한국식생활문화학회지 35(6): 590-596, 2020
J. Korean Soc. Food Cult. 35(6): 590-596, 2020
본 논문의 저작권은 한국식생활문화학회에 있음.
Copyright © The Korean Society of Food Culture

ISSN 1225-7060(Print)
ISSN 2288-7148(Online)
https://doi.org/10.7318/KJFC/2020.35.6.590

재배기간에 따른 쓴메밀(*Fagopyrum tataricum Gaertner*)싹의 항산화 활성 및 생리활성 평가

김현영[1,*] · 우소연[1] · 서우덕[1] · 이미자[1]
농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과

Changes of Antioxidant Activity as affected by cultivation period in Buckwheat (*Fagopyrum* species) Sprouts

Hyun Young Kim[1,*], So-Yeun Woo[1], Woo Duck Seo[1], Mi Ja Lee[1]
[1]*Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration*

Abstract

Buckwheat (*Fagopyrum* species) has long been an excellent functional food. Besides, buckwheat sprouts contain various functional substances. In this study, we investigated the antioxidant activity of buckwheat sprouts in the context of cultivars harvested after different cultivation periods (0, 3, 5, 7, 9, 13, and 15 days after planting). Buckwheat sprouts were cultivated at 25°C for up to 15 days and then extracted with ethanol. Antioxidant components were then extracted from sprouts and leaves using a freeze dryer. The total polyphenolic content, flavonoid content, and antioxidant activity were then analyzed. The total polyphenol content increased from 32.26 mg GA eq/100 g for raw buckwheat to 114.75 mg GA eq/100 g after 7 days of cultivation. Also, the flavonoid content increased from 20.61 mg catechin eq/100 g (0 days) to 56.54 mg/g after 9 days of cultivation. The DPPH radical scavenging activity (concentration of extract at 0.25 mg/mL) increased from 7.89% at day 0 to 53.48% after 9 days of cultivation. Additionally, the ABTS radical scavenging activity increased from 10.26% at day 0 to 32.89% after 7 days of cultivation; of note, the activity decreased afterward. These results suggest that the best buckwheat sprouts with higher biological activities are those cultivated for 7-9 days. For a complete understanding of the potential of buckwheat sprouts as functional foods, we plan to further analyze their antioxidant activity in the future.

Key Words : Buckwheat, sprout, antioxidant activity, polyphenol, flavonoid, chlorophyll, free amino acid

I. 서 론

메밀(*Fagopyrum esculentum*)은 쌍자엽 식물의 마디풀과에 속하며 예로부터 구황작물의 하나로 재배되었다. 생육 기간은 60-80일로 짧으며 서늘한 기후에서 잘 자란다. 또한 강한 흡비력과 병충해에 강한 특성이 있어 많은 양의 화학 비료와 농약을 사용할 필요가 없는 무공해 작물이다(Ham et al. 1994). 메밀의 종류로는 단메밀(*Fagopyrum esculentum Moenech*)과 쓴메밀(*Fagopyrum tataricum Gaertner*) 2가지 종류가 있으며, 단메밀의 경우 중국, 일본, 한국 등 아시아 지역과 유럽, 캐나다, 미국, 브라질 등과 같은 나라에서 재배되고 있으며 자가 불화합성이어서 타가수정이 이루어지고 있다. 쓴메밀의 경우 히말라야의 고산지대와 인도북부, 네팔, 부탄, 중국북부, 동북부 등의 척박한 토양 및 냉랭한 기후조건의 지역에서 재배되고 있으며 자가 화합성, 자가 수정 작물이다(Lee 2003; Park et al. 2005). 특히 메밀의 유용성분으로 잘 알려진 루틴(rutin)의 함량이 단메밀에 비하여 쓴메밀이 월등하게 높다는 것이 밝혀지면서 다양한 연구가 시도되고 있다(Lee et al. 2000).

우리나라에서 메밀은 막국수, 메밀부침과 메밀묵 등의 주원료로 소비되고 있으며, 메밀 단일 곡물의 국내 자급률이 50% 이상 되지만, 높은 자급률에 비하여 각종 가공식품의 활용 및 기능성 소재개발은 다소 미흡한 실정이다. 우리나라뿐만 아니라 세계 각국에서 예로부터 메밀을 다양한 형태로 섭취하고 있었는데, 일본, 중국과 러시아에서는 국수, 죽 또는 비스켓 형태로 많이 이용되고 있으며, 유럽, 미국, 캐나다 등 서양에서는 메밀빵, 스파게티, 마카로니의 형태로 널리 대중화되어 있어 많이 애용되고 있다. 메밀의 경우, 조직이 연

*Corresponding author: Hyun Young Kim, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 181 Hyeoksin-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeonbuk, 55365, Republic of Korea
Tel: +82-63-238-5334 Fax: +82-63-238-5305 E-mail: hykim84@korea.kr

하고 부드럽기 때문에 생식하거나 샐러드, 즉석나물무침 등으로 이용할 수 있으며 메밀 그 자체의 향만 있을 뿐 다른 이취가 나지 않는 것으로 보아 각종 음료 및 식품의 개발도 가능하다고 알려져 있다(Kim et al. 2000; Kim et al. 2007).

