



Research Article

Quality characteristics of *Aster glehni* extract depending on the concentration and time of enzyme treatment

효소처리 농도 및 시간에 따른 섬쑥부쟁이 추출물의 품질 특성

Sun Hwa Kim¹, Sung Ran Yoon², Yong-Jin Jeong^{1,3*}

김선화¹ · 윤성란² · 정용진^{1,3*}

¹KMF Co., Ltd., Daegu 41065, Korea

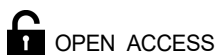
²Division of Agriculture Environment Research, Gyongsangbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Daegu 41404, Korea

³Department of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 42601, Korea

¹(주)케이엠에프, ²경북농업기술원 농업환경연구과, ³계명대학교 식품가공학과

Abstract The *Aster glehni* extract has many therapeutic and medicinal values. Therefore, it is essential to set appropriate conditions for enzyme treatment to efficiently extract *A. glehni*. In this study, changes in the quality of *A. glehni* extract depending on the concentration and time of enzyme treatment was investigated to increase its effective utilization. Compared to the control, the pH of the extract of *A. glehni* its soluble solid content increased with the enzyme treatment. The color of the *A. glehni* extract changed from green-yellow to reddish-yellow with the increase in treatment duration. The fructose and sucrose contents of the extract were the highest at 7.73% and 6.78%, respectively, in the control group without the enzyme treatment. Glucose and maltose contents were 6.91% and 4.44% in the C group (3.2% enzyme concentration and 60 min for enzyme treatment), respectively. Total polyphenol content, which shows antioxidant activity, was the highest at 7.38 mg GAE/g in the E group (1.6% of enzyme concentration and 120 min for enzyme treatment). 2,2-diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) showed the highest radical scavenging activity in the C group (3.2% of enzyme concentration and 60 min for enzyme treatment). These results enable setting appropriate conditions of enzyme treatment in terms of enzyme concentration and time for the production of dry powders using *A. glehni* extract.

Keywords *Aster glehni*, blanched and heat drying, enzyme treatment, quality, antioxidant activity



Citation: Kim SH, Yoon SR, Jeong YJ. Quality characteristics of *Aster glehni* extract depending on the concentration and time of enzyme treatment. Korean J Food Preserv, 30(4), 654-662 (2023)

Received: June 24, 2023
Revised: August 09, 2023
Accepted: August 10, 2023

***Corresponding author**
 Yong-Jin Jeong
 Tel: +82-53-584-6523
 E-mail: yjjeong@kmu.ac.kr

Copyright © 2023 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

1. 서론

섬쑥부쟁이(*Aster glehni* F. Schmit)는 국화과 개미취속 식물로(Lee와 Chung, 1998) 군락으로 자라는 여러해살이풀이고(Jang, 1996), 울릉군의 지역특화 산채 중 하나로 dicaffeoylquinic acids 유도체를 비롯하여 caffeoyl glucoside derivatives, terpenes 등의 성분이 보고되었

다(Kim 등, 2010; Nugroho 등, 2012; Son 등, 2015). 경상북도 울릉군은 공해가 없는 청정지역으로, 2021년도의 연평균 기온 및 강수량은 13.0°C 및 1,367.4 mm이고, 새싹이 돌아나는 2, 3월은 4.4°C 및 7.4°C의 기온과 215.7 mm 및 65.5 mm 정도의 강수량을 나타내고 있으며(Annals of Ulleung, 2022), 온난 다습한 해양성 기후이며, 비교적 경사도가 높은 지형으로 특별한 생태적 특성으로 인해 고유함을 지닌 다양한 식물류가 자생하고 있다(Lee 등, 2018). 섬쑥부쟁이와 같은 참취(Aster)속 식물들은 타박상 치료제 및 뱀에 물렸을 때 상처 치료 등으로 한의학에서 사용되어왔다(Kim 등, 2010). 동의보감에서는 섬쑥부쟁이는 풍을 제거하고, 해열, 해독, 담을 제거하고 기침을 멎게 하는 효능이 있다고 알려져 있다(Kim 등, 1997). 또한, 식품공전에 식용이 가능한 작물로 등록되어 있으며, 오래전부터 섭취하거나 안전성이 확인된 산채류로(MSDF, 2018), 어린 순과 잎은 데쳐서 나물로 애용하며, 묵나물 형태의 보편적인 저장 방법으로 활용되고 있는 식용식물 자원 중의 하나이다. 최근, 노령화 사회 및 기후환경 변화 등에 따라 항균, 항산화, 항염 및 면역강화 등 생리활성이나 약리 효과를 가진 식용 가능한 산채류에 대한 관심과 수요가 증가하는 추세이다. 산채류는 식품으로서의 활용 가치가 높으며, 항산화 활성 등 건강식으로도 높이 평가되고 있으나, 수확 후 급격한 품질 변화를 나타냄으로 저장기간이 매우 짧은 단점을 가지고 있다. 일부만 생채로 유통되며, 대부분 단순 건조 및 데침 후 건조하여 저장·판매되고 있다(Jeong 등, 2022). 섬쑥부쟁이를 이용한 연구로는 섬쑥부쟁이 성분 연구(Son, 2015), 추출용매에 따른 생리작용 및 분획물에서의 항산화 효능(Kim 등, 2010), 지방흡수억제 효능연구(Lee 등, 2019) 및 인지개선상승 효과(Jeong 등, 2022), 항경련, 항염 효능 등이 보고되었고(Nugroho 등, 2012), 추출물의 저장성을 위한 방법으로 분무건조를 하여 미세 캡슐화하는 방법(Kang 등, 2002) 등 건조방법에 대한 연구가 일부 보고되고 있으나, 다양한 식품 소재화를 위한 연구는 미흡한 실정이다. 특히, 울릉도 지역특화작물 중 하나인 섬쑥부쟁이는 생채 및 간장 절임의 장아찌 정도로 활용되고 있어 식품 및 의약품 등에 다양한 소재로 활용되기 위해서는 규격화된 품질의 분말 소재화를 통한 신수요

