

Research Note

발아와 로스팅한 결명자의 추출온도에 따른 추출액의 기능성

강선웅 · 구나경 · 이영택*

가천대학교 식품생명공학과

Effect of Extraction Temperature on Bio-Functional Properties of *Cassia tora* Seed Processed by Germination and Roasting

Sun-Woong Kang, Na-Gyeong Koo, and Young-Tack Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University

Abstract

Cassia tora seed was processed by germination and roasting to develop a germinated *Cassia tora* tea. The effects of extraction temperature on antioxidative compounds in tea extracts were examined and compared to four different commercial *Cassia tora* tea products. The contents of antioxidative compounds, such as phenolics, flavonoids, and β -carotene, increased as the extraction temperature increased (5 to 80°C), subsequently increasing *in vitro* antioxidant activities (DPPH and ABTS radical scavenging activities). Germinated *Cassia tora* tea had higher antioxidative activity than selected commercial *Cassia tora* teas, and the difference was significant at low extraction temperature. Therefore, the germinated *Cassia tora* tea could contribute to a new type of tea product with enhanced bioactive and antioxidative activities by adopting appropriate processing and extraction conditions.

Keywords: *Cassia tora* seed, germination, extraction temperature, antioxidative activity

서 론

결명자(*Cassia tora* L.)는 콩과에 속하는 1년생 초본으로 원산지는 북아메리카이고 우리나라 남쪽 지방에서도 재배되고 있으며 성숙한 종자는 외관상 갈색을 띠고 윤택이 난다. 결명자는 한방에서 눈을 밝게하고 간장과 신장의 보호 효과가 있으며, 고혈압, 혈중콜레스테롤 저하 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있어(Ha et al., 2003), 우리나라에서는 예로부터 약재나 차의 형태 정도로 이용되어 왔다(Kim et al., 1990). 결명자에는 anthraquinone류인 chrysophanol, physcion, emodin, aloe-emodin, obtusin, chryso-obtusin 및 aurantio-obtusin 등과 naphthalene류인 torachryson, toralactone, rubrofusarin, cassiaside 등 다양한 종류의 생리활성물질들이 함유되어 있다(Jang et al., 2007; Cherg et al., 2008; Hyun et al., 2009). 결명자는 항균작용, 간보호, 들연변이 억제, 항산화, 항균작용, 혈압강하, 혈중 지질저하 효과, 혈당강하 등의 다양한 생리활성 효능이 있는 것으로

보고되었다(Wong et al., 1989; Choi et al., 1994; Kim et al., 2004; Patil et al., 2004; Ko et al., 2020).

결명자를 차로 제조하기 위해서는 보통 볶음처리를 하는데 볶음처리한 결명자는 독특한 향미와 색을 가지고 있어 건강음료로 응용되고 있다. 볶음처리에 따라 결명자 성분들간의 상호작용에 의해 물리화학적 변화가 일어나 색, 향미 생성 등 기호성이 향상되며 여기에는 Maillard 반응이 크게 관여하는 것으로 생각된다(Kim et al., 1995). 볶음공정은 종실의 세포벽 분해와 세포내부의 공간 증대, 세포의 구성성분인 다당류, 단백질, 지질간의 결합 네트워크를 붕괴시키고 상호작용을 촉진시켜 화학적 성분을 조정하며, 생리활성 성분 및 수용성 고형분의 추출을 용이하게 해준다(Lee et al., 2013). 차 성분의 추출은 차의 종류, 추출온도/시간, 가수량, 분쇄 입도, 추출횟수, 저장조건 등 여러 가지 요인들과 관련이 있다(Pastoriza et al. 2017). 그 중에서도 차 추출액의 생리활성물질과 항산화활성 등 기능성은 추출온도와 추출시간에 크게 달라지는 것으로 알려져 있다(Hajiaghaalipour et al., 2016).

