아마란스 종자 추출물의 항산화 활성

박소진 $^1 \cdot$ 양 양 $^2 \cdot$ 황은희 1

¹원광대학교 식품영양학과 ²산서 대동대학교 생명과학부

Antioxidative Activities of Ethanol Extract from Amaranth Seeds

Sojin Park¹, Yang Yang², and Eunhee Hwang¹

¹Department of Food and Nutrition, Wonkwang University ²School of Life Sciences, Shanxi Datong University, China

ABSTRACT This study sought to evaluate the proximate composition, 80% ethanol extraction yields, and the anti-oxidative activities of amaranth (*Amaranthus* spp. L.) seeds. The samples were divided into four groups: germinated black amaranth (GBA), black amaranth (BA), germinated yellow amaranth (GYA), and yellow amaranth (YA). An analysis of the amaranth seeds' proximate composition gave the following results: calories $369.6 \sim 413.7$ kcal, moisture $11.3 \sim 12.0$ g, carbohydrates $63.8 \sim 72.2$ g, crude protein $15.1 \sim 16.6$ g, crude fat $5.7 \sim 6.5$ g, and crude ash $2.7 \sim 3.4$ g/100 g. The 80% ethanol extraction yields were $20.80 \sim 13.27\%$. The total polyphenol content was $74.62 \sim 12.74$ mg GAE/g, and the total flavonoids content was $43.29 \sim 14.29$ mg QE/g. The 80% ethanol extraction yields, total polyphenol, and flavonoids content were significantly different among the groups (P < 0.05). At a concentration of 50 mg/mL, the scavenging activities of the DPPH were GBA 94.3%, BA 87.7%, GYA 77.6%, and YA 50.8%. The scavenging activities of the ABTS were L-ascorbic acid 94.42±1.02%, GBA 95.4%, BA 88.2%, GYA 76.5%, and YA 71.8% compared to the positive control, L-ascorbic acid, respectively. The increase of the antioxidant activities of amaranth seeds was dependent on the concentration of the extracts and was seen to be in the decreasing order of GBA, BA, GYA, and YA. These results verified the potential antioxidant function of amaranth seeds. Thus, amaranth seeds can be useful as natural antioxidant food.

Key words: amaranth seeds, polyphenol, flavonoids, DPPH, ABTS

서 론

인체로 유입되는 산소의 대부분은 정상적인 산화 과정을 통해 이산화탄소와 물이 되고 호흡과 소변으로 배출되나, 약 20%의 산소는 불완전한 상태로 머물다 화학적으로 반응성이 큰 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)으로 전환된다. ROS는 매우 불안정하여 세포 내 단백질, 핵산, 세포막 등을 공격하여 세포손상을 초래하고 ROS 생성 속도가제거 속도보다 커서 손상된 세포가 복구되지 못하면 정상적인 기능을 상실하여 노화가 촉진될 뿐만 아니라 동맥경화, 당뇨, 심혈관질환, 암 등의 질환을 유발할 수 있다(Yu, 1993). ROS는 체내에 존재하는 항산화 방어체계인 항산화 효소계와 항산화 물질 등에 의해 대부분 제거되어 항상성을 유지하

게 된다(Choi 등, 2016). 생체 및 조직 내 ROS를 효율적으로 조절하는 것이 매우 중요하므로 다양한 방법이 연구 및 개발되고 있는데, 항산화 물질이 포함되어 있거나 항산화효소계를 활성화하는 식품에 대한 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다.

아마란스는 약용 및 나물로 이용하는 참비름(Amaran-thus lividus L.)속의 식물로(Fig. 1) 다양한 종이 있는데, 일반적으로 잎은 녹색 또는 자주색이고 종자는 유백색, 황색, 갈색, 흑색 등이 있으며(Rural Development Administration, 2021; Lee 등, 2019), 종자 직경이 1.5 mm 내외로 매우 작고 식물 개체 하나당 최대 50만 개의 종자립을 수확할 수 있어 곡물의 대체 작물로서 주목할 만한 가치가 있고 견과류 맛이 난다(Mendoza와 Bressani, 1987; Slimak, 1990).

Received 2 November 2021; Revised 1 January 2022; Accepted 3 January 2022

Corresponding author: Eunhee Hwang, Deptartment of Food and Nutrition, Wonkwang University, 460, Iksan-daero, Iksan-si, Jeonbuk 54538, Korea, E-mail: ehhwang@wku.ac.kr

Author information: Sojin Park (Graduate student), Yang Yang (Professor), Eunhee Hwang (Professor)

© 2022 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



Fig. 1. Photograph of *Amaranth* spp. and seeds. (a) flower of black seed amaranth, (b) black seeds of amaranth, (c) yellow seeds of amaranth.