창출이 필요하다. 이에 본 연구는 데침 후 열풍 건조방법의 1차 가공 섬쑥부쟁이 건조품을 활용하여 생물학적 효소처리 조건에 따른 이화학적 품질, 항산화 활성을 비교·조사하여 분말 소재의 산업화를 위한 기초 자료를 확립하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에 사용한 섬쑥부쟁이는 2022년도 4월 경상북도 울릉군 일원 노지에서 채취하여, 세척 후 물기를 제거하고, 100°C에서 3분간 데친 후 40°C에서 24시간 열풍 건조한 시료를 이용하였다. 섬쑥부쟁이 추출물의 추출 수율과 생리활성을 높이기 위해서 Lee 등(2015) 및 Lee 등(2021)의 연구 결과를 참고하여 선정된 효소는 ㈜대중 상사에서 구입한 cellulase계의 cellulast 1.5 L(pH 4.8, 최적온도 45-55°C, 700 EGU/g)와 pectinase계의 pectinex ultra sp (pH 4.5, 최적온도 50-55°C, 3,300 PGNU/g)를 1:1로 혼합하여 사용하였다.

2.2. 섬쑥부쟁이 효소처리 추출물 제조

다양한 기능 성분을 함유한 섬쑥부쟁이의 추출 수율 및 생리활성을 증진시킬 수 있는 적정 효소처리 조건 설정을 위해, 열풍 건조한 섬쑥부쟁이를 후드믹서기(NFM-3611S, NUC Co., Daegu, Korea)로 5분간 분쇄하여 20 mesh로 체질한 분말을 이용하여 증류수를 10배 가수하고, 복합효소를 섬쑥부쟁이 분말 대비하여 0.8%, 1.6% 및 3.2%(w/w)를 각각 첨가하여 진탕 배양기(HB-205SW, Hanbeak Sci., Co., Bucheon, Korea)를 사용하여 52°C에서 60분 및 120분을 70 rpm으로 효소처리를 하였다. 처리 후 100°C에서 10분간 실활한 다음 여과(Whatman No. 4) 및 감압농축(SB-1000, EYELA, Kakikal Co., Ltd., Tokyo, Japan)하고, 동결건조(FD-2100, EYELA)하여 시료로 사용하였다. 효소처리농도 및 시간에 따른 품질 특성을 비교하고자 시료를 Control(무처리구인 대조구), A(0.8%, 60 min), B(1.6%, 60 min), C(3.2%, 60 min), D(0.8%, 120 min), E(1.6%, 120 min) 및 F(3.2%, 120 min)로 표기하고자 한다.

2.3. pH, 가용성 고형분 함량 및 색도 측정

추출물의 pH는 pH meter(Orion Star AIII, Thermo Sci., Indonesia)를 이용하여 측정하였으며, 추출물의 색도는 UV-visible spectrophotometer(UV-1800 240V, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 측정하여 Hunter's color value로 나타내었다. 표준 L값(100.00), a값(0.06) 및 b값(-0.03)이었다. 가용성 고형분 함량은 굴절 당도계(PR-101, Atago Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며 함량은 °Brix로 나타내었다.

