제품이 높은 활성을 나타내었다. DPPH radical 소거활성이 가장 높은 제품은 29번(151.70±2.90 mg TE/100 g)으로 나타났다. 또한 높은 활성을 보인 제품은 17번(125.08±3.98 mg TE/100 g)으로, 혼합비율은 찹쌀(10.71%), 현미(28.57%), 유색미(54.20%), 보리(6.52%) 등이 함유되어 있었으며, 31번 제품(123.07±2.88 mg TE/100 g)도 높은 활성을 나타내었다. 반면, DPPH radical 소거활성이 가장 낮은 제품은 36번으로 31.91±5.58 mg TE/100 g의 활성을 나타내었다.

ABTS radical 소거활성법은 ABTS와 potassium persulfate를 암소에 방지하여 ABTS⁺·이 생성되면 추출물의 항산화 성분에 의해 ABTS⁺·이 소거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는데, 이를 흡광도 값으로 나타내어 소거활성을 측정할 수 있다(Kim 등 2009). 혼합잡곡 제품의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4 및 Table 4와 같이 28.09~119.92 mg TE/100 g의 범위로 나타났다. 백미의 ABTS radical 소거활성은 20.29±0.80 mg TE/100 g으로 나타났으며, 시중 유통 제품의 ABTS radical 소거활성이 가장 높은 제품은 DPPH radical 소거활성과 마찬가지로

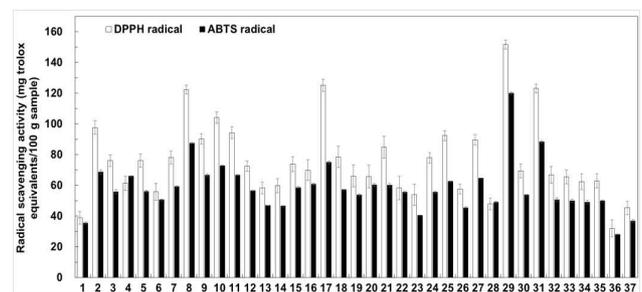


Fig. 4. DPPH and ABTS radical scavenging activities of commercially available mixed grains.

가지로 29번(119.92±0.84 mg TE/100 g)으로 나타났다. 또한 31번 제품(88.27±0.80 mg TE/100 g)과 8번 제품(87.55±0.52 mg TE/100 g)도 높은 활성을 나타내었다. 반면, ABTS radical 소거활성이 가장 낮은 제품은 DPPH radical 소거활성과 마찬가지로 36번(28.09±0.38 mg TE/100 g) 제품으로 조사되었다.

이상의 결과에서 radical 소거활성이 높은 제품들은 페놀 성분 함량과 마찬가지로 현미, 유색미, 보리, 콩 등의 작목이 높은 제품이 높은 활성을 보이는 것으로 조사되었다. 식량작물 등에 함유된 천연물의 항산화 활성은 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 한다(Kim 등 2001).

6. 혼합잡곡 제품의 품질특성, 페놀성분과 radical 소거활성 간의 상관관계

혼합잡곡 제품의 품질특성, 페놀성분과 radical 소거활성 간의 상관관계를 분석한 결과, Table 5와 같은 결과를 나타내었다. 수분결합력(water binding capacity)과 콩 함유량 간에 r 값이 0.3512($p<0.05$)로 정의 상관을 보였으며, 용해도(solubility)와 콩 함유량(0.8980, $p<0.001$), 팥 함유량(0.5661, $p<0.001$)과 정의 상관을 보였다. 팽윤력(swelling power)은 콩 함유량(-0.7167, $p<0.001$), 팥 함유량(-0.5344, $p<0.001$), 용해도(-0.8182, $p<0.001$)와 부의 상관을 보이는 것으로 나타났다. 최고점도(peak viscosity)는 콩 함유량(-0.6450, $p<0.001$), 팥 함유량(-0.4972, $p<0.01$), 용해도(-0.6894, $p<0.001$)와 부의 상관을 보였고, 팽윤력(0.9454, $p<0.001$)과 정의 상관을 보였다. 최저점도(trough viscosity)는 콩 함유량(-0.6937, $p<0.001$), 팥 함유량(-0.5091, $p<0.01$), 용해도(-0.7389, $p<0.001$)와 부의 상관을 보였고, 팽윤력(0.9497, $p<0.001$), 최고점도(0.9873, $p<0.001$)와 정의 상관을 보였다. 강하점도(breakdown)는 쌀 함유량(0.3614, $p<0.05$), 팽윤력(0.8775, $p<0.001$), 최고점도(0.9591, $p<0.001$), 최저점도(0.9018, $p<0.001$)과 정의 상관을 보였고, 콩 함유량(-0.5174, $p<0.001$), 팥 함유량(-0.4443, $p<0.01$), 용해도(-0.5575, $p<0.001$)와 부의 상관을 보였다. 최종점도(final viscosity)는 콩 함유량(-0.6194, $p<0.001$), 팥 함유량(-0.4925, $p<0.01$), 용해도(-0.7332, $p<0.001$)와 부의 상관을 보였고, 팽윤력(0.9437, $p<0.001$), 최고점도(0.9586, $p<0.001$), 최저점도(0.9609, $p<0.001$), 강하점도(0.8935, $p<0.001$)와 정의 상관을 보였다. 치반점도(setback)는 현미 함유량(0.5008, $p<0.01$), 보리 함유량(0.4130, $p<0.05$), 팽윤력