아마란스 종자의 영양성분은 품종과 재배조건에 따라 다르지만 우리나라 자료는 탄수화물 57%, 조단백 17% 내외, 지방 8%, 섬유소 2.2%, 회분 4.1%, 수분 11.1%로 보고되었고(Rural Development Administration, 2021) 판토텐산, 비타민 B6, 엽산 및 망간, 인, 마그네슘, 철 및 셀레늄이 풍부하다고 보고되었다(USDA, 2019). 맛과 영양이 우수하여 전분(Choi 등, 2000), 국수(Choi, 2011), 비스킷(Kim과 Ryoo, 2002), 머핀(Choi, 2016) 등의 재료로 활용하였다.

아마란스의 효능에 대한 연구로 영양성분(Jang, 2016; Prakash와 Pal, 1991), 항산화 효과(Hong 등, 2014; Jo 등, 2016; Kim 등, 2006), 항당뇨(Kasozi 등, 2018; Yang 등, 2015), 혈청 지질 개선(Shin 등, 2004; Srivastava 등, 2021), 항염증 효과(Yi 등, 2017)가 보고되었다. 곡물은 발아 시 저장물질이 수용성 아미노산과 당으로 분해되고 해당 효소들의 합성이 활발하게 진행된다. 더불어조직이 부드러워지기 때문에 질감 개선과 식미를 향상시킬수 있고 소화 흡수력이 증가하며 식이섬유, 비타민 등 영양소가 풍부해지는 이점이 있다. 특히 아마란스는 종자의 크기가 작아 세척이나 전처리 공정에 어려움이 있는데, 발아시킴으로써 다루기 용이한 점이 있다(Paredes-Lopez와 Mora-Escobedo, 1989).

이와 같이 아마란스는 영양이 풍부하고 항산화 효능 등 식품 가치가 큼에도 불구하고 식품으로 많이 사용되지 않고 종자 색과 발아 여부에 따른 차이에 대한 보고가 없어 본 연구에서는 아마란스 종자 색의 차이가 큰 황색과 흑색을 택하여 발아 여부에 따른 일반성분을 알아보고, 항산화 효과 를 알아보기 위하여 80% 에탄올 추출물을 제조하여 총 폴리 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거 활성을 측정하였다.

재료 및 방법

실험재료

아마란스 발아 및 추출물 제조: 본 실험에 사용된 시료는 아마란스 종자로, 종자의 색과 발아 여부에 따라 비발아 황 색 아마란스는 yellow amaranth(YA), 발아 황색 아마란스 는 germinated yellow amaranth(GYA), 비발아 흑색 아마 란스는 black amaranth(BA), 발아 흑색 아마란스는 germinated black amaranth(GBA)로 구분하였다.

강원도 정선군에서 재배, 수확한 흑색, 황색의 아마란스 (Amaranthus spp. L.)를 농업회사법인 청두루(유)(Jeongseon, Korea)의 제품을 구입하여 발아시켜 사용하였다. 발아 과정은 미산성 차아염소산수를 증류수로 3배 희석한 용액에 종자를 넣고 3분간 교반하여 소독하고 3번 이상 수세후 500 μM 체를 이용해 물기를 최대한 제거한 후, 20 g을배양접시에 5배의 증류수를 가하여 26°C에서 16시간 발아시켰다. 발아시킨 아마란스는 동결건조시켜 발아를 중지시키고 -70°C 극저온 냉동고(MDF-U52V, Sanyo, Osaka, Japan)에 보관하며 사용하였다.

아마란스 추출은 냉동건조한 아마란스 종자 30 g에 10배의 80% 에탄올을 가하여 30분간 침지 후 초음파추출기 (Branson-3510, Emerson Electric, Wallingford, CT, USA)에서 40 Hz 수준으로 1시간 동안 초음파 추출하였다. 추출물은 감압농축(N-100, EYELA, Tokyo, Japan)하고 용매를 완전히 제거한 후 냉동건조하여(FD8512, Ilsin, Seoul, Korea) 아마란스 종자와의 중량 비로 추출 수율을 계산하였고 -70°C 극저온 냉동고(MDF-U52V, Sanyo)에 보관하며 사용하였다.

아마란스 종자의 일반성분 분석

일반성분 분석은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety, 2020)에 따라 분석하였다. 열량은 Atwater value 를 이용하여 계산하였다. 당 함량은 액체크로마토그래프 (1260 Infinity, Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 이용하 였으며 다음과 같은 조건으로 분석하였다. 당류의 분리를 위해 carbohydrate high performance column(4 μm, 4.6 ×250 mm, Agilent), refractive index detector(G1362A 1260 RID, Agilent)를 사용하였고 칼럼온도는 35°C, injection volume은 20 μL, 유속은 1.0 mL/min으로 분석하였 다. 탄수화물은 일반성분 함량을 100%로 하여 수분, 조회 분, 조단백질 및 조지방 함량을 뺀 값으로 나타내었다. 수분 은 105°C 건조기를 이용하여 상압 가열 건조법으로 실험하 였다. 조회분은 550 °C 전기회화로를 이용한 직접 회화법으 로 분석하였다. 조지방은 속실렛추출법으로 분석하였으며, 조단백질은 자동 질소 증류 장치를 이용한 마이크로켈달법 으로 분석하였다. 나트륨은 ICP(Inductively Coupled Plasma, 유도결합플라즈마)법으로 분석하였다. 각 실험 항 목은 3반복하여 평균과 표준편차를 계산하였다.

