pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 31. No. 1, 149~159 (2018)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2018.31.1.149

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

발아 및 볶음조건별 녹두가루의 품질 및 이화학 특성 변화

김현주 · 이지혜 · 이병원 · 이유영 · 이병규 · †우관식
농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부

Change of Quality and Physicochemical Characteristics of Mung-bean Flours with Germination and Roasting Condition

Hyun-Joo Kim, Ji Hae Lee, Byong Won Lee, Yu Young Lee,
Byoung Kyu Lee and †Koan Sik Woo
Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16629, Korea

Abstract

The change of quality and physicochemical characteristics of mung-bean flours after germination and roasting treatment were evaluated. The moisture content of the roasted mung-bean flours decreased significantly according to the roasting temperatures and times, and the crude ash, protein and fat contents increased. The lightness of the roasted mung-bean flours significantly decreased, and the redness and yellowness increased. The water binding capacity of the roasted mung-bean flours without and with germination were 151.71 and 192.77% at 240℃ for 20 min, respectively. The water solubility index and swelling power decreased with an increase in roasting temperatures and times. The phenolic compounds and radical scavenging activity of the roasted mung-bean flours increased with an increase in the roasting temperatures and times. The total polyphenol contents of the roasted mung-bean flours without and with germination were 4.81~7.71 and 4.22~5.63 mg GAE/g, and the total flavonoid contents were 2.46~3.05 and 2.45~2.87 mg CE/g, respectively. The DPPH radical scavenging activity of the roasted mung-bean flours, without and with germination, were 106.83~376.08 and 174.41~346.70 mg TE/100 g, and the ABTS radical scavenging activity was 251.67~534.31 and 274.39~430.02 mg TE/100 g, respectively. As a result, it is necessary to set quality standards for each application considering the quality and antioxidant properties of the roasted mung-bean flours.

Key words: mung-bean flours, germination, roasting, quality characteristics, physicochemical characteristics

서 론

녹두(*Phaseolus radiatus* L.)는 콩과작물로 따뜻한 기후에서 잘 자라는 아열대 작물로(Kim 등 2008), 종자의 색에 따라 노란색, 녹색을 띤 갈색, 검은 빛을 띤 갈색 녹두 등으로 구분되며, 녹색 녹두가 90%를 차지한다(Kim 등 2013). 녹두는 당질(45~62%)과 단백질(20~28%)로 이루어져 있어 지방함량(1% 내외)이 낮고 비교적 전분함량이 높아 쌀과 함께 부식소재로 쓰이거나, 숙주나물과 빈대떡의 원료로 사용되고 있다(Noh 등 2001; Imm & Kim 2010). 녹두에 대한 기능성에 관한 연구로는 녹두의 이소플라본 함량과 항산화 활성 및 혈전용해 활성을 평가하였으며(Oh 등 2001; Kim 등 2007), 녹두 나물 생즙이 카드뮴에 의한 쥐 간 손상의 회복에 미치는 영향(Choi 등 1998), 녹두 에탄올 추출물의 항산화 활성, 항변이성 및 변이원성에 대한 비교 연구(Chang 등 2002) 등이 보고되었다. 또한, 에탄올 추출물이 백내장, 동맥경화, Alzheimer's disease의 질환과 관련이 있는 진행성 당화 종말생성물(advanced glycation end products)의 생성을 억제하는 것으로 보고

† 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: wooks@korea.kr

하였으며(Peng 등 2008), 녹두 껍질에 특이적으로 함유된 vitexin과 isovitexin의 항산화 활성(Kim 등 2005; Kim 등 2008), 항염증 및 항비만 활성(Kim 등 2010; Wi 등 2012) 등이 보고되어 있다.

한편, 곡물에 roasting 하는 방법은 가열반응으로 전분의 호화와 단백질 변성을 야기하고, 세포벽을 파괴하는 등의 물리적 변화와 갈변반응과 같은 화학적 변화를 주어 곡물 내부의 활성물질이 잘 용출되고, 색이나 향 등 관능적 품질 요소에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lee 등 2013; Park 등 1993; Saklar 등 2003). Roasting한 곡류에 관한 연구로는 보리의 볶음 방법별 β-glucan, catechin, tocophenol과 같은 생리활성물질의 추출 수율이 달라진다고 보고하였다(Duh 등 2001; Sharma & Gujral 2011; Sharma 등 2011). 또한, 숭늉제조용 찐백미와 미숙보리의 roasting 조건에 따라 색, 당 및 아미노산의 함량이 변화하는 것으로 보고하였으며(Ha 등 1999; Lee 등 1984), roasting한 옥수수의 일반성분, 무기성분, 아미노산 함량 변화(Ayatse 등 1983)와 품종별 roasting 옥수수의 항산화 활성(Lee 등 2017)에 대해 보고하였다.

또한 발아는 종자에서 단백질과 아미노산, 지방산, 탄수화물, 비타민, 무기질, 식이섬유 등의 영양성분이 변화하고 생리활성 성분들도 증가하는 것으로 알려져 있으며(Woo 등 2017), 발아과정 중에 효소가 활성화되어 영양성분의 체내 흡수가 용이하게 한다(Lee 등 2007). 식물종자의 발아 중 성분 변화에 대한 많은 연구가 보고되었고(Cho 등 1985; Choi & Kim 1985; Colmenares de Ruiz & Bressani 1990; Hsu 등 1980; Kim 등 1985; Lee 등 1994), 발아현미의 항산화 활성(Kang 등 2006), 항비만 활성(Choi 등 2006) 및 항암 활성(Kim 등 2010) 등에 대한 연구가 보고되었다.

두류가루를 이용하는 이유는 삶거나 볶는 과정을 생략할 수 있어 수요가 증가하고 있는 추세이나, 일정한 품질 기준이 없어 용도에 맞는 품질 기준 설정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 용도별 녹두가루 품질 기준 설정을 위한 일환으로 발아와 볶음처리 후 녹두가루의 품질과 이화학적 특성을 분석하여 추후 용도별 두류가루 제품의 품질 기준 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 발아와 볶음처리

본 연구에 사용된 녹두 품종은 2016년에 경기도 수원 소재의 국립식량과학원 중부작물부 시험포장에서 생산된 소현(*Phaseolus radiatus* L. cv. Sohyun) 품종을 사용하였다. 시료의 발아는 20℃에서 24시간 침지한 후 25℃에서 24시간 발아시켜 시료로 사용하였으며, 이때의 싹 길이는 5~10 mm로 조사되었다. 발아시키지 않은 녹두와 발아시킨 녹두의 볶음조건은 온도 5조건(160, 180, 200, 220 및 240℃)과 시간 3조건(10, 20 및 30분)으로 설정하여 원적외선 볶음기(FEC-006, Biotech Food Power Co., Incheon, Korea)로 볶음처리 하였다. 볶음 녹두는 곡물분쇄기(HMF-1100, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄하여 녹두가루를 제조하였으며, 4℃ 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였다.

2. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 일반성분 분석

발아 및 볶음처리 녹두가루의 수분함량은 적외선수분함량측정기(AND MX-50 moisture analyzer, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 조단백질 함량은 Kjeldahl 방법(2300 Kjeltec Analyzer Unit, FOSS Tecator, Laurel, MD, USA)으로 정량 분석하였다. 조지방 함량은 Soxhlet 방법(Soxtec^{TM} 2050 Analyzer Unit, Foss Tecator)으로 분석하였고, 조회분 함량은 600℃ 직접회화법으로 분석하였다. 탄수화물 함량은 100 중량부에서 수분, 단백질, 지방, 회분을 뺀 나머지로 표시하였다(Jeong 등 2014).

3. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 품질 특성 분석

발아 및 볶음처리 녹두가루의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, Hunter's value인 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness)를 측정하였다(Shin 등 2016). 이때 사용한 표준백판의 색도는 L-value=97.38, a-value=－0.02, b-value=1.66이었다. 수분결합력은 시료 1 g을 증류수 40 mL 혼합하여 1시간 교반하고, 10분 동안 3,000 rpm으로 원심분리하여 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 원심분리한 후 상등액은 105℃에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고, 침전물은 그대로 무게를 측정하였으며, 아래의 계산식에 의해 산출하였다(Woo 등 2016).

$$\text{용해도(solubility, \%)} = \frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게 (g)}}{\text{처음 시료 무게 (g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력(swelling power, \%)} = \frac{\text{원심분리 후 무게 (g)} \times 100}{\text{처음 시료 무게 (g)} \times (100 - \text{용해도})}$$

4. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 항산화성분 함량 분석

발아 및 볶음처리 녹두가루의 페놀성분 및 radical 소거활성을 분석하기 위해 일정량의 시료를 취하여 80% 에탄올을

넣고 homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간 동안 2회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd.)한 다음 No. 2 여과지(Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 −20℃ 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Woo 등(2015)의 방법으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 50 μL에 2% Na_2CO_3 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중 mg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 μL에 증류수 1 mL와 5% $NaNO_2$ 75 μL를 가한 다음, 5분 후 10% $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 150 μL를 가하여 6분 방치하고, 1 N NaOH 500 μL를 첨가하고, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Woo 등 2015). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)을 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중 mg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

5. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 측정

발아 및 볶음처리 녹두가루 추출물의 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 측정하였다(Woo 등 2015). DPPH radical 소거 활성은 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 radical 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수(ε= 3.6×10^4 $M^{-1}cm^{-1}$)를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 시료 100 g당 mg Trolox equivalent antioxidant capacity (TE, dry basis)로 표현하였다.

6. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean±S.D.로 표현하였다. 또한, 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였으며, 각 분석항목 간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 일반성분 함량

발아 및 볶음처리에 따른 녹두가루의 일반성분 함량을 분석한 결과, Table 1 및 2와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 발아시키지 않은 원료 녹두의 수분, 조회분, 조단백, 조지방 및 탄수화물 함량은 각각 10.04, 3.88, 26.92, 0.39 및 58.76 g/100 g이었고, 발아시켜 동결건조한 녹두는 각각 2.00, 3.81, 30.31, 0.92 및 62.96 g/100 g이었다. 발아시키지 않은 녹두로 제조한 볶음 녹두가루의 일반성분 함량을 분석한 결과, Table 1과 같이 수분 함량은 볶음온도와 시간에 따라 11.00~2.76 g/100 g으로 유의적 감소하는 것으로 나타났으며, 조회분, 조단백질 및 조지방 함량은 볶음온도와 시간에 따라 각각 3.51~3.88, 26.27~29.12 및 0.49~1.67 g/100 g으로 유의적으로 약간 증가하는 경향을 보였으나, 큰 차이가 없었다. 발아시킨 후 볶음 처리한 녹두가루의 일반성분 함량을 분석한 결과, Table 2와 같이 수분 함량은 볶음온도와 시간에 따라 3.92~1.69 g/100 g으로 감소하였으며, 조회분, 조단백질 및 조지방 함량은 각각 3.55~3.79, 29.33~31.35 및 0.42~1.94 g/100 g으로 약간 증가하는 경향을 보였으나, 큰 차이가 없었다. 수분 함량의 경우, 발아시켜 제조한 볶음 녹두가루에 낮게 나타났고, 조회분, 조단백질, 조지방 및 탄수화물 함량은 발아 및 볶음조건에 따라 큰 차이가 없었다. Song 등(2013)은 녹두를 110℃에서 10, 20 및 30분 볶음 처리할 경우, 수분 함량은 감소하고, 회분, 조단백, 조지방 함량은 증가하는 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

2. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 품질 특성

발아 및 볶음처리에 따른 녹두가루의 색도를 분석한 결과, Table 3 및 4와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 발아시키지 않은 원료 녹두가루의 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness)는 각각 32.64, −1.44 및 6.84이었고, 발아시켜 동결건조한 녹두가루는 각각 31.62, −0.37 및 5.33이었다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루와 발아시킨 볶음 녹두가루의 명도는 각각 45.60~21.63 및 34.22~24.24로 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였다. 적색도는 각각 −1.92~3.63 및 −0.80~2.60, 황색도는 각각 6.53~10.80 및 6.03~9.92로 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 팥차 제조에서 볶음 시간이 증가함에 따라 명도는 감소하고, 적색도와 황색도는 증가하였으며(Song 등 2013),

