



Research Article

Comparison of the physicochemical properties of native and cultivated *Artemisia fukudo* Makino

자생 및 재배 큰비쑥의 이화학적 특성 비교

Bo Ra Kang¹, Eun Hee Kim¹, Yeon Kyoung Kim¹, Ah Hhyun Kim¹, Gyu Yeon Oh¹, Yoo Min Park¹, Ah Hyeon Jo¹, Hwan Sik Na¹, Mi Yeong Shin¹, Yang Joon An¹, Jeong Yong Cho², So Hyeon Lee^{1*}

강보라¹ · 김은희¹ · 김연경¹ · 김아현¹ · 오규연¹ · 박유민¹ · 조아현¹ · 나환식¹ · 신미영¹ · 안양준¹ · 조정용² · 이소현^{1*}

¹Food Analysis Division, Jeollanam-do Institute of Health and Environment, Muan 58568, Korea

²Department of Food Science & Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

¹전라남도보건환경연구원 식품분석과, ²전남대학교 식품공학과

Abstract *Artemisia fukudo* Makino belongs to the *Asteraceae* family, is a halophyte that can grow in salinity soils and is known for its various physiological activities. However, few studies were comparing it according to the growth environment. Therefore, in this study, we analyzed the antioxidant activity, functional ingredients, and safety of *Artemisia fukudo* Makino according to the growth environment. Total polyphenol content was the highest in native mature leaves, but 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity was higher in cultivated leaves than in native leaves. The total mineral content, excluding sodium, was higher in cultivated than in native leaves. The content of potassium and calcium was higher in cultivated leaves than in native leaves. In addition, heavy metal analysis showed that cultivated leaves were generally lower than those of native leaves. Residual pesticides were not detected in all samples. In conclusion, since there is no significant difference in cultivated leaves compared to native leaves, it was judged that cultivated leaves could be used as a variety to be grown and mass-produced.

Keywords *Artemisia fukudo* Makino, total polyphenol, radical scavenging activity, mineral content, heavy metal



OPEN ACCESS

Citation: Kang BR, Kim EH, Kim YK, Kim AH, Oh GY, Park YM, Jo AH, Na HS, Shin MY, An YJ, Cho JY, Lee SH. Comparison of the physicochemical properties of native and cultivated *Artemisia fukudo* Makino. Food Sci. Preserv., 31(2), 267-275 (2024)

Received: February 15, 2024

Revised: March 13, 2024

Accepted: March 14, 2024

***Corresponding author**

So Hyeon Lee

Tel: +82-61-240-5254

E-mail: leesohyeon19@korea.kr

Copyright © 2024 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

쑥속(*Artemisia* spp.)은 국화과(Compositae)에 속하는 여러해살이풀로 비교적 기후나 토양에 잘 적응하여 3-4월에 싹이 트는 광역성식물로서 전 세계적으로 200여 종 혹은 500여 분류군 이상이 분포하고 있으며, 우리나라에는 30여 종이 자생하는 것으로 알려져 있다(Choi 등, 2007; Ko 등, 2014; Park 등, 2011). 쑥의 종류로는 각지의 들에 분포하여 우리가 흔히 부르는 쑥(*Artemisia princeps* Pampan.)이 있고, 냇가나 습지에서 자라는 물쑥(*Artemisia selengensis* Turcz), 황무지나 인가 부근에서 자라는 개똥쑥(*Artemisia annua* Linne), 서해안 이북부에서 자라는 황해쑥(*Artemisia argyi* Lev.), 남서해안 및 제주도지역에 서식하는 큰비쑥(*Artemisia fukudo* Makino) 등이 있다(Ko 등, 2014).

쑥은 혈액순환촉진, 이뇨작용, 강장작용, 지혈, 피부질환치료, 건위, 황달치료, 항암작용 등의 다양한 효과를 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Yoon 등, 2006). 한방에서는 쑥이 피를 맑게 하고 소화를 돕는다고 알려져 있고, 민간에서는 쑥을 복통, 하열, 소화불량, 만성간염, 장염, 기관지염, 천식, 진통제,

지혈제 등에 사용하였다(Ko 등, 2014).