아마란스 종자 추출물의 항산화 성분 및 활성

총 폴리페놀 함량: 각 시료의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu의 방법(Folin과 Denis, 1912)을 일부 변경하여 분석하였다. 흑색, 황색의 발아 아마란스 및 비발아 아마란스 종자 추출물을 50 mg/mL의 농도로 준비하여, 각 추출물 50 μL를 0.2 N Folin-Ciocalteu phenol reagent를 가한 후 상은 암소에서 3분간 방치하였다. 2% Na₂CO₃ 1 mL를

가한 후 30분간 상은 암소에 방치하였다. 각 반응액을 200 µL씩 취해 96-well plate에 옮겨 microplate reader(Versa MAX, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다.

표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였으며, gallic acid의 검량선과 비교하여 1 g extract에 대한 mg gallic acid equivalents(GAE)로 나타내어 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량: 각 시료의 총 플라보노이드 함량은 Zhuang 등(1992)의 방법을 변형하여 측정하였다. 흑색, 황색의 발아 아마란스 및 비발아 아마란스 추출물을 50~mg/mL 농도로 희석하여 준비하였고, 각 추출물 $150~\mu\text{L} = 5\%$ NaNO2 $75~\mu\text{L} = 5\%$ 참가하여 상은 암소에서 5분간 방치한 후 10% ALCL3 $150~\mu\text{L} = 5\%$ 참가하여 10% 상은 암소에서 방치시켰다. 반응액에 NaOH 10% 사용 암소에서 반응시킨 후 각 반응액을 10% 보를 취하여 10% 장은 암소에서 반응시킨 후 각 반응액을 10% 사용사진 취해 10% 장은 마소에서 반응시킨 후 각 반응액을 10% 하여 10% 장은 마소에서 한용사킨 후 각 반응액을 10% 하여 10% 함께 10% 함께 10% 함께 10% 장은 마소에서 한용사킨 후 각 반응액을 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 함께 10% 함께 10% 하여 10% 함께 10% 함께 10% 함께 10% 함께 10% 함께 10% 하여 10% 함께 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 함께 10% 하여 10% 함께 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 함께 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하여 10% 하다 10% 하여 10% 하여 10% 합니다 한국 한국하였다.

표준물질로 quercetin(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하였으며, quercetin 검량선과 비교하여 1 g extract에 대한 mg quercetin equivalents(QE)로 나타내어 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성: DPPH(2,2-diphenyl-1-pic-rylhydrazyl) 라디칼 소거능은 라디칼을 갖는 물질 중에서도 비교적 안정적인 화합물로 항산화성 물질이 DPPH 라디칼을 소거시켜 보라색이 탈색되는 점을 이용하여 간단히 항산화 효과에 대한 측정이 가능하다(Blois, 1958; Yoo 등, 2007). 흑색, 황색의 발아 아마란스 및 비발아 아마란스 추출물을 50 mg/mL 농도로 희석하여 준비하였고, DPPH는 80% 에탄올에 277 mM의 농도로 녹여 사용하였다. 각 well에 추출물 150 μL, 에탄올 800 μL, DPPH 50 μL를 혼합하여 암실에서 30분 동안 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

양성대조군으로 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 $400~\mu M$ 농도로 희석하여 사용하였으며, 추출물 첨가군과 비첨가군의 흡광도 차이를 백분율로 환산하여 표기하였다.

Blank (Abs)

ABTS 라디칼 소거 활성: ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) 라디칼을 이용한 항산화력 측정은 ABTS cation decolorization assay에 의한 방법을 일부 변형하여 시행하였다(Re 등, 1999). 흑색, 황색의 발아 아마란스 및 비발아 아마란스 추출물을 50 mg/mL 농 도로 희석하여 준비하였고, 2.6 mM potassium persulfate에 동량 녹인 7.4 mM ABTS 용액의 흡광도가 0.7±0.02가 되도록 phosphate buffer saline(pH7.4)으로 희석하였다. ABTS 용액 180 μL, 추출물 20 μL를 첨가하여 암소에서 10분 동안 반응시킨 다음 732 nm에서 흡광도를 측정하였다.

양성대조군으로 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co.) 를 $400~\mu M$ 농도로 희석하여 사용하였으며, 추출물 첨가군과 비첨가군의 흡광도 차이를 백분율로 환산하여 표기하였다

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하여 평균±표준편차로 나타내었다. 자료의 통계분석은 STATISTICA 10.0(Stat Soft Inc., Tulsa, OK, USA) program을 이용하여 총 폴리 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거활성은 ANOVA test 실시 후 Duncan's multiple range test로 P<0.05 수준에서 유의성을 검증하 였다.

