ISSN (Print) 1225-9918
ISSN (Online) 2287-3406
Journal of Life Science 2018 Vol. 28. No. 8. 977~984 DOI : https://doi.org/10.5352/JLS.2018.28.8.977

- Note -

Effect of LED Light Strength for Enhancing Rutin Content in Tatary Buckwheat Sprouts and Antioxidant Activity

Jiyoung Shin[1], Min-jae Kang[2], Hyeon-jeong Kim[3], Ji-In Park[1], Ji-young Yang[1]* and Gun-Do Kim[2]*

[1]*Department of Food Science & Technology, Pukyoung National University, Busan 48513, Korea*
[2]*Department of Microbiology, Pukyoung National University, Busan 48513, Korea*
[3]*Food Additives and Packing Division, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Cheonju 28159, Korea*

Received August 14, 2018 /Revised August 22, 2018 /Accepted August 28, 2018

This study aimed to enhance rutin contents by controlling germination condition for manufacturing buckwheat sprouts. Two kinds of buckwheat, a common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and a tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertner) were used. By comparing the rutin content of two buckwheats, tartary buckwheat was 487 ppm, about 36 times higher than common buckwheat. Both common buckwheat and tartary buckwheat which germinated and grew under the light had higher rutin content relatively. In case of tartary buckwheat, rutin content of over 10 cm sprout was 4,579 ppm (without the light), and 5,160 ppm (with the light). Furthermore, tartary buckwheat was germinated and grew under different light strengths from 2,000 to 22,000 Lux. The rutin contents of tartary buckwheat sprout that was grown under the 22,000 Lux light was the highest. The rutin content was increased dramatically at 14,000 Lux of light. From 14,000 to 22,000 Lux, there was a little change on rutin content. Therefore, the condition of 14,000 Lux light was determined optimal for manufacturing tartary buckwheat sprouts. Also, rutin contents of extracts treated with 60, 70, 80 and 90℃ during different time had no significant difference. Therefore, rutin of tartary buckwheat sprout extract had thermostability up to 90℃.

Key words : *Fagopyrum tataricum* Gaertner, germination, light strength, rutin, tartary buckwheat

서 론

메밀은 마디풀과(Polygonaceae)의 일년생 식물로 상업적으로는 곡류로 분류된다. 전세계적으로 재배되고 있으나, 주로 북반구에서 많이 재배되고 있다. 동북유럽에서는 죽이나 스프의 형태로 섭취하고, 북미지역에서는 팬케이크 믹스에 사용되기도 한다. 그 외로는 빵, 국수, 스파게티 등의 재료로 이용되고 있으며, 우리나라에서는 메밀가루와 메밀쌀의 형태, 국수, 전병, 잡곡으로 이용하고 있다. 메밀 중, 가장 많이 재배되고 있는 종으로는 일반메밀(common buckwheat)로 불리는 *Fagopyrum esculentum* Moench와 타타리메밀(tartary buckwheat)로 불리는 *Fagopyrum tataricum* Gaertner 종이 있다. 이 중 타타리메밀이 일반메밀에 비하여 기능성 성분으로 알려진 루틴의 함량이 더 많은 것으로 보고되어 있다[1, 8, 16].

***Corresponding authors**
Tel : +82-51-629-5828, Fax : +82-51-629-5824
E-mail : jyyang@pknu.ac.kr (Ji-Young Yang)
Tel : +82-51-629-5618, Fax : +82-51-629-5619
E-mail : gundokim@pknu.ac.kr (Gun-Do Kim)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

루틴(Rutin, quercetin-3-rutinoside, 2-phenyl-3, 5, 7, 3, 4'-entahydroxybenzopyrone)은 퀘르세틴(quercetin)에 루티노즈(rutinose) (rhamnose와 glucose가 결합된 이당류)가 결합된 것으로 황색에서 담황색을 띠고 있는 것으로, 자연계에서 널리 분포하고 있는 flavonoid계 물질이다. 다른 곡류보다 메밀에서의 함량이 높고, 일명 비타민 P로도 알려져 있다. 루틴은 항산화, 항염증, 항고혈압, 뇌졸중 예방, 콜레스테롤 저하 등의 기능성을 가진다고 연구되어 왔다[17, 19]. 그 중에서 혈관의 저항성을 강하게 하여 뇌출혈을 예방하는 중요한 성분으로 보고되어 있을 뿐 아니라, 혈관계 질환의 치료제로서 혈관의 지나친 투과성을 억제하는 약리 효과도 가지고 있음이 공지되어 있다. 최근에는 당뇨 및 암에도 그 약효가 있는 것으로 나타나 그에 대한 연구가 더욱 더 활발해지고 있다[11].