(0.6122, $p<0.001$), 최고점도(0.5297, $p<0.001$), 최저점도(0.5662, $p<0.001$), 강하점도(0.4309, $p<0.01$), 최종점도(0.7493, $p<0.001$)와 정의 상관을 보였고, 쌀 함유량(-0.3944, $p<0.05$), 콩 함유량(-0.3451, $p<0.05$), 팥 함유량(-0.3110, $p<0.05$), 용해도(-0.5511, $p<0.001$)와 부의 상관을 보였다. 총 폴리페놀 함량은 현미 함유량(0.4282, $p<0.01$), 유색미 함유량(0.3949, $p<0.05$), 치반점도(0.3963, $p<0.05$)와 정의 상관을 보였고, 쌀 함유량(-0.7466, $p<0.001$), 최고점도(-0.3318, $p<0.05$), 강하점도(-0.4018, $p<0.05$)와 부의 상관을 보였다. 총 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀 함량(0.6139, $p<0.001$)과 정의 상관을 보였고, 쌀 함유량(-0.4408, $p<0.001$), 강하점도(-0.3670, $p<0.05$)와 부의 상관을 보였다. DPPH radical 소거활성은 현미 함유량(0.4407, $p<0.01$), 유색미 함유량(0.5367, $p<0.001$), 치반점도(0.4635, $p<0.01$), 총 폴리페놀 함량(0.9369, $p<0.001$), 플라보노이드 함량(0.4718, $p<0.01$)과 정의 상관을 보였고, 쌀 함유량(-0.6488, $p<0.01$)과 부의 상관을 보였다. ABTS radical 소거활성은 현미 함유량(0.3940, $p<0.05$), 유색미 함유량(0.3544, $p<0.05$), 치반점도(0.4283, $p<0.01$), 총 폴리페놀 함량(0.9544, $p<0.001$), 플라보노이드 함량(0.5020, $p<0.01$), DPPH radical 소거활성(0.9399, $p<0.001$)과 정의 상관을 보였고, 쌀 함유량(-0.6491, $p<0.001$)과 부의 상관을 보였다.

요 약

혼합잡곡의 작목별 구성비, 수분특성, 호화특성 등의 품질특성과 페놀성분 함량, radical 소거활성 등의 항산화특성을 검정하여 추후 기능성 강화 잡곡 혼합비율 설정을 위한 기초자료로 활용하기 위해 시중에 유통되고 있는 혼합잡곡 37제품을 구입하여 혼합비율을 조사한 결과, 5~25가지의 작목으로 구성되어 있었으며, 15개 작목이 혼합된 제품이 13개로 가장 많은 것으로 조사되었다. 혼합잡곡 제품의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력은 각각 99.83~122.83, 6.91~39.26 및 7.76~86.92%의 범위로 나타났다. 최고점도, 최저점도, 강하점도, 최종점도, 치반점도는 각각 31.53±20.17, 25.24±13.22, 6.29±7.43, 50.27±25.84 및 18.74±8.68 RVU로 나타났다. 혼합잡곡 제품의 총 폴리페놀 함량은 817.14~2,524.29 µg GAE/g의 범위로 나타났고 총 플라보노이드 함량은 106.36~1,099.09 µg CE/g의 범위로 나타났다. 혼합잡곡 제품의 DPPH radical 소거활성은 31.91~151.70 mg TE/100 g의 범위로 나타났으며, ABTS radical 소거활성은 28.09~119.92 mg TE/100 g의 범위로 나타났다. 페놀 성분 함량과 radical 소거활성이 높은 제품들은 현미, 유색미, 보리, 콩 등 작목의 함유량이 높은 제품이 높은 것으로 조사되었다.