결과 및 고찰

아마란스 종자의 일반성분

흑색, 황색 발아 아마란스 및 비발아 아마란스 종자의 일 반성분 함량은 100 g당 kcal, g, mg으로 표시하여 Table 1에 나타내었다.

열량은 GBA 413.7±1.3 kcal, GYA 372.1±1.1 kcal, BA 370.1±0.7 kcal, YA 369.6±1.0 kcal 순이었고, 탄수화물은 GBA 72.2±0.9 g, GYA 64.5±1.4 g, BA 64.2±1.7 g, YA 63.8±2.3 g 순으로 나타났다. 당류는 GYA 2.5±1.0 g, YA 1.3±0.8 g, GBA 1.3±0.9 g, BA 1.1±1.1 g 순이었고,

Table 1. Proximate composition of germinated amaranth and non-germinated amaranth seeds

	Calorie	Moisture	Carbohydrate	Crude protein	Crude fat	Saturated	Trans fat	Saccharide	Ash	Na
	(kcal)	(g)	(g)	(g)	(g)	fat (g)	(g)	(g)	(g)	(mg)
YA	369.6±1.0	12.0 ± 2.2	63.8±2.3	15.1±1.2	6.0 ± 1.9	1.5 ± 1.3	0.0 ± 0.5	1.3 ± 0.8	3.1±1.1	2.8 ± 1.3
GYA	372.1 ± 1.1	11.4 ± 1.3	64.5±1.4	15.7±1.3	5.7 ± 3.1	1.3 ± 1.1	0.0 ± 0.3	2.5 ± 1.0	2.7 ± 0.9	2.5 ± 1.1
BA	370.1 ± 0.7	11.5±0.9	64.2±1.7	15.5 ± 2.2	5.7 ± 2.3	1.3 ± 1.2	0.0 ± 0.8	1.1±1.1	3.1±1.6	0.9 ± 0.7
GBA	413.7±1.3	11.3±1.1	72.2 ± 0.9	16.6 ± 2.1	6.5 ± 1.8	1.5 ± 0.9	0.0 ± 0.2	1.3 ± 0.9	3.4 ± 1.5	1.4 ± 0.8

Values are mean±SD of triplicate determinations.

YA: yellow amaranth, GYA: germinated yellow amaranth, BA: black amaranth, GBA: germinated black amaranth.

조단백질은 GBA 16.6±2.1 g, GYA 15.7±1.3 g, BA 15.5 ±2.2 g, YA 15.1±1.2 g 순으로 나타났다. GBA는 열량이 유의하게 높았는데 열량 영양소인 탄수화물, 조단백질이 높은 데에 기인한 결과라고 할 수 있다. 나트륨은 GBA 1.4±0.8 mg, BA 0.9±0.7 mg, GYA 2.5±1.1 mg, YA 2.8±1.3 mg 이었고, 수분은 GBA 11.3±1.1 g, BA 11.5±0.9 g, GYA 11.4±1.3 g, YA 12.0±2.2 g, 회분은 GBA 3.4±1.5 g, BA 3.1±1.6 g, GYA 2.7±0.9 g, YA 3.1±1.1 g이었다.

아마란스 종자의 일반성분은 우리나라 자료(Rural Development Administration, 2021)에서 탄수화물 57%, 조단백 17% 내외, 지방 8%, 섬유소 2.2%, 회분 4.1%, 수분 11.1%로 보고되었고, 미국의 자료(USDA, 2019)에는 탄수화물 62.3%, 단백질 13.6%, 지방 7.0%로 보고되었는데, 우리나라와 미국의 자료에 차이가 있는 것은 종이나 재배조건, 분석 방법에 따른 것으로 여겨진다.

80% 에탄올 추출 수율

추출 수율은 동결건조한 아마란스 종자의 80% 에탄올 추출물을 진공농축, 동결건조하여 추출 전후의 중량 차이를 비율로 나타냈고 그 결과는 Table 2에 정리하였다. GBA 20.80±3.12%, GYA 18.46±1.90%, BA 16.49±2.48%, YA 13.27±1.80% 순으로 수율이 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05).

아마란스 종자 색에 따른 추출 수율에 대한 보고는 없는 실정이며, 아마란스 꽃의 추출 수율에 대해서는 열수 추출이 21.4~24.0%로 메탄올 추출물 수율 14.4~17.3%보다 높았고, 보라색 꽃 추출 수율이 붉은색 꽃 추출 수율보다 높았다고 보고하였다(Jo 등, 2014). 본 실험에서 아마란스 종자의 80% 에탄올 추출 수율은 13.27~20.80%로 꽃의 추출 수율에 비해 약간 낮았고, 꽃 색과 종자 색이 짙은 경우 추출 수율이 높은 것은 같은 경향을 보였다.

아마란스 종자 추출물의 항산화 성분 및 활성

총 폴리페놀 함량: 아마란스 종자 80% 에탄올 추출물에 함유된 총 폴리페놀 함량 측정 결과는 gallic acid의 표준곡선에 측정값을 대입하여 추출물 1 g 중 mg GAE로 표현하였고 그 결과는 Fig. 2에 나타내었다.