2.4. 유리당 함량 분석

유리당 함량 분석은 high-performance liquid chromatography(HPLC, Waters 2487, Waters Co., Milford, PA, USA)를 이용하여 시차굴절계(RI) 검출기(detector)를 사용하였다(Kang 등, 2023). 각 시료에 증류수 25 mL 혹은 50% 에탄올 용액을 가하여 무게를 확인한 후 85°C에서 25분간 가온하여 당류를 추출하여 방냉 후 최초의 추출용매의 무게가 될 수 있도록 추출 용매를 첨가하였다. 그 후 이를 45 μ m membrane filter로 여과하여 측정 시료로 사용하였다. 이때 유리당 분석 칼럼은 amino(NH₂) column(3.9×300 mm, 10 μ m, Waters Co.)을 사용하여 30°C에서 검출하였다. 이동상 용매(80% acetonitrile)는 등용매 용리(isocratic elution)를 하였으며, 이때 용출 속도는 1.0 mL/min, 주입 용량은 10 μ L의 조건으로 분석하였다. 표준물질은 fructose, glucose, maltose 및 sucrose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 시료와 동일한 조건에서 분석하여 각각이 검량곡선으로부터 함량을 산출하여 %로 표시하였다.

2.5. 총폴리페놀 함량 측정

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Amerin과 Ough, 1958)을 이용하여 비색 정량하였다. 시료 추출 여과액 2 mL에 50% Folin-Ciocalteu's reagent(Sigma-Aldrich Co.) 2 mL를 첨가하여 3분간 방치 후 10% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 다음 실온에서 10분간 반응시키고 UV-visible spectrophotometer(UV-1800)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 gallic acid(Yakuri

Pure Chemicals Co. Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하여 0-4 mg/100 g의 농도로 조제한 후 상기의 방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하여 mg GAE/g으로 표시하였다.

2.6. DPPH radical 소거활성 측정

DPPH radical 소거활성은 Blois(1958) 방법을 변형하여 측정하였다. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich Co.) 0.15 mM을 absolute ethanol 100 mL에 용해한 후, 50% ethanol 용액을 대조구로 하여 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0이 되도록 희석하여 사용하였다. 시료 0.5 mL에 DPPH 용액 2.5 mL를 혼합하여 정확히 37분 동안 반응시킨 후 UV-visible spectrophotometer(UV-1800)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.7. ABTS radical 소거활성 측정

ABTS radical 소거활성은 Re 등(1999)의 방법을 일부 수정하여 실험하였다. 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid(ABTS, Sigma-Aldrich Co.) 7 mM과 potassium persulfate 2.45 mM을 증류수에 용해하여 12-16시간 동안 암소에 방치하여 ABTS cation radical(ABTS^{•+})을 형성시켰다. 이 용액을 80% ethanol을 이용하여 734 nm에서 0.700±0.002의 흡광도값을 갖도록 희석하였다. 증류수에 희석한 시료 추출물 50 μ L를 시험관에 가한 다음 희석된 ABTS^{•+}용액 3 mL를 첨가하였다. 실온에서 6분간 반응시켜 UV-visible spectrophotometer(UV-1800)를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.8. 통계처리

본 실험의 모든 분석결과는 3회 반복으로 실험한 평균값(mean)과 표준편차(SD)로 나타내며, 각 실험결과에 대해 통계프로그램 SPSS(V22.0, SPSS Inc., USA)를 이용하여 통계분석하였다. 각 실험군의 평균치 간의 유의적 차이는 Duncan's multiple range test로 검증하였다(p<0.05).

3. 결과 및 고찰

3.1. 추출물의 pH, 가용성 고형분 함량 및 색도

다양한 생리적 기능성을 함유한 섬썩부쟁이의 활용도를

높이기 위해 효소처리농도 및 시간에 따른 추출물의 pH 변화, 가용성 고형분 함량 및 색도 변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 효소처리농도 및 처리시간에 따른 추출물의 pH 변화는 무처리구는 pH 5.88을 나타내었으나, 효소처리농도 및 처리시간에 따라 pH 5.76-5.56으로 낮아지는 경향을 나타내었다. 이는 복합효소의 pH 4.67인 영향과 효소처리에 의한 엽채류의 조직 연화로 pH가 낮아지는 것으로 보인다(Lee 등, 2023). 본 연구에서 무처리구의 pH가 분무건조를 이용한 섬썩부쟁이 에탄올 추출물의 pH 4.91이라는 보고(Kang, 2000)와 차이를 나타내는 것은 연구에 사용된 각 시료의 추출조건에 의한 것으로 생각된다. 효소처리농도 및 처리시간에 따른 가용성 고형분의 함량은 무처리구보다 높은 함량을 나타내었으며, 효소처리농도가 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다. 효소처리농도 및 처리시간에 따른 추출물의 색도 변화는 무처리구의 L(41.31), a(12.04) 및 b(30.95)보다 적황색이 조금 짙은 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는, Lee 등(2015)의 효소처리에 의한 고추 추출액의 품질특성을 조사한 연구에서, 가용성 고형분 함량은 무처리군보다 복합효소(cellulase+pectinase+amylase) 처리군에서 높은 경향을 나타낸 경향과는 유사한 결과지만, 효소처리시간에 따라 큰 차이가 없다는 색도 변화에 대한 연구와는 다른 결과이다. 이처럼 녹황색 채소류 추출물의 색도 변화는 시료의 종류, 효소처