곡류나 두류의 영양적 가치와 생리기능성 성분을 증가시키는 방법으로 종자를 발아시켜 가공하는 방법이 이용되고 있다. 발아(germination)란 종자를 적정 조건에서 1-5 mm 정도 싹을 틔운 것으로(Augustin & Klein, 1989) 발아공정에 의해 종자의 조직을 연화하여 질감을 개선할 뿐만 아니

*Corresponding author: Young-Tack Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University, Seongnam, Gyeonggi 13120, Korea
Tel: +82-31-750-5565
E-mail: ytleee@gachon.ac.kr
Received July 6, 2022; revised August 14, 2022; accepted August 17, 2022

라 종자에 함유되어있는 영양성분 및 각종 기능성 성분의 함량을 변화시킬 수 있다(Nkhata et al., 2018). 최근에는 결명자를 발아시켜 발아결명자의 이화학적 특성과 생리활성성분을 비교하여 조사한 바 있다(Kang, 2021).

본 연구에서는 일반적으로 음용하는 결명자차와 달리 결명자를 우선 발아시킨 다음 볶음처리하여 제조하는 발아결명자차로 가공하였다. 차의 추출방법은 차 추출액의 유용성분의 함량에 영향을 미치며, 일반적으로 차를 우려내는 방법인 열수 추출 뿐 만 아니라 찬 물에 우려내어 마시는 것도 선택 사항이 될 수 있다(Rodrigues et al., 2015). 따라서, 본 연구에서는 발아결명자차의 추출온도에 따른 항산화성분과 *in vitro* 항산화활성을 상업적으로 판매되고 있는 일반 결명자차와 비교하여 발아결명자차의 유용성을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 결명자는 2019년산으로 소화농장(경북 예천)으로부터 구입하여 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 결명자차 추출액의 특성을 조사하고 비교하기 위해 시중에 판매중인 결명자차 4개 제품(A-D)을 선택하여 실험에 사용하였다.

결명자의 발아 및 발아결명자차의 제조

정선한 결명자를 2시간 동안 실온에서 수침한 다음 종자 발아기(Dasol Scientific Co, Ltd. Hwaseong, Korea)를 사용하여 25°C, 습도 90% 조건에서 30시간 발아시켰다. 발아시킨 결명자를 55°C로 조절한 건조기(Lassele Co, Ansan, Korea)에서 18시간 건조하였다. 건조한 발아결명자를 30 mesh체를 사용한 분쇄기(Poongin Co, Pyeongtaek, Korea)를 사용하여 분쇄하였으며 곡물볶음기(Poongin Co.)를 사용하여 180°C에서 3분간 로스팅 하였다.

결명자차의 추출

본 실험에서 제조한 발아결명자차와 시판 결명자차 제품 시료를 각각 1.2g씩 채취하여 빈 티백주머니(4×6 cm, Dr-No, Incheon, Korea)에 넣은 후 5°C, 24°C, 80°C의 100 mL 증류수에 3분간 침출식으로 추출하여 분석에 사용하였다.

총 페놀 함량 분석

총 페놀 함량 분석은 Folin et al. (1912)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 추출액 0.2 mL에 증류수 0.8 mL를 가한 후 Folin-Ciocalteu phenol reagent 0.2 mL를 넣고 교반한 후 실온의 암소에서 5분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 종결시약 7% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 넣어 교반하고 암소에 1

시간 방치한 후 분광광도계(Karaltay Scientific Instruments, Beijing, China)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질 gallic acid를 사용하여 0-200 µg/mL의 농도로 제조한 후 시료와 동일한 방법으로 분석하여 작성된 표준용액곡선으로 함량을 계산하였다.