Table 1. The proximate compositions of ungerminated mung-bean (*Phaseolus radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (℃)	Roasting time (min)	Moisture (g/100 g)	Crude ash (g/100 g)	Crude protein (g/100 g)	Crude fat (g/100 g)	Carbohydrate (g/100 g)
160	10	11.00±0.08$^{a1)}$	3.51±0.02^{g}	26.27±0.10^{k}	0.49±0.07^{i}	58.73±0.21^{j}
180	10	8.75±0.07^{c}	3.55±0.03^{g}	27.01±0.14^{i}	1.24±0.08^{efg}	59.46±0.15^{h}
200	10	7.78±0.04^{d}	3.58±0.01^{f}	27.40±0.11^{h}	1.41±0.32^{cdef}	59.82±0.38^{g}
220	10	6.05±0.05^{g}	3.71±0.02^{d}	27.66±0.16^{g}	1.44±0.08^{cde}	61.14±0.07^{d}
240	10	5.42±0.06^{i}	3.69±0.03^{d}	28.22±0.08^{e}	1.84±0.14^{a}	60.83±0.12^{e}
160	20	9.46±0.14^{b}	3.53±0.02^{g}	26.88±0.01^{i}	0.94±0.12^{h}	59.20±0.09^{i}
180	20	7.36±0.05^{e}	3.61±0.01^{ef}	27.36±0.09^{h}	1.13±0.03^{g}	60.54±0.06^{f}
200	20	5.76±0.06^{h}	3.64±0.02^{e}	28.42±0.11^{d}	1.29±0.21^{defg}	60.90±0.21^{e}
220	20	4.88±0.07^{j}	3.76±0.01^{c}	28.53±0.11^{cd}	1.23±0.07^{fg}	61.60±0.15^{c}
240	20	3.29±0.07^{l}	3.81±0.03^{b}	28.85±0.14^{b}	1.47±0.07^{bcd}	62.57±0.27^{a}
160	30	8.78±0.12^{c}	3.53±0.03^{g}	26.70±0.06^{j}	1.27±0.08^{efg}	59.72±0.09^{g}
180	30	6.22±0.04^{f}	3.69±0.01^{d}	27.95±0.10^{f}	1.29±0.09^{defg}	60.84±0.06^{e}
200	30	4.81±0.04^{j}	3.68±0.01^{d}	28.63±0.06^{c}	1.60±0.08^{bc}	61.26±0.08^{d}
220	30	3.59±0.11^{k}	3.78±0.02^{bc}	29.12±0.07^{a}	1.54±0.03^{bc}	61.97±0.13^{b}
240	30	2.76±0.08^{m}	3.88±0.06^{a}	29.09±0.09^{a}	1.67±0.05^{a}	62.61±0.13^{a}

The moisture, crude ash, protein, fat, and carbohydrate contents of ungerminated mung-bean flours were 10.04, 3.88, 26.92, 0.39, and 58.76 g/100 g, respectively.

1) All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column ($^{a\sim m}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

Table 2. The proximate compositions of germinated mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (℃)	Roasting time (min)	Moisture (g/100 g)	Crude ash (g/100 g)	Crude protein (g/100 g)	Crude fat (g/100 g)	Carbohydrate (g/100 g)
160	10	3.92±0.04$^{a1)}$	3.70±0.02^{abc}	29.33±0.10^{h}	0.42±0.04^{g}	62.63±0.17^{bc}
180	10	3.16±0.09^{e}	3.69±0.03^{abc}	30.02±0.01^{f}	1.29±0.13^{d}	61.84±0.13^{fg}
200	10	2.35±0.07^{f}	3.55±0.21^{d}	30.42±0.02^{de}	0.98±0.07^{e}	62.71±0.20^{ab}
220	10	2.59±0.07^{e}	3.70±0.04^{abc}	30.46±0.04^{cde}	1.36±0.13^{cd}	61.90±0.14^{fg}
240	10	2.79±0.02^{e}	3.66±0.01^{bc}	30.59±0.16^{bc}	1.84±0.10^{a}	61.11±0.14^{i}
160	20	3.40±0.11^{b}	3.74±0.05^{ab}	29.64±0.06^{g}	0.49±0.01^{g}	62.74±0.09^{ab}
180	20	2.72±0.03^{d}	3.62±0.01^{cd}	30.72±0.08^{b}	1.52±0.08^{b}	61.42±0.14^{h}
200	20	2.14±0.09^{g}	3.69±0.02^{abc}	30.15±0.13^{e}	1.11±0.12^{e}	62.91±0.07^{a}
220	20	2.04±0.07^{h}	3.71±0.02^{abc}	30.40±0.04^{de}	1.02±0.04^{e}	62.83±0.05^{ab}
240	20	1.75±0.04^{i}	3.76±0.03^{ab}	30.54±0.12^{cd}	1.47±0.06^{bc}	62.47±0.11^{cd}
160	30	2.50±0.09^{e}	3.67±0.01^{bc}	31.35±0.10^{a}	0.73±0.03^{f}	61.76±0.12^{g}
180	30	2.33±0.05^{f}	3.67±0.02^{bc}	30.60±0.07^{bc}	1.38±0.12^{cd}	62.03±0.20^{ef}
200	30	1.78±0.06^{i}	3.67±0.05^{bc}	30.49±0.16^{cd}	1.94±0.06^{a}	62.12±0.15^{e}
220	30	1.97±0.09^{h}	3.70±0.02^{abc}	30.30±0.19^{e}	1.53±0.10^{b}	62.49±0.16^{cd}
240	30	1.69±0.03^{i}	3.79±0.03^{a}	30.56±0.03^{cd}	1.59±0.10^{b}	62.38±0.09^{d}

The moisture, crude ash, protein, fat, and carbohydrate contents of germinated mung-bean flours were 2.00, 3.81, 30.31, 0.92, and 62.96 g/100 g, respectively.

1) All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column ($^{a\sim i}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