메밀의 일반성분 중 회분 함량 약 2.0%, 단백질 함량 13% 이상으로 곡물 중 콩 다음으로 단백질 함량이 우수한 작물이다(Lee et al. 1991). 또한 메밀의 대표적인 생리활성 물질인 rutin은 지금까지 여러 연구보고에 따르면, 모세혈관을 강화시켜 동맥경화, 고혈압, 뇌출혈과 같은 심혈관계 질환을 예방하고, 당뇨병, 잇몸출혈, 구취제거 등에도 효과가 있는 것으로 밝혀졌다(Lee et al. 1994; Lee et al. 1995). 지금까지 메밀에 대한 항산화 활성 및 생리활성에 관하여 영양성분, 항산화, 항노화, 항돌연변이, 항균 및 세포독성 등에 관한 연구들이 꾸준하게 보고 되고 있다(Mitsuru et al. 1997; Mukoda et al. 2001). 종자의 싹 및 새싹은 발아과정에서부터 진행된다. 보통 발아는 외부로부터 충분한 수분을 흡수한 뒤 종자내 다양한 효소들이 활성화 되어 자엽에 있는 영양분들이 분해되고 발아에 필요한 새로운 물질의 생성이 이루어지는데(Tao & Khan 1976), 이러한 발아과정과 싹의 성장과정 중에 여러 유용한 2차 대사산물들이 생성되는 것으로 예상된다.

반면, 시중에 메밀싹 및 관련 제품들이 다양하게 유통되고 있으나, 메밀싹의 적정 재배기간 및 수확시기 등과 같은 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 쓴메밀싹의 재배기간에 따른 기능성을 탐색하고자 항산화 성분과 생리활성을 평가하여, 쓴메밀을 활용하여 재배한 메밀싹의 기능성 식품으로서의 섭취 근거 및 기초자료로 제공하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 재료 및 시약

본 연구에 사용된 쓴메밀은 강원도 평창 소재의 국립식량과학원 고령지연구소 시험용 포장에서 2019년도에 생산된 것을 실험재료로 사용하여 4ºC 냉장고에 저장하면서 실험에 사용하였다. 또한 Gallic acid, Folin-Ciocalteu reagent, sodium carbonate, trolox, ABTS (2,2-azino-bis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulphonic acid)), DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), potassium persulphate, dimethyl sulfoxide (DMSO), 등은 Sigma사(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그 밖에 사용된 추출용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

2. 메밀싹 재배 및 methanol 추출물 제조

메밀싹은 메밀 종자를 24시간 침지 및 발아 시간을 거친 후 일반 모판에 상토를 도포하고 파종하여 재배하였으며, 파종 후 3, 5, 7, 9, 13, 15일간 각각 재배한 새싹을 수확하여 시험용 자료로 사용하였다. 메밀싹 재배는 온도 20ºC 및 습도 50% 조건에서 재배하였으며, 12시간 간격으로 증류수를 공급하며 재배하였다. 또한 유리아미노산함량 분석은 종자와 9일 재배한 메밀싹으로 분석하였다. 재배일수별로 수확한 메밀싹은 세척 후 50ºC에서 24시간 건조하고 실험실용 분쇄기(NSG-100 2SS, Hanil, Seoul, Korea)기로 분쇄하여 시료로 사용하였다. 분쇄한 시료 1 g에 MeOH 용매 30 mL을 가하여 상온에서 24시간, 2반복 교반추출 하였다. 추출용매는 감압농축기(N-1000, EYELA,Tokyo, Japan)를 이용하여 제거하였으며, 용매를 제거한 추출물은 일정농도로 MeOH에 재용해하여 DPPH와 ABTS 라디칼소거능, 폴리페놀함량, 플라보노이드함량을 측정하는데 사용하였다.

3. 유리아미노산 및 GABA 분석

메밀 종자 및 메밀싹의 유리아미노산 및 GABA 함량은 AccQ・Tag UPLC (Waters, Milford, MA) 분석 시스템을 이용하여 Limure et al. (2009)의 방법에 기초하여 측정하였다. 분석 시료는 시료 1 g에 증류수 30 mL을 첨가한 후 24시간 상온에서 교반추출을 진행하였다. 추출 완료한 샘플은 멤브레인 필터를 이용하여 여과하였으며, 여과한 시료는 UPLC분석을 하기 위하여 AccQ-Tag 방법을 이용하여 유도체화하였다. UPLC분석 시스템은 Waters Acquity를 사용하였고, 컬럼은 AccQ・Tag ultra-amino acid analysis column (3.9 mm×150 mm I.d., 0.25 μm film thickness; Waters), 컬럼온도는 49ºC, 시료 온도는 20ºC였다. 이동상은 A는 100% AccQ・Tag ultra UPLC amino acid analysis eluent A, B는 10% AccQ・Tag ultra UPLC amino acid analysis eluent B, C는 100% 증류수, D는 100% AccQ・Tag ultra UPLC amino acid analysis eluent B를 기울기 용리하였으며, 유속은 0.7 mL/min이었고, 샘플은 1 μL이었고, 각 시료는 3반복으로 측정하였다. 크로마토그램 데이터는 Empower personal software (Waters)를 사용하여 분석하였으며, GABA를 제외한 아미노산 함량 분석은 Waters amino acids standards (Waters)를 이용하여 분석하였다.

