KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 50, No. 2, pp. 143~151 (2018)
https://doi.org/10.9721/KJFST.2018.50.2.143

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

©The Korean Society of Food Science and Technology

발아와 볶음처리에 따른 콩가루 품질 및 이화학 특성

우관식[1,*] · 김현주[1] · 이지혜[1] · 이병원[1] · 이유영[1] · 이병규[1]
[1]농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부

Quality and physicochemical characteristics of soybean flours after germination and roasting

Koan Sik Woo[1,*], Hyun-Joo Kim[1], Ji Hae Lee[1], Byong Won Lee[1], Yu Young Lee[1], and Byoung Kyu Lee[1]
[1]*Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration*

Abstract The quality and physicochemical characteristics of the soybean flours after germination and roasting were evaluated to partly fulfill the purpose of establishing quality standards of soybean flours for each of their applications. Moisture content of roasted soybean flours decreased significantly based on the roasting conditions, and crude ash, protein, and fat content increased. Water binding capacity increases with an increase in roasting temperature and time; however, water solubility index and swelling power decreased. The lightness of roasted soybean flour decreased significantly, and its redness and yellowness increased in intensity. Phenolic compounds and radical scavenging activity of roasted soybean flour increased with an increase in roasting temperature and time. 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) radical scavenging activity of roasted soybean flour without and with germination was 380.88-537.32 and 419.34-587.99 mg TE/100 g, respectively. Consequently, it is necessary to set quality standards for each application, considering the quality and antioxidant properties of roasted soybean flours.

Keywords: soybean flours, germination, roasting, quality characteristics, physicochemical characteristics

서 론

콩(*Glycine max*)은 우리나라에서 발효식품의 주원료로 이용되어 왔으며(Kim 등, 2010a), saponin, lecithin, phytic acid, isoflavone, phenol 화합물 등과 같은 다양한 생리활성물질을 포함하고 있다(Jung 등, 2016; Kim 등, 2010b; Kim 등, 2016). 콩은 대표적인 단백질 급원으로 단백질과 지방의 보충에 좋은 공급원이다(Lee와 Lim, 2013). 콩의 단백질은 혈중 LDL-cholesterol의 농도를 낮추고 관상동맥경화를 예방하고 골다공증에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2013; Woo 등, 2017a). 콩 지질은 linoleic acid와 linolenic acid 등의 불포화 지방산을 다량 함유하고 있어 심혈관계 질환을 예방하는 효과가 있다(Lee 등, 2013; Woo 등, 2017a). 또한 콩에 함유된 식이섬유는 장 기능 개선, 당뇨환자의 혈당상승을 억제하고 lecithin은 지방간 예방, 항산화 활성, 뇌 건강, 치매 예방 효과가 있으며, 콩 saponin은 지방산 산화를 억제하고 이소플라본은 갱년기 증상 완화와 골다공증을 개선하는 효과가 있다(Lee 등, 2013; Woo 등, 2017a).

한편 곡물에 볶음 처리하는 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 품질요소에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2013; Park 등, 1993; Saklar 등, 2003). 볶음 처리한 곡류에 관한 연구로는 보리의 볶음 방법별 β-glucan, catechin, tocophenol과 같은 생리활성물질의 추출 수율이 달라진다고 보고하였다(Duh 등, 2001; Sharma와 Gujral, 2011a, 2011b). 또한 숭늉제조용 찐백미와 미숙보리의 볶음 조건에 따라 색, 당 및 아미노산의 함량이 변화는 것으로 보고하였으며(Ha 등, 1999; Lee 등, 1984), 볶음 옥수수의 일반성분, 무기성분, 아미노산 함량 변화(Ayatse 등, 1983)와 품종별 볶음 옥수수의 항산화 활성(Lee 등, 2017)에 대해 보고하였다.

또한 발아는 종자에서 단백질과 아미노산, 지방산, 탄수화물, 비타민, 무기질, 식이섬유 등의 영양성분이 변화되고 생리활성 성분들도 증가하는 것으로 알려져 있으며(Woo 등, 2017b), 발아과정 중에 효소가 활성화되어 영양성분의 체내 흡수가 용이하게 된다고 알려져 있다(Lee 등, 2007). 식물종자의 발아 중 성분변화에 대한 많은 연구가 보고되었고(Cho 등, 1985; Choi와 Kim, 1985; Colmenares de Ruiz와 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 품질기준 설정이 필요하며, 기능성 향상을 위한 전처리 공정 확립이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 용도별 콩가루 품질기준 설정과 품질 및 기능성 향상을 위한 목적으로 발아와 볶음처리 후 콩가루의 색도, 수분특성 등 품질 및 항산화 성분

*Corresponding author: Koan Sik Woo, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi 16429, Korea
Tel: +82-31-695-0616
Fax: +82-31-695-4085
E-mail: wooks@korea.kr
Received January 4, 2018; revised January 29, 2018;
accepted March 5, 2018

등 이화학 특성을 분석하여 추후 용도별 콩가루의 품질기준 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 발아와 볶음처리

본 연구에 사용된 콩 품종은 2016년에 경기도 수원 소재의 국립식량과학원 중부작물부 시험포장에서 생산된 대원(*Glycine max* L. cv. Daewon) 품종을 사용하였다. 시료의 발아는 20°C에서 24시간 침지한 후 25°C에서 24시간 발아시켜 시료로 사용하였으며, 이때의 싹 길이는 5-10 mm로 조사되었다. 발아시키지 않은 콩과 발아시킨 콩의 볶음조건은 온도 5조건(160, 180, 200, 220 및 240°C)과 시간 3조건(10, 20 및 30분)으로 설정하여 원적외선 볶음기(FEC-006, Biotech Food Power Co., Incheon, Korea)로 볶음처리 하였다. 볶음 콩은 곡물분쇄기(HMF-1100, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄하여 콩가루를 제조하였으며, 4°C 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였다.

발아와 볶음처리 콩가루의 일반성분 분석

발아와 볶음처리 콩가루의 수분함량은 적외선수분함량측정기(MX-50, AND Co. Ltd., 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™ 2050 Analyzer Unit, Foss Tecator)으로 분석하였고 조회분 함량은 600°C 직접회화법으로 분석하였다. 탄수화물 함량은 100 중량부에서 수분, 단백질, 지방, 회분을 뺀 나머지로 표시하였고(Jeong 등, 2014), 분석된 항목은 건물중량(dry basis weight)으로 계산하여 산출하였다.