Table 3. Water binding capacity, water solubility index, swelling power, and chromaticity of ungerminated mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (℃)	Roasting time (min)	Chromaticity			Water binding capacity (%)	Water solubility index (%)	Swelling power (%)
		L-value	a-value	b-value			
160	10	45.60±1.12^{a}	−1.92±0.17^{k}	9.04±0.48^{b}	106.51±0.51$^{g1)}$	21.87±1.36^{b}	22.32±0.38^{a}
180	10	36.81±0.22^{bc}	−1.19±0.02^{i}	6.54±0.05^{g}	114.13±4.67^{f}	22.25±1.75^{b}	22.41±0.64^{a}
200	10	35.98±0.35^{bc}	−0.77±0.02^{h}	6.85±0.09^{fg}	141.71±4.69^{cd}	16.28±0.94^{d}	21.00±0.35^{c}
220	10	32.03±0.26^{def}	0.05±0.02^{g}	7.68±0.11^{de}	149.66±3.42^{ab}	15.28±0.73^{d}	21.05±0.16^{c}
240	10	29.85±0.36^{f}	0.76±0.07^{e}	8.55±0.09^{c}	145.93±3.84^{bc}	15.53±0.37^{d}	20.51±0.32^{d}
160	20	37.87±6.43^{b}	−1.42±0.22^{j}	6.99±0.62^{fg}	107.62±1.66^{g}	23.68±0.56^{a}	22.50±0.08^{a}
180	20	34.38±0.46^{cd}	−0.76±0.01^{h}	6.53±0.06^{g}	115.62±3.29^{g}	22.68±0.56^{ab}	22.38±0.37^{a}
200	20	33.74±0.92^{cde}	0.21±0.05^{f}	7.79±0.14^{d}	135.05±1.41^{e}	15.54±0.20^{d}	21.35±0.01^{bc}
220	20	30.80±0.38^{ef}	1.53±0.03^{c}	10.32±0.14^{a}	142.43±1.20^{cd}	16.34±0.69^{d}	20.41±0.19^{d}
240	20	25.01±0.24^{g}	2.74±0.05^{b}	10.55±0.22^{a}	151.71±3.63^{a}	16.02±0.38^{d}	19.59±0.12^{e}
160	30	37.73±0.87^{b}	−1.19±0.02^{i}	6.55±0.12^{g}	116.53±1.68^{f}	23.05±0.49^{ab}	22.49±0.31^{a}
180	30	35.07±0.70^{bcd}	0.04±0.05^{g}	7.26±0.13^{ef}	133.61±3.04^{e}	19.89±0.47^{c}	21.59±0.11^{b}
200	30	32.21±0.83^{def}	0.92±0.01^{d}	8.97±0.17^{bc}	144.97±2.50^{bc}	15.02±0.33^{d}	21.12±0.17^{bc}
220	30	26.36±1.05^{g}	2.77±0.11^{b}	10.80±0.59^{a}	137.79±4.45^{de}	15.80±0.10^{d}	19.39±0.25^{ef}
240	30	21.63±0.33^{h}	3.63±0.07^{a}	10.74±0.20^{a}	150.41±2.00^{ab}	15.65±0.09^{d}	18.99±0.12^{f}

The L-value, a-value, and b-value of ungerminated mung-bean flours were 32.64, −1.44, and 6.84, respectively. Water binding capacity, water solubility index and swelling power of ungerminated mung-bean flours were 76.52, 32.97, and 27.17%, respectively.

1) All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column ($^{a-k}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

Table 4. Water binding capacity, swelling power, solubility, and chromaticity of germinated mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (℃)	Roasting time (min)	Chromaticity			Water binding capacity (%)	Water solubility index (%)	Swelling power (%)
		L-value	a-value	b-value			
160	10	34.22±0.33^{a}	−0.80±0.05^{k}	6.03±0.13^{h}	117.32±0.83$^{i1)}$	26.49±1.00^{a}	24.93±0.44^{a}
180	10	34.20±0.89^{a}	−0.45±0.05^{j}	6.26±0.19^{gh}	144.66±4.30^{e}	27.06±0.71^{a}	25.09±0.53^{a}
200	10	33.89±0.19^{a}	0.26±0.05^{h}	6.75±0.06^{f}	139.00±3.03^{f}	21.47±0.56^{b}	22.60±0.26^{c}
220	10	30.95±0.64^{c}	1.15±0.02^{e}	7.64±0.06^{d}	149.73±2.97^{d}	15.35±0.23^{d}	21.17±0.22^{d}
240	10	29.50±0.70^{d}	1.42±0.06^{d}	7.92±0.29^{d}	177.60±1.35^{c}	12.92±0.02^{f}	21.19±0.03^{d}
160	20	32.44±0.11^{b}	−0.29±0.03^{i}	6.34±0.02^{gh}	113.44±4.33^{i}	26.70±0.27^{a}	24.77±0.23^{a}
180	20	30.89±0.31^{c}	0.26±0.04^{h}	6.99±0.07^{ef}	142.67±2.38^{ef}	21.59±0.74^{b}	22.63±0.27^{c}
200	20	29.11±1.26^{d}	0.60±0.05^{g}	6.41±0.16^{g}	133.46±2.43^{g}	19.62±0.07^{c}	22.22±0.31^{c}
220	20	27.41±0.62^{e}	1.57±0.04^{c}	8.48±0.18^{c}	183.70±4.64^{b}	12.81±0.30^{f}	20.53±0.31^{e}
240	20	25.27±0.43^{f}	2.16±0.09^{b}	9.33±0.39^{b}	192.77±1.80^{a}	12.61±0.10^{f}	20.60±0.15^{e}
160	30	32.69±0.23^{b}	0.26±0.03^{h}	7.11±0.08^{e}	128.33±1.32^{h}	21.31±1.12^{b}	23.40±0.43^{b}
180	30	29.83±0.33^{d}	0.57±0.04^{g}	6.81±0.05^{ef}	139.66±2.82^{ef}	19.35±0.95^{c}	22.26±0.15^{c}
200	30	27.63±0.56^{e}	1.02±0.04^{f}	7.12±0.12^{e}	142.02±3.39^{ef}	14.91±0.10^{d}	21.21±0.41^{d}
220	30	24.66±0.23^{fg}	1.42±0.04^{d}	7.71±0.18^{d}	181.47±3.33^{bc}	12.78±0.41^{f}	20.67±0.26^{de}
240	30	24.24±0.17^{g}	2.60±0.02^{a}	9.92±0.36^{a}	178.73±1.43^{bc}	13.95±0.17^{e}	19.64±0.26^{f}

The L-value, a-value, and b-value of germinated mung-bean flours were 31.62, −0.37, and 5.33, respectively. Water binding capacity, water solubility index and swelling power of germinated mung-bean flours were 89.03, 30.73, and 27.19%, respectively.

1) All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column ($^{a-k}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

커피콩 또한 볶음처리 후 명도는 감소하고 적색도는 증가하는 것으로 보고하였는데(Lee 등 2014), 이러한 이유는 볶음처리를 할 경우, Maillard 반응에 의한 갈변물질 생성으로 인한 것으로 생각된다(Jing & Kitts 2004).