리시간 및 농도에 따라 차이를 나타낸다고 생각된다.

3.2. 추출물의 유리당 함량

다양한 생리적 기능성을 함유한 섬썩부쟁이의 활용도를 높이기 위해 효소처리농도 및 시간에 따른 추출물의 유리당 함량 변화를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 효소처리농도 및 처리시간에 따른 유리당 함량은 fructose, glucose, sucrose 및 maltose 함량이 검출되었다. 무처리구는 fructose 함량 7.73%, glucose 함량 2.86%, sucrose 함량 6.78% 및 maltose 함량 2.81%로 fructose 함량이 가장 높게 검출되었다. 효소처리농도에 따른 fructose 및 sucrose 함량은 처리농도가 높을수록 감소하는 경향을 보였으나, glucose 및 maltose 함량은 반대의 경향을 나타내었다. 이상의 결과는 Lee 등(2008)의 고품질 녹차 추출물 생산을 위해 복합효소(Rapidase TF)를 이용한 연구에서 효소처리에 의해 glucose 함량이 증가한다는 보고와 유사한 결과로 생각되나, 이는 녹차와 섬썩부쟁이의 탄수화물 및 섬유질의 구성 정도와 효소처리의 목적이 상이함에 사용한 효소의 종류 및 효소처리 조건에 따른 차이가 있어 직접적 비교는 어려운 것으로 사료된다.

3.3. 추출물의 총폴리페놀 함량

주로 식물에 널리 분포되어있는 2차 대사산물의 하나인

Table 1. Changes in pH, soluble solid content and Hunter's color value of *Aster glehni* extract depending on enzyme treatment conditions

Samples	pH	Soluble solid content (%)	Hunter's color values		
			L	a	b
Control ¹⁾	5.88±0.02 ^{2)a3)}	4.16±0.05 ^e	41.31±0.02 ^g	12.04±0.01 ^g	30.95±0.02 ^g
A	5.76±0.01 ^b	4.66±0.05 ^{cd}	49.08±0.01 ^f	13.41±0.01 ^f	47.57±0.04 ^e
B	5.72±0.00 ^c	4.80±0.00 ^b	53.61±0.08 ^d	15.06±0.01 ^a	50.32±0.13 ^d
C	5.56±0.01 ^e	5.06±0.05 ^a	56.89±0.02 ^a	14.85±0.01 ^b	53.10±0.02 ^b
D	5.74±0.01 ^{bc}	4.73±0.05 ^{bc}	50.29±0.01 ^e	14.45±0.01 ^d	44.66±0.05 ^f
E	5.66±0.01 ^d	4.63±0.05 ^d	55.72±0.12 ^c	14.52±0.01 ^c	52.12±0.21 ^c
F	5.56±0.01 ^e	5.03±0.05 ^a	56.78±0.01 ^b	14.39±0.01 ^e	57.74±0.04 ^a
F-value	149.945 ^{***}	94.667 ^{***}	25,921.663 ^{***}	62,647.242 ^{***}	21,728.663 ^{***}

¹⁾Control, without enzymatic treatment 60 min treatment time at 52°C; A, 0.8% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; B, 1.6% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; C, 3.2% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; D, 0.8% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; E, 1.6% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; F, 3.2% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

^{3)a-g}Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 2. Changes in free sugar contents of *Aster glehni* extract depending on enzyme treatment conditions (unit: %)

Samples	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
Control ¹⁾	7.73±0.27 ^{2)(b3)}	2.86±0.04 ^e	6.78±0.37 ^a	2.81±0.32 ^d
A	8.22±0.16 ^a	4.29±0.20 ^b	6.50±0.37 ^{ab}	3.85±0.26 ^{bc}
B	7.84±0.18 ^b	4.48±0.16 ^{ab}	6.29±0.16 ^b	3.99±0.05 ^{bc}
C	6.91±0.09 ^c	4.63±0.08 ^a	5.60±0.13 ^c	4.44±0.03 ^a
D	6.86±0.04 ^{cd}	3.50±0.01 ^d	6.12±0.09 ^b	3.76±0.07 ^c
E	6.62±0.06 ^{de}	4.01±0.13 ^c	5.45±0.24 ^c	4.13±0.10 ^b
F	6.49±0.04 ^e	4.35±0.06 ^b	4.59±0.10 ^d	4.68±0.05 ^a
F-value	64.231 ^{***}	89.772 ^{***}	29.242 ^{***}	39.209 ^{***}