큰비쭉은 ‘갯쭉’으로도 알려진 염생식물의 일종으로 30-90 cm 정도까지 자라며, 전체가 녹색을 띠고 고유의 향기가 난다(Lee, 2018). 염생식물(halophyte)이란 소금기가 많은 토양에서 자라는 식물로 흔히 ‘바닷가 식물’ 또는 ‘갯가 식물’이라고도 불리며, 중성식물(glycophyte)과 달리 토양의 고농도 염분으로 인한 염 스트레스에 대응하는 내염성(salt tolerance)을 가지고 있는 것이 특징이다(Lee, 2018). 이러한 극한 환경에 서식하는 염생식물은 폐놀성 화합물을 포함한 2차 대사산물과 같은 특이적인 생리활성 물질들을 다량 함유하고 있다고 보고되었고, 이를 이용한 약리학적 기능에 대한 연구도 진행되었다(Park 등, 2016). 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 염생식물 서식지가 잘 발달되어 있으며, 약 100여 종의 염생식물이 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2021). 특히 우리나라의 서해안은 염생식물의 좋은 균락지이다(Kim 등, 2021). 그중에서도 신안군 증도는 우리나라 최대 규모의 단일 염전이 있고, 자연적으로 조성되는 갯벌과 갯골을 따라 염생식물이 자생하고 있다(Kim, 2017).

큰비쭉에 관한 연구는 1973년부터 큰비쭉의 정유성분에 관한 연구, 소금 내성에 관한 연구, 항염효과 및 암세포 독성연구에 관한 연구가 활발히 이루어져 그 가치가 높게 평가되었다(Ko 등, 2014). 또한, 우리나라에서 자생하는 천연생물자원 30종을 대상으로 암예방 활성을 탐색했을 때 활성이 가장 높았던 큰비쭉을 대상으로 항산화물질에 대한 연구가 진행되었다(Hong, 2009). 최근에 큰비쭉 추출물에 대한 기능성과 관련된 연구가 활발하게 진행 중으로 미백에 대한 세포실험을 실시하여 멜라닌 생성 억제 효과를 입증하였다(Kim 등, 2017). 이와 같이 큰비쭉에 대한 다양한 연구가 이루어져 있으나, 성장 환경에 따른 기능성 등을 비교한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 성장 환경(자생 및 재배) 및 시기별(어린잎 및 성숙잎)로 채취한 4종의 큰비쭉을 대상으로 항산화 활성 및 기능성 성분, 안전성에 대한 과학적 기초자료를 확보하고 이를 바탕으로 생물자원으로서의 가치를 발견하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 실험에서는 성장 환경(자생 및 재배) 및 성장 시기(어린잎, 성숙잎)를 고려하여 큰비쭉 4종을 선정하였다. 자생 큰비쭉은 신안군 증도면 증도리 태평염전 습지대 근처에서 채취하였으며, 어린잎 및 성숙잎을 각각 2022년 7월, 11월에 2회 채취하였다. 재배 큰비쭉은 함평 농가에서 채취하였으며, 어린잎 및 성숙잎을 각각 2022년 7월, 11월에 2회 채취하였다. 시료는 흙, 먼지 등을 제거하기 위해 수세하고, 즉시 -70°C의 냉동고(DuoFreez U300, DAIHAN, Wonju, Korea)에 보관 후, 동결건조기(LP50, IlshinBioBase Co., Ltd., Dongducheon, Korea)에서 동결건조

하고, 균질화하여 밀봉 후, 데시케이터(auto-dry desiccator)에 보관하면서 사용하였다.

2.2. 열수추출물 제조

시료 2 g에 증류수 40 mL를 첨가하여 2,000 rpm, 10분간 교반한 후, 95°C에서 15분간 추출하였다. 추출액을 원심분리(5,000 rpm, 10 min) 및 Whatman No. 4 여과지(Whatman Co., Maidstone, UK)로 여과한 다음 동결건조하였고, 이를 증류수로 재용해하여 사용하였다.

2.3. 항산화 활성 평가

2.3.1. 총폴리페놀 함량 측정

큰비쭉 열수추출물의 총폴리페놀 함량은 Dewanto 등(2002)의 방법을 변형하여 측정하였으며 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발색되는 원리로 분석하였다. 각 추출물 100 µL에 2% sodium carbonate 용액 2 mL를 가하고 3분간 방치한 다음 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich Co., Saint Louis, MO, USA) 100 µL를 첨가하여 실온에서 30분 반응한 후, spectrometer (Infinite 200M pro, TECAN, Grodig, Salzburg, Austria)를 사용하여 750 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로 tannic acid (Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 건조시료 중량당 mg tannic acid equivalent (mg TAE)으로 나타내었다.