수분결합력(Water binding capacity)은 전분입자의 표면에 흡착되거나 내부로 침투되는 물의 양을 측정한 것으로(Kim 등 2017), 발아 및 볶음처리에 따른 녹두가루의 수분특성을 분석한 결과, Table 3 및 4와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 발아시키지 않은 원료 녹두가루의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력은 각각 76.52, 32.97 및 27.17%이었고, 발아시켜 동결건조한 녹두가루는 각각 89.03, 30.73 및 27.19%이었다. 발아시키지 않은 녹두로 제조한 볶음 녹두가루의 수분결합력은 Table 3과 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보여 240℃에서 20분 볶은 녹두가루가 151.71%로 가장 높게 나타났다. 발아시킨 녹두로 제조한 볶음 녹두가루의 수분결합력은 Table 4와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보여 240℃에서 20분에 192.77%로 가장 높게 나타났다. Cho & Park(1997)의 연구에서 품종에 따른 강낭콩 앙금의 수분결합력이 322.4~355.0%로 보고하였고, Woo 등(2016)은 팥 앙금의 수분결합력이 460.73~566.86%로 보고하여 녹두가루에 비해 강낭콩이나 팥 앙금의 수분결합력이 높은 것을 알 수 있었다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루와 발아시킨 볶음 녹두가루의 용해도(water solubility index)는 각각 23.68~15.02(Table 3) 및 27.06~12.61%(Table 4)로 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였다. 팽윤력(swelling power) 또한 각각 22.50~18.99(Table 3) 및 25.09~19.64%(Table 4)로 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 팽윤력이 높으면 전분과 수분과의 결합력이 약한 것을 의미하며, 수분과 결합정도가 높은 전분은 팽윤에 대해 강하게 저항하여 가열에 따라 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합강도를 알 수 있다(Leach 등 1959). 또한, 팽윤력은 전분 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지며, 전분의 팽윤 성질은 입자내의 미셀구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받는다(Lee & Kim 1992). 따라서 볶은 녹두가루의 수분특성을 고려하여 용도별 품질기준 설정이 필요할 것으로 생각된다.

3. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 항산화 성분 함량

발아 및 볶음처리에 따른 녹두가루의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같이 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 원료 녹두가루와 발아시켜 동결건조한 녹두가루의 총 폴리페놀 함량은 각각 4.04 및 4.08 mg GAE/g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1(A)와 같이 4.81~7.71 mg GAE/g으로 나타났고, 발아시킨 볶음 녹두가루는 Fig. 1(B)와 같이 4.22~5.63 mg GAE/g으로, 가장 높은 함량을 보인 처리는 240℃에서 30분으로 조사되었다. 총 플라보노이드 함량 또한 Fig. 2와 같이 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 유의적으로 차이를 나타내었다. 발아시키지 않은 원료 녹두가루와 발아시켜 동결건조한 녹두가루의 총 플라보노이드 함량은 각각 1.13 및 0.95 mg CE/g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루와 발아시킨 볶음 녹두가루의 총 플라보노이드 함량은 각각 2.46~3.05(Fig. 2A) 및 2.45~2.87 mg CE/g(Fig. 2B)으로 나타났다. 총 플라보노이드 함량의 경우, 발아시키지 않은 볶음 녹두가루는 240℃에서 30분 처리에서 가장 높았으며(3.05 mg CE/g), 발아시킨 볶음 녹두가루는 220℃에서 20분과 240℃에서 30분에서 2.87 mg CE/g으로 유의적으로 높게 나타났다. 곡류의 polyphenolic 화합물은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring에 의해 높은 항산화성을 가지는 것으로 알려져 있다(Middleton & Kandaswami

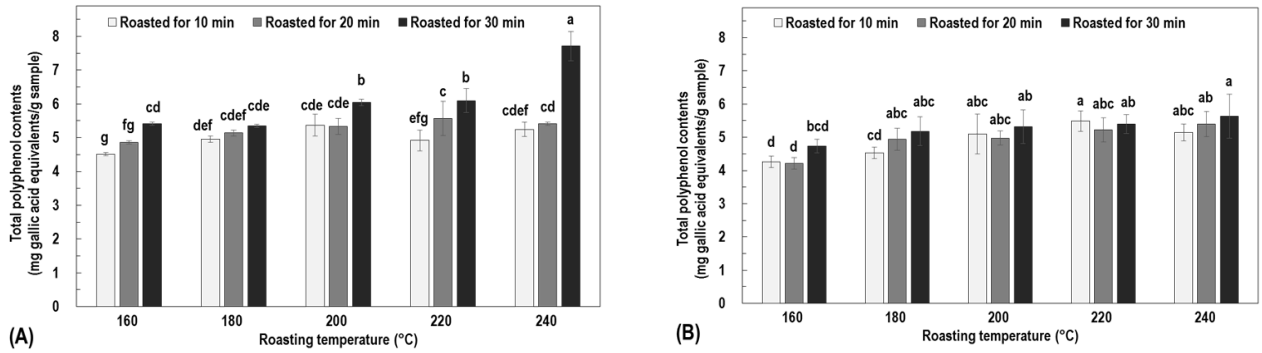

Fig. 1. Total polyphenol contents of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times. Total polyphenol contents of ungerminated and germinated mung-bean flours were 4.04 and 4.08 mg GAE/g, respectively. Means with different superscripts within a column ($^{a\sim g}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

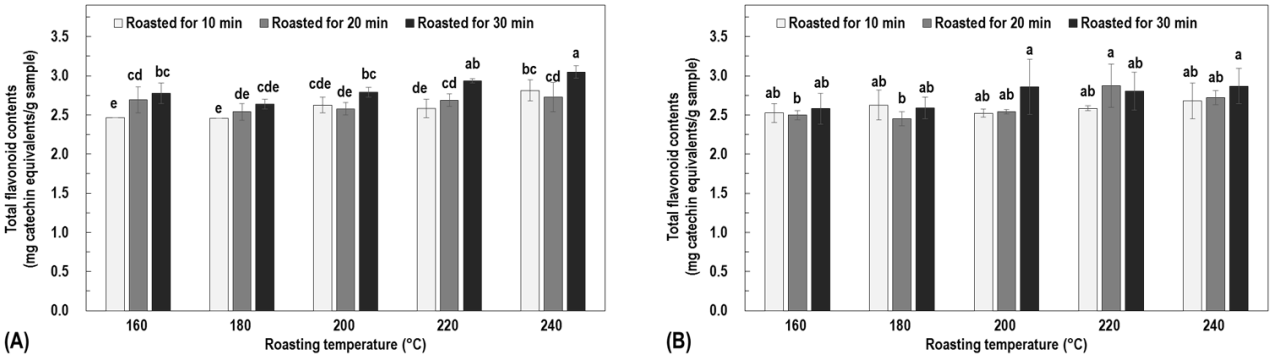

Fig. 2. Total flavonoid contents of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times. Total flavonoid contents of ungerminated and germinated mung-bean flours were 1.13 and 0.95 mg CE/g, respectively. Means with different superscripts within a column ($^{a\sim e}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

1994). Song 등(2013)의 보고에 의하면 팥의 경우, 볶음시간이 경과함에 따라 초반에 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 감소하다가 증가하는 것으로 보고하였고, Ko 등(2012)은 수수에서 볶음시간이 증가할수록 페놀 성분이 증가하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 녹두의 볶음처리 과정에서 여러 화학적 반응에 의해 폴리페놀 성분의 함량이 증가한 것으로 생각된다.

4. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성

발아 및 볶음처리에 따른 녹두가루 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 3과 같이 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 원료 녹두가루와 발아시켜 동결건조한 녹두가루의 DPPH radical 소거활성은 각각 94.91 및 166.13 mg TE/100 g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루 추출물의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 3(A)와 같이 106.83~376.08 mg TE/100 g으로 나타났고, 발아시킨 볶음 녹두가루는 Fig. 3(B)와 같이 174.41~346.70 mg TE/100 g이었으며, 가장 높은 활성을 보인 처리는 240℃에서 30분으로 조사되었다. 발아 및 볶음처리에 따른 녹두가루 추출물의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4와 같이 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 원료 녹두가루와 발아시켜 동결건조한 녹두가루의 ABTS radical 소거활성은 각각 262.62 및 244.45 mg TE/100 g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루 추출물의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4(A)와 같이 251.67~534.31 mg TE/100 g으로 나타났고, 발아시킨 볶음 녹두가루는 Fig. 4(B)와 같이 274.39~430.02 mg TE/100 g이었으며, 가장 높은 활성을 보인 처리는 240℃에서 30분으로 조사되었다. Radical 소거활성은 천연물의 페놀성

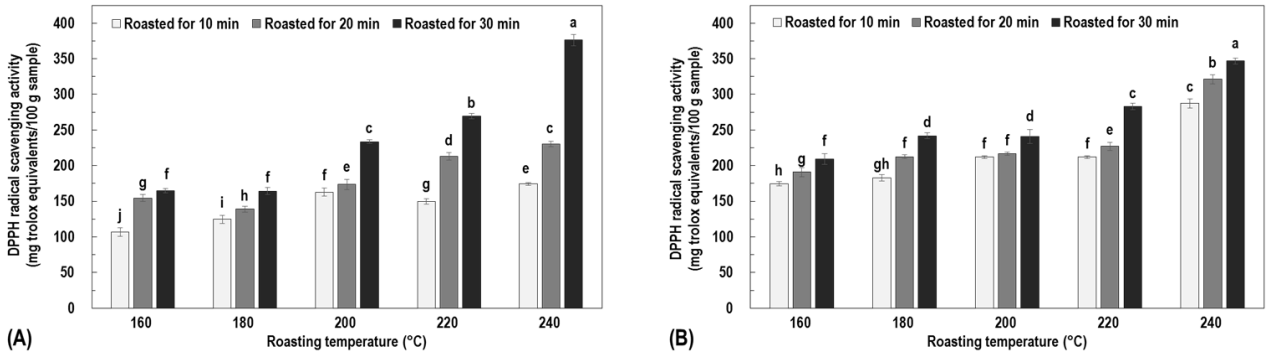

Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times. DPPH radical scavenging activity of ungerminated and germinated mung-bean flours were 94.91 and 166.13 mg TE/100 g, respectively. Means with different superscripts within a column ($^{a\sim j}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

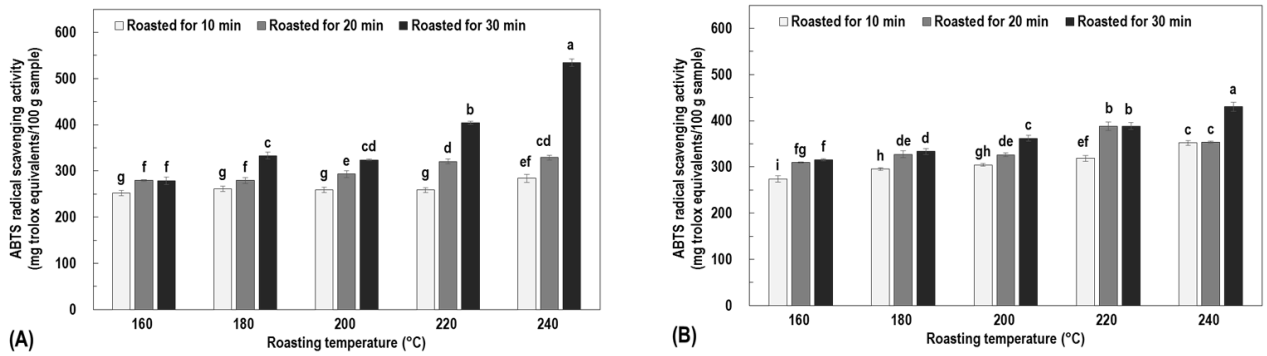

Fig. 4. ABTS radical scavenging activity of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times. ABTS radical scavenging activity of ungerminated and germinated mung-bean flours were 262.62 and 244.45 mg TE/100 g, respectively. Means with different superscripts within a column ($^{a\sim i}$) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

분에 의해 활성을 나타내는 것으로 볼 때(Choi 등 2007), 볶음 녹두가루의 radical 소거활성은 페놀성분의 증가로 인한 것으로 판단된다. Kim 등(2005)은 둥굴레가 볶음처리에 따라 항산화성분 및 활성이 증가한다고 하였고, Suh와 Chun(1981)이 보리의 볶음처리는 항산화 활성을 증가시키는 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 경향이었다. 볶음 후 항산화 활성이 증가하는 것은 열처리 중 Maillard 반응과 같은 갈변반응에 의한 것으로 알려져 있으며(Jing & Kitts 2004), 반응산물인 melanoidin은 항산화 활성이 높은 것으로 알려져 있다(Kim 등 2008). 이상의 결과에서 볶음 녹두가루의 품질 및 항산화 특성을 고려하여 고물이나 앙금 등 용도별 품질 기준 설정이 필요할 것으로 생각된다.