발아와 볶음처리 콩가루의 품질특성 분석

발아와 볶음처리 콩가루의 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 mL을 혼합하여 1시간 교반하고 10분 동안 1,500×g로 원심분리하여 상층액을 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°C의 항온수조에 30분간 가열하고 1,500×g로 20분간 원심분리한 후 상층액은 105°C에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고 침전물은 그대로 무게를 측정하였으며, 아래의 계산식에 의해 산출하였다.

$$\text{용해도(water solubility index, \%)} = \frac{\text{상층액을 건조한 고형물의 무게(g)}}{\text{처음시료무게(g)}} \times 100$$

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

발아와 볶음처리 콩가루의 항산화 성분 함량 분석

발아와 볶음처리 콩가루의 총 페놀성분 및 radical 소거활성을 분석하기 위해 일정량의 시료를 취하여 80% 에탄올을 넣고 균질기(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°C 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% sodium carbonate (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 g중의 mg gallic acid equivalents (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 μL에 증류수 1 mL과 5% sodium nitrite ($NaNO_2$) 75 μL를 가한 다음, 5분 후 10% aluminium (III) chloride hexahydrate ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$) 150 μL를 가하여 6분 방치하고 1 N sodium hydroxide (NaOH) 500 μL를 첨가하고, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 분광광도계(Multiskan™ GO, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)을 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중의 mg catechin equivalents (CE, dry basis)로 나타내었다.

발아와 볶음처리 콩가루의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 측정

발아와 볶음처리 콩가루 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 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% 에탄올에 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 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 몰 흡광계수($\varepsilon=3.6\times10^4$ $M^{-1}cm^{-1}$)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.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 평균±표준편차로 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

발아와 볶음처리 콩가루의 일반성분 함량

발아와 볶음처리에 따른 콩가루의 일반성분 함량을 분석한 결과 Table 1 및 2와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 발아시키지 않은 원료 콩의 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 및 탄수화물 함량은 각각 7.85, 5.33, 35.63, 18.56 및 32.63 g/100 g이었고, 발아시켜 동결 건조한 콩은 각각 0.72, 5.24, 39.08, 19.89 및 35.07 g/100 g으로 동결 건조 후 수분 감소로 상대적으로 다른 성분의 함량이 높게 나타났다. 발아시키

Table 1. The proximate compositions of ungerminated soybean flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (°C)	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	6.80±0.05$^{a1)}$	5.07±0.03^{fg}	35.81±0.31^{i}	17.80±0.10^{j}	34.52±0.30^{efg}
180	10	5.87±0.05^{b}	5.08±0.02^{fg}	36.20±0.19^{h}	18.24±0.23^{gh}	34.61±0.09^{ef}
200	10	4.99±0.05^{e}	5.08±0.04^{fg}	36.71±0.07^{efg}	19.01±0.03^{e}	34.22±0.09^{h}
220	10	4.48±0.03^{g}	5.02±0.01^{h}	36.27±0.05^{h}	19.91±0.09^{c}	34.33±0.13^{fgh}
240	10	4.13±0.04^{h}	5.20±0.02^{c}	37.39±0.14^{d}	19.11±0.14^{e}	34.18±0.16^{hi}
160	20	5.78±0.05^{c}	5.06±0.02^{g}	36.65±0.07^{fg}	18.26±0.12^{gh}	34.25±0.13^{gh}
180	20	4.90±0.07^{f}	5.11±0.02^{def}	36.61±0.09^{fg}	18.02±0.05^{i}	35.36±0.10^{ab}
200	20	4.05±0.09^{i}	5.10±0.02^{efg}	37.58±0.19^{cd}	19.34±0.14^{d}	33.93±0.34^{ij}
220	20	2.70±0.05^{k}	5.14±0.03^{de}	36.65±0.12^{fg}	20.14±0.09^{b}	35.36±0.17^{ab}
240	20	2.33±0.02^{l}	5.29±0.02^{b}	38.21±0.10^{b}	19.49±0.09^{d}	34.69±0.18^{de}
160	30	5.34±0.06^{d}	5.11±0.05^{def}	36.51±0.16^{g}	18.10±0.12^{hi}	34.94±0.32^{cd}
180	30	4.11±0.08^{hi}	5.14±0.02^{de}	36.88±0.08^{e}	18.36±0.06^{g}	35.51±0.19^{a}
200	30	3.55±0.04^{j}	5.15±0.02^{d}	37.71±0.11^{c}	18.84±0.07^{f}	34.76±0.12^{de}
220	30	2.09±0.02^{m}	5.23±0.03^{c}	36.77±0.06^{ef}	20.82±0.09^{a}	35.09±0.03^{bc}
240	30	1.78±0.03^{n}	5.40±0.02^{a}	38.64±0.12^{a}	20.30±0.13^{b}	33.88±0.17^{j}

The moisture, crude ash, protein, fat, and carbohydrate contents of ungerminated soybean flours without roasting were 7.85, 5.33, 35.63, 18.56, and 32.63 g/100 g, respectively.
[1)]All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (a-n) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