2.3.2. ABTS 라디칼 소거능 측정

큰비쭉 열수추출물의 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical을 이용한 항산화력은 Re 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS diammonium salt (Sigma-Aldrich Co.) 용액과 2.45 mM potassium persulfate (Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 1:1로 혼합하여 하루 동안 암소에 방치하여 라디칼 양이온(ABTS⁺)을 형성시킨 후, 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 실온에서 30분간 방치한 후, 735 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 표준물질로 L-ascorbic acid (Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 추출물 g 당 mg ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC)로 표현하였다.

2.3.3. DPPH 라디칼 소거능 측정

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical (Alfa Aesa, Ward Hill, MA, USA)에 의한 라디칼 소거능 측정은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 큰비쭉 열수추출물 0.2 mL에 2×10⁻⁴ M DPPH 용액 0.8 mL를 첨가한 다음, 잘 혼합하

여 실온에서 30분간 방치하고 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 표준물질인 L-ascorbic acid (Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 추출물 g 당 mg AEAC로 나타내었다.

2.4. 무기질 분석

동결건조한 시료 약 0.2 g을 정밀히 취하여 질산 5 mL를 가한 후, 마이크로파 분해장치(UltraWAVE, Milestone Srl, Sorisole, Bergamo, Italy)를 이용하여 완전히 분해하였다. 이 분해물을 3차 증류수 50 mL로 정용 후, inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES, Avio 550 Max, PerkinElmer Inc., Shelton, CT, USA)를 이용하여 정량하였다(MFDS, 2023). 표준품은 ICP용 multi-element standard인 IV-ICPMS-71A (Inorganic Ventures, Christiansburg, VA, USA)를, 대조군은 3% 질산(HNO₃, Junsei Chemical Co., Ltd.)을 사용하였다. ICP-OES의 기기 조건은 Table 1과 같다.

2.5. 안전성 평가

2.5.1. 중금속 분석

중금속(Pb, Cd, As) 분석을 위해 동결건조한 시료 약 0.2 g을 정밀히 취하여 질산 5 mL를 가한 후, 마이크로파 분해장치(UltraWAVE, Milestone Srl)를 이용하여 완전히 분해하였다. 분해된 시료를 3차 증류수 50 mL로 정용 후, inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS, 7900 ICP-MS, Agilent Inc., Tokyo, Japan)로 정량하였다(MFDS, 2023). 표준품은 ICP용 multi-element standard인 Instrument calibration standard 2

(Perkin Elmer Inc., Shelton, CT, USA)를, 대조군은 3% 질산을 사용하였다. ICP-MS의 기기 조건은 Table 1과 같다.

수은(Hg)은 동결건조한 시료 약 0.05 g을 정밀히 취하여 식품공전의 원자흡광광도법에 의한 정량법(금아말검법)에 따라 자동 수은분석기(DMA-80 evo, Milestone Srl)를 이용하여 측정하였다(MFDS, 2023). 표준품은 인증표준물질(certified reference material, CRM)인 BCR-277R (Institute for reference materials and measurements, Geel, Antwerp, Belgium)를 사용하였으며, drying temperature 200°C, drying time 60 sec, decomposition temperature 650°C, decomposition time 150 sec, purge time 60 sec, amalgam time은 12 sec의 조건으로 분석하였다.

2.5.2. 잔류농약 분석

잔류농약 분석을 위한 시료의 전처리와 분석은 식품공전 다중농약다성분 분석법(MFDS, 2023)에 따라 전처리하여 Gas chromatograph tandem mass spectrometry (GC-MS/MS, TQ 8050, Shimadzu, Kyoto, Japan) 및 High performance liquid chromatograph tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS, QTRAP 4500, AB Sciex, Singapore)로 분석하였으며, 분석 조건은 각각 Table 2에 나타내었다. 농약은 살충제 Acephate 등 170종, 제초제 Alachlor 등 107종, 살균제 Ametoctradin 등 116종, 생장조절제 6-benzyl aminopurine 등 총 402종을 분석하였다.