5. 발아 및 볶음처리 녹두가루의 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계

발아 및 볶음 녹두가루의 일반성분, 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계를 분석한 결과, Table 5와 같이 나타났다. 회분, 단백질 및 탄수화물 함량은 수분 함량과 r값이 각각 −0.655($p<0.001$), −0.951($p<0.001$) 및 −0.926($p<0.001$)으로 부의 상관관계를 보였으며, 탄수화물 함량은 회분(0.729, $p<0.001$) 및 단백질 함량(0.808, $p<0.001$)과 정의 상관을 보였다. 명도(L-value)는 수분 함량과 정의 상관(0.806, $p<0.001$)을 보였고,

Table 5. Correlation coefficients among proximate composition, chromaticity, water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), swelling power (SP), total polyphenol (TPC), flavonoid contents (TFC), and radical scavenging activity of mung-bean (*P. radiatus* L. cv. Sohyun) flours with roasting temperatures and times

Factor	Ash	Protein	Fat	Carbohydrate	L-value	a-value	b-value	WBC	WSI	SP	TPC	TFC	DPPH	ABTS
Moisture	−0.655***	−0.951***	−0.294^{NS}	−0.926***	0.806***	−0.709***	−0.161^{NS}	−0.658***	0.361*	0.154^{NS}	−0.188^{NS}	−0.297^{NS}	−0.741***	−0.617***
Ash	1.000	0.455*	0.320^{NS}	0.729***	−0.835***	0.853***	0.620***	0.534**	−0.436*	−0.469**	0.504**	0.562***	0.711***	0.715***
Protein	-	1.000	0.176^{NS}	0.808***	−0.636***	0.539**	0.008^{NS}	0.585***	−0.252^{NS}	0.014^{NS}	0.012^{NS}	0.126^{NS}	0.643***	0.494**
Fat	-	-	1.000	0.087^{NS}	−0.577***	0.570***	0.375*	0.573***	−0.689***	−0.667***	0.602***	0.577***	0.501**	0.429*
Carbohydrate	-	-	-	1.000	−0.772***	0.676***	0.180^{NS}	0.525**	−0.237^{NS}	−0.107^{NS}	0.172^{NS}	0.280^{NS}	0.652***	0.581***
L-value	-	-	-	-	1.000	−0.926***	−0.513**	−0.739***	0.629***	0.595***	−0.569***	−0.652**	−0.866***	−0.808***
a-value	-	-	-	-	-	1.000	0.756***	0.721***	−0.709***	−0.740***	0.702***	0.708***	0.879***	0.844***
b-value	-	-	-	-	-	-	1.000	0.438*	−0.626***	−0.811***	0.668***	0.643***	0.560***	0.585***
WBC	-	-	-	-	-	-	-	1.000	−0.788***	−0.567***	0.354^{NS}	0.501**	0.726***	0.565***
WSI	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.872***	−0.576***	−0.591***	−0.579***	−0.498**
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	−0.775***	−0.695***	−0.546**	−0.579***
TPC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.753***	0.642***	0.747***
TFC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.670***	0.749***
DPPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.900***

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

회분(－0.835, p<0.001), 단백질(－0.636, p<0.001), 지방 함량(－0.577, p<0.001) 및 탄수화물 함량(－0.772, p<0.001)과 부의 상관을 나타내었다. 적색도(a-value)와 황색도(b-value)는 회분 및 지방 함량과 정의 상관을 나타내었고, 명도와 부의 상관을 보였다. 수분결합력(water binding capacity)은 수분 함량(－0.658, p<0.001), 명도(－0.739, p<0.001)와 부의 상관을 보였으며, 회분(0.534, p<0.01), 지방(0.585, p<0.001), 탄수화물 함량(0.525, p<0.01), 적색도(0.721, p<0.001) 및 황색도(0.438, p<0.05)와 정의 상관을 나타내었다. 용해도(water solubility index)와 팽윤력(swelling power)은 명도와 정의 상관을 나타내었으며, 회분, 지방, 적색도, 황색도 및 수분결합력과 부의 상관을 보였다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 지방(각각 0.602 및 0.577; p<0.001), 적색도(각각 0.702 및 0.708; p<0.001), 황색도(각각 0.668 및 0.643; p<0.001)와 높은 정의 상관을, 명도(각각 －0.569 및 －0.652; p<0.001), 용해도(각각 －0.576 및 －0.591; p<0.001) 및 팽윤력(각각 －0.775 및 －0.695; p<0.001)과 높은 부의 상관을 나타내었다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 회분(각각 0.711 및 0.715; p<0.001), 탄수화물(각각 0.652 및 0.581; p<0.001), 적색도(각각 0.879 및 0.844; p<0.001), 황색도(각각 0.560 및 0.585; p<0.001), 수분결합력(각각 0.726 및 0.565; p<0.001), 총 폴리페놀(각각 0.642 및 0.747; p<0.001) 및 플라보노이드 함량(각각 0.670 및 0.749; p<0.001)과 높은 정의 상관을 보였으며, 수분함량(각각 －0.741 및 －0.617; p<0.001), 명도(각각 －0.866 및 －0.808; p<0.001)와 높은 부의 상관을 보였다. DPPH radical 소거활성과 ABTS radical 소거활성과의 상관성은 r값이 0.900(p<0.001)으로 높은 정의 상관을 나타내었다.

요약 및 결론

용도별 녹두가루 품질기준 설정을 위한 일환으로 발아와 볶음처리 후 녹두가루의 품질과 이화학적 특성을 분석한 결과, 발아 및 볶음처리에 따른 녹두가루의 수분 함량은 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였으며, 조회분, 조단백질 및 조지방 함량은 유의적으로 약간 증가하는 경향을 보였으나, 큰 차이가 없었다. 볶음 녹두가루의 명도는 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였고, 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루와 발아시킨 볶음 녹두가루의 수분결합력은 240℃에서 20분에서 각각 151.71 및 192.77%로 높게 나타났고, 용해도와 팽윤력은 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 발아시키지 않은 볶음 녹두가루와 발아시킨 볶음 녹두가루의 총 폴리페놀 함량은 각각 4.81~7.71 및 4.22~5.63 mg GAE/g, 총 플라보노이드 함량은 각각 2.46~3.05 및 2.45~2.87 mg CE/g으로 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 증가하였다. DPPH radical 소거활성은 각각 106.83~376.08 및 174.41~346.70 mg TE/100 g, ABTS radical 소거활성은 각각 251.67~534.31 및 274.39~430.02 mg TE/100 g으로 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 활성이 증가하였다. 이상의 결과에서 볶음 녹두가루의 품질 및 항산화 특성을 고려하여 고물이나 앙금 등 용도별 품질 기준 설정이 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01183301)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

Ayatse JO, Eka OU, Ifon ET. 1983. Chemical evaluation of the effect of roasting on the nutritive value of maize (*Zea mays* Linn). *Food Chem* 12:135-147

Chang SM, Nam SH, Kang MY. 2002. Screening of the anti-oxidative activity, antimutagenicity, and mutagenicity of the ethanolic extracts from legumes. *Korean J Food Sci Technol* 34:1115-1122

Cho BM, Yoon SK, Kim WJ. 1985. Changes in amino acid and fatty acids composition during germination of rapeseed. *Korean J Food Sci Technol* 17:371-376