Table 2. Extraction yields of germinated amaranth and non-germinated amaranth seeds

Sample	Yield (%)					
YA	13.27 ± 1.80^{a}					
GYA	$18.46\pm1.90^{\rm b}$					
BA	16.49 ± 2.48^{bc}					
GBA	20.80 ± 3.12^{c}					

Values are mean±SD of triplicate determinations. Means with different letters (a-c) are significantly different by Duncan's multiple range test (*P*<0.05). 80% ethanol extract of amaranth was used. YA: yellow amaranth, GYA: germinated yellow amaranth, BA: black amaranth, GBA: germinated black amaranth.

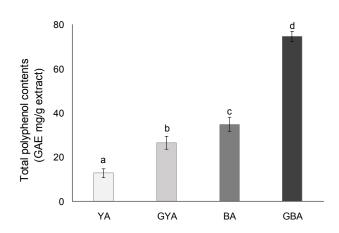


Fig. 2. Total polyphenol contents of extracts from amaranth seed. 80% ethanol extract of amaranth was used. The results represent mean±SD of values obtained from three in dependent experiments. Gallic acid was used as a standard for measuring of the total polyphenol content. Means with different letters (a-d) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test (*P*<0.05). YA: yellow amaranth, GYA: germinated yellow amaranth, BA: black amaranth, GBA: germinated black amaranth.

총 폴리페놀 함량은 GBA 74.62±2.18 mg GAE/g, BA 34.80±3.23 mg GAE/g, GYA 26.50±2.86 mg GAE/g, YA 12.74±1.95 mg GAE/g의 순으로 GBA는 YA보다 약 5.9배 많음을 확인할 수 있었으며 시료별로 유의한 차이를 보였다 (P<0.05).

총 폴리페놀 함량 실험은 강력한 산화력을 가지는 폴리페놀의 산화·환원 반응을 응용한 것으로 폴리페놀성 화합물에 의해 환원되어 청색으로 발색이 변하는 현상을 이용한 것이다(Azuma 등, 1999). 폴리페놀은 phenolic hydroxyl기를 가지므로 단백질 및 거대분자들과 쉽게 결합할 수 있으며, 전자공여능이 있고 항산화 작용뿐만 아닌 혈당 조절, 항암 및 항균 작용 등 다양한 생리활성이 있다고 알려져 있다(Kim, 2010).

일반적으로 식물은 새싹일 때 외부 공격으로부터 자신을 보호하기 위해 다양한 생리활성 물질을 생산하고 보리, 땅 콩, 적채 등의 새싹에서 폴리페놀과 플라보노이드가 많다고 알려져 있는데(Paśko 등, 2009; Wang 등, 2005), 본 연구 에서도 발아 시 폴리페놀 함량이 증가하는 것을 확인하였다. 본 조사에서 종자의 총 폴리페놀 함량은 12.74±1.95~74.62 ±2.18 mg GAE/g으로 아마란스 꽃 추출물의 총페놀량 363.19±55.92~606.95±64.38 mg GAE/100 g에 비하여 (Jo 등, 2014) 낮았고, Asao와 Watanabe(2010)가 조사한 아마란스 종자의 총 폴리페놀 함량 0.51 mg/g보다 높았다.

우리나라의 아마란스 재배지역별, 품종별 종자의 폴리페 놀 함량 측정에서(Hong 등, 2014) 대관령 지역보다 강릉 지 역에서 재배 시 품종별로 유의적 차이가 있음을 보고하였고, 아마란스 종자의 페놀 함량이 일반적인 곡물인 밀, 라이보다 적고 귀리, 보리, 쌀과 비슷한 경향을 보였다고 보고하였다

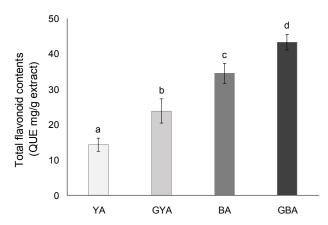


Fig. 3. Total flavonoid contents of extracts from amaranth seed. 80% ethanol extract of amaranth was used. The results represent mean±SD of values obtained from three in dependent experiments. Quercetin was used as a standard for measuring of the total flavonoid content. Means with different letters (a-d) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test (*P*<0.05). YA: yellow amaranth, GYA: germinated black amaranth, BA: black amaranth, GBA: germinated black amaranth.

(Repo-Carrasco-Valencia 등, 2010).

총 플라보노이드 함량: 아마란스 종자 추출물에 함유된 총 플라보노이드 함량 측정 결과는 표준물질인 quercetin의 표준곡선에 측정값을 대입하여 추출물 1 g 중 mg QE로 표현하였고 그 결과는 Fig. 3에 나타내었다. GBA 43.29±1.99 mg QE/g, BA 34.46±2.83 mg QE/g, GYA 23.83±3.44 mg QE/g, YA 14.29±1.88 mg QE/g의 순으로 나타났다. GBA는 YA의 약 3배 정도 많음을 확인할 수 있었으며시료별로 유의한 차이를 보였다(P<0.05).