4. 클로로필 a,b 함량 분석

메밀싹의 클로로필 분석은 Caldwell & Britz (2006)의 방법을 응용하였다. 재배 일수별 메밀싹 건조물 10 mg에 80% 차가운 아세톤 1 mL을 첨가한 후 1분동안 교반하여 추출한다. 그 후 원심분리 하여 상등액을 취하고, 0.25 μm 멤브레인 필터 후 HPLC를 이용하여 분석하였다. 분석 컬럼은 XTerra RP18 column (3.5 μm, 4.6×150 mm, waters, Milford, MA, USA)을 이용하였고, 컬럼 온도는 25ºC, 검출기는 UV detecter (agilent)로 파장은 430 nm으로 분석했고, 이동상은 A는 75% MeOH, B는 100% Ethly acetate 를 기울기 용리하였으며, 유속은 1.0 mL/min이였고, 주입량은 10 μL로 하였으며, 각 시료는 3반복으로 추출 및 측정하였다. Chlorophyll a, b 각각 검량선을 만들어 시료의 함량을 정량하였다.

<Table 1> Comparison of free amino acids compositions of buckwheat sprouts (BS) and buckwheat seed (BW)

μg/g sample	his	ser	arg	gly	asp	glu	thr	ala	pro
Buckwheat seed (BW)	15.74± 0.180	93.19± 0.44	599.64± 2.393	117.54± 0.449	215.71± 1.001	725.16± 2.649	91.66± 0.504	207.79± 0.878	9.99± 0.236
Buckwheat sprouts (BS)	981.89± 3.643	699.33± 2.362	10474.23± 34.960	216.52± 0.775	397.67± 0.657	387.042± 0.800	887.98± 3.104	478.63± 1.200	295.11± 1.082
μg/g sample	cys	lys	tyr	met	val	ile	leu	phe	
Buckwheat seed (BW)	34.54± 0.159	115.70± 0.713	212.00± 1.277	882.53± 4.343	159.475± 0.749	85.91± 0.496	195.17± 0.82	152.43± 0.703	
Buckwheat sprouts (BS)	296.23± 1.050	617.20± 1.499	2195.66± 9.700	961.14± 2.350	811.25± 2.790	352.29± 1.300	615.56± 2.325	824.55± 3.311	

5. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

재배 일수별 메밀싹 추출물에 대한 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 Woo et al. (2015)의 방법을 참고하여 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 10 μL에 2% Na_2CO_3 용액 200 μL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich) 10 μL를 가하였다. 30분 후, 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였고, 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid equivalents (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량분석 실험은 시료 250 μL에 증류수 1 mL와 5% $NaNO_2$ 75 μL를 가한 후 5분간 방치한 후, 10% $AlCl_3$ $6H_2O$을 150 μL 첨가한 후 6분간 방치한다. 그 다음 1 M NaOH을 500 μL 첨가한 후 11분간 방치하고 510 nm에서 흡광도를 측정한다. 측정된 흡광도는 catechin hydrate를 이용하여 작성된 검량선으로부터 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

6. 라디칼 소거능 측정

재배기간별 메밀싹 추출물의 항산화능을 측정하기 위하여 ABTS와 DPPH 라디칼 소거능을 각각 측정하였다. 추출물의 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) 라디칼 소거능 측정은 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate을 증류수에 용해시키고, 암실에서 24시간 동안 방치하여 ABTS 라디칼을 형성시킨 후, 734 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 증류수로 희석하여 실험에 사용하였다. 시료 20 μL에 ABTS 시약 1 mL을 가한 후 실온에서 1시간 방치한 다음, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능 측정은 시료 200 μL에 DPPH 용액 800 μL을 가한 후 실온에서 30분간 방치한 다음, 520 nm에서 흡광도를 측정하였다(Woo et al. 2015).

7. 통계분석

각 실험 데이터는 3회 이상 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 통계처리는 SPSS (Statistics Package for the Social Science, Ver. 19.0, IBM., Chicago, IL, USA) 프로그램으로 일원배치 분산분석(One way-ANOVA)을 실시하였고, 실험군 간의 유의성 검증은 Ducan의 다중범위검정으로 $p<0.05$ 수준에서 실시하였다.