종자나 곡물의 경우, 발아 시에 많은 영양성분의 변화가 생기게 되며 보리, 메밀, 구리, 호밀, 수수, 밀, 현미를 이용하여 발아 전후 성분의 차이를 연구한 Donor 등의 연구 결과에 따르면 발아 후에는 밀과 호밀을 제외한 곡물에서 건조중량 대비 전분질의 구성비가 늘어났고 단백질의 구성비는 모든 곡물에서 증가하는 것을 확인하였다[4, 6]. 생리활성 물질인 폴리페놀류(gallic acid, epigallocatechin, catechin, epicatechin, epigallocatechingallate, p-coumaric acid, ferulic acid, luteolin)는 보리, 호밀, 수수, 밀에서 증가를 보였으며 나머지는 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 현미를 발아시킨 후에는 조단백,

당성분, 환원당, 유리아미노산의 함량이 크게 증가하는 연구결과도 있었다[13]. 또한 홍화씨의 발아 전후의 화학성분을 비교한 연구에서는 α-tocopherol이 744.7 mg%(dry base)에서 809.0 mg%로 증가하였고, 총아미노산 및 필수아미노산의 함량이 증가하는 경향을 보였다. 아미노산의 증가는 발아 시에 일어나는 변화로 단백질 분해효소가 증가하였기 때문으로 판단하였다. 지방산에 있어서는 palmitic acid와 stearic acid, oleic acid는 감소한데 반해, linoleic acid와 arachidic acid는 소량 증가하였다. 포화지방산은 소량 감소하였고, 불포화지방산은 소량 증가였다[7].

이와 같이 곡물 및 종자는 발아 전후에 다양한 구성성분의 차이를 보이고 있었다. 메밀의 경우, 생리활성 성분인 루틴의 함량이 변화하게 되고, 이를 증가시킬 수 있도록 발아 과정에서 빛의 조건을 달리하여 발아시켰다. 본 연구에서는 루틴 함량을 향상시킨 메밀싹을 제조하기 위해 발아과정에서 발아조건인 수분, 빛, 산소 중, 빛의 세기를 달리하여 루틴 함량을 높일 수 있는 최적 발아 조건을 찾고자 하였으며 이때 추출된 루틴의 열에 대한 안정성과 기능성 중 하나인 항산화능을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 이용한 일반메밀(common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench)는 제주도 동문시장에서 직접 구매하여 사용하였고, 타타리메밀(tartary buckwheat, *Fagopyrum tataricum* Gaertner)는 제주도산으로 2016년 가을에 생산된 것을 제주 메밀영농협동조합에서 제공받아 사용하였다.

메밀싹 및 추출물의 제조

일반메밀과 타타리메밀의 루틴 함량 차이를 비교하기 위하여 각 종자들을 흐르는 물에 3회 세척하여 20℃에서 24시간 침지하였다. 동일한 발아조에 각 메밀을 무게 대비 동량을 넣어 10일간 암조건과 명조건으로 나누어 발아를 진행하였다. 발아를 진행하는 동안의 조건은 온도 20℃, 습도 99%를 유지하였다. 10일간의 발아를 마친 각 메밀싹은 1 cm 간격(1 cm 이하, 1~2 cm, 2~3 cm, 3~4 cm, 4~5 cm, 5~6 cm, 6~7 cm, 7~8 cm, 8~9 cm, 9~10 cm, 10 cm 이상)으로 분류하였고, 싹의 길이는 뿌리와 잎을 제외한 줄기만의 길이를 기준으로 하였다. 분류된 것은 50℃의 열풍 건조기를 이용하여 건조하였고, 이를 바로 분말화 하여 4℃에서 냉장보관하면서 시료로 사용하였다. Rutin의 함량 분석을 위한 추출법은 Kreft 등과 Fabjan 등의 방법을 응용하여 사용하였다[6, 9]. 0.1 g의 건조된 메밀 및 메밀 싹의 분말을 정확히 개량하고 1 ml의 methanol을 넣고 50℃ 항온수조에서 30분간 추출한다. 추출한 후에는 미량원심분리기를 이용하여 13,400 rpm에서 5분간 분리하여, 상층액을 추출액으로 하여 실험을 진행하였다.

빛의 세기에 대한 rutin함량 변화 분석을 위하여, 타타리메밀은 깨진 것이나 상처가 많은 것이 없도록 선별하여 흐르는 물에 3회 세척한 뒤 동량 부피의 물에 20℃에서 24시간 동안 침지하였다. 물기를 제거한 후 발아조에 넓게 펼쳐 준비하였다. 준비된 발아조는 생장상(JSPC-420C, JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 온도 20℃, 상대습도 99%의 조건으로 싹을 재배하였다. 초기 24시간 동안은 발아를 위하여 암조건하에서 진행하였고, 그 후 8일간은 20℃의 LED 광조건하에서 8일 동안 발아시켰다. 8일간의 광조건은 빛의 세기를 달리하여 2,000, 6,000, 10,000, 14,000, 18,000 및 22,000 Lux에서 진행되었다.

생장상에서 총 10일을 발아한 타타리메밀의 싹은 잎에서 뿌리까지 모두 수확하여 열풍건조를 이용하여 50℃에서 24시간 건조하였고, 이를 분말화하여 추출용으로 이용하였다. 추출은 증류수와 에탄올을 이용하여 진행하였다. 추출은 타타리메밀싹 건조 분말의 무게에 20배수에 달하는 부피의 물과 에탄올을 첨가하여, 초음파 추출기를 이용하여 2.5 Hz에서 30분간 추출한 뒤 여과하여 추출물로 사용하였다. 추출물은 감압농축한 후, 동결건조하여 기능성 평가에 사용하였다.

루틴 함량의 분석

루틴 함량의 분석은 HPLC를 이용하여 분석하였다. 추출된 용매는 원심분리하여 여과를 이용하여 추출액을 얻었고, 이를 syringe filter (0.45 μm)를 통과하여 샘플로 준비하였다. HPLC (U-3000, Thermo Fisher Scientific Inc., MA., USA)를 사용하였고, 루틴 정량 분석을 위한 조건은 Table 1과 같았다. Column은 reverse phase의 C18 AcclaimTM 120 (Thermo Fisher Scientific Inc., MA, USA)을 이용하였고, Mobile phase로는 2.5% acetic acid, methanol, acetonitrile (3:1:1)로 isocratic한 조건하에서 루틴을 분석하였다[3, 12].