Table 2. The proximate compositions of germinated soybean flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (°C)	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	2.02±0.03$^{b1)}$	5.28±0.02^{ab}	38.69±0.19^{g}	20.77±0.12^{b}	33.23±0.32^{e}
180	10	1.73±0.03^{c}	5.22±0.01^{de}	39.42±0.12^{cde}	19.65±0.13^{g}	33.98±0.20^{bc}
200	10	1.31±0.00^{d}	5.25±0.04^{bcde}	40.01±0.45^{a}	19.92±0.10^{f}	33.51±0.52^{de}
220	10	1.22±0.06^{e}	5.17±0.02^{f}	39.51±0.40^{bcd}	19.02±0.12^{h}	35.07±0.25^{a}
240	10	1.16±0.03^{ef}	5.27±0.01^{abcd}	39.57±0.15^{bcd}	20.25±0.03^{d}	33.75±0.18^{cd}
160	20	2.31±0.01^{a}	5.23±0.05^{cde}	39.02±0.14^{fg}	20.75±0.09^{b}	32.69±0.08^{f}
180	20	1.15±0.02^{ef}	5.27±0.03^{abc}	39.75±0.45^{abcd}	20.08±0.03^{e}	33.75±0.41^{cd}
200	20	1.11±0.04^{fgh}	5.22±0.01^{ef}	39.45±0.10^{cde}	20.09±0.09^{e}	34.14±0.19^{bc}
220	20	1.14±0.08^{ef}	5.27±0.01^{abcd}	39.50±0.03^{bcd}	20.56±0.08^{c}	33.52±0.17^{de}
240	20	1.03±0.01^{hi}	5.26±0.01^{bcde}	39.88±0.14^{ab}	20.50±0.04^{c}	33.34±0.18^{e}
160	30	1.69±0.03^{c}	5.28±0.03^{ab}	39.10±0.06^{ef}	20.06±0.10^{ef}	33.87±0.12^{cd}
180	30	1.06±0.09^{ghi}	5.27±0.01^{abc}	39.72±0.37^{abcd}	20.09±0.11^{e}	33.87±0.32^{cd}
200	30	1.11±0.11^{fg}	5.25±0.04^{bcde}	39.35±0.07^{def}	19.96±0.12^{ef}	34.32±0.22^{b}
220	30	0.99±0.05^{i}	5.24±0.02^{bcde}	39.71±0.19^{abcd}	20.03±0.04^{ef}	34.03±0.20^{bc}
240	30	1.05±0.06^{ghi}	5.32±0.07^{a}	39.82±0.13^{abc}	21.27±0.12^{a}	32.55±0.22^{f}

The moisture, crude ash, protein, fat, and carbohydrate contents of germinated soybean flours after freeze-drying were 0.72, 5.24, 39.08, 19.89, and 35.07 g/100 g, respectively.
[1)]All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (a-i) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

지 않은 콩으로 제조한 볶음 콩가루의 일반성분 함량을 분석한 결과 Table 1과 같이 수분 함량은 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하는 것으로 나타났으며(1.78-6.80 g/100 g), 조회분(5.02-5.40 g/100 g), 조단백질(35.81-38.64 g/100 g) 및 조지방(17.80-20.82 g/100 g) 함량은 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 약간 증가하는 경향을 보였으나 큰 차이가 없었다. 발아시킨 후 볶음 처리한 콩가루의 일반성분 함량을 분석한 결과 Table 2와 같이 수분 함량은 볶음온도와 시간에 따라 감소하였으며(0.99-2.31 g/100 g), 조회분(5.17-5.32 g/100 g), 조단백질(38.69-40.01 g/100 g) 및 조지방(19.02-21.27 g/100 g) 함량은 약간 증가하는 경향을 보였으나 큰 차이가 없었다. 수분 함량의 경우 발아시켜 제조한 볶음 콩가루에 낮게 나타났고 조회분, 조단백질, 조지방 및 탄수화물 함량은 발아와 볶음조건에 따라 큰 차이가 없었다. Lee와 Lim(2013)의 보고에 의하면 볶음콩가루의 일반성분을 분석한 결과 수분, 조단백질, 조회분, 조지방을 각각 5.11, 39.2, 6.0 및 19.1%로 보고하였고, Jung과 Jung(1994)은 각각 5.41, 43.51, 5.81 및 18.46%로 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였으며, 약간의 차이는 품종, 재배시기와 산지, 가공조건 등에 의한 차이로 생각된다.

발아와 볶음처리 콩가루의 품질특성

수분결합력(water binding capacity)은 전분 입자의 표면에 흡착되거나 내부로 침투되는 물의 양을 측정한 것으로(Kim 등, 2017; Song 등, 2011), 발아와 볶음처리에 따른 콩가루의 수분특성을 분석한 결과 Table 3 및 4와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 발아시키지 않은 원료 콩의 수분결합력, 용해도와 팽윤력은 각각 113.08, 49.76 및 30.88%이었고, 발아시켜 동결 건조한 콩은 각각 120.88, 56.90 및 36.14%이었다. 발아시키지 않은 콩으로 제조한 볶음 콩가루의 수분결합력은 Table 3과 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보여 220°C에서 20분 볶은 콩가루가 241.48%로 가장 높게 나타났으며, 이후 감소하는 경향을 보였다. 발아시킨 콩으로 제조한 볶음 콩가루의 수분결합력은 Table 4와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보여 240°C에서 20

Table 3. Water binding capacity, swelling power, solubility, and color of ungerminated soybean flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (°C)	Roasting time (min)	Water binding capacity (%)	Water solubility index (%)	Swelling power (%)	Color		
					L-value	a-value	b-value
160	10	85.57±4.42$^{i1)}$	41.41±2.70^{a}	27.40±1.12^{a}	39.15±1.44^{a}	-1.05±0.10^{k}	10.49±0.36^{e}
180	10	86.87±3.03^{i}	39.84±1.78^{ab}	25.56±1.22^{bc}	35.91±0.88^{b}	-0.91±0.06^{jk}	9.38±0.18^{fg}
200	10	162.05±1.57^{f}	41.20±1.56^{a}	26.61±0.76^{ab}	36.30±0.50^{b}	-0.59±0.03^{i}	8.81±0.47^{h}
220	10	237.35±4.33^{a}	36.44±0.49^{c}	25.57±0.74^{bc}	34.30±0.24^{c}	0.48±0.00^{g}	9.73±0.04^{f}
240	10	209.91±5.33^{c}	24.77±0.42^{d}	22.23±0.07^{d}	32.64±0.75^{de}	2.45±0.04^{e}	12.88±0.37^{b}
160	20	90.94±2.36^{i}	40.31±3.00^{ab}	25.60±1.59^{bc}	37.29±0.84^{b}	-0.88±0.00^{j}	8.97±0.05^{gh}
180	20	126.88±6.30^{h}	38.50±0.86^{abc}	25.89±0.34^{bc}	33.97±0.88^{cd}	-0.29±0.06^{h}	8.90±0.08^{gh}
200	20	202.35±9.21^{cd}	27.31±2.36^{d}	22.80±1.14^{d}	32.99±1.51^{cde}	1.81±0.09^{f}	11.72±0.52^{d}
220	20	241.48±4.37^{a}	24.91±1.04^{d}	22.14±0.11^{d}	31.90±0.67^{e}	2.52±0.18^{e}	13.21±0.63^{b}
240	20	188.65±2.02^{e}	21.65±0.10^{e}	21.43±0.28^{de}	25.09±0.85^{g}	4.67±0.09^{b}	14.23±0.34^{a}
160	30	138.51±2.10^{g}	37.23±1.78^{bc}	24.83±0.99^{c}	36.53±1.00^{b}	-0.81±0.05^{j}	9.15±0.08^{gh}
180	30	206.92±9.20^{cd}	38.45±0.83^{abc}	26.08±0.79^{abc}	32.70±0.14^{de}	0.42±0.03^{g}	9.33±0.09^{fgh}
200	30	199.59±5.96^{d}	24.90±3.10^{d}	22.58±0.95^{d}	27.94±0.12^{f}	2.93±0.02^{d}	12.32±0.15^{c}
220	30	225.11±0.45^{b}	21.73±0.44^{e}	22.60±0.15^{d}	26.76±0.05^{f}	4.12±0.10^{c}	14.32±0.11^{a}
240	30	187.48±7.35^{e}	19.38±0.97^{e}	20.16±0.14^{e}	18.54±0.07^{h}	5.32±0.24^{a}	12.88±0.14^{b}