<Table 2> GABA compound content of buckwheat sprouts cultivate by after germinating forcing

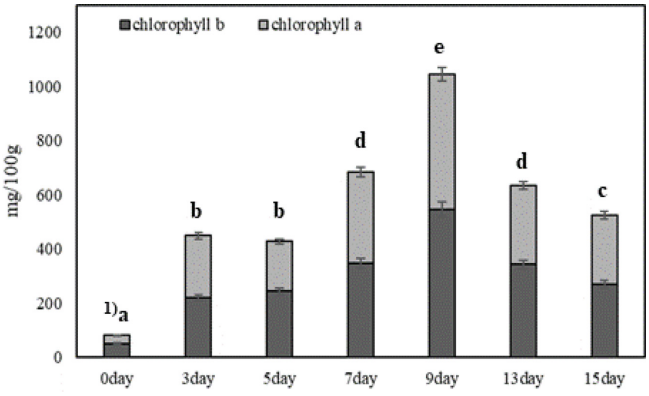
Day	GABA content(μg/g sample)
0day	317.28 ± 50.547 [1)a]
3day	2614.06±105.851 [e]
5day	1038.58±90.404 [d]
7day	680.31±50.484 [c]
9day	651.14±35.463 [c]
13day	471.13±50.561 [b]
15day	313.87±17.461 [a]

[1)]Means in the same group with the different letters (a~e) are significantly ($p<0.05$) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

III. 결과 및 고찰

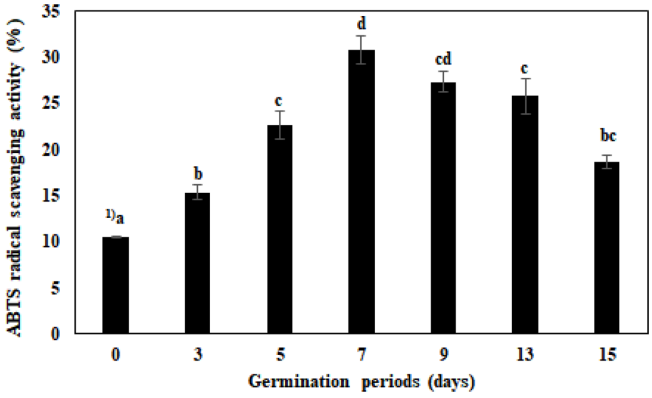
1. 메밀싹의 유리아미노산 및 GABA 함량 변화

메밀종자와 메밀싹의 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 <Table 1>에 나타내었다. 유리아미노산 분석 결과는 메밀종자와 9일 동안 키운 메밀싹의 유리아미노산 함량을 비교한 결과이다. 총 16가지의 유리아미노산을 분석 한 결과 글루타민(glu)을 제외한 대부분의 유리아미노산 함량이 종자보다 메밀싹에서 높게 나타났다. 특히, 히스티딘(his), 세린(ser), 및 트레오닌(thr) 이 싹으로 재배 전후 차이가 많이 나타났으며, 그중 가장 많은 차이를 나타낸 유리아미노산은 타이로신(tyr)이다. 또한 메밀싹 재배 기간별 GABA 함량을 분석한 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 재배 후 3일째 2523.79 μg/g으로 가장 높은 함량을 나타내다가 메밀싹 재배 기간이 길어질수록 GABA 함량은 대폭 줄어드는 것으로 나타났다. 메밀 종자(0일)에 비해 메밀싹 재배 후 3일이 지났을 때는 약 5배 넘게 GABA 함량이 증가하는 것으로 나타났으나, 5일



<Figure 1> Chlorophyll a and Chlorophyll b content of buckwheat sprouts cultivate by after germinating forcing

[1)]Means in the same group with the different letters (a~e) are significantly (p<0.05) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.



<Figure 2> ABTS radical scavenging activity of buckwheat sprouts cultivate by after germinating forcing

[1)]Means in the same group with the different letters (a~d) are significantly (p<0.05) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