항산화능 측정

발아 빛 강도에 따른 에탄올 및 열수 추출물의 라디칼 소거능 측정은 $ABTS^{+}$ decolorization assay 방법을 응용하여 측정

Table 1. Conditions of Rutin analysis by HPLC

		Conditions
Column	Model	AcclaimTM 120 (Thermo Scientific)
	Size	4.6×250 mm
	Particle size	5 μm
Analysis condition	Flow rate	1 ml/min
	Oven temp.	25℃
	Sampler temp.	25℃
	UV detector	350 nm
	Injection Quantity	20 μl

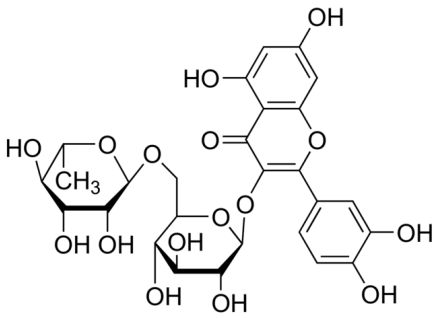

Fig. 1. The structure of rutin.

하였다. 먼저 활성을 측정하기 위해 발아 빛 강도에 따른 에탄올 및 열수 추출물 시료를 증류수를 이용하여 10%로 희석하여 이용하였다. ABTS 7 mM과 potassium persulphate 2.5 mM을 하루 동안 암실에 방치하여 라디칼을 발생시킨 후, 이 용액을 microplate reader (Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 734 nm에서의 흡광도 값을 측정하였다. 측정한 흡광도 값이 0.7~0.8이 되도록 증류수로 희석한 후, 희석된 $ABTS^+$ 용액 160 µl에 10%의 농도로 희석된 에탄올 및 열수 추출물 40 µl을 가하여 흡광도의 변화를 측정하였다. $ABTS^+$ 용액을 160 µl에 증류수를 40 µl 넣은 것을 negative control로 사용하였으며, $ABTS^+$ 라디칼 소거능은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$ABTS^+$ 라디칼 소거능 (%) = [1 - 시료 첨가구의 흡광도/시료 무첨가구의 흡광도] ×100

추출물에 포함된 루틴의 열안정성 평가

2,000 Lux에서 발아된 타타리메밀싹 추출물을 이용하여 열안정성 평가를 실시하였다. 방법은 Yoo 등의 방법을 변형하여 사용하였다[18]. 추출물 1 ml를 취하여 추출물이 증발되지 않도록 잘 밀봉한 후, 각각을 70, 80, 90℃에서 각각 30, 40, 50, 60 분간 반응시킨 후, 루틴의 함량을 측정하여 루틴 함량의 변화 차이를 통해 열안정성을 평가하였다.

통계처리

실험 값의 처리는 동일한 조건 내에서 처리된 샘플에 대하여 3회 측정한 값을 평균±표준편차(Mean ± SD)로 표시하였다. 통계 처리는 Minitab version R16을 사용하여 유의성 검사를 실시하였다. 실험결과가 통계적으로 5% 미만으로 유의한 차이가 있는지에 대하여 판단하였다.

결과 및 고찰

일반메밀과 타타리메밀의 루틴 함량 차이

종에 따른 메밀의 각 부위별 루틴의 함량을 측정한 Park 등의 연구에서는 타타리메밀이 일반메밀의 약 9.5배에 달하는 루틴 함량을 지니는 것으로 보고하고 있다[14]. 기능성 물질로서 메밀에 존재하는 루틴의 구조는 다음의 Fig. 1과 같다. 본 연구에서 일반메밀과 타타리메밀의 초기 루틴의 함량을 비교한 결과, 13 mg/l와 487 mg/l로서 타타리메밀이 일반메밀에 비하여 36배 가량 많은 루틴을 포함하고 있음을 알 수 있었다. 이에 대한 결과는 Table 2와 Fig. 2에 정리하였다.

앞서 제시한 방법에 따라 빛을 조사한 경우가 빛을 조사하지 않은 경우에 비해 높은 루틴 함량을 보였고, 일반메밀싹과 타타리메밀싹 모두 길이가 생장함에 따라서 루틴의 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 일반 메밀의 경우에는 초기 종자 상태에서는 13 mg/l의 함량이었으나, 점차 증가하여 10 cm 이상의 메밀 싹에서는 1,347 mg/l으로 증가하였다. 그리고 명조건에서 발아시킨 경우에는 암조건에서 발아시킨 일반 메밀 보다 초기 2 cm까지는 천천히 루틴의 함량이 증가하다가

Table 2. Change of rutin contents depending on the light treatment and length of buckwheat sprouts