¹⁾Control, without enzymatic treatment 60 min treatment time at 52°C; A, 0.8% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; B, 1.6% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; C, 3.2% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; D, 0.8% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; E, 1.6% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; F, 3.2% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

^{3)a-e}Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

페놀성 물질은 phenolic acid와 coumarin류, flavonoid 류 및 tannin류 3가지로 구분되며(Lee와 Lee, 1994), 식물 색소와 세포벽 구성물질 등을 포함하며, 여러 항산화 작용에 관여하는 것으로 알려져 있다. 특히, 천연물에 함유되어있는 폴리페놀 성분은 질병 및 노화의 원인이 되는 reactive oxygen(ROS)과 reactive nitrogen species(RNS)를 감소시킨다고 알려져 있다. 다양한 생리적 기능성을 함유한 섬썩부쟁이의 활용도를 높이기 위해, 효소처리농도 및 시간에 따른 추출물의 총폴리페놀 함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 효소처리농도 및 처리시간에 따른 추출물의 총폴리페놀 함량은 무처리구가 5.84 mg GAE/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었으며, C구 7.20 mg GAE/g, E구 7.38 mg GAE/g으로 높은 총폴리페놀 함량을 나타내었다. 이는, 효소처리농도(0.8, 1.6 및 3.2%)에 따라 처리시간을 60분으로 하였을 때 처리농도가 높을수록 총폴리페놀 함량 인 증가하는 경향을 나타내었으나, 120분의 처리시간을 하였을 때는 일정 농도 이상일 때 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 섬썩부쟁이의 복합효소 처리농도 및 시간이 C구(시료 대비 3.2%, 60분) 및 E구(1.6%, 120분)에서 높은 함량을 나타냄에 따라, 효소처리농도 및 처리시간의 적정성을 확인할 수 있는 결과로 사료된다. 이처럼 산채류의 항산화 효능 조사연구(Seo, 2014)에서 음건한 섬썩부쟁이 메탄올 추출물의 총폴리페놀 함량이 165.40 mg GAE/g과는 차이를 보이지만, Kim 등(2010)의 추출용매에 따른 섬썩부쟁

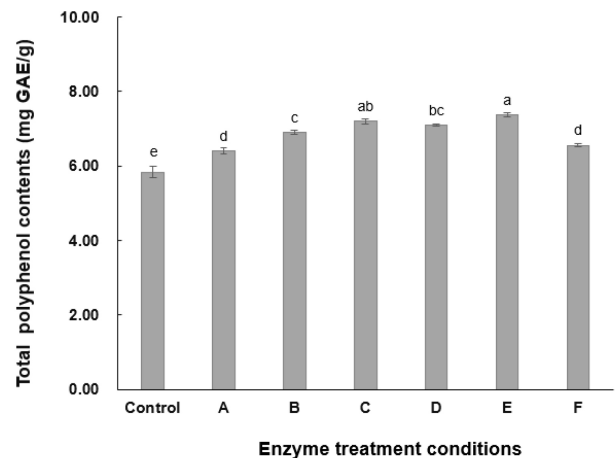


Fig. 1. Changes in total polyphenol content of *Aster glehni* extract depending on enzyme treatment conditions. Total polyphenol contents are expressed as gallic acid equivalents (GAE). Control, without enzymatic treatment 60 min treatment time at 52°C; A, 0.8% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; B, 1.6% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; C, 3.2% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; D, 0.8% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; E, 1.6% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; F, 3.2% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group. Values are mean±SD (n=3); Means with different letters above a bar are significant different at p<0.05.

이 물 추출물의 총폴리페놀 함량 5.95 mg TAE/g과는 비슷한 결과치를 나타내었다. Park과 Kim(2009)은 사과껍질에 효소(cellulase와 pectinase)처리하였을 때 폴리페놀화합

물 함량이 증가하였다는 결과와 유사한 경향을 보였으며, Lee 등(2021)은 효소(cellulase와 pectinase)처리한 병풍 추출물의 폴리페놀 화합물 함량을 측정된 결과, 무처리군보다 효소병용처리군에서 약 2.6배 이상 높은 함량을 나타내었으며, 이는 효소처리에 의해 병풍의 조직이 연화되어 추출률이 높아져 증가하였다는 보고와 본 결과는 유사한 경향이라 생각된다. 본 연구 고찰의 총페놀 함량은 원료, 효소종류 및 처리목적 등에 따라 차이가 있는 것으로 사료되었다.