2.6. 통계처리

모든 실험 결과는 최소 3회 이상 반복 측정하여 평균값과 표

Table 1. ICP-OES conditions for the determination of minerals and ICP-MS conditions for the determination of heavy metal

Instrument	Instrument parameters	Analytical conditions
ICP-OES	RF power	1,500 W
	Wavelength	238-766 nm
	Plasma flow	12 L/min
	Auxiliary gas flow	0.2 L/min
	Nebulizer gas flow	0.7 L/min
	Sample flow rate	1.5 mL/min
	Plasma view	Axial
	Gas	Argon
ICP-MS	RF power	1,550 W
	Plasma flow	15 L/min
	Auxiliary gas flow	0.9 L/min
	Nebulizer gas flow	1.1 L/min
	Gas	Argon

Table 2. GC-MS/MS and LC-MS/MS conditions for the analysis of pesticide residues in 4 kinds of *Artemisia fukudo* Makino

Instrument	Instrument parameters	Analytical conditions			
GC-MS/MS	Column	5MS (30 m, 0.25 mm×0.25 μm)			
	Column oven	60°C → 20°C/min → 180°C → 5°C/min → 300°C → 20°C/min → 310°C (2 min)			
	Injection temperature	280°C			
	Injection volume	1 μL			
	Carrier gas	He, 1.2 mL/min			
	Collision gas	Argon			
	Ion source temperature	250°C			
	Interface temperature	300°C			
LC-MS/MS	Column	CAPCELL CORE C ₁₈ (2.7 μm, 2.1 mm×150 mm)			
	Column oven	40°C			
	Mobile phase	A: 0.1% formic acid, 5 mM ammonium formate in water B: 0.1% formic acid, 5 mM ammonium formate in methanol			
	Injection volume	2 μL			
	Flow rate	0.2 mL/min			
	Gradient program	Time (min)	Mobile phase		
			A (%)	B (%)	
			Initial	95	5
			1.0	95	5
			3.0	40	60
13.0			0	100	
18.0	0	100			
18.1	95	5			

준편차로 나타내었으며, SPSS statistics (SPSS Institute Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 통계처리하였다. 유의성 검정에 따른 통계 분석은 일원배치 분산분석(One-way ANOVA) 및 사후검정(Tukey-B test)을 실시하였고, 그 결과값이 $p < 0.05$ 일 때에 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 총폴리페놀 함량

생장 환경이 다른 큰비쭉 열수추출물의 총폴리페놀 함량 결과는 Fig. 1과 같다. Tannic acid로 환산한 큰비쭉 4종 중에서 자생 성숙잎이 16.37 mg TAE/g으로 가장 높은 함량을 보였고, 재배 어린잎에서 12.27 mg TAE/g, 재배 성숙잎에서 12.25 mg TAE/g, 자생 어린잎에서 11.61 mg TAE/g으로 나타나 시료 간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$).

천연 폴리페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포된 2차 대사 산물 중 하나로 다양한 구조와 분자량을 가지며, 이들은 phenolic hydroxyl (OH)기를 가지기 때문에 단백질 및 기타 거

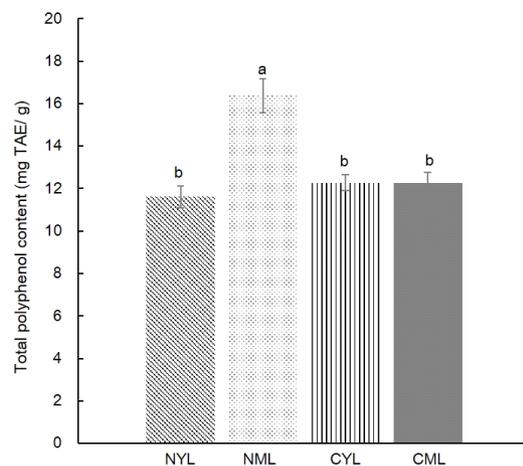


Fig. 1. Total polyphenol content of 4 kinds of *Artemisia fukudo* Makino. TAE, tannic acid equivalent; NYL, native young leaves; NML, native mature leaves; CYL, cultivated young leaves; CML, cultivated mature leaves; All values are mean±SD (n=3). Different superscript letters (^{a-b}) on the bars indicate significant differences ($p < 0.05$) by Tukey-B test.

대 분자들과 쉽게 결합하며, 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다(Lee와 Lee, 2016). 염생식물 중 갯질경의 경우, 염농도가 증가하면 총폴리페놀의 함량이 증가하는 경향을 보인다고 보고된 바 있다(Jeong 등, 2017).