Length of sprout (cm)	D (mg/l)	DL (mg/l)	TT (mg/l)	TTL (mg/l)
Grain	13±1[1)a2)]	13±1[a]	487±8[bcd]	487±87[bcd]
Less than 1	68±22[ab]	145±20[ab]	1,063±240[efg]	736±21[efg]
1 - 2	434±151[abcd]	350±33[abc]	1,254±142[fgh]	1,977±75[ij]
2 - 3	884±170[def]	1,030±80[efg]	2,131±82[j]	2,831±185[k]
3 - 4	1,008±88[efg]	1,347±104[fgh]	2,850±124[k]	3,053±93[k]
4 - 5	1,023±150[efg]	1,364±40[fgh]	2,686±151[k]	3,876±191[l]
5 - 6	1,205±31[efgh]	1,345±220[fgh]	2,826±128[k]	3,928±128[l]
6 - 7	1,187±59[efgh]	1,444±51[gh]	3,708±369[l]	4,008±184[m]
7 - 8	1,156±88[efgh]	1,500±37[ghi]	4,214±391[lmn]	4,146±97[lmno]
8 - 9	1,240±36[efgh]	1,651±111[hij]	4,074±363[lmno]	4,130±292[lmno]
9 - 10	1,281±36[fgh]	1,635±51[hij]	4,443±106[mno]	4,627±111[o]
over 10	1,347±71[fgh]	1,617±93[hi]	4,549±93[no]	5,160±78[p]

[1)]Mean ± SD.

[2)]Same letter are not significantly different at the 5% level (p<0.05).

(D, common buckwheat germination without light; DL, common buckwheat germination with light; TT, tartary buckwheat germination without light; TTL, tartary buckwheat germination with light)

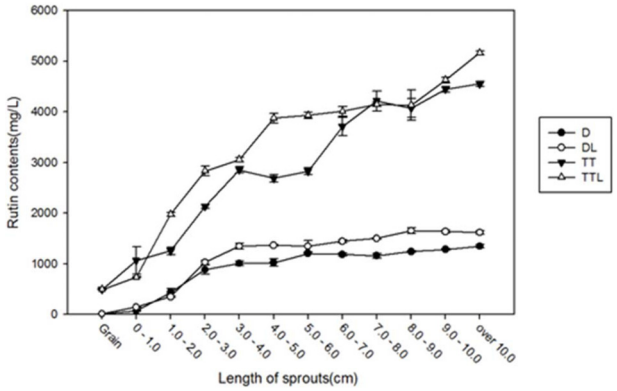

Fig. 2. Changes of rutin contents depending on light treatment and length of buckwheat sprouts. (Grain, Common buckwheat grain/ Tartary buckwheat grain; D, common buckwheat germination without light; DL, common buckwheat germination with light; TT, tartary buckwheat germination without light; TTL, tartary buckwheat germination with light)

그 이후에는 더 빠른 속도로 증가하여 10 cm 이상의 메밀 싹에서는 1,617 mg/l의 함량을 보였고, 최고 함량은 1,651 mg/l을 나타내었다. 위의 결과 암조건에서보다 명조건에서 약 150 mg/l가 많은 루틴 함량을 나타내었다.

타타리메밀의 경우에도 곡류 상태에서는 487 mg/l의 함량을 보였지만 싹의 길이가 길어짐에 따라 루틴의 함량이 증가하였다. 빛의 유무에 관계없이 루틴의 함량은 증가하였으며, 암조건에서는 길이 2 cm에서부터 4 cm 사이에서 급격히 증가하였고 6~7 cm 사이에서 한번 더 급격히 증가하였다. 그 후 10 cm 이상의 메밀의 싹에서는 4,549 mg/l의 루틴 함량을 보였다. 그리고 명조건에서는 1 cm에서 3 cm 사이에서 급격한 증가가 나타났고, 그 후에는 꾸준한 증가로 10 cm 이상에서는 5,160 mg/l까지 도달하였다. 일반메밀과 타타리메밀 모두 빛이 존재하는 상태일 때, 루틴의 함량이 더 많이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 메밀 식물체가 루틴을 생산하는 여러 가지의 과정 중 광합성 작용을 통해서도 루틴을 생산하고 있어 빛이 있는 상태에서의 루틴 함량도 더 높은 것으로 판단되었다.

일반메밀 보다는 타타리메밀의 경우, 루틴의 함량 변화에 더 확실한 유의적 차이를 나타내었다. 또한 일반메밀의 발아 기간별 루틴 함량을 측정한 연구 결과에 따르면 건량 기준으로 하여 일반메밀에서의 루틴의 함량이 471±0.75 mg/100 g이고 점차 발아 기간이 길어질수록 그 함량은 증가를 하고 있다. 1일차 발아 메밀에서는 101.29±7.05 mg/100 g이었고, 마지막 7일차에는 1,524±90 mg/100 g까지 증가한다고 보고하고 있다[10]. 발아 기간이 길어진다는 것은 길이도 함께 성장하는 것을 의미하는데 이러한 점에서 루틴의 함량이 증가하는 점은 본 연구의 결과와 유사하다고 할 수 있다.

빛의 세기에 따른 루틴 함량

빛의 세기에 따른 보리 싹의 총 폴리페놀 함량 변화 연구에 의하면, 빛의 세기가 증가하면 플라보노이드 함량 또한 함께 증가한다는 결과를 보고하였다[5]. 이러한 연구 결과를 바탕으로 본 연구에서도 빛의 세기에 따른 루틴 함량의 변화를 분석하였다.