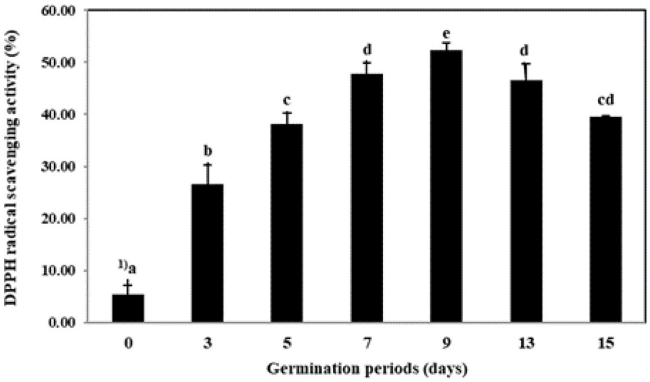
이후부터는 그 함량이 급격하게 감소하다가, 메밀싹 재배 후 15일이 경과 한 경우 348.12 μg/g으로 메밀 종자와 유사한 함량을 나타냈다(p<0.05). GABA 섭취가 필요한 경우에는 메밀싹을 긴 시간 키우지 않고, 발아 후 3일 이내 싹을 섭취하면 높은 함량의 GABA를 섭취 할 수 있다. 발아 후 싹으로 자라는 종자는 종자내 가수분해 효소가 활성화 되고 전분과 비전분다당류 및 단백질 등의 성분 등을 분해 시키고 단백질 분해 효소 활성이 증가됨에 따라 다양한 유리아미노산 함량이 증가하는 것으로 사료된다. 이전 연구(Jung et al. 2004)에 따르면 72시간(3일)동안 혐기조건에 발아시킨 발아벼의 유리아미노산 함량이 전체적으로 증가하였다는 결과와 유사한 결과를 나타내었으며, Kim et al. (2015)은 발아종자의 유리아미노산 함량을 비교한 결과 발아 후 6일까지 유리아미노산이 유의적으로(p<0.05) 증가하였다고 보고하고 있다. 따라서 메밀싹은 일반 메밀 종자보다는 많은 양의 유리아미노산을 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 섭취 시 영양성분 및 기능성 아미노산의 흡수율 증대의 원인이 될 것이라고 생각된다.

2. 메밀싹의 클로로필 a, b 함량

클로로필은 다른 명칭으로 엽록소라고도 일컫는다. 엽록소는 식물세포 내 엽록체(chloroplast)에 존재하고 일반적으로 고등식물에 3:1 내지는 3:2 비율로 a, b형이 존재한다(Lee et al. 2005). 엽록소는 또한 건강기능식품 고시형 원료로 등록되어 있으며, '엽록소 함유 식물'이 원료명으로 그 기능성 내용으로는 '피부건강・항산화에 도움을 줄 수 있음'으로 표기 가능하며 일일섭취량은 총 엽록소로서 8-150 mg으로 고시되어 있는 기능성 물질이다. 메밀싹에도 기능성 물질 중 엽록소, 즉 클로로필 함량을 분석한 결과는 <Figure 1>에 나타냈다. 메밀싹의 클로로필 함량은 메밀 종자일 때는 함량이 미비하다가, 9일 키운 메밀싹에서 가장 높은 클로로필 함량을 나타냈으며, 그 이후로는 감소하는 경향을 나타냈다(p<0.05). 메밀종자(0일)는 엽록소 함량이 약 107.56 mg/100g 이였다가, 9일 키운 메밀싹에서는 1013.01 mg/100g 이상 함유되어 있는 것으로 분석되었다. 이는 엽록소 함량이 약 10배 이상 차이가 나며, 9일 이상(13-15일) 재배한 메밀싹에서는 그 함량이 크게 감소하는 것으로 나타났다. Choi et al. (2015)의 연구결과에서는 다른 광조건에서 재배된 메밀 새싹채소의 클로로필 함량을 분석한 결과 red 광 밑에서 키운 메밀 새싹채소가 가장 높은 클로로필 함량을 나타냈으며(15.86 mg%), 백색광 밑에서 키운 새싹채소는 낮은 함량을 나타냈다(11.69 mg%). 클로로필은 식물 성장 시 광합성과 밀접한 관련이 있는 것으로, 같은 종류의 싹이더라도 여러 가지 키우는 조건에 따라 엽록소 함량이 차이가 날 수 있으며, 본 연구에서처럼 싹 재배 기간에 따라서도 클로로필 함량 차이는 크게 날 수 있는 것으로 사료된다. 그 밖의 다른 연구에서도(Troyer 1964; Watanabe 2007), 메밀을 발아시켜 새싹채소로 재배 시 발아 메밀싹과는 달리 엽록소를 섭취할 수 있어 건강채소로서 손색이 없다고 보고한 바 있다.

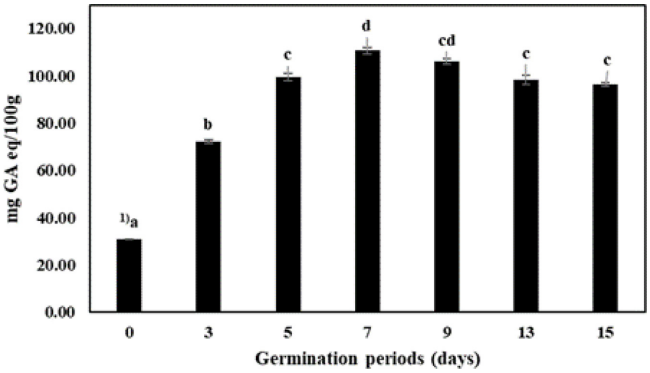
3. 메밀싹의 재배 기간별 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능