따라서 지역 특성상 비교적 높은 염도에 노출된 자생잎이 재배잎보다 총폴리페놀 함량이 높을 것으로 예상하였으나, 자생 어린잎의 경우 재배잎의 함량과 거의 차이가 없었다. 이는 같은 종류의 속이라도 온도나 습도 등 생육조건에 따라 총폴리페놀 함량의 차이가 날 수 있다는 결과와 관련이 있는 것으로 판단된다(Choi 등, 2006). 총폴리페놀 함량은 같은 지역에서 7월에 채취한 자생 어린잎이 11월에 채취한 자생 성숙잎보다 낮은 결과를 보였다. 이는 속 종류 중 사철속의 경우 총페놀 함량은 줄기에 비해 잎과 종실에서 높은 함량을 보였고, 수확 시기에 따라 여름철 장마 및 고온기에 감소하는 경향을 보여(Choi 등, 2008), 본 연구 결과에서도 7월에 발생하는 장마 등 외부 환경에 기인된 것으로 사료되며, 채취 시기 및 부위를 달리하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3.2. 라디칼 소거능

인체 내의 free radical은 지질, 단백질 등과 반응하는 생체의 노화 촉진 물질로, 천연 free radical 소거 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Cho와 Choi, 2011). 본 연구에서 생장

환경이 다른 큰비쭉 열수추출물의 라디칼 소거능(ABTS, DPPH)을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다.

ABTS 라디칼 소거능은 ABTS 용액과 potassium persulfate 용액이 반응하여 생성된 청록색의 ABTS⁺가 항산화력이 있는 물질과 결합하여 무색의 물질로 환원되는 원리이다(Lee 등, 2011). ABTS 라디칼 소거능을 측정된 결과, 재배 어린잎은 32.12 mg AEAC/g extract, 재배 성숙잎은 31.45 mg AEAC/g extract로 생장 시기별 유의적인 차이가 없었고, 재배 어린잎에서 가장 높은 활성을 보였다($p < 0.05$). 자생 어린잎과 자생 성숙잎은 각각 24.80 mg AEAC/g extract, 24.71 mg AEAC/g extract로 생장 시기별 유의적인 차이는 없었으며, 생장 환경에 따라 자생잎보다 재배잎에서 높은 활성을 보였다($p < 0.05$).

DPPH 라디칼 소거법은 항산화 물질이 전자 공여하여 산화를 억제하는 정도를 측정하는 방법으로, 시료와 에탄올에 용해된 짙은 보라색을 띠는 유리라디칼인 DPPH를 반응시켜 짙은 보라색이 탈색되는 정도를 측정한다(Yoon 등, 2022). DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과, ABTS 측정값과 약간의 차이를 보였다. 재배 성숙잎은 29.32 mg AEAC/g extract로 가장 높았으며, 재배 어린잎과 자생 성숙잎은 각각 29.29 mg AEAC/g extract, 28.88 mg AEAC/g extract로 시료 간에 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 자생 어린잎은 24.66 mg AEAC/g extract로 가장 낮은 활성을 보였다. 이는 ABTS는 양이온 라디칼 소