빛의 세기를 달리하여 발아, 재배한 타타리메밀싹의 색과 형태는 Fig. 3에 나타내었다. 육안으로 관찰하였을 때 빛의 세기가 강한 조건에서 자란 타타리메밀 싹의 잎 부분은 더욱 선명한 녹색을 띄었고, 줄기 부분의 붉은색이 짙어 지는 경향을 보였다. Tsurunaga 등의 연구 결과에서도 백색광, 적색광, 녹색과, 청색과, UV 등의 빛의 조건(파장)을 달리하여 메밀싹을 재배하였을 때 잎과 줄기의 색이 다르게 나타나는 결과를 나타났었고, 그 중에서 UV-B를 조사한 메밀싹의 줄기가 가장 붉게 나타났다[15]. 빛의 조건을 달리하여 재배한 메밀의 싹의 줄기 및 잎의 색에서 차이가 난다는 점과 빛에 따라 줄기의 붉은 색이 달라진다는 점이 본 연구와 유사하였다. 빛의 조건을 달리하여 싹을 재배하였을 때 싹의 외형적인 부분도 변화하는 것으로 판단되었다.

다양한 빛의 세기(2,000~22,000 Lux)에서 성장한 타타리메밀싹은 열수 및 에탄올을 이용하여 추출하였으며, 이에 대한 추출물의 루틴 함량과 각 단계별 증감율은 Table 3, Fig. 4에 나타내었다. 발아 타타리메밀 열수 추출물은 빛의 세기에 따

Fig. 3. The sprouts of tartary buckwheat grown at different light strength (A, 2,000 Lux; B, 6,000 Lux; C, 10,000 Lux; D, 14,000 Lux; E, 18,000 Lux).

Table 3. Rutin contents of water and ethanol extract

Strength of light (Lux)	Water extract (ppm)	Ethanol extract (ppm)
2,000	49.48±1.20[1)a2)]	296.90±2.11[a]
6,000	52.35±2.45 [a]	496.15±3.12[b]
10,000	70.24±1.54[b]	581.23±3.73[c]
14,000	79.91±0.42[b]	1059.57±2.74[d]
18,000	80.84±1.29[c]	1110.78±5.17[e]
22,000	85.47±1.73[d]	1225.85±8.12[f]

[1)]Mean ± SD.
[2)]Same letter are not significantly different at the 5% level (p<0.05).
(D, Buckwheat germination without light; DL, Buckwheat germination with light; TT, tartary buckwheat germination without light; TTL, tartary buckwheat germination with light)

라(2,000~22,000 Lux) 루틴 함량을 측정하였다. 그 결과, 루틴 함량은 열수 추출물은 최소 49.48 ppm, 최대 85.47 ppm의 함량을 나타내었다. 빛의 세기가 가장 높은 22,000 Lux에서 85.47 ppm으로 빛의 세기가 강해질수록 루틴 함량이 증가하는 경향을 보였다. 발아 타타리메밀 에탄올 추출물의 경우에는 296.9~1,225.85 ppm의 범위에 분포하였다. 열수 추출물과 유사한 경향으로 빛의 세기가 증가할수록 루틴 함량이 증가하는 경향을 나타내었다.

Tsurunaga 등의 연구 결과에서는 빛의 조건을 달리하여 재배한 메밀싹의 루틴 함량을 조사한 결과, 암조건에서는 653 mg/100 g (of dry matter)이었고, 백색광, 청색광, 적색광, 녹색광, UV-A를 사용한 경우에는 723~769 mg/100 g (of dry matter)를 나타내어 유의적 차이를 보이지 않았다. 자외선 중 UV-B (>300 nm)를 조사한 메밀 싹의 경우에는 루틴 함량이 1,034 mg/100 g (of dry matter) 나타내어 다른 빛에서 재배한 것에 비해 큰 차이를 보였다[15]. 이 결과는 육안으로 관찰한 결과 줄기의 붉은 색이 가장 짙은 것이 가장 높은 루틴 함량을 지니는 본 실험의 연구결과를 뒷받침하는 결과로 볼 수 있다.

2,000 Lux에서 열수 추출물 및 에탄올 추출물 모두 14,000 Lux에서 루틴의 함량이 급격하게 증가하였고, 14,000 Lux 이상에서는 루틴 함량의 증가율이 높게 나타나지 않았다. 따라서 빛의 세기를 달리하여 루틴 함량이 높은 타타리메밀싹을 제조하기 위해서는 14,000 Lux의 빛을 사용하는 것이 적합하다고 판단되었다. 빛의 종류에 따라 변화하는 루틴 함량의 생리활성 물질의 생성을 위해서는 발아 및 재배 과정 중의 조건이 중요, 그 중에서도 빛은 루틴 형성에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

에탄올 추출물의 루틴 함량과 ABTS 라디칼 소거능의 관계

Rosmamarinic acid, cynarin, cyanidin 3-β-glucopyranoside, echinacoside 등의 페놀성 화합물의 함량이 높아질수록 항산화 활성을 높게 보인다는 결과와 유사하게 루틴도 페놀성 화합물의 한 종류로서 그 함량이 높아질수록 항산화 활성이 높아짐을 확인할 수 있었다[2]. 앞선 연구 결과에서 빛의 세기(Lux)에 따라 페놀성 화합물인 루틴의 함량이 증가하는 것을 확인하였다. 이에 발아 타타리메밀의 에탄올 추출물의 $ABTS^+$ 라디칼 소거능을 비교한 결과, 루틴 함량이 증가함에 따라 라디칼 소거능도 증가하였다(Table 4, Fig. 5). 타타리메밀싹의 에탄올 추출물은 발아 시 적용한 빛의 세기에 따라 루틴 함량이 증가하였으며, 루틴 함량이 가장 높은 18,000 Lux에서 재배한 싹의 추출물이 가장 높은 라디칼 소거 활성을 보였다. 이를 통해, 에탄올 추출물에 포함된 루틴 함량에 의존적으로 $ABTS^+$ 라디칼 소거능이 나타난 것으로 유추할 수 있다. Yoon 등은 일반 메밀과 타타리메밀을 80%의 에탄올로 추출하여 DPPH법과 ABTS법을 이용하여 항산화 활성을 측정한 결과, 루틴의 농도를 높일수록 2가지 항목에서 모두 활성도가 높아지는 것을 확인하였다[22]. 이것은 루틴 함량이 높은 추출물을 이용할수록 항산화 활성이 높아지는 것을 의미하며 본 연구에서도 이들의 보고와 유사한 결과를 얻었다. 또한 총 페놀성 화합물