Table 5. Correlation coefficients among mixing ratio of commercially available mixed grains, water binding capacity, solubility, swelling power, pasting characteristics, total polyphenol, flavonoid contents, DPPH and ABTS radical scavenging activities of commercially available mixed grains

Factor	Mixing ratio of commercially available mixed grains					Water binding capacity					Swelling power					Pasting characteristics				
	Rice	Brown rice	Colored rice	Barley	Soybean	Adzuki bean	Water binding capacity	Solubility	Swelling power	Peak viscosity	Trough viscosity	Break down	Final viscosity	Set back	Polyphenol	Flavonoid	DPPH radical			
Water binding capacity	-0.0114 ^{NS}	-0.1140 ^{NS}	-0.1891 ^{NS}	-0.0442 ^{NS}	0.3512*	0.2014 ^{NS}	1.0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Solubility	-0.0286 ^{NS}	-0.2836 ^{NS}	-0.2612 ^{NS}	-0.1634 ^{NS}	0.8980 ^{**}	0.5661 ^{***}	0.2381 ^{NS}	1.0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Swelling power	0.1730 ^{NS}	0.1802 ^{NS}	0.2216 ^{NS}	0.0635 ^{NS}	-0.7167 ^{***}	-0.5344 ^{***}	-0.1402 ^{NS}	-0.8182 ^{***}	1.0000	-	-	-	-	-	-	-	-			
Peak viscosity	0.3088 ^{NS}	0.0559 ^{NS}	0.2133 ^{NS}	-0.0649 ^{NS}	-0.6450 ^{***}	-0.4972 ^{**}	-0.1456 ^{NS}	-0.6894 ^{***}	0.9454 ^{***}	1.0000	-	-	-	-	-	-	-			
Trough viscosity	0.2683 ^{NS}	0.1154 ^{NS}	0.2477 ^{NS}	-0.0872 ^{NS}	-0.6937 ^{***}	-0.5091 ^{**}	-0.1275 ^{NS}	-0.7389 ^{***}	0.9497 ^{***}	0.9873 ^{***}	1.0000	-	-	-	-	-	-			
Break down	0.3614*	-0.0537 ^{NS}	0.1385 ^{NS}	-0.2101 ^{NS}	-0.5174 ^{***}	-0.4443 ^{**}	-0.1684 ^{NS}	-0.5575 ^{***}	0.8775 ^{***}	0.9591 ^{***}	0.9018 ^{***}	1.0000	-	-	-	-	-			
Final viscosity	0.1087 ^{NS}	0.2117 ^{NS}	0.2425 ^{NS}	0.0879 ^{NS}	-0.6194 ^{***}	-0.4925 ^{**}	-0.1099 ^{NS}	-0.7232 ^{***}	0.9437 ^{***}	0.9586 ^{***}	0.9609 ^{***}	0.8935 ^{***}	1.0000	-	-	-	-			
Set back	-0.3944*	0.5008 ^{**}	0.2261 ^{NS}	0.4130*	-0.3451*	-0.3110*	0.0113 ^{NS}	-0.5511 ^{***}	0.6122 ^{***}	0.5297 ^{***}	0.5662 ^{***}	0.4309 ^{**}	0.7493 ^{***}	1.0000	-	-	-			
Polyphenol	-0.7466 ^{***}	0.4282 ^{**}	0.3949*	0.2149 ^{NS}	0.1864 ^{NS}	0.2171 ^{NS}	0.2107 ^{NS}	0.1048 ^{NS}	-0.2370 ^{NS}	-0.3318*	-0.2806 ^{NS}	-0.4018*	-0.1260 ^{NS}	0.3963*	1.0000	-	-			
Flavonoid	-0.4408 ^{***}	0.2577 ^{NS}	0.1508 ^{NS}	0.0899 ^{NS}	0.1582 ^{NS}	0.0851 ^{NS}	0.0428 ^{NS}	0.0365 ^{NS}	-0.1947 ^{NS}	-0.2859 ^{NS}	-0.2301 ^{NS}	-0.3670*	-0.1374 ^{NS}	0.2556 ^{NS}	0.6139 ^{***}	1.0000	-			
DPPH radical	-0.6488 ^{**}	0.4407 ^{**}	0.5367 ^{***}	0.1847 ^{NS}	-0.0246 ^{NS}	0.0192 ^{NS}	0.1256 ^{NS}	-0.0598 ^{NS}	-0.0525 ^{NS}	-0.1313 ^{NS}	-0.0875 ^{NS}	-0.2009 ^{NS}	0.0531 ^{NS}	0.4635 ^{**}	0.9369 ^{***}	0.4718 ^{**}	1.0000			
ABTS radical	-0.6491 ^{***}	0.3940*	0.3544*	0.1590 ^{NS}	0.2090 ^{NS}	0.1874 ^{NS}	0.1956 ^{NS}	0.1150 ^{NS}	-0.1930 ^{NS}	-0.2672 ^{NS}	-0.2331 ^{NS}	-0.3110 ^{NS}	-0.0648 ^{NS}	0.4283 ^{**}	0.9544 ^{***}	0.5020 ^{**}	0.9599 ^{***}			