총 플라보노이드 함량 분석

총 플라보노이드 함량은 Zhishen et al. (1999)의 방법을 변형하여 분석하였다. 시료 추출액 0.5 mL에 에탄올 1.5 mL, 10% 질산알루미늄 0.1 mL, 1 M 초산칼륨 0.1 mL, 증류수 2.8 mL를 순서대로 가한 후 교반하여 실온의 암소에서 40분간 반응시킨 후 분광광도계(Karaltay Scientific Instruments)를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질 quercetin을 이용하여 0-200 µg/mL의 농도로 제조한 후 시료와 동일한 방법으로 분석하여 작성된 표준용액곡선으로 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

베타-카로틴 함량 측정

베타-카로틴 함량은 Biswas et al. (2011)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 추출액 1 mL에 5 mL의 아세톤을 첨가하고 4°C에서 13,000 rpm으로 15분간 원심분리 하였다. 상등액을 분리하여 버리고, 5 mL의 아세톤을 첨가하여 같은 조건에서 다시 원심분리 하였다. 상등액을 수거하여 분광광도계를 이용하여 450 nm에서 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 추출액 0.2 mL에 적정량의 에탄올과 DPPH 용액 0.8 mL를 가한 후 교반하여 실온의 암소에서 10분간 반응시킨 후 분광광도계를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 바탕 시험인 시료 무첨가구는 시료 대신 증류수를 사용하여 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능(전자공여능)은 $[1 - (\text{시료첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도})] \times 100$ (%)로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) 라디칼 소거능은 Re et al. (1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합한 후 24시간동안 암소에 방치시켜 radical을 생성하였다. 734 nm에서의 ABTS 라디칼 용액의 흡광도가 0.70 ± 0.02 가 되도록 phosphate-buffered saline (pH 7.4)으로 희석하였다. 시료 추출액 50 µL에 희석된 ABTS 라디칼 용액 1.9 mL를 혼합한 다음 실온의 암소에서 10분간 반응시킨 후 분광광도계를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료 무첨가구는 시료 대신 증류수를 사용하여 측정하였고 ABTS 라디칼 소거능은 $[1 - (\text{시료첨가구의}$

흡광도/무침가구의 흡광도)] × 100 (%)로 나타내었다.

통계처리

SPSS V.25 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)프로그램의 일원분산분석에 이은 Duncan’s multiple range test를 통해 시료간의 통계적 유의성을 검정하였다($p \leq 0.05$).

결과 및 고찰

발아결명자차 추출액의 총 페놀 함량

페놀 화합물은 식물에 존재하는 2차 대사산물의 하나로 식품에 존재하는 페놀 화합물은 반응과정에서 수소를 공여하여 자유라디칼을 제거함으로써 항산화 활성에 관여하는 중요한 인자로 작용한다(Singh et al., 2017). 본 연구에서 제조한 발아결명자차(GRC)를 시판되고 있는 결명자차 제품(A-D)과 함께 각각 5, 24, 80°C에서 추출한 후 추출액의 총 페놀 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 결명자차와 발아결명자차 추출액의 총 페놀 함량은 추출온도가 증가함에 따라 증가하는 추세를 보였으며, 이는 차의 추출온도가 높아질수록 차 추출물의 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 보고한 결과들(Hajiaghaalipour et al., 2016; Chang et al., 2020)과 유사하였다. 발아결명자차 추출액의 총 페놀 함량은 추출 온도 5, 80°C에서 각각 35.46 µg/mL와 109.81 µg/mL로 시판 결명자차보다 높았고, 추출 온도 24°C에서도 53.34 µg/mL로 B 추출액 다음으로 높았다. 발아결명자차 추출액의 총 페놀 함량이 높은 이유는 세포벽 성분과 공유결합을 하는 결합형 폴리페놀이 발아하는 과정에서 일부 추출이 가능한 유리형 폴리페놀로 변화하여 추출되기 때문으로 판단되었다(Pajak et al., 2014). 또한, 발아결명자의 볶음공정에 따른 가열처리로 결명자 내부조직이 파괴되어 페놀성 화합물

이 보다 쉽게 추출되었기 때문으로 판단되었다.