항산화 활성을 측정하는 방법 중 하나인 라디칼 소거능은 항산화 활성 및 식물계 존재하는 다양한 화학물질의 항산화 효과를 측정하는 방법으로 최근까지 많은 연구자들이 사용하고 있다. 그 중 ABTS 라디칼 소거능의 원리는 과황산칼륨 반응에서 생성된 초록색의 ABTS 라디칼이 추출물의 유용성분에 의해서 제거가 되면 투명하게 반응하는 것을 이용하여 측정하는 방법이다(Han et al. 2014). 메밀싹의 재배기간별 항산화능을 측정하기 위하여 ABTS와 DPPH 라디칼 소거능 활성을 평가하였다. 각각의 라디칼 소거능은 메밀싹



<Figure 3> DPPH radical scavenging activity of buckwheat sprouts cultivate by after germinating forcing

[1)]Means in the same group with the different letters (a~e) are significantly ($p<0.05$) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.



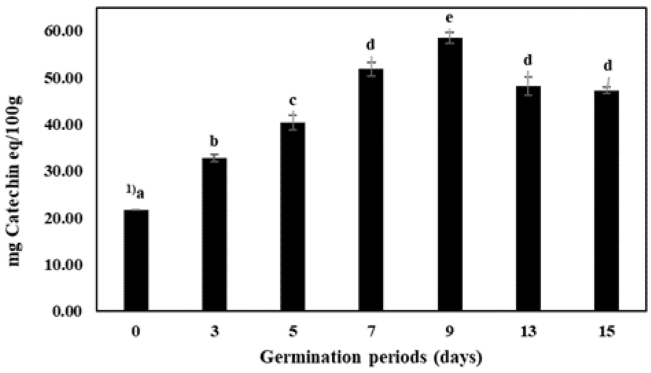
<Figure 4> Total pholyphenol compound content of buckwheat sprouts cultivate by after germinating forcing

[1)]Means in the same group with the different letters (a~d) are significantly ($p<0.05$) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

시료의 추출물의 0.25 mg/mL의 농도에서 각각 활성을 측정하였다. 그 측정결과 ABTS 라디칼 소거능은 메밀싹 재배 7일 까지 증가하는 경향($p<0.05$)을 나타냈으며, 7일 이후에는 그 활성이 감소하는 것으로 나타났다<Figure 2>. 메밀 종자(0일) 추출물은 10.26% 정도 라디칼 소거능을 나타냈으나, 7일차 메밀싹의 경우 32.89% 라디칼 소거능 활성을 나타내며 가장 높은 항산화 활성을 나타냈다. 7일 이후 재배한 메밀싹 추출물의 라디칼 소거능은 계속 감소하여 15일차 메밀싹 추출물의 라디칼 소거능은 21.42%까지 감소하였다. 항산화 활성 평가를 위해 DPPH 라디칼 소거능 측정도 많이 활용되고 있는데, 이는 보라색의 DPPH 라디칼과 추출물의항산화 성분이 반응하였을 때, 노란색으로 탈색되는 원리를 활용하여 항산화 효과를 측정하는 방법이다. <Figure 3>에서 나타낸 바와 같이 DPPH 라디칼 소거능 또한 ABTS 라디칼 소거능과 비슷한 경향을 나타냈다. DPPH 라디칼 소거 활성 또한 메밀종자(0일)부터 메밀싹 재배 후 9일까지 계속 증가하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 메밀종자 추출물의 라디칼 소거활성은 7.89% 정도 되었으나, 9일 재배한 메밀싹은 53.48%의 활성을 나타냈다. 그러나 9일 이후(13-15일) 재배한 메밀싹에서는 라디칼 소거능이 36.91%로 감소하는 것으로 나타났다. 보통 라디칼 소거능은 산화 물질을 환원시켜 소거하는 능력을 나타내주는 것으로서, 대부분의 폴리페놀과 같은 항산화 물질의 라디칼 소거능에 비례하는 것으로 알려져 있다. 발아 메밀 추출물의 항산화 및 항균활성, 세포독성을 연구한 Hwang et al. (2006)의 선행연구에 따르면 발아 전보다 발아 후에 라디칼 소거능 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, 쓴메밀과 단메밀의 에탄올 추출물의 항산화력을 평가한 연구(Yoon et al. 2012)에서는 단메밀보다 쓴메밀이 높은 라디칼 소거능 활성을 나타냈다. 메밀싹 재배 시 다양한 생리활성 물질이 증가하면서 라디칼 소거능도 함께 증가하였다고 판단되며, 본 연구를 통해 메밀싹 추출물은 효과적인 항산화 활성을 나타내었고, 이는 종자보다 활용도가 높은 싹을 이용한 기능성 원료로 사용될 수 있는 가능을 보여주었다.