Water binding capacity, water solubility index and swelling power of ungerminated soybean flours without roasting were 113.08, 49.76, and 30.88%, respectively. The L-value, a-value, and b-value of ungerminated soybean flours were 38.39, -1.17, and 11.24, respectively.
1)All values are expressed as the mean±SD 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 color of germinated soybean flours with roasting temperatures and times

Roasting temp. (°C)	Roasting time (min)	Water binding capacity (%)	Water solubility index (%)	Swelling power (%)	Color		
					L-value	a-value	b-value
160	10	198.78±7.01$^{d1)}$	53.90±0.39^{a}	34.97±0.53^{ab}	36.42±1.05^{a}	-0.75±0.02^{m}	8.70±0.10^{i}
180	10	153.25±3.42^{f}	53.83±0.29^{a}	35.13±0.10^{a}	33.46±0.14^{b}	-0.73±0.01^{m}	9.10±0.19^{h}
200	10	151.05±3.84^{f}	51.72±0.60^{bc}	33.37±1.01^{c}	32.13±0.63^{c}	-0.36±0.04^{jk}	9.35±0.08^{g}
220	10	162.55±2.52^{e}	44.63±1.74^{f}	28.71±0.82^{f}	31.27±0.24^{c}	0.19±0.02^{h}	10.58±0.03^{e}
240	10	223.53±2.91^{c}	27.41±0.55^{g}	23.24±0.36^{g}	28.56±0.25^{e}	2.43±0.06^{e}	13.16±0.18^{b}
160	20	129.69±5.84^{h}	52.19±0.51^{b}	33.77±0.34^{c}	33.68±0.54^{b}	-0.57±0.03^{l}	8.96±0.04^{h}
180	20	141.22±1.37^{g}	50.88±0.83^{cd}	32.08±0.45^{d}	32.25±0.57^{c}	-0.13±0.05^{i}	9.90±0.23^{f}
200	20	162.32±1.68^{e}	49.99±0.29^{de}	31.07±0.18^{e}	30.19±0.80^{d}	0.46±0.04^{g}	10.58±0.13^{e}
220	20	225.42±9.45^{c}	27.27±0.32^{g}	23.23±0.37^{g}	27.26±0.14^{f}	2.55±0.03^{d}	13.07±0.09^{b}
240	20	251.22±3.60^{a}	19.89±0.34^{i}	22.57±0.34^{gh}	21.74±0.08^{h}	4.32±0.09^{b}	13.17±0.15^{b}
160	30	121.73±5.52^{i}	52.71±0.80^{ab}	34.14±0.69^{bc}	31.63±0.08^{c}	-0.43±0.02^{k}	8.66±0.13^{i}
180	30	154.36±5.40^{f}	49.51±0.38^{e}	31.55±0.61^{de}	31.22±0.58^{c}	-0.30±0.02^{j}	9.55±0.02^{g}
200	30	135.83±1.09^{gh}	45.61±0.20^{f}	29.22±0.17^{f}	29.96±1.47^{d}	0.94±0.09^{f}	11.58±0.08^{d}
220	30	225.08±4.68^{c}	21.21±0.46^{h}	22.69±0.22^{gh}	25.78±0.20^{g}	3.48±0.03^{c}	13.76±0.04^{a}
240	30	236.15±1.29^{b}	19.15±1.22^{i}	21.94±0.46^{h}	17.62±0.15^{i}	5.07±0.06^{a}	11.82±0.12^{c}

Water binding capacity, water solubility index and swelling power of germinated soybean flours after freeze-drying were 120.88, 56.90, and 36.14%, respectively. The L-value, a-value, and b-value of germinated soybean flours were 33.09, -0.35, and 9.10, respectively.
1)All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (a-m) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

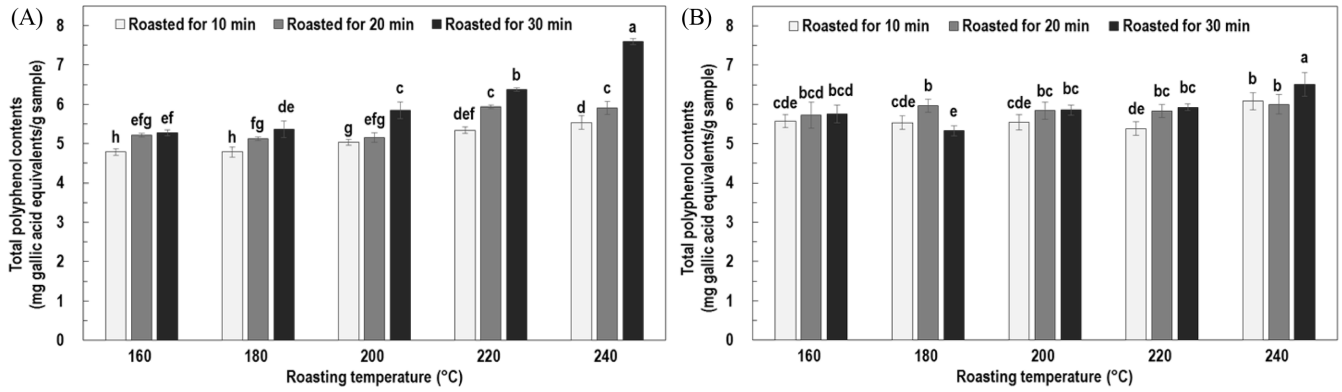

Fig. 1. Total polyphenol contents of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) soybean flours with roasting temperatures and times. Total polyphenol contents of ungerminated and germinated soybean flours were 4.23 and 4.18 mg GAE/g, respectively. Means with different superscripts within a column (a-h) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