발아결명자차 추출액의 총 플라보노이드 함량

플라보노이드는 자연계에 널리 존재하는 항산화능을 나타내는 생리활성물질로 anthocyanidines, flavonols, flavones, catechins, flavanones 등을 포함한다(Kwak et al., 2013). 발아결명자차를 각각 5, 24, 80°C에서 추출하여 추출액의 총 플라보노이드 함량을 분석하였으며 시판 결명자차 제품들과 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 결명자차의 추출 온도가 증가할수록 추출액의 플라보노이드 함량은 대체로 증가하는 추세를 보였다. 추출 온도 5°C에서는 A 추출액의 플라보노이드 함량이 4.68 µg/mL로 가장 높았고, 추출 온도 24°C에서는 B 추출액이 4.82 µg/mL로 가장 높았으며 추출 온도 80°C에서는 D 추출액이 7.59 µg/mL로 가장 높게 나타났다. 보통 차의 경우에서 총 플라보노이드 함량은 추출 온도가 증가함에 따라 증가한다고 보고되었다(Rodrigues et al., 2015; Hajiaghaalipour et al., 2016). 발아결명자차는 총 페놀 함량과는 달리 총 플라보노이드 함량이 시판 결명자차 추출액에 비해 상대적으로 높지 않았다. 이는 발아과정 중 플라보노이드가 아닌 다른 페놀 화합물의 생성량이 보다 많았기 때문으로 사료되었다.

발아결명자차 추출액의 베타-카로틴 함량

베타-카로틴은 자연계에 존재하는 대표적인 카로티노이드 중의 하나로 비타민 A 전구체로서 면역기능 증강효과가 있고, 강력한 항산화제로서 인체내 해로운 활성산소를 제거함으로써 노화예방은 물론 항암효과도 있는 것으로 알려져 있다(Burri, 1997). 발아결명자차와 시판 결명자차 제품들을 각각 5, 24, 80°C에서 추출하여 추출액의 베타-카로틴을 측정 한 결과는 Fig. 3에 나타나 있다. 결명자차 추

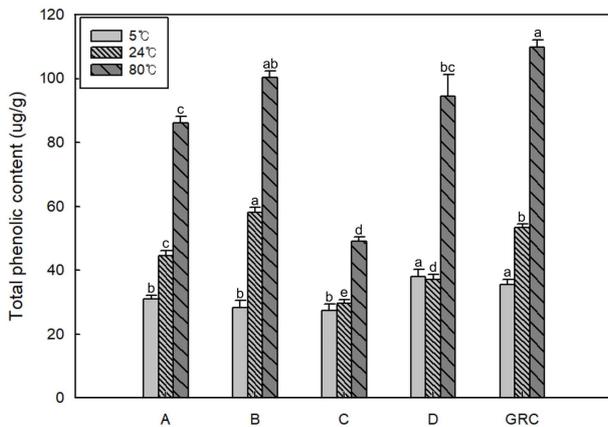


Fig. 1. Total phenolic content of *Cassia tora* seed tea extracts according to different extraction temperatures. Values are mean±SD of triplicate determinations. Different small letters in the same extraction temperature are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan’s multiple range test. A-D: Commercially Cassia seed tea, GRC: Germinated/Roasted Cassia seed tea.

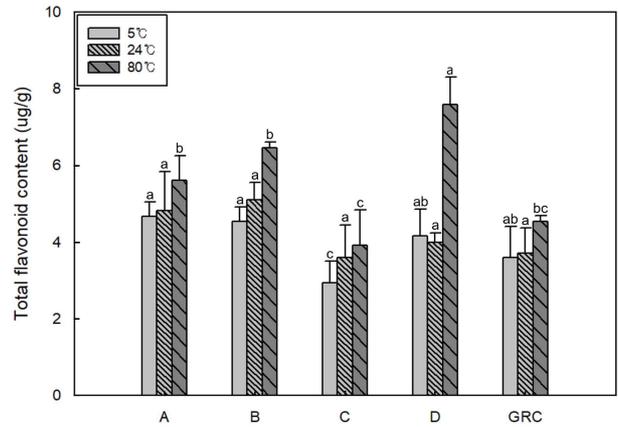


Fig. 2. Total flavonoid content of *Cassia tora* seed tea extracts according to different extraction temperatures. Values are mean±SD of triplicate determinations. Different small letters in the same extraction temperature are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan’s multiple range test. A-D: Commercially Cassia seed tea, GRC: Germinated/Roasted Cassia seed tea.