폴리페놀과 플라보노이드는 체내의 축적된 라디칼을 제거하여 항산화 효능 및 항노화, 항알레르기, 혈압 강하 등의다양한 생리활성을 가지는 것으로 보고되었다(Karaseva등, 2001). 율무의 발아 일수별 플라보노이드 함량의 변화연구(Lee 등, 2019)에서 본 엽이 나오는 시점까지 증가한다고 보고하였는데, 본 연구에서도 아마란스 종자 발아 시 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 증가함을 보였다.

아마란스 꽃 색과 추출방법에 따른 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량 연구(Jo 등, 2014)에서 자주색 꽃이 붉은색 꽃보다, 메탄올추출법이 열수추출법보다 많았다고 하였는데, 본 연구에서도 흑색 종자의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높은 결과를 보여 아마란스의 꽃 색 또는 종자 색에따라 항산화 성분의 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 아마란스 새싹의 항산화 성분 보고(Caselato-Sousa와 Amaya-Farfán, 2012)에서 종자에 비해 새싹의 총 페놀 함량은 적어지고 플라보노이드 함량은 많아졌다고 하였는데, 본 연구에서 발아하였을 때 두 성분 모두 증가한 것은 발아와 새싹의 차이에 의한 것으로 생각된다.

DPPH 라디칼 소거 활성: 아마란스 종자 추출물이 DPPH 라디칼 활성에 미치는 영향을 알아보고자 항산화제인 L-

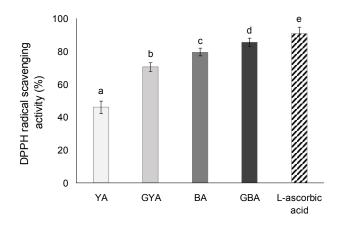


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of extracts from amaranth seed. 80% ethanol extract of amaranth was used. The results represent mean±SD of values obtained from three in dependent experiments. L-ascorbic acid (400 μ M) was used as positive control. Means with different letters (a-e) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.05). YA: yellow amaranth, GYA: germinated black amaranth, BA: black amaranth, GBA: germinated black amaranth.

아마란스 추출물 50 mg/mL 농도에서 DPPH 라디칼 소거 활성이 L-ascorbic acid가 90.76±3.92%, GBA 85.50± 2.57%, BA 79.55±2.29%, GYA 70.42±2.63%, YA 46.07 ±3.79% 순서로 나타났다. DPPH 라디칼 소거 활성은 양성 대조군인 L-ascorbic acid에 비하여 각각 GBA 94.3%, BA

ascorbic acid와 비교하였고 그 결과는 Fig. 4에 나타내었다.

87.7%, GYA 77.6%, YA 50.8%였으며, 시료별로 유의한 차이를 보였다(*P*<0.05).

DPPH 라디칼에 대한 소거 활성은 페놀 화합물에 대한 항산화 활성의 지표라고 할 수 있으며(Blois, 1958), 자유라디 칼을 환원시키는 능력이 클수록 높은 항산화 활성 및 활성산소에 대한 소거 활성을 기대할 수 있다.

Hong 등(2014)은 아마란스 종피색에 따른 ethylacetate fraction의 DPPH 라디칼 소거 활성 측정에서 노란색-갈색계통-검정색으로 점차 색이 짙어짐에 따라 항산화 활성이 높은 것을 확인하였는데, 본 연구에서도 황색 종자보다 흑색종자에서 DPPH 라디칼 소거 활성이 높은 결과를 보였다.

ABTS 라디칼 소거 활성: 아마란스 종자 추출물이 ABTS 라디칼 활성에 미치는 영향을 알아보고자 항산화제인 L-ascorbic acid와 비교하였고 그 결과는 Fig. 5에 나타내었다.

흑색, 황색 발아 아마란스 및 비발아 아마란스 추출물을 50 mg/mL 농도에서 ABTS 라디칼 소거 활성이 L-ascorbic acid는 94.42±1.02%, GBA는 90.12±1.09%, BA는 83.25±1.82%, GYA는 72.18±2.27%, YA는 67.84±1.07% 순서로 높게 나타났다. ABTS 라디칼 소거 활성은 양성대조 군인 L-ascorbic acid에 비하여 각각 GBA 95.4%, BA 88.2%, GYA 76.5%, YA 71.8%로 흑색, 발아한 아마란스 씨의 효과가 높음을 나타냈으며 시료별로 유의한 차이를 보

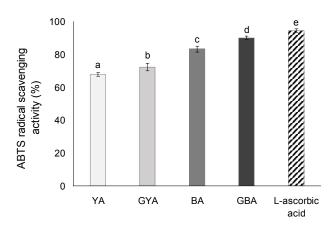


Fig. 5. ABTS radical scavenging activity of extracts from amaranth seed. 80% ethanol extract of amaranth was used. The results represent mean±SD of values obtained from three in dependent experiments. L-ascorbic acid (400 μM) was used as positive control. Means with different letters (a-e) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test (*P*<0.05). YA: yellow amaranth, GYA: germinated yellow amaranth, BA: black amaranth, GBA: germinated black amaranth.