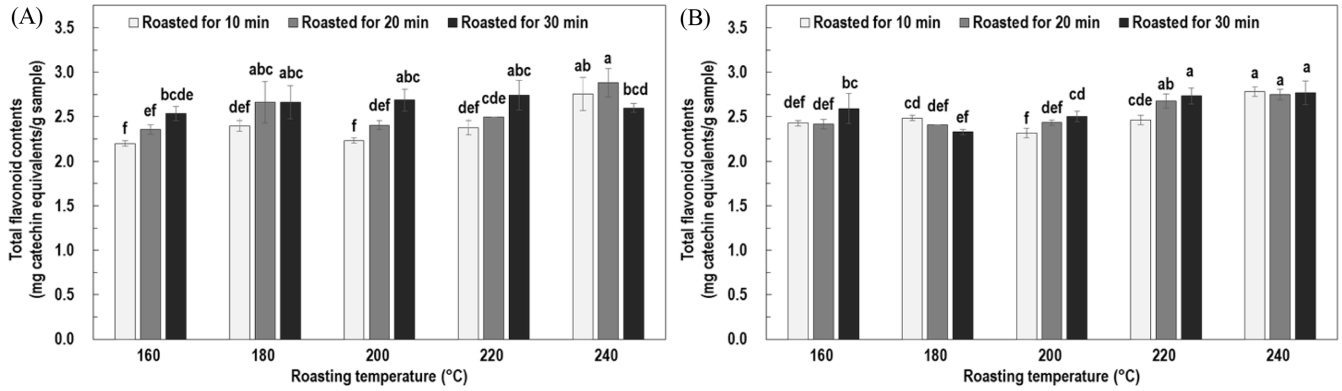

Fig. 2. Total flavonoid contents of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) soybean flours with roasting temperatures and times. Total flavonoid contents of ungerminated and germinated soybean flours were 0.62 and 0.65 mg CE/g, respectively. Means with different superscripts within a column (a-f) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

분 볶은 콩가루가 251.22%로 가장 높게 나타났으며, 이후 감소하는 경향을 보였다. Cho와 Park(1997)의 연구에서 품종에 따른 강낭콩 앙금의 수분결합력이 322.4-355.0%로 보고하였으며, Woo 등(2016)은 팥 앙금의 수분결합력이 460.73-566.86%로 보고하여 콩가루에 비해 강낭콩이나 팥 앙금의 수분결합력이 높은 것을 알 수 있었다. 발아시키지 않은 볶음 콩가루와 발아시킨 볶음 콩가루의 용해도(water solubility index)는 각각 41.41-19.38 (Table 3) 및 53.90-19.15% (Table 4)로 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였다. 팽윤력(swelling power) 또한 각각 27.40-20.16 및 35.13-21.94%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 입자 내의 미셀구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받는다(Lee와 Kim, 1992). 따라서 볶은 콩가루의 수분특성을 고려하여 용도별 품질 기준 설정이 필요할 것으로 생각된다.

발아와 볶음처리에 따른 콩가루의 색도를 분석한 결과 Table 3 및 4와 같이 볶음온도와 시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 발아시키지 않은 원료 콩가루의 명도, 적색도 및 황색도는 각각 38.39, –1.17 및 11.24이었고, 발아시켜 동결 건조한 콩가루는 각각 33.09, -0.35 및 9.10으로 동결 건조 후 감소하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 볶음 콩가루와 발아시킨 볶음 콩가루의 명도(L-value)는 각각 39.15-18.54 및 36.42-17.62로 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였다. 적색도(a-value)는 각각 –1.05-5.32 및 –0.75-5.07, 황색도(b-value)는 각각 8.81-14.32 및 8.66-13.76으로 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, 220°C에서 30분에서 가장 높았고 이후 감소하였다. 팥차 제조에서 볶음 시간이 증가함에 따라 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하였으며(Song 등, 2013), 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(Jing과 Kitts, 2004).

발아와 볶음처리 콩가루의 항산화 성분 함량

발아와 볶음처리에 따른 콩가루의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같이 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 원료 콩과 발아시켜 동결 건조한 콩의 총 폴리페놀 함량은 각각 4.23 및 4.18 mg GAE/g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 콩가루의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1(A)와 같이 4.79-7.60 mg GAE/g으로 나타났고 발아시킨 볶음 콩가루는 Fig. 1(B)와 같이 5.33-6.50 mg GAE/g으로, 가장 높은 함량을 보인 처리는 240°C에서 30분으로 조사되었다. 총 플라보노이드 함량 또한 Fig. 2와 같이 볶음온도와 시간이 증가함

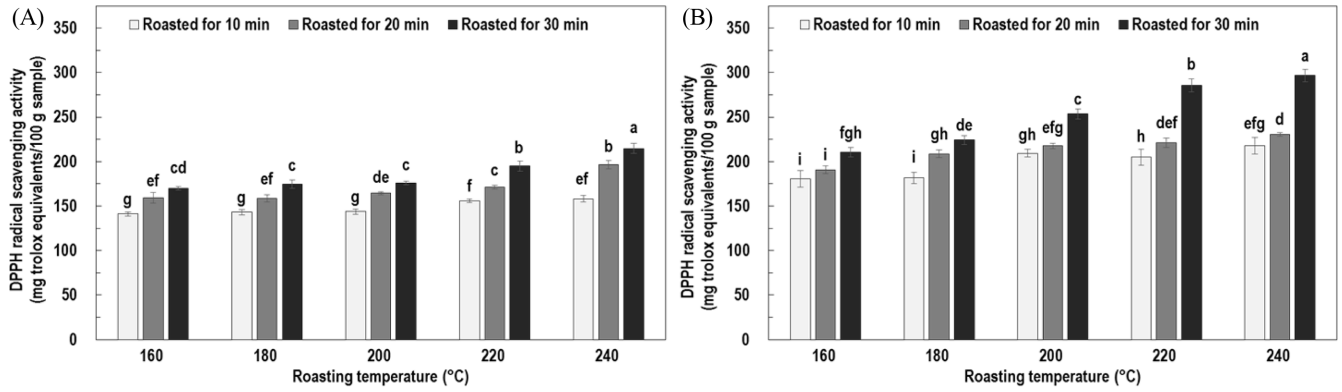

Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) soybean flours with roasting temperatures and times. DPPH radical scavenging activity of ungerminated and germinated soybean flours were 130.63 and 122.12 mg TE/100 g, respectively. Means with different superscripts within a column are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