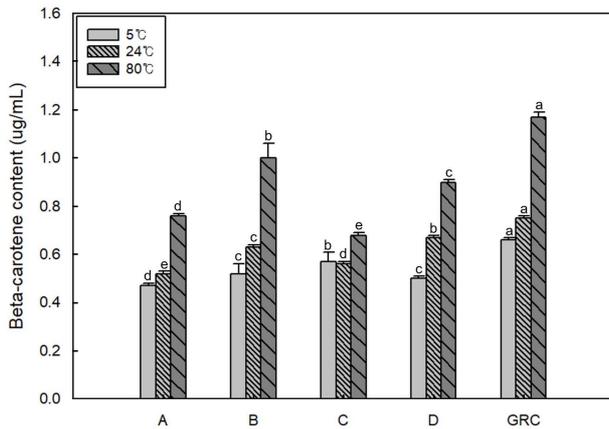


Fig. 3. β -Carotene content of *Cassia tora* seed tea extracts according to different extraction temperatures. Values are mean \pm standard deviation of triplicate determinations. Different small letters in the same extraction temperature are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. A-D: Commercial Cassia seed tea, GRC: Germinated/Roasted Cassia seed tea.

추출액의 베타-카로틴 함량은 추출온도가 증가함에 따라 증가하는 양상을 보였다. 발아결명자차 추출액의 베타-카로틴 함량은 5, 24, 80°C에서 각각 0.66, 0.75, 1.17 $\mu\text{g/mL}$ 로 시판 결명자차의 평균 수치인 0.52, 0.60, 0.84 $\mu\text{g/mL}$ 에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 결명자로부터 얻은 oil에는 0.12 mg/g의 카로티노이드를 함유하고 있으며(Górnaś et al., 2018), 발아처리가 두류에서 베타-카로틴의 함량을 증가시킨다고 보고한 바 있다(Huang et al., 2017). 발아결명자차 추출액이 시판 결명자차 추출액에 비해 베타-카로틴 함량이 높은 이유는 결명자의 발아에 따른 카로티노이드 함량 증가와 볶음공정에 의한 열처리 정도의 차이 등과 연관이 있을 것으로 판단되었다.

발아결명자차 추출액의 라디칼 소거능

결명자차 추출액의 항산화활성은 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능으로 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 일반적으로 항산화능을 측정하는데 이용되는 방법의 하나로 다른 항산화능 측정방법들보다 단시간에 측정 가능한 방법이다. 발아결명자차와 시판 결명자차 제품들을 각각 5, 24, 80°C에서 추출하여 추출액의 DPPH 라디칼 소거능을 측정할 결과는 Fig. 4(A)와 같다. 결명자차의 DPPH 라디칼 소거능은 추출온도가 증가함에 따라 증가하였으며, 5, 24°C에 비해 80°C 추출온도에서 DPPH 라디칼 소거능이 현저하게 증가하였다. Chang et al. (2020)은 높은 추출온도에서 차의 DPPH 라디칼 소거능이 높게 나타난다고 보고하였다. 한편 발아결명자차는 시판 결명자차에 비해 DPPH 소거능이 5°C에서 3.0배, 25°C에서 2.1배, 80°C에서 1.2배 높아 발아결명자차가 저온의 추출에서도 DPPH 소거능이 높게 나타났다. 이는 결명자가 약 30시간