였다(P<0.05).

ABTS 라디칼 소거 활성 정도와 DPPH 라디칼 소거 활성 정도의 비교에서 ABTS 라디칼 소거 반응은 반응속도가 빠르고 극성과 비극성 물질 모두와 반응하여 더 높은 값으로 측정된다고 알려져 있는데(Huang 등, 2005), 본 연구 결과에서도 ABTS 라디칼 소거 활성이 DPPH 라디칼 소거 활성보다 높은 값을 확인할 수 있었다.

요 약

아마란스 종자 색과 발아 여부에 따른 일반성분을 분석하고, 항산화 효과를 알아보기 위해 80% 에탄올 추출물을 제조하 여 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거 활성을 측정하였다. 시료는 비발아 황색 아마란스는 yellow amaranth(YA), 발아 황색 아마란스는 germinated yellow amaranth(GYA), 비발아 흑색 아마란스는 black amaranth(BA), 발아 흑색 아마란스 는 germinated black amaranth(GBA)로 구분하였다. 일반 성분 함량은 100 g당 열량이 369.6±1.0~413.7±1.3 kcal, 수분은 11.4±1.3~11.5±0.9 g, 탄수화물은 63.8±2.3~72.2 ±0.9 g, 조단백질은 15.1±1.2~16.6±2.1 g, 조지방은 1.1 ±1.1~2.5±1.0 g, 조회분은 2.7±0.9~3.4±1.5 g, 나트륨 은 0.9±0.7~2.8±1.3 mg이었다. 80% 에탄올 추출물에 함 유된 총 폴리페놀 함량은 GBA 74.62±2.18 mg GAE/g, BA 34.80±3.23 mg GAE/g, GYA 26.50±2.86 mg GAE/g, YA 12.74±1.95 mg GAE/g이었고, 총 플라보노이드 함량 측정 결과는 GBA 43.29 mg QE/g, BA 34.46±2.83 mg QE/g, GYA 23.83±3.44 mg QE/g, YA 14.29±1.88 mg QE/go] 었으며, 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 시료별

로 유의적 차이가 나타났다(*P*<0.05). 아마란스 추출물 50 mg/mL 농도에서 DPPH 라디칼 소거 활성이 L-ascorbic acid7 90.76±3.92%, GBA 85.50±2.57%, BA 79.55± 2.29%, GYA 70.42±2.63%, YA 46.07±3.79%였고, 양성 대조군인 L-ascorbic acid에 비하여 각각 GBA 94.3%, BA 87.7%, GYA 77.6%, YA 50.8%였다. ABTS 라디칼 소거 활성이 L-ascorbic acid는 94.42±1.02%, GBA는 90.12± 1.09%, BA는 83.25±1.82%, GYA는 72.18±2.27%, YA는 67.84±1.07%였고 양성대조군인 L-ascorbic acid에 비하 여 각각 GBA 95.4%, BA 88.2%, GYA 76.5%, YA 71.8%였 으며 DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거 활성이 시료별로 유의적 차이가 나타났다(P<0.05). 본 연구에서 측 정한 4가지 항산화 관련 실험에서 전체적으로 아마란스 종 자가 항산화 효능이 있음을 보였고, GBA, BA, GYA, YA 순서로 높게 나타나 황색 종자보다 흑색 종자가, 종자 자체 보다 발아시킨 종자가 항산화 효과가 큼을 알 수 있었다.

REFERENCES

Asao M, Watanabe K. Functional and bioactive properties of quinoa and amaranth. Food Sci Technol Res. 2010. 16:163-168.
Azuma K, Nakayama M, Koshioka M, Ippoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, et al. Phenolic antioxidants from the leaves of Corchorus olitorius L.. J Agric Food Chem. 1999. 47:3963-2066.

Blois M. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 1958. 181:1199-1200.

Caselato-Sousa VM, Amaya-Farfán J. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. J Food Sci. 2012. 77:R93-R104.

Choi CR, Choi HJ, Kim SR, Lee JH, Shin MS. Comparisons of characteristics of amaranth starches isolated from five cultivars grown in Korea. Korean J Food Sci Technol. 2000. 32:252-257.

Choi HM, Kim JH, Lee JH, Kim CI, Song KH, Jang KJ, et al. Nutrition. 5th ed. Gyomoonsa, Seoul, Korea. 2016. p 576-581.

Choi HS. Effect of adding amaranth powder on noodle quality. Korean J Food Nutr. 2011. 24:664-669.

Choi SH. Quality characteristics of muffins added with amaranth leaf powder. Culin Sci Hosp Res. 2016. 22:51-64.

Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color regents. J Biol Chem. 1912. 12:239-243.