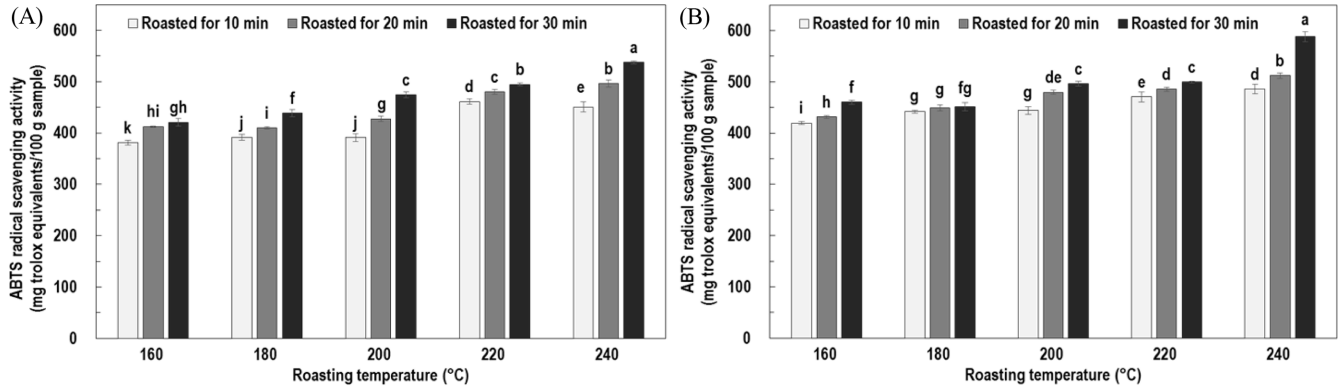

Fig. 4. ABTS radical scavenging activity of the ethanolic extracts of ungerminated (A) and germinated (B) soybean flours with roasting temperatures and times. ABTS radical scavenging activity of ungerminated and germinated soybean flours were 369.65 and 355.43 mg TE/100 g, respectively. Means with different superscripts within a column are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

에 따라 유의적으로 차이를 나타내었다. 발아시키지 않은 원료 콩과 발아시켜 동결 건조한 콩의 총 플라보노이드 함량은 각각 0.62 및 0.65 mg CE/g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 콩가루와 발아시킨 볶음 콩가루의 총 플라보노이드 함량은 각각 2.20-2.88 (Fig. 2A) 및 2.31-2.78 mg CE/g (Fig. 2B)로 나타났다. 총 플라보노이드 함량의 경우 발아시키지 않은 볶음 콩가루는 240°C에서 20분 처리에서 가장 높았으며(2.88 mg CE/g), 발아시킨 볶음 콩가루는 220°C에서 30분(2.73 mg CE/g), 240°C에서 10분(2.78 mg CE/g), 20분(2.75 mg CE/g) 및 30분(2.77 mg CE/g) 처리에서 유의적으로 높게 나타났다. 곡류의 polyphenolic 화합물은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring에 의해 높은 항산화성을 가지는 것으로 알려져 있다(Middleton과 Kandaswami, 1994). Song 등(2013)의 보고에 의하면 팥의 경우 볶음시간이 경과함에 따라 초반에 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 감소하다 증가하는 것으로 보고하였고, Ko 등(2012)은 수수에서 볶음시간이 증가할수록 페놀 성분이 증가하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 콩의 볶음처리 과정에서 여러 화학 반응에 의해 폴리페놀 성분의 함량이 증가한 것으로 생각된다.

발아와 볶음처리 콩가루의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성

발아와 볶음처리에 따른 콩가루 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 3과 같이 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 원료 콩과 발아시켜 동결 건조한 콩의 DPPH radical 소거활성은 각각 130.63 및 122.12 mg TE/100 g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 콩가루 추출물의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 3(A)와 같이 141.07-214.80 mg TE/100 g으로 나타났고 발아시킨 볶음 콩가루는 Fig. 3(B)와 같이 180.49-296.63 mg TE/100 g이었으며, 가장 높은 활성을 보인 처리는 240°C에서 30분으로 조사되었다. 또한 발아 후 볶은 콩가루가 전체적으로 높은 DPPH radical 소거활성을 나타내었다. 발아와 볶음처리에 따른 콩가루 추출물의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4와 같이 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 원료 콩과 발아시켜 동결 건조한 콩의 ABTS radical 소거활성은 각각 369.65 및 355.43 mg TE/100 g으로 나타났다. 발아시키지 않은 볶음 콩가루 추출물의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4(A)와 같이 380.88-537.32 mg TE/100 g으로 나타났고 발아시킨 볶음 콩가루는 Fig. 4(B)와 같이 419.34-587.99 mg TE/100 g이었으며, 가장 높은 활성을 보인 처리는 240°C에서 30분으로 조사되었다. ABTS radical 소거활성 또한 발아 후 볶은 콩가루가 전체적으로 높은 활성을 나타내었다. Radical 소거활성은 천연물의 페놀성분에 의해 활성을 나타내는 것으로 볼 때(Choi 등, 2007), 볶음 콩가루의 radical 소거활성은 페놀성분의 증가로 인한 것으로 판단된다. Kim 등(2005)은 둥굴레가 볶음처리에 따라 항산화 성분 및 활성이 증