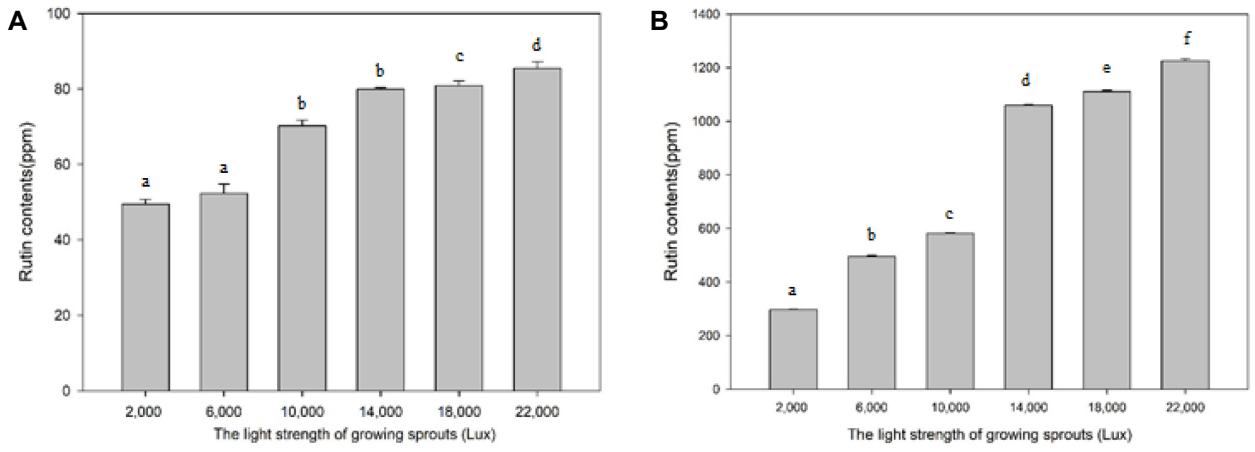

Fig. 4. The rutin contents of tartary buckwheat sprouts grown at different light strength (2,000~22,000 Lux). (A) Water extracts (B) Ethanol extracts. Error bar letters are significantly different at the 5% level (p<0.05).

Table 4. Comparison between rutin contents and ABTS$^+$ radical scavenging activity of the tartary buckwheat sprout extracts (Ethanol extract)

Strength of light (Lux)	Rutin contents (ppm)	ABTS$^+$ radical scavenging activity (%)
Negative Control	0	0.54±1.30
10,000	581.23±3.73[1)c2)]	62.48±0.85[a]
14,000	1059.5±2.74[d]	69.49±0.48[b]
18,000	1110.78±5.17[e]	77.21±1.47[c]

[1)]Mean ± SD.
[2)]Same letter are not significantly different at the 5% level (p<0.05).
(D, Buckwheat germination without light; DL, Buckwheat germination with light; TT, tartary buckwheat germination without light; TTL, tartary buckwheat germination with light)

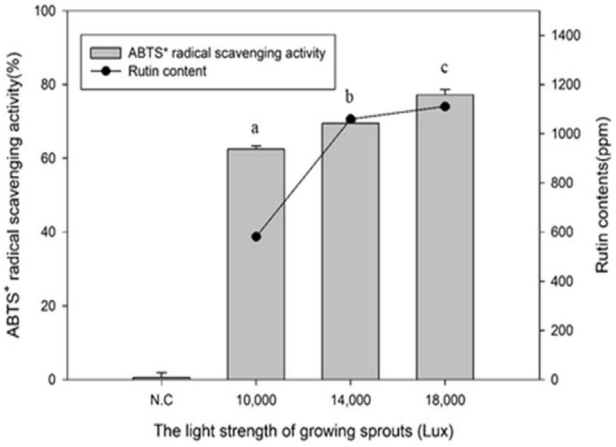

Fig. 5. Comparison between rutin contents (ppm) and ABTS$^+$ radical scavenging activity (%) of the tartary buckwheat sprout extracts. Error bar letters are significantly different at the 5% level (p<0.05) of the ABTS$^+$ radical scavenging activity.

이 항산화 효과에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데[18], 총 페놀성 화합물에 루틴이 포함되어 있으므로 일반 메밀 추출물보다 타타리메밀의 루틴 함량이 많은 것이 타타리메밀이 더 높은 항산화능을 가지는 것에 관련이 있다고 유추할 수 있다.