Hong SY, Cho KS, Jin YI, Yeon YH, Kim SJ, Nam JH, et al. Comparison of growth characteristics, antioxidant activity and total phenolic contents of amaranthus species according to the different cultivation regions and varieties in South Korea. Korean J Crop Sci. 2014. 59:16-21.

Huang D, Ou B, Prior RL. The chemistry behind antioxidant capacity assays. J Agric Food Chem. 2005. 53:1841-1856.

Jang HL, Yoo M, Nam JS. Comparison of nutritional compositions between amaranth baby-leaves cultivated in Korea. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2016. 45:980-989.

Jo HJ, Kim JW, Yoon JA, Kim KI, Chung KH, Song BC, et al. Antioxidant activities of amaranth (*Amaranthus* spp. L.) flower extracts. Korean J Food Nutr. 2014. 27:175-182.

Jo J, Choi K, Shin S, Lee J, Kim JW. Optimization of extraction conditions of polyphenolic compounds from amaranth leaf

- using statistically-based optimization. Korean Chem Eng Res. 2016. 54:315-319.
- Karaseva AN, Karlin VV, Mironov VF, Konovalov AI. Phenolic compounds of *Amaranthus cruentus*. Chem Nat Compd. 2001. 37:88.
- Kasozi KI, Namubiru S, Safiriyu AA, Ninsiima HI, Nakimbugwe D, Namayanja M, et al. Grain amaranth is associated with improved hepatic and renal calcium metabolism in type 2 diabetes mellitus of male Wistar rats. Evid Based Complement Alternat Med. 2018. 2018:4098942. https://doi.org/10.1155/2018/4098942
- Kim DH. Food chemistry. 3rd ed. Tamgudang, Seoul, Korea. 2010. p 39-81.
- Kim HK, Kim MJ, Cho HY, Kim EK, Shin DH. Antioxidative and anti-diabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. Cell Biochem Funct. 2006. 24:195-199.
- Kim JS, Ryoo HJ. Application to the biscuits manufacture of processed amaranth seeds. Korean J Food Nutr. 2002. 15:321-325
- Lee HJ, Lee JH, Jung JT, Lee YJ, Oh MW, Chang JK, et al. Changes in free sugar, coixol contents and antioxidant activities of adlay sprout (*Coix lacryma-jobi* L. var. ma-yuen Stapf.) according to different growth stage. Korean J Med Crop Sci. 2019. 27:339-347.
- Mendoza MC, Bressani R. Nutritional and functional characteristics of extrusion-cooked amaranth flour. Cereal Chem. 1987. 64:218-222.
- Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Code. 2020 [cited 2021 Jun 20]. Available from: http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263
- Paredes-Lopez O, Mora-Escobedo R. Germination of amaranth seeds: effects on nutrient composition and color. J Food Sci. 1989. 54:761-762.
- Paśko P, Bartoń H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Folta M, Zachwieja Z. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. Food Chem. 2009. 115:994-998.
- Prakash D, Pal M. Nutritional and antinutritional composition of vegetable and grain amaranth leaves. J Sci Food Agric. 1991. 57:573-583.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS

- radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999. 26:1231-1237.
- Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström JK, Pihlava JM, Mattila PH. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Food Chem. 2010. 120:128-133.
- Rural Development Administration. Farming Skill Guide: Amaranth. 2021 [cited 2021 Jun 20]. Available from: https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbx/cropEbookFileViewPop.ps?indexPage=131&indexBasePage=-1&cropsEbookFileNo=00001&ebookCode=57
- Shin DH, Heo HJ, Lee YJ, Kim HK. Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels in rats fed a cholesterol diet. Br J Biomed Sci. 2004. 61:11-14.
- Slimak KM. Processes for products from amaranth. US Patent US4911943A. 1990.
- Srivastava S, Sreerama YN, Dharmara U. Effect of processing on squalene content of grain amaranth fractions. J Cereal Sci. 2021. 100:103218. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103218
- USDA Agricultural Research Service. Amaranth grain, uncooked. 2019 [cited 2021 Jun 20]. Available from: https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170682/nutrients
- Wang KH, Lai YH, Chang JC, Ko TF, Shyu SL, Chiou RY. Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. J Agric Food Chem. 2005. 53:242-246.
- Yang SJ, Lee RH, Hong JH. Physicochemical characteristics and biological activities of rice and amaranth fermented by *Bacillus subtilis* KMKW4. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2015. 44: 540-548.
- Yi MR, Kang CH, Bu HJ. Anti-inflammatory and tyrosinase inhibition effects of amaranth (*Amaranthus* spp L.) seed extract. Korean J Plant Res. 2017. 30:144-151.
- Yoo KM, Kim DO, Lee CY. Evaluation of different methods of antioxidant measurement. Food Sci Biotechnol. 2007. 16: 177-182.
- Yu BP. Free radicals in aging. CRC Press, Boca Raton, NY, USA. 1993. p 39-50.
- Zhuang XP, Lu YY, Yang GS. Extraction and determination of flavonoid in ginkgo. Chinese Herbal Med. 1992. 23:122-124.