Table 5. Correlation coefficients among proximate composition, color, water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), swelling power (SP), total polyphenol (TPC), flavonoid contents (TFC), and radical scavenging activity of soybean 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	-0.832***	-0.914***	-0.819***	0.463**	0.642***	-0.411*	-0.355*	-0.430**	0.000^{NS}	-0.205^{NS}	-0.405*	-0.346*	-0.416*	-0.451**
Ash	1.000	0.785***	0.728***	-0.629***	-0.720***	0.515**	0.378*	0.289^{NS}	-0.117^{NS}	0.084^{NS}	0.556***	0.409*	0.548**	0.474**
Protein	-	1.000	0.668***	-0.680***	-0.529**	0.230^{NS}	0.157^{NS}	0.210^{NS}	0.150^{NS}	0.335*	0.247^{NS}	0.219^{NS}	0.259^{NS}	0.252^{NS}
Fat	-	-	1.000	-0.553**	-0.602***	0.476**	0.364*	0.561***	-0.122^{NS}	0.101^{NS}	0.487**	0.178^{NS}	0.425*	0.466**
Carbohydrate	-	-	-	1.000	0.307^{NS}	-0.110^{NS}	0.051^{NS}	-0.107^{NS}	-0.119^{NS}	-0.283^{NS}	-0.176^{NS}	0.148^{NS}	-0.091^{NS}	-0.037^{NS}
L-value	-	-	-	-	1.000	-0.895***	-0.689***	-0.596***	0.647***	0.486**	-0.891***	-0.618***	-0.884***	-0.887***
a-value	-	-	-	-	-	1.000	0.893***	0.731***	-0.880***	-0.745***	0.869***	0.663***	0.851***	0.916***
b-value	-	-	-	-	-	-	1.000	0.661***	-0.839***	-0.734***	0.663***	0.641***	0.649***	0.788***
WBC	-	-	-	-	-	-	-	1.000	-0.659***	-0.515**	0.544**	0.434*	0.506**	0.672***
WSI	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.957***	-0.727***	-0.587***	-0.697***	-0.786***
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	-0.622***	-0.510**	-0.587***	-0.688***
TPC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.511**	0.910***	0.924***
TFC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.684***	0.652***
DPPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.906***

가한다고 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(Jing과 Kitts, 2004), 반응산물인 melanoidin은 항산화 활성이 높은 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2008). 이상의 결과에서 볶음조건에 따라 품질 및 이화학 성분의 변화가 있으므로, 콩가루의 품질 및 항산화 특성을 고려하여 콩가루가 많이 이용되고 있는 고물이나 앙금 등 용도별 품질기준 설정이 필요할 것으로 생각된다.

발아와 볶음처리 콩가루의 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계

발아와 볶음 콩가루의 일반성분, 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계를 분석한 결과 Table 5와 같이 나타났다. 회분, 단백질 및 지방 함량은 수분 함량과 r값이 각각 –0.770 (p<0.001), –0.874 (p<0.001) 및 –0.844 (p<0.001)로 부의 상관관계를 보였으며, 단백질 함량은 회분 함량과 정의 상관(0.785, p<0.001), 지방 함량은 회분(0.728, p<0.001) 및 단백질 함량(0.668, p<0.001)과 정의 상관을 보였다. 명도(L-value)는 수분 함량과 정의 상관(0.626, p<0.001)을 보였고 회분(–0.720, p<0.001), 단백질(–0.529, p<0.01) 및 지방 함량(–0.602, p<0.001)과 부의 상관을 나타내었다. 적색도(a-value)와 황색도(b-value)는 수분 함량과 명도와 부의 상관을 보였고, 회분 및 지방 함량과 정의 상관을 나타내었다. 수분결합력(water binding capacity)은 수분 함량(–0.486, p<0.01), 명도(–0.596, p<0.001)와 부의 상관을 보였으며, 지방 함량(0.561, p<0.001), 적색도(0.731, p<0.001) 및 황색도(0.661, p<0.001)와 정의 상관을 나타내었다. 용해도(water solubility index)와 팽윤력(swelling power)은 명도와 정의 상관을 나타내었으며, 적색도, 황색도 및 수분결합력과 부의 상관을 보였다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 명도(각각 –0.891, –0.618; p<0.001), 용해도(각각 –0.727, –0.587; p<0.001)] 및 팽윤력(각각 –0.622 (p<0.001) 및 –0.510 (p<0.01)과 높은 부의 상관을 나타내었고, 적색도(각각 0.869, 0.663; p<0.001) 및 황색도(각각 0.663, 0.641; p<0.001)와 높은 정의 상관을 나타내었다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 명도(각각 –0.884, –0.889; p<0.001), 용해도(각각 –0.697, –0.786; p<0.001) 및 팽윤력(각각 –0.587, –0.688; p<0.01)과 높은 부의 상관을 나타내었으며, 적색도(각각 0.851, 0.916; p<0.001), 황색도(각각 0.649, 0.788; p<0.001), 총 폴리페놀(각각 0.910, 0.924; p<0.001) 및 플라보노이드 함량(각각 0.684, 0.652; p<0.001)과 높은 정의 상관을 나타내었다. DPPH radical 소거활성과 ABTS radical 소거활성과의 상관성은 r값이 0.906 (p<0.001)으로 높은 정의 상관을 나타내었다.

요 약

용도별 콩가루 품질기준 설정을 위한 일환으로 발아와 볶음처리 후 콩가루의 품질과 이화학 특성을 분석한 결과 발아와 볶음처리에 따른 콩가루의 수분 함량은 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였으며, 조회분, 조단백질 및 조지방 함량은 유의적으로 약간 증가하는 경향을 보였으나 큰 차이가 없었다. 수분결합력은 발아시키지 않은 볶음 콩가루와 발아시킨 볶음 콩가루에서 각각 220°C에서 20분(241.48%)과 240°C에서 20분(251.22%)에서 높게 나타났고 용해도와 팽윤력은 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 볶음 콩가루의 명도는 볶음온도와 시간에 따라 유의적으로 감소하였고, 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 보였다. 발아시키지 않은 볶음 콩가루와 발아시킨 볶음 콩가루의 총 폴리페놀 함량은 각각 4.79-7.60 및 5.33-6.50 mg GAE/g, 총 플라보노이드 함량은 각각 2.20-2.88 및 2.31-2.78 mg CE/g으로 볶음온도와 시간이 증가함에 따라 증가하였다. DPPH radical 소거활성은 각각 141.07-214.80 및 180.49-296.63 mg TE/100 g, ABTS radical 소거활성은 각각 380.88-537.32 및 419.34-587.99 mg TE/100 g으로 발아 후 볶은 콩가루가 전체적으로 높은 활성을 나타내었다. 이상의 결과에서 볶음조건에 따라 품질 및 이화학 성분의 변화가 있으므로, 콩가루의 품질 및 항산화 특성을 고려하여 콩가루가 많이 이용되고 있는 고물이나 앙금 등 용도별 품질기준 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. Chemical evaluation of the effect of roasting on the nutritive value of maize (*Zea mays* Linn). Food Chem. 12: 135-147 (1983)