4. 메밀싹의 재배 기간별 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

자연계 식물에 대부분 존재하고 있는 폴리페놀과 플라보노이드는 가장 대표적인 생리활성 물질로, 섭취 시 체내에서 다양한 항산화 작용을 한다고 알려져 있다(Kim et al. 2008). 폴리페놀은 대부분 하이드록실기(-OH)를 보유하고 있어, 항암 및 항산화 등 생리활성 효과가 뛰어난 물질로 알려져 있다(Dubey & Mishra 2017). 본 연구에서도 메밀 종자 및 메밀싹 재배기간에 따른 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 비색법으로 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 Galic acid 대비 함량으로 나타냈으며, 플라보노이드 함량은 Catechin 대비 함량으로 나타냈다. <Figure 4>과 <Figure 5>에서 나타낸 바와 같이 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 두 가지 라디칼 소거능과 비슷한 경향으로 3일 키운 메밀싹부터 9일 키운 메밀싹까지 그 함량이 계속 증가하는 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 메밀종자(0일)가 32.26 mg GA eq/100 g에서 7일차에 114.75 mg GA eq/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 그 이후에 재배한 메밀싹은 그 함량이 재배기간이 길어질수록 감소하는 것으로 나타났다. 플라보노이드 함량도 총 폴리페놀 함량과 유사하게 7일-9일 재배할 때까지 계속 증가하다가, 그 이후 감소하는 경향으로 나타났다($p<0.05$). 메밀 싹 재배 0일부터 9일까지 플라보노이드 함량은 각각 20.61 mg catechin eq/100 g에서부터 56.54 mg catechin eq/100 g으로까지 계속 증가하였으며($p<0.05$), 그 이후에는 38.14 mg catechin eq/100 g으로 감소하였다. 폴리페놀 함량은 메밀종자 대비 메밀싹에서 약 3배 정도 높은 함량을 나타냈으며, 플라보노이드 함량은 싹 재배 시 종자보다 2배 이상 높은 함량을 나타냈다. 단메밀과 쓴메밀의 파종 후 10-30일까지 10일 간격으로 수확한 생채의 플라보노이드 함



<Figure 5> Total flavonoid compound content of buckwheat sprouts cultivate by after germinating forcing

[1)]Means in the same group with the different letters (a~e) are significantly ($p<0.05$) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

량을 분석한 결과 파종 후 10일부터 30일까지 계속해서 감소하였다고 보고하였으며(Lee et al. 2011), 본 연구결과와 유사한 결과가 나타났다. 또한 Kreft et al. (2006)에 의하면 쓴메밀의 플라보노이드(루틴) 함량이 줄기보다는 잎에서 높았다고 하는데, 메밀 파종 후 일주일에서 10일 후 잎성장이 활발할 때 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 가장 높은 본 연구와 일치하게 나타났다. 모든 연구결과를 살펴보았을 때 메밀싹 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 등이 효과적으로 유리라디칼을 제거하여 높은 항산화 활성을 나타낸 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 메밀 및 메밀싹의 재배기간의 변화에 따른 유리아미노산 함량 변화 및 항산화 활성 변화에 대해 연구하였다. 그 결과 메밀싹의 재배기간에 따라 다양한 물질들의 함량 변화가 크게 나타났다. 총 16종의 유리아미노산을 분석한 결과 메일종자보다 9일 재배한 메밀싹에서 대부분의 아미노산의 함량이 증가하는 것으로 나타났으며, GABA 함량은 3일동안 키운 메밀싹에서 2523 μg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다가 그 뒤로 메밀싹을 재배한 경우에는 큰 폭으로 감소하였다. 또한 재배기간별 메밀싹의 클로로필 함량은 9일차 재배하였을 때 1,013.01 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈다. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능의 경우 메밀싹 7-9일차 샘플에서 가장 높은 활성을 나타냈으며 각각 32.89% 및 53.48% 소거능 활성을 나타내었다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 살펴보면 라디칼 소거능과 유사한 경향을 나타냈으며 7-9일차 메밀싹에서 가장 높은 함량인 114.75 mg GA eq/100 g 및 56.54 mg catechin eq/100 g으로 나타내었다. 이상의 결과를 살펴보면, 본 연구결과를 바탕으로 메밀싹을 활용한 기능성 식품 개발을 위한 적절한 재배 기간 선정에 도움을 줄 수 있으며, 메밀싹은 발아 후 약 7-9일 정도 재배한 것이 가장 훌륭한 항산화 활성을 나타낼 것으로 판단된다.