3.4. 추출물의 DPPH radical 소거활성

DPPH는 항산화 물질로부터 전자나 수소를 받아 불가역적으로 안정한 분자를 형성하므로, 전자공여능으로부터 시료의 항산화 활성을 추정할 수 있는 방법 중의 하나로, 천연 소재로부터 항산화 활성을 조사하는 척도로 많이 이용되고 있다(Blois, 1958). 또한, 식물의 총페놀화합물 함량 및 DPPH 라디칼 소거활성 변화는 페놀함량이 높을수록 소거활성이 높은 경향을 나타내는 밀접한 관계가 있다(Kim 등, 2002)고 알려져 있다. 다양한 생리적 기능성을 함유한 섬썩부쟁이의 활용도를 높이기 위해 효소처리농도 및 시간에 따른 추출물의 농도별 DPPH 라디칼 소거활성 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 효소처리농도 및 처리시간에 따른 추출물의 농도별(250, 500, 750 및 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$) DPPH 라디칼 소거활성은 효소처리농도 및 시간에 따라 농도의존적으로 소거활성이 높아지는 경향을 보였다. Ascorbic acid의 농도별(250, 500, 750 및 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$) DPPH 라디칼 소거활성은 40.03, 70.84, 85.14 및 95.82%로 높은 소거활성을 나타내었으나, 무처리군은 14.55, 23.99, 30.76 및 58.45%로 ascorbic acid보다 낮은 소거활성을 나타내었다. 효소처리농도 및 처리시간이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거활성은 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나, F구는 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 Lee 등(2021)의 효소처리한 병풍 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능이 대조군은 40.13%였으나, 효소처리군은 50.21-57.01%로 증가한다는 연구 결과와 Lee 등(2023)은 효소처리한 미선나무 잎의 DPPH 라디칼 소거능을 조사한 연구에서 효소 무처리군보다 효소병용처리군에서 높은 활성을 나타낸다는 결과와 유사한 경향이다. 즉, 효소처리 유무에 따라 DPPH 라디칼 소거능 활성에 차이를

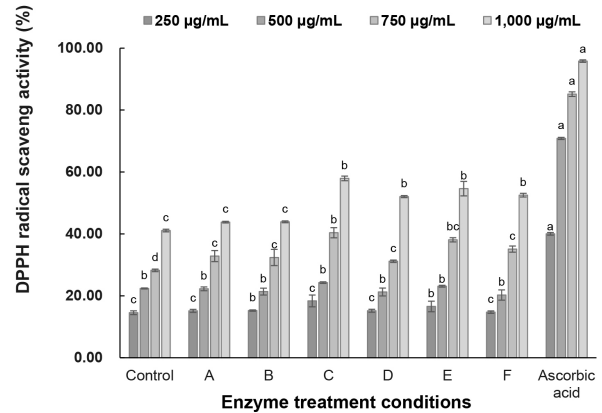


Fig. 2. Changes in DPPH radical scavenging activities of *Aster glehni* extract depending on enzyme treatment conditions. Control, without enzymatic treatment 60 min treatment time at 52°C; A, 0.8% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; B, 1.6% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; C, 3.2% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; D, 0.8% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; E, 1.6% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; F, 3.2% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group. Values are mean \pm SD (n=3); Means with different letters above a bar are significant different at $p < 0.05$.

나타냄을 알 수 있었으며, 시료 대비 적정 농도를 사용하였을 때 높은 효과를 얻으므로, 적정 사용량의 확인이 중요함을 알 수 있으며, 다양한 효소처리 조건에 따른 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

3.5. 추출물의 ABTS radical 소거활성

ABTS radical은 상당히 안정하므로 산화 촉진제를 필요로 하지 않는 것으로 알려져 있으며, 수용상 및 유기상에 모두 적용 가능한 측정 방법으로 알려져 있다(Nakabayashi 등, 1994). 다양한 생리적 기능성을 함유한 섬썩부쟁이의 활용도를 높이기 위해 효소처리농도 및 시간에 따른 추출물의 농도별(250, 500, 750 및 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$) ABTS 라디칼 소거활성 변화를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 섬썩부쟁이 추출물의 농도별 ABTS 라디칼 소거활성은 효소처리농도 및 시간에 따라 농도 의존적으로 소거활성이 높아지는 경향을 보였다. Ascorbic acid의 농도별(250, 500, 750 및 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$) ABTS 라디칼 소거활성은 40.36, 67.33, 82.14 및 91.70%의 소거활성을 나타내었으며, 무처리군은