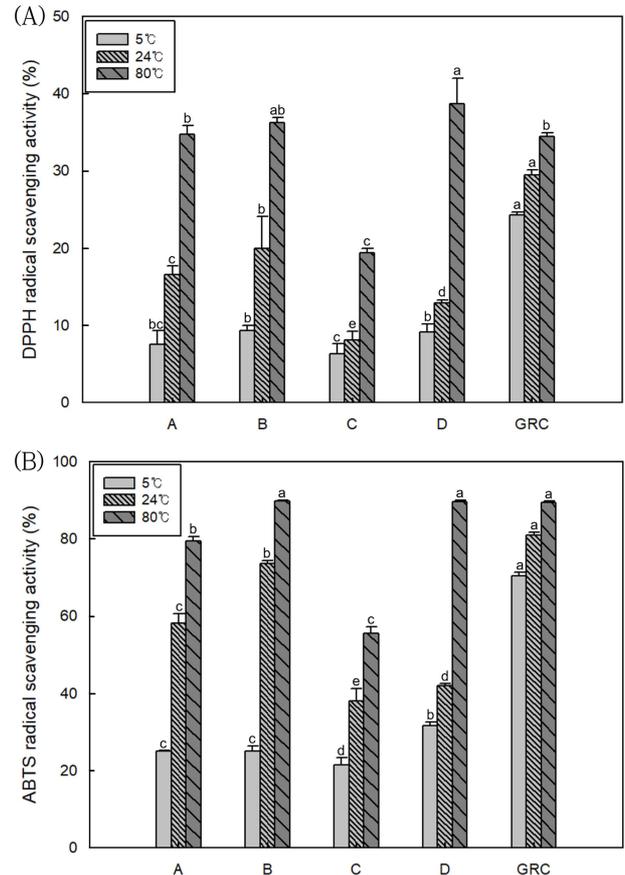


Fig. 4. DPPH (A) and ABTS (B) radical scavenging activities of *Cassia tora* seed tea extracts according to different extraction temperatures. Values are mean \pm SD of triplicate determinations. Different small letters in the same extraction temperature are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. A-D: Commercial Cassia seed tea, GRC: Germinated/Roasted Cassia seed tea.

의 발아과정을 거치는 과정에서 페놀성 물질들을 포함한 항산화 성분들이 증가하였고 상대적으로 낮은 온도에서 용이하게 추출되었기 때문에 판단되었다.

ABTS 라디칼 소거능 방법은 potassium persulfate와의 반응으로 생성되는 양이온 ABTS 라디칼이 추출물에 함유된 항산화성 물질에 의해 제거되고, 라디칼 특유의 청록색이 항산화 물질의 라디칼 저해작용으로 인해 연한 녹색으로 탈색되는 것을 이용한 방법으로 극성, 비극성 시료의 구분 없이 항산화 활성을 측정할 수 있다(Awika et al., 2003). 결명자차의 ABTS 라디칼 소거능을 측정할 결과는 Fig. 4(B)에 나타나 있다. 결명자차 추출액의 ABTS 라디칼 소거능은 DPPH 라디칼 소거능과 마찬가지로 추출온도가 증가할수록 증가하여 80°C에서 가장 높았다. 시판 결명자차는 5, 24°C 보다 80°C의 추출온도에서 ABTS 라디칼 소거능이 현저하게 증가하였다. 이는 차의 추출온도가 높아질수록 항산화능이 뛰어난 페놀성 물질의 추출량이 증가하여 ABTS 라디칼 소거능 또한 높아진다는 결과와 유사하

였다(Perez-Burillo et al., 2018). 발아결명자차 추출액의 ABTS 라디칼 소거능은 DPPH 소거능과 비슷하게 시판 결명자차들에 비해 특히 5, 24°C의 낮은 추출온도에서 월등히 높게 나타났다.