Cho EJ, Park SH. 1997. Comparison on physicochemical properties of Korean kidney bean sedimant according to classification. *Korean J Soc Food Sci* 13:585-591

Choi HD, Kim YS, Choi IW, Seog HM, Park YD. 2006. Anti-obesity and cholesterol-lowering effects of germinated brown rice in rats fed with high fat and cholesterol diets. *Korean J Food Sci Technol* 38:674-678

Choi JH, Kim SO, Kim KS, Lee MY. 1998. Effect of mung bean sprouts juice on cadmium-induced hepatotoxicity in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:980-986

Choi KS, Kim ZU. 1985. Changes in lipid components during germination of mungbean. *Korean J Food Sci Technol* 17: 271-275

Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103:130-138

Colmenares de Ruiz AS, Bressani R. 1990. Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain. *Cereal Chem* 67:519-522

Duh PD, Yen GC, Yen WJ, Chang LW. 2001. Antioxidant effects of water axtracts from barley (*Hordeum vulgare* L.) prepared under different roasting temperatures. *J Agric Food Chem* 49:1455-1463

Ha TY, Chun HS, Lee C, Kim YH, Han O. 1999. Changes in physicochemical properties of steamed rice for Soong-Neung during roasting. *Korean J Food Sci Technol* 31:171-175

Hsu D, Leung HK, Finney PL, Morad MM. 1980. Effect of germination on nutritive value and baking properties of dry peas, lentils and faba beans. *J Food Sci* 45:87-91

Imm JY, Kim SJ. 2010. Anti-cancer and anti-inflammatory effects of mung bean and soybean extracts. *Korean J Food Sci Technol* 42:755-761

Jeong MS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Jung TW, Yoon YH, Oh IS, Woo KS. 2014. Physicochemical characteristics of *sikhye* (Korean traditional rice beverage) using foxtail millet, proso millet, and sorghum. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1785-1790

Jing H, Kitts DD. 2004. Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems. *Arch Biochem Biophys* 429:154-163

Kang BR, Park MJ, Lee HS. 2006. Germination dependency of antioxidative activities in brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:389-394

Kim HY, Hwang IG, Joung EM, Kim TM, Kim DJ, Park DS, Lee JS, Jeong HS. 2010. Antiproliferation effects of germinated-Korean rough rice extract on human cancer cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:325-330

Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jung HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40:166-170

Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1985. Study on the chemical change of general composition fatty acids and mineral contents during germination. *Korean J Food Sci Technol* 17:371-376

Kim KT, Kim JO, Lee GD, Kim JS, Kwon JH. 2005. Optimization of steaming and roasting conditions for maximized hypoglycemic properties of *Polygonatum odoratum* tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:549-556

Kim MJ, Ko JY, Lee KH, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Sim EY, Oh SK, Woo KS. 2017. Quality and antioxidant characteristics of commercially available mixed grains in Korea. *Korean J Food Nutr* 30:31-40

Kim MY, Lee SH, Jang GY, Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee J, Jeong HS. 2013. Effects of heat treatment on antioxidant activity of hydrolyzed mung beans. *Korean J Food Sci Technol* 45:34-39

Kim OK, Gu YA, Jeong YJ. 2007. Characteristics of mung bean powders after various hydrolysis protocols. *Korean J Food Preserv* 14:301-307

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

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 JH, Kim HJ, Kim MJ, Jung GH, Lee BW, Lee BK, Woo KS. 2017. Quality and antioxidant characteristics of roasted maize tea according to cultivation period and variety. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:1316-1326

Lee MH, Cho JH, Kim BK. 2013. Effect of roasting conditions on the antioxidant activities of *Cassia tora* L.. *Korean J Food Sci Technol* 45:657-660

Lee MH, Son HS, Choi OK, Oh SK, Kwon TB. 1994. Changes in physico-chemical properties and mineral contents during buckwheat germination. *Korean J Food Nutr* 7:267-273

Lee MJ, Kim SE, Kim JH, Lee SW, Yeum DM. 2014. A study of coffee bean characteristics and coffee flavors in relation to roasting. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:675-681

Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. *Food Sci Biotechnol* 16:1006-1010

Lee YT, Seog HM, Kim SS, Kim KT, Hong HD. 1984. Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. *Korean J Food Sci Technol* 26:336-342

Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119

Noh MJ, Kwon JH, Byun MW. 2001. Water-soluble components of small red bean and mung bean exposed to gamma irradiation and methyl bromide fumigation. *Korean J Food Sci Thechnol* 33:184-189

Oh HS, Kim JH, Lee MH. 2001. Isoflavone content, antioxidative and fibrinolytic activities of red bean and mung bean. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19:263-270

Park MH, Kim KC, Kim JS. 1993. Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *Korean J Ginseng Sci* 17: 228-231

Peng X, Zheng Z, Cheng KW, Shan F, Ren GX, Chen F, Wang M. 2008. Inhibitory effect of mung bean extract and its constituents vitexin and isovitexin on the formation of advanced glycation endproducts. *Food Chem* 106:475-481

Saklar S, Ungan S, Katnas S. 2003. Microstructural changes in hazel-nuts during roasting. *Food Res Int* 36:19-23

Sharma P, Gujral HS. 2011. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Res Int* 44:235-240

Sharma P, Gujral HS, Rosell CM. 2011. Effects of roasting on barley β-glucan, thermal, textural and pasting properties. *J Cereal Sci* 53:25-30

Shin DS, Choi YJ, Jeong ST, Sim EY, Lee SK, Kim HJ, Woo KS, Kim SJ, Oh SK, Park HY. 2016. Quality characteristics of mixed *Makgeolli* with barley and wheat. *Korean J Food Nutr* 29:565-572

Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung 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. *Korean J Food Sci Technol* 45:317-324

Song YB, Lee KS, Lee M, Kim AJ. 2013. Bioactivitiy changes in mung beans according to the roasting time. *Korean J Food Nutr* 26:502-507

Suh CS, Chun JK. 1981. Relationship among the roasting conditions, colors and extractable solid content of roasted barley. *Korean J Food Sci Technol* 13:334-339

Woo KS, Kim MJ, Ko JY, Sim EY, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Cho DH, Oh SK, Jeon YH, Lee CK. 2017. Pasting properties and antioxidant characteristics of germinated foxtail millet and proso millet with added cooked rice. *Korean J Food Nutr* 30:482-490

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

Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:687-694

Received 04 January, 2018
Revised 16 January, 2018
Accepted 22 January, 2018