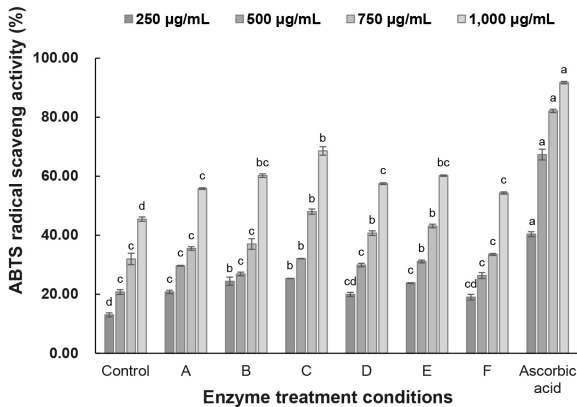


Fig. 3. Changes in ABTS radical scavenging activities of *Aster glehni* extract depending on enzyme treatment conditions. Control, without enzymatic treatment 60 min treatment time at 52°C; A, 0.8% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; B, 1.6% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; C, 3.2% of enzyme treatment concentration and 60 min treatment time group; D, 0.8% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; E, 1.6% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group; F, 3.2% of enzyme treatment concentration and 120 min treatment time group. Values are mean±SD (n=3); Means with different letters above a bar are significant different at p<0.05.

13.04, 20.78, 31.96 및 45.46%의 소거활성을 보였다. 효소처리농도 및 처리시간에 따른 섬썩부쟁이 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성은 1,000 µg/mL 농도에서 ascorbic acid 대비 49.57, 60.06, 65.63, 74.75, 62.69, 65.63, 59.21 및 59.21%로, C구에서 가장 높은 ABTS 라디칼 소거활성을 보였다. 이와 같은 결과는 ABTS^{•+}은 양이온 라디칼을 제거하는 반면, 자유 라디칼을 소거하는 DPPH 라디칼 소거능은 서로 반응물과의 결합정도에 따라 라디칼 소거능력의 차이를 나타낸다는 보고(Lee 등, 2019)와 관련이 있는 것으로 생각된다.

4. 요약

본 연구는 다양한 생리적 기능성을 함유한 섬썩부쟁이의 활용도를 높이기 위해 효소처리농도 및 처리시간에 따른 품질 변화를 조사하였다. 효소처리농도 및 시간에 따른 섬썩부쟁이 추출물의 pH 변화는 pH 5.56-5.76으로 무처리구 (pH 5.88)보다 낮아지는 경향을 나타내었으며, 가용성 고형

분 함량은 처리농도 의존적으로 증가하는 경향을 보였으며, 색도 변화는 처리시간이 증가할수록 적황색으로 변화됨을 확인할 수 있었다. 추출물의 유리당 함량 중 fructose 및 sucrose 함량은 효소처리를 하지 않은 무처리구(Control)에서 7.73% 및 6.78%로 가장 높은 함량은 나타내었으며, glucose 및 maltose 함량은 3.2%의 효소처리농도 및 60분의 처리시간(C구)에서 6.91% 및 4.44%로 높은 경향을 나타내었다. 항산화 활성을 나타내는 총폴리페놀 함량은 1.6%의 효소처리농도 및 120분의 효소처리시간(E구) 7.38 mg GAE/g으로 가장 높은 함량을 보였으며, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 3.2%의 효소처리농도 및 60분의 처리시간(C구)에서 가장 높은 활성을 나타내었다. 이상의 결과로 섬썩부쟁이 건조 분말 소재화를 위한 효소처리농도 및 시간의 적정조건을 설정할 수 있었다.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청공동연구사업(과제번호 PJ016990 산채류 및 베리 등 지역농산물을 이용한 고령자용 식품개발 및 효능구명)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 그 지원에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Kim SH, Jeong YJ. Methodology: Kim SH, Yoon SR. Writing - original draft: Kim SH, Yoon SR, Jeong YJ. Writing - review & editing: Kim SH, Yoon SR, Jeong YJ.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Sun Hwa Kim (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-7786-9236>

Sung Ran Yoon

<https://orcid.org/0000-0001-5890-9071>
 Yong-Jin Jeong (Corresponding author)
<https://orcid.org/0000-0002-5712-2856>