결명자차 추출액의 ABTS 라디칼 소거능이 DPPH 소거능 보다 높았으며, 동일한 시료에서 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능이 다르게 나타날 수 있다. 이는 DPPH 소거능의 경우 유리 라디칼이 소거되는 것을 이용하는 반면, ABTS 라디칼 소거능은 양이온 라디칼이 소거된다는 점에서 다른 소거능을 보이기 때문으로 사료된다(Floegel et al., 2010). 또한 시료마다 다양한 항산화 물질을 함유하고 있고 이와 관련해 서로 다른 항산화 활성을 가지고 있으므로(Shah et al., 2015) 보다 정확한 검증을 위해서는 다양한 방법의 항산화 실험을 진행하는 것이 바람직한 것으로 여겨졌다.

요 약

결명자를 발아와 로스팅처리로 가공하여 발아결명자차로 제조하였으며, 발아결명자차의 추출온도에 따른 추출액의 항산화성분과 항산화 활성을 분석하고 이를 시판 결명자차와 비교하였다. 발아결명자차의 추출온도가 증가함에 따라 (5-80°C) 추출액의 총 페놀, 플라보노이드, 베타-카로틴 함량은 증가하였으며 *in vitro* 항산화활성(DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능) 또한 증가함을 확인하였다. 발아결명자차는 시판 결명자차에 비해 항산화활성이 높았으며 특히 저온의 추출온도에서 그 차이가 유의적으로 크게 나타났다. 본 연구에서 적절한 발아와 열처리 가공에 의해 제조한 발아결명자차는 항산화 생리활성성분과 그 활성이 높은 것으로 평가되어, 발아결명자차의 다류 식품소재로서의 가치를 확인할 수 있었다.

References

- Augustin J, Klein BP. 1989. Nutrient composition of raw, cooked, canned and sprouted legumes. In Legumes: chemistry, technology and human nutrition. Mathews RH (Ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, pp 187-217.
- Awika JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos L. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J. Agric. Food Chem.* 51: 6657-6662.
- Biswas AK, Sahoo J, Chatli MK. 2011. A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of β -carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. *J. Food Sci. Technol.* 44: 1809-1813.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 181: 1199-1200.
- Burri BJ. 1997. Beta-carotene and human health: a review of current research. *Nutrition Research* 17: 547-580.
- Chang MY, Lin YY, Chang YC, Huang WY, Lin WS, Chen CY, Huang SL, Lin YS. 2020. Effect of infusion and storage on antioxidant activity and total phenolic content of black tea. *Appl. Sci.* 10: 2685.
- Cherng JM, Chiang W, Wang JH, Lin CM, Lee CY, Shih CM, Chiang LC. 2008. Anthraquinones of edible wild vegetable *Cassia tora* stimulate proliferation of human CD4+ T lymphocytes and secretion of interferon-gamma or interleukin 10. *Food Chem.* 107: 1576-1580.
- Choi JS, Lee HJ, Kang SS. 1994. Alaternin, cassiaside and rubrofusarin gentiobioside, radical scavenging principles from the seeds of *Cassia tora* on 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical. *Arch. Pharmacol.* 17: 462-466.
- Floegel A, Kim DO, Chung SJ, Chum OK. 2010. Comparison of ABTS/DPPH assays for the detection of antioxidant capacity in foods. *The FASEB J.* 24: 535-539.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-243.
- Górnaś P, Czubiński J, Rudzińska M, Grygier A, Ying Q, Chakradhari S, Sahu PK, Mišina I, Urvaka E, Patel KS. 2018. Selected uncommon legumes as a source of essential fatty acids, tocopherols, tocotrienols, sterols, carotenoids, and squalene. *Plant Foods Hum Nutr.* 74: 91-98.
- Hajiaghaalipour F, Sanusi J, Kanthimathi MS. 2016. Temperature and time of steeping affect the antioxidant properties of white, green, and black tea infusions. *J. Food Sci.* 81: 246-254.
- Ha TY, Kim SH, Cho IJ, Lee HY. 2003. Effect of dietary fiber purified from *Cassia tora* on the quality characteristics of the bread with rice flour. *J. Food Sci. Technol.* 35: 598-603.
- Huang G, Cai W, Xu B. 2017. Improvement in beta-carotene, vitamin B₂, GABA, free amino acids and isoflavones in yellow and black soybeans upon germination. *LWT-Food Sci. Technol.* 75: 488-496.
- Hyun SK, Lee H, Kang SS, Chung HY, Choi JS. 2009. Inhibitory activities of *Cassia tora* and its anthraquinone constituents on angiotensin-converting enzyme. *Phytother Res.* 23: 178-262.
- Jang DS, Lee GY, Kim YS, Kim CS, Yoo JL, Kim JS. 2007. Anthraquinones from the seeds of *Cassia tora* with inhibitory activity on protein glycation and aldose reductase. *Biol. Pharm. Bull.* 30: 2207-2210.
- Kang SW. 2021. Characteristics of bioactive compounds and tea extracts according to germination processing of *Cassia tora* seed. MS thesis, Gachon Univ., Seongnam, Korea.
- Kim JM, Kim HT, Hwang SM. 1990. Instant tea preparation from *Cassia tora* seeds. *J. Food Sci. Technol.* 22: 241-247.
- Kim JK, Moon KD, Kang WW, Kim GY. 1995. Study on the organoleptic quality characteristics of *Cassia tora* teas by roasting conditions. *Korean J. Dietary Culture.* 10: 241.
- Kim YM, Lee CH, Kim HG, Lee HS. 2004. Anthraquinones isolated from *Cassia tora* (Leguminosae) seed show an antifungal property against phytopathogenic fungi. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6096-6196.
- Ko E, Um MY, Choi M, Han T, Kim IH, Shin S. 2020. *Cassia tora* seed improves pancreatic mitochondrial function leading to recovery of glucose metabolism. *J. Chinese Med.* 48: 615-629.
- Kwak J, Oh SK, Kim DJ, Lee JH, Yoon MR, Kim HW, Lee JS. 2013. Effects of heat-treated brown rice on total phenolics and antioxidant activities. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 534-