^{NS} Not significant. Significant at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01175403)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

References

- Arai S. 1996. Studies on function foods in Japan-state of art. *Biosci Biotechnol Biochem* 60:9-15
- Cao LH, Lee JK, Cho KH, Kang DG, Kwon TO, Kwon JW, Kim JS, Sohn EJ, Lee HS. 2006. Mechanism for the vascular relaxation induced by butanol extract of *Agrimonia pilosa*. *Korean J Pharmacogn* 37:67-73
- Chun AR, Song J, Hong HC, Son JR. 2005. Improvement of cooking properties by milling and blending in rice cultivar Goami2. *Korean J Crop Sci* 50:88-93
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002 Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem* 50:4959-4964
- Jang HL, Im HJ, Lee Y, Kim KW, Yoon KY. 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 KH, Seo JH, Jeong YJ. 2005. Characteristics of soybean hydrolysates prepared with various protease. *Korean J Food Preserv* 12:460-464
- Jung YJ, Cho YJ, Kim KW, Yoon KY. 2013. Current status and development plan of domestic cereal industry. *Food Preserv Processing Indust* 12:31-39
- Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Choi IS, Lee DH, Kim YG. 2012. Changes in quality properties of brown rice after germination. *Korean J Food Sci Technol* 44:300-305
- Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 2009. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:989-995
- Kim JH, Park PS, Kim JK. 2005. Manufacture of nutritionally balanced "Sunsik" for the moderns: Its quality characteristics. *Korean J Food Preserv* 12:123-129
- 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
- Kim YS, Lee GC. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul, Kyeonggi and Kangwon area. *Korean J Food Cult* 21:661-669
- Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS. 2004. Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet and job's tears. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:921-929
- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem* 36:534-544
- Lee AR, Kim SK. 1992. Gelatinization and gelling properties of legume starches. *J Korean Soc Food Nutr* 21:738-747
- Lee HJ, Kim YA, Lee HS. 2006. Annual changes in the estimated dietary fiber intake of Korean during 1991-2001. *Korean J Nutr* 39:549-559
- Lee JS, Woo KS, Chun A, Na JY, Kim KJ. 2009. Waxy rice variety-dependent variations in physicochemical characteristics of *sogokju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J Crop Sci* 54:172-180
- Lee KH, Ham H, Kim HJ, Park HY, Sim EY, Oh SG, Kim WH, Jeong HS, Woo KS. 2016. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. *Korean J Food Nutr* 19:145-152
- Lee KH. 2015. Antioxidant component and sensory evaluation of mixed cereals. *Korean J Food Nutr* 28:196-201
- Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119
- Nieva MM, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-savenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Reiter RJ. 1995. Oxidative process and antioxidative defense mechanism in the aging brain. *FASEB J* 9:526-533
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci* 2:152-159
- Ryu HS, Kim HS. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. *Korean J Food Nutr* 19:176-182
- Ryu SH, Moon GS. 2003. Antioxidative and antiaging effects of dietary yellow and black soybean in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:591-597
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Kim YB, Kim WH, Jeong HS. 2016. Antioxidant properties of adzuki beans, and quality characteristics of sediment according to cultivated methods. *Korean J Food Nutr* 29:134-143