References

- Amerinem MA, Ough CS. Method for Analysis of Musts and Wine. Wiley & Sons, New York, USA, p 176-180 (1958)
- Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199-1200 (1958)
- Jang JE. Healthy Sanyacho. Nexus, Seoul, Korea, p 395 (1996)
- Jeong J, Lim MK, Lee S. Synergistic effects exerted by the combination of *Aster glehni* and vitamin B complex on cognitive improvement. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 51, 523-520 (2022)
- Kang HM, Oh SY, Kang HM, Kwon JH, Jeong YJ. Quality characteristics of *in vitro* luwak coffee produced using enzyme and microbial complexes. *Korean J Food Preserv*, 30, 287-299 (2023)
- Kang YC. Studies on the microencapsulation of extract from *Aster scaber* and *Aster glehni* by spray drying. MS Thesis, Ajou University, Korea p 48-51 (2000)
- Kang YC, Choi KK, Kim KH, Kim HK. Microencapsulation of *Aster scaber* and *Aster glehni* by spray drying. *Korean J Food Preserv*, 9, 212-220 (2002)
- Kim CM, Sin MK, An TK, Lee KS. Dictionary of Chinese Herb. Jung-Dam Publisher, Seoul, Korea, p 1431 (1997)
- Kim HH, Park GH, Park KS, Lee JY, An BJ. Anti-oxidant and anti-inflammation activity of fractions from *Aster glehni* Fr. Schm. *Kor J Microbiol Biotechnol*, 38, 434-441 (2010)
- Kim HK, Choi YJ, Kim KH. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Flammulina velutipes*. *Korean J Food Sci Technol*, 34, 1013-1017 (2002)
- Korea Food Industry Association. Food Industry Exhibition. MoonYoung-sa, p 616-617 (2008)
- Lee JH, Lee SR. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 310-316 (1994)
- Lee JK, Kim HS, Lee SM, Park GS. Analysis of vegetation and vegetation-environment relationships in main wild vegetables of *Ulleungdo* in Korea. *J Korean Env Res Tech*, 21, 71-82 (2018)
- Lee JY, Choi GH, Lee KH. Physicochemical and sensory properties of red pepper extract treated with enzyme complex. *Korean J Food Nutr*, 28, 628-634 (2015)
- Lee JY, Park JY, Kim HD, Lee SE, Lee JH, Lee YJ, Seo KH. Anti-oxidant and anti-adipoyct differentiation of *Aster glehni* and *Aster yomena*. *J Nutr Health*, 52, 250-257 (2019)
- Lee KH, Jang DB, Lee JJ, Han KJ, Bae KA, Lee WJ, Kwon SY, Lee KJ. Changes in physicochemical quality of the extracts by solvents in the enzyme-treated *Abeliophyllum distichum* leaves. *Porean J Food Nutr*, 36, 42-49 (2023)
- Lee KH, Joo GY, Kim CY, Han KJ, Jang DB, Yun JH, Yu KW, Bae YJ. Physicochemical quality change of enzyme-treated *Centella asiatica* and preparation of jam using enzyme-treated *Centella asiatica*. *Korean J Food Nutr*, 34, 612-620 (2021)
- Lee LS, Cha HS, Park JD, Yi SH, Kim SH. High quality green tea extract production from enzyme treated fresh green tea leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 1025-1029 (2008)
- Lee MS, Chung MS. Analysis of volatile flavor components of *Aster glehni*. *Korean J Soc Food Sci*, 14, 547-552 (1998)
- Ministry of Food and Drug Safety (KR). Food Public Code. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju (2018)
- Nakabayashi T, Ina K, Sakata K. Chemistry and Function of Green, Black and Oolong Tea. Kogagu Press, Kawaski, Japan, p 20-51 (1994)
- Nugroho A, Kim MH, Choi J, Choi JS, Jung WT, Lee KT, Park HJ. Phytochemical studies of the phenolic sub-stances in *Aster glehni* extract and its sedative and anticon-vulsant activity.

- Arch Pharm Res, 35, 423-430 (2012)
- 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, 26, 1231-1237 (1999)
- Seo SW. Evaluation of Korean wild vegetables' antioxidative activity and analysis on antioxidative components of *Aster glehni* and *Saussurea grandifolia*. Ph D Thesis, Keimyung University, Korea p 35-65 (2014)
- Son MJ. Studies on the phytochemical constituents from the ethyl acetate soluble fraction of *Aster glehni*. MS Thesis, Kyunghee University, Korea p 1-3 (2015)
- Son MJ, Jin C, Lee YS, Lee JY, Kim HJ. Characterization of caffeoylglucoside derivatives and hypouricemic activity of the ethyl acetate fraction from *Aster glehni*. Bull Korean Chem Soc, 36, 503-512 (2015)
- Uleunggun. Annals of Ulleung no. 61. Available from: <https://www.ulleung.go.kr/common/synap/skin/doc.html?fn=30dabbbd3016785e7d50009091c22b7e&rs=/upload/synap/202303>. Accessed May 18, 2023.