- 541.
- Lee MH, Cho JH, Kim BK. 2013. Effect of roasting conditions on the antioxidant activities of *Cassia tora* L. J. Food Sci. Technol. 45: 657-660.
- Nkhata SG, Ayua E, Kamau EH, Shingiro JB. 2018. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. J. Food Sci. Nutr. 6: 2446-2458.
- Pajak P, Socha R, Galkowska D, Roznowski J, Fortuna T. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. Food Chem. 143: 300-306.
- Pastoriza S, Pérez-Burillo S, Rufián-Henares JA. 2017. How brewing parameters affect the healthy profile of tea. Curr. Opin. Food Sci. 14: 7-12.
- Patil UK, Saraf S, Dixit VK. 2004. Hypolipidemic activity of seeds of *Cassia tora* Linn. J. Ethnopharmacol. 90: 249-301.
- Pérez-Burillo S, Giménez R, Rufián-Henares JA, Pastoriza S. 2017. Effect of brewing time and temperature on antioxidant capacity and phenols of white tea: Relationship with sensory properties. Food Chem. 248: 111-118.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26: 1231-1237.
- Rodrigues VC, Silva MV, Santos AR et al. 2015. Evaluation of hot and cold extraction of bioactive compounds in teas. J. Food Sci. Technol. 50: 2038-2045.
- Shah P, Modi HA. 2015. Comparative study of DPPH, ABTS and FRAP assays for determination of antioxidant activity. Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol. 3: 636-641.
- Singh B, Singh JP, Kaur A, Singh N. 2017. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. Food Res. Intl. 101: 1-16.
- Wong SM, Wong MM, Seligmann O, Wagner H. 1989. New antihepatotoxic naphtho-pyrone glycosides from the seeds of *Cassia tora*. Planta Med. 55: 276-280.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 64: 555-559.

Author Information

강선웅: 가천대학교 식품생명공학과 대학원생
 구나경: 가천대학교 식품생명공학과 대학원생
 이영택: 가천대학교 식품생명공학과 교수