저자 정보

김현영(농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과, 농업연구사, 0000-0003-4919-1306)

우소연(농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과, 박사후 전문연구원, 0000-0003-0443-9865)

서우덕(농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과, 농업연구관, 0000-0001-7394-5636)

이미자(농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과, 농업연구관, 0000-0002-9036-3221)

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01348302)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

Caldwell CR, Britz SJ. 2006. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (Lactuca sativa L.) cultivars. Journal of Food Composition and Analysis., 19;637-644

Choi MK, Chang MS, Eom SH, Min KS, Kang MH. 2015. Physicochemical composition of buckwheat microgreens grown under different light Conditions. J Korean Soc Food Sci Nutr., 44(5):709-715

Dubey P, Mishra S. 2017. Effect of okra seed in reduction of cholesterol. J Entomol Zool Stud., 5:94-97

Ham SS, Choi KP, Choi YS, Lee SY. 1994. Stueids on antimutagenic and lipotropic action of flavonoids of buckwheats -Desmutagenic activity of buckwheat leaf extracts-. J Korean Soc Food Nutr., 23(4):698-703

Han NK, Park CM, Kwon JC, Joung MS, Choi JW. 2014. Whitening effect of Fagopyrum tataricum extract. J Sco Cosmet Scientists Korea., 40(2):179-186

Hwang EJ, Lee SY, Kwon SJ, Park MH, Boo HO. 2006. Antioxidative, antimicrobial and cytotoxic activities fo Fagopyrum esculentum Mench extract in germinated seeds. Korean J Medicinal Crop Sci., 14(1):1-7

Jung GH, Park NY, Jang SM, Lee JB, Jeong YJ. 2004. Effects

of germination in brown rice by addition chitosan/ glutamic acid. Korean J Food Preserv., 11:538-543

Kim BR, Choi YS, Lee SY. 2000. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. J Korean Soc Food Sci Nutr., 29(2):241-247

Kim DK, Chon SU, Lee KD, Kim JB, Rim YS. 2008. Variation of flavonoids contents in plants of mungbean. Korean J Crop Sci., 53(3):279-284

Kim MY, Lee SH, Jang GY, Park HJ, Yoon N, Lee YR, Lee JS, Jeong HS. 2015. Effects of high hydrostatic pressure treatment on the chemical composition of germinated rough rice (Oryza sativar L.). Korean J Food Sci Technol., 47(2):198-203

Kim SH, Lee EY, Han SS. 2007. Antioxidation and antigenotoxic effects of buckwheat sprout extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr., 36(8):955-959

Kreft I, Fabjan N, Yasumoto K. 2006. Rutin content in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) food materials and products. Food Chem., 98:508-512

Lee EY. 2003. Studies on biological activities of buckwhet sprout. MS Thesis. Gangwon National University. p71-72

Lee JS, Lee MH, Chang YK, Ju JS, Son HS. 1995. Effects of buckwheat diet on serum glucose and lipid metabolism in NIDDM. Korea J Nutr., 28:809-816

Lee JS, Son SS, Maeng YS, Chang YK, Ju JS. 1994. Effects of buckwheat on organ on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J Natr., 27:819-827

Lee JS, Park SJ, Sung KS, Han CK, Lee MH, Jung CW, Kwon TB. 2000. Effect of germinated buckwheat on blood pressure plasma glucose and lipid levels of spontaneously hypertensive rats. Korean J Food Sci Technol., 32:206-211

Lee M, Park S, Kim S. 2011. A time-course study of flavonoids in buckwheats (Fagopyrum species). CNU Journal of agricultural science., 38(1);87-94

Lee MH, Han JS, Kozukue N. 2005. Changes of chlorophyll contents in spinach by growth periods and storage. Korean J Food Cookery Sci 21: 339-345

Lee SY, Shim HH, Ham SS, Rhee HI, Choi YS, Oh SY. 1991. The nutritional components of buckwheat flours and physicochemical properties of freeze-fried buckwheat noodles. J Korean Soc Food Nutr., 20(4):354-362

Limure T, Kihara M, Hirota N, Zhou T, Hayashi K, Ito K. 2009. A method for production of γ-amino butyric acid (GABA) using barley bran supplemented with glutamate. Food Research International. 42:319-323

Mitsuru W, Yasuo O, Tajiro T. 1997. Antioxidant compounds from buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) hulls. J. Agric. Food. Chem., 45:1039

Mukoda, T., Sun, B. and A. Ishiguro. 2001. Antioxidant activities of buckwheat hull extract toward various oxidantive stress in vitro and in vivo. Biol. Pharm. Bull., 24(3):209

Park BJ, Chang KJ, Park JI, Park CH. 2005. Comparison in rutin content of tatary buckwheat (Fagopyrum tataricum). Kor J Plant res., 18(2):246-250

Tao KL, Khan AA. 1976. Changes in isoperoxidases during cold treatment of dormant pear embryo. Plant Physiol., 57:1-4

Troyer JR. 1964. Anthocyanin formation in excised segments of buckwheat-seedling hypocotyls. Plant Physiol., 39:907-912

Watanabe M. 2007. An anthocyanin compound in buckwheat sprouts and its contribution to antioxidant capacity. Biosci Biotechnol Biochem., 71:579-582

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

Yoon BR, Cho BJ, Lee H, Kim D, Rhee S, Hong H, Kim K, Cho C, Choi HJ, Lee B, Lee O. 2012. Antioxidant and anti-adipogenic effects of ethanolic extracts from tartary and common buckwheats. Korean J Food Preserv., 19(1):123-130

Received December 2, 2020; revised December 17, 2020; accepted December 17, 2020