추출물의 열 안정성

타타리메밀 추출물의 열 안정성을 평가하기 위해서 2,000 Lux에서 재배한 타타리메밀싹 열수 추출물과 에탄올 추출물을 이용하였다. 추출물은 70~90℃의 온도 범위에서 15~60분 동안 처리하여 미처리군과 비교하여 루틴 함량의 차이로 판단하였다. 열처리된 타타리메밀싹 추출물의 루틴 함량은 미처리군과 유의적인 차이를 보이지 않았고, 그 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 열수 추출물의 경우에는 미처리군의 루틴 함량이 48.97 ppm이었고, 온도별 처리를 한 경우에는 48.14~50.23 ppm의 분포를 보였다. 그리고 에탄올 추출물의 경우에는 열처리를 하지 않은 것의 루틴 함량이 345.18 ppm이었고, 열처리를 한 것의 경우에는 322.35~349.67 ppm의 범위 내에 있었다. 대체로 열수 추출물과 에탄올 추출물 모두 열처리를 하기 전、후에 유의적 차이를 나타내지 않았다. 따라서 메밀 추출물들에 포함된 루틴은 90℃ 이내의 온도에서는 열에 대한 안정성을 가진다고 판단되었다.

루틴의 함량은 일반메밀에 비하여 타타리메밀이 높은 루틴 함량을 가졌고, 메밀싹 길이의 생장과 더불어 일반메밀과 타타리메밀 모두 루틴의 함량이 증가하였다. 타타리메밀 발아 시 빛의 세기를 달리하여 발아시켰을 때 빛의 세기에 비례하여 추출물에 포함된 루틴의 함량이 증가하였고, 14,000 Lux에서 가장 높은 루틴 함량의 증가율을 보였고, 그 이후에는 증가율이 낮았다. 건강 기능성 식재료로서의 루틴 함량이 높은 메밀싹을 제조하기 위해서는 타타리메밀을 14,000 Lux에서 10 cm 이상의 싹으로 재배하는 것이 가장 적합하다고 할 수 있으며, 추출물에 포함된 루틴의 항산화 효능은 ABTS 라디칼 제거

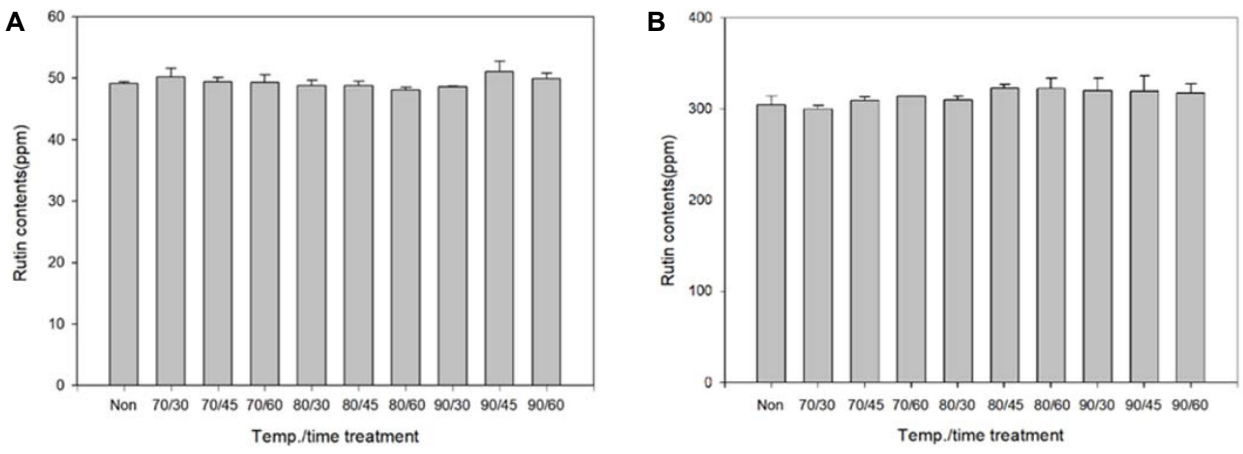

Fig. 6. Heat stability of rutin on the extracts of tartary buckwheat sprouts. (A) Water extracts. (B) Ethanol extracts.

능을 통해 그 활성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원의 "지역특화산업육성사업(R&D, R0003893)"으로 수행된 연구결과입니다.