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

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

Choi KS, Kim ZU. Changes in lipid components during germination of mungbean. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 71-275 (1985)

Choi HD, Kim YS, Choi IW, Seog HM, Park YD. 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 (2006)

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

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

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

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

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

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

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

Jung HO, Jung BM. The effect of roasted soybean flour supplementation to Jeolpyons (Korean rice cake) on changing the contents of amino acid, amylose, and minerals. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 23: 614-617 (1994)

Jung TD, Shin GH, Kim JM, Oh JW, Choi SI, Lee JH, Lee SJ, Heo IY, Park SJ, Kim HT, Kang BK, Lee OH. Assessment of validation method for bioactive contents of fermented soybean extracts by bioconversion and their antioxidant activities. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 45: 680-689 (2016)

Kang BR, Park MJ, Lee HS. Germination dependency of antioxida-

tive activities in brown rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 389-394 (2006)
Kim MY, Jang GY, Ji YM, Kim KM, Kim H, Lee J, Jeong HS. Isoflavone composition and estrogenic activity of germinated soybeans (*Glycine max*) according to variety. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 45: 1430-1437 (2016)
Kim KT, Kim JO, Lee GD, Kim JS, Kwon JH. Optimization of steaming and roasting conditions for maximized hypoglycemic properties of *Polygonatum odoratum* tea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 549-556 (2005)
Kim MJ, Ko JY, Lee KH, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Sim EY, Oh SK, Woo KS. Quality and antioxidant characteristics of commercially available mixed grains in Korea. Korean J. Food Nutr. 30: 31-40 (2017)
Kim IS, Kwon TB, Oh SK. Study on the chemical change of general composition fatty acids and mineral contents during germination. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 371-376 (1985)
Kim HY, Hwang IG, Joung EM, Kim TM, Kim DJ, Park DS, JS Lee, Jeong HS. Antiproliferation effects of germinated-Korean rough rice extract on human cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 325-330 (2010)
Kim KC, Hwang IG, Kim HY, Song HL, Kim HS, Jang KI, Lee J, Jeong HS. Quality characteristics and mineral, oxalate and phytate contents of soymilk manufactured by recommended soybean cultivars in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1149-1155 (2010b)
Kim KC, Hwang IG, Kim HY, Song HL, Kim HS, Jang KI, Lee J, Jeong HS. Quality characteristics and mineral, oxalate and phytate contents of tofu manufactured by recommended soybean cultivars in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 986-991 (2010a)
Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jung HS. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 166-170 (2008)
Ko JY, Woo KS, Song SB, Seo HI, Kim HY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS. Physicochemical characteristics of sorghum tea according to milling type and pan-fried time. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1546-1553 (2012)
Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chem. 36: 534-544 (1959)
Lee MH, Cho JH, Kim BK. Effect of roasting conditions on the antioxidant activities of *Cassia tora* L. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 657-660 (2013)
Lee AR, Kim SK. Gelatinization and gelling properties of legume starches. J. Korean Soc. Food Nutr. 21: 738-747 (1992)
Lee JH, Kim HJ, Kim MJ, Jung GH, Lee BW, Lee BK, Woo KS. Quality and antioxidant characteristics of roasted maize tea according to cultivation period and variety. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 46: 1316-1326 (2017)
Lee MJ, Kim SE, Kim JH, Lee SW, Yeum DM. A study of coffee bean characteristics and coffee flavors in relation to roasting. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 43: 675-681 (2014)
Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. Food Sci. Biotechnol. 16: 1006-1010 (2007)
Lee JK, Lim JK. Effects of roasted soybean flour on textural properties of rice cookies. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 1426-1432 (2013)
Lee YT, Seog HM, Kim SS, Kim KT, Hong HD. Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 336-342 (1984)
Lee MH, Son HS, Choi OK, Oh SK, Kwon TB. Changes in physicochemical properties and mineral contents during buckwheat germination. Korean J. Food Nutr. 7: 267-273 (1994)
Middleton E, Kandaswami C. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol. 48: 115-119 (1994)
Park MH, Kim KC, Kim JS. Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. Korean J. Ginseng Sci. 17: 228-231 (1993)
Saklar S, Ungan S, Katnas S. Microstructural changes in hazel-nuts during roasting. Food Res. Int. 36: 19-23 (2003)
Sharma P, Gujral HS. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. Food Res. Int. 44: 235-240 (2011a)
Sharma P, Gujral HS, Rosell CM. Effects of roasting on barley β-glucan, thermal, textural and pasting properties. J. Cereal Sci. 53: 25-30 (2011b)
Shin DS, Choi YJ, Jeong ST, Sim EY, Lee SK, Kim HJ, Woo KS, Kim SJ, Oh SK, Park HY. Quality characteristics of mixed Makgeolli with barley and wheat. Korean J. Food Nutr. 29: 565-572 (2016)
Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Woo KS. 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 (2013)
Song SB, Seo HI, Ko JY, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Seo MC, Yoon YN, Kwak DY, Nam MH, Woo KS. Quality characteristics of adzuki beans sediment according to variety. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 1121-1127 (2011)
Suh CS, Chun JK. Relationship among the roasting conditions, colors and extractable solid content of roasted barley. Korean J. Food Sci. Technol. 13: 334-339 (1981)
Woo KS, Kim MJ, Ko JY, Sim EY, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Cho DH, Oh SK, Jeon YH, Lee CK. Pasting properties and antioxidant characteristics of germinated foxtail millet and proso millet with added cooked rice. Korean J. Food Nutr. 30: 482-490 (2017b)
Woo KS, Kim MJ, Sim EY, Kim HJ, Lee CK, Jeon YH. Quality characteristics of commercially available soybean and mung-bean flours in Korea. Korean J. Food Nutr. 30: 1119-1126 (2017a)
Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 44: 687-694 (2015)
Woo KS, Song SB, Ko JY, Kim YB, Kim WH, Jeong HS. Antioxidant properties of adzuki beans, and quality characteristics of sediment according to cultivated methods. Korean J. Food Nutr. 29: 134-143 (2016)