References

1. Bonafaccia, G., Marocchini, M. and Kreft, I. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem.* **80**, 9-15.
2. Cervellati, R., Renzulli, C., Guerra, M. C. and Speroni, E. 2002. Evaluation of antioxidant activity of some natural polyphenolic compounds using the Briggs-Rauscher reaction method. *J. Agri. Food Chem.* **50**, 7504-7509.
3. Cho, M. L., Choi, S. I., Lee, J. H., Cho, B. J., Lee, H. K., Rhee, S. K., Lim, J. H. and Lee, O. H. 2016. Evaluation of quality characteristics of Korean and Chinese buckwheat. *Kor. J. Food Presev.* **23**, 225-232.
4. Donor, O. N., Stojanovska, L., Ginn, J. and Vasiljevic, T. 2012. Germinated grains – sources of bioactive compounds. *Food Chem*. **135**, 950-959.
5. Eun, C. S., Hwang, E. Y., Lee, S. O., Yang, S. A. and Yu, M. H. 2016. Anti-oxidant an anti-inflammatory activities of barley sprout extract. *J. Life Sci*. **26**, 537-544.
6. Fabjan, N., Rode, J., Kosir, I. J., Wang, Z., Zhang, Z. and Kreft, I. 2003. Tartary Buckwheat (*Fagopyrum tatarium* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercetin. *J. Argric. Food Chem*. **51**, 6452-6455.
7. Kim, E. O., Lee, K. T. and Choi, S. W. 2008. Chemical comparison of germinated- and ungerminated-safflower (*Carthamus tictorius*) seeds. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr*. **37**, 1162-1167.
8. Kreft, I., Fabjan, N. and Yasumoto, K. 2006. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. *Food Chem*. **98**, 508-512.
9. Kreft, S., Knapp, M. and Kreft, I. 1999. Extraction of rutin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds and determination by capillary electrophoresis. *J. Agri. Food Chem.* **47**, 4649-4652.
10. Lee, E. H. and Kim, C. J. 2008. Nutritional changes of buckwheat during germination. *Kor. J. Food. Culture* **23**, 121-129.
11. Ma, Y., Xiong, Y. L., Zhai, J., Zhu, H. and Dziubla, T. 2010. Fractionation and evaluation of radical scavenging peptides from *in vitro* digests of buckwheat protein. *Food Chem*. **118**, 582-588.
12. Maeng, Y. S., Park, H. K. and Kwon, T. B. 1990. Analysis of rutin contents in buckwheat and buckwheat food. *Kor. J. Food Sci. Technol*. **22**, 732-737.
13. Moongngarm, A. and Saetung, N. 2010. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. *Food Chem*. **122**, 782-788.
14. Park, B. J., Park, J. I., Chang, K. J. and Park, C. H. 2005. Comparison in rutin content of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *J. Plant Res*. **18**, 246-250.
15. Tsurunaga, Y., Takahashi, T. Katsuve, T., Kudo, A., Kuramitsu, O., Ishiwata, M. and Matsumoto, S. 2013. Effects of UV-B irradiation on the levels of anthocyanin, rutin and radical scavenging activity of buckwheat sprouts. *Food Chem*. **141**, 552-556.
16. Yoo, M. Y., Kim, S. K. and Yang, J. Y. 2004. Characterization of an antioxidant from sporophyll of *Undaria pinnatifida*. *Kor. J. Miocrobial. Biotechonol*. **32**, 307-311.
17. Yoon, B. R., Cho, B. J., Lee, H. K., Kim, D. J., Rhee, S. K., Hong, H. D., Kim, K. T., Cho, C. W., Choi, H. S., Lee, B. Y. and Lee, O. H. 2012. Antioxidant and anti-adipogenic effects of ethanolic extracts from tartary and common buckwheats. *Kor J. Food Preserv*. **19**, 123-130.
18. Yoon, S. J., Cho, N. J., Na, S. H., Kim, Y. H. and Kim, Y. M. 2006. Development of optimum rutin extraction process from *Fagopyrum tataricum*. *J. East Asian Soc. Diet. Life*. **16**, 573-577.
19. Zhang, Z. L., Zhou, M. L., Tang, Y., Li, F. L., Tang, Y. X., Shao, J. R., Xue, W. T. and Wu, Y. M. 2012. Bioactive compounds in functional buckwheat food. *Food Res. Int*. **49**, 389-395.

초록 : 타타리메밀싹의 루틴 함량 향상을 위한 LED 광량 효과와 항산화 활성

신지영[1] · 강민재[2] · 김현정[3] · 박지인[1] · 양지영[1]* · 김군도[2]*
([1]부경대학교 식품공학과, [2]부경대학교 미생물학과, [3]식품의약품안전평가원 첨가물포장과)

본 연구는 메밀의 발아 조건을 달리하여 메밀싹에서 생리활성 물질인 루틴의 함량을 높이고자 하였다. 가장 많이 재배되는 일반메밀과 타타리메밀을 이용하였고, 두 종자의 루틴 함량을 비교한 결과, 타타리메밀의 루틴 함량이 487 ppm으로 일반메밀과 비교하여 약 36배 높게 나타났다. 발아 후 싹으로 성장에 따른 루틴 함량을 분석한 결과, 일반메밀과 타타리메밀의 싹 모두 길이 생장에 따라서 루틴 함량도 증가하는 경향을 나타내었다 또한, 발아 및 싹의 성장 시에 빛을 조사한 일반메밀과 타타리메밀의 싹은 루틴 함량이 빛을 조사하지 않은 경우에 비해 상대적으로 높았다. 타타리메밀의 경우 10 cm 이상의 싹은 4,579 ppm(빛을 조사하지 않은 경우), 5,160 ppm(빛을 조사한 경우)로 나타났다. 메밀싹의 성장 시에 빛이 루틴의 합성에 영향을 끼지는 것으로 판단되었다. 이에 LED 빛의 세기를 2,000 Lux에서 22,000 Lux까지 점차 증가시키면서 타타리메밀싹을 제조하였고, 가장 높은 세기인 22,000 Lux에서 가장 높은 루틴 함량을 가졌다. 타타리메밀싹의 열수 추출물은 85.47 ppm, 에탄올 추출물의 경우에는 1,225.85 ppm의 루틴 함량을 나타내었다. 14,000 Lux까지는 급격하게 루틴 함량이 증가하였으나, 그 후에는 증가폭이 줄어들어 메밀싹은 14,000 Lux에서 10 cm 이상 성장한 것이 최적의 루틴을 포함하는 메밀싹 제조에 가장 적합하다고 판단되었다. 열처리(70~90℃의 온도 범위)를 한 추출물의 루틴 함량이 미처리군과 비교하여 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이 결과 메밀에서 추출한 루틴은 열안정성을 가진다고 판단되었다.