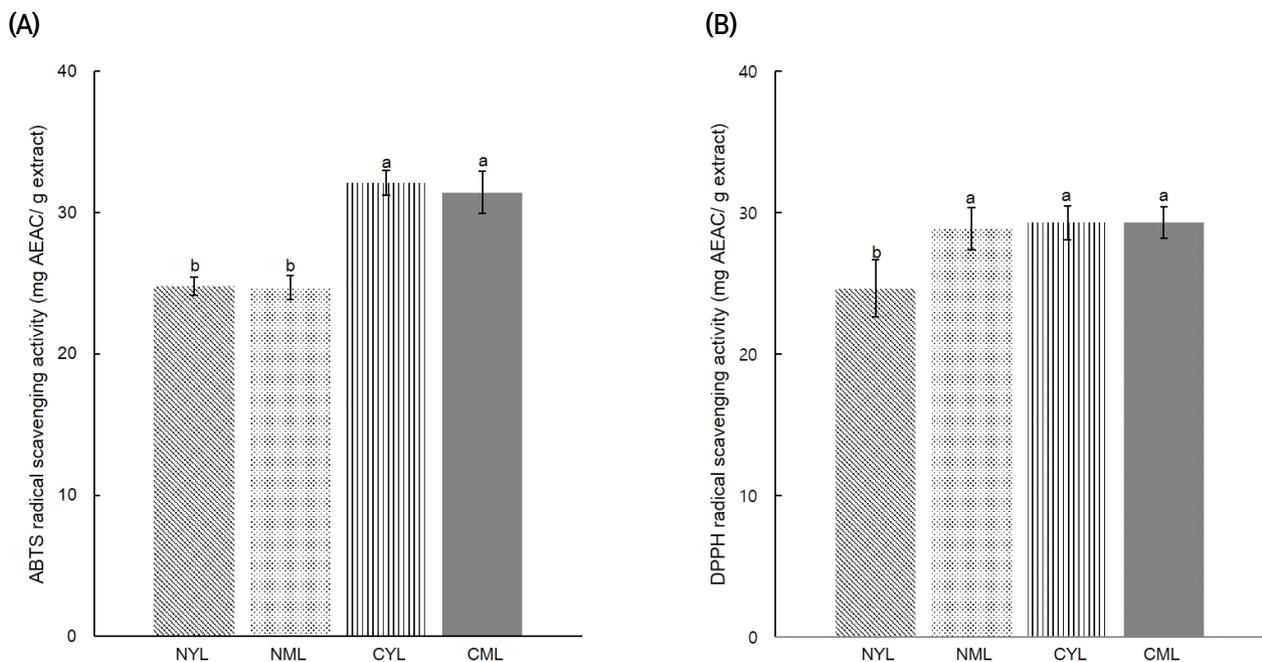


Fig. 2. ABTS (A) and DPPH (B) radical scavenging activity of 4 kinds of *Artemisia fukudo* Makino. AEAC, ascorbic acid equivalent antioxidant capacity; NYL, native young leaves; NML, native mature leaves; CYL, cultivated young leaves; CML, cultivated mature leaves; All values are mean \pm SD (n=3). Different superscript letters (^{a-b}) on the bars indicate significant differences ($p < 0.05$) by Tukey-B test.

거능을 DPPH는 음이온 라디칼 소거능을 흡광도로 측정하는 점에서 서로 차이가 나며, 두 기질과 반응 물질의 결합 정도가 달라 측정값에서 차이를 나타낸다는 보고(Lee 등, 2012)와 관련이 있는 것으로 생각된다. 한편, ABTS와 DPPH 라디칼 소거능 모두 자생잎보다 재배잎에서 높은 활성을 보였다. 이와 같이 동일 종이어도 라디칼 소거능의 차이가 관찰된다는 결과는 Choi 등(2008)의 연구에서도 확인할 수 있었다.

선행된 논문을 근거로 폴리페놀 화합물의 벤젠 고리에 치환되어 있는 여러 개의 수산기가 free radical과의 환원 반응에 참여하기 때문에 총폴리페놀 함량에 의존적으로 라디칼 소거능이 증가한다고 생각된다(Choi 등, 2015; Kang과 Lee, 2013; Kim과 Park, 2011). 하지만 총폴리페놀 함량과 라디칼 소거 반응은 유사한 결과를 보이지 않았고, 이는 Kim 등(2012)의 보고와 일치하였다. 이는 폴리페놀 화합물의 구조적 차이에 의한 라디칼 소거능의 차이에 기인된 것으로 해석하거나(Lee 등, 2013; Shon 등, 2008), 폴리페놀 화합물 이외에 항산화 활성 관련 물질인 vitamin C와 E 같은 영양성분들이 라디칼 소거능에 복합적으로 작용하여 나타난 결과로 추정 가능하다(Kang 등, 2017).

3.3. 무기질 함량

큰비썩의 무기질 분석 결과는 Table 3과 같다. 다량 무기질인 나트륨(Na), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)과 미량 무기질인 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn), 구리(Cu)의 함량을 확인하였다. 큰비썩 4종의 총 무기질 함량은 33,026.06-72,507.37 mg/kg으로 자생 어린잎의 함량이 가장 높았다. Na 함량은 자생 어린잎이 38,453.64 mg/kg으로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 자생 성숙잎(14,785.41 mg/kg), 재배 어린잎(5,953.30 mg/kg), 재배 성숙잎(2,393.42 mg/kg) 순으로 유의적인 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$). 자생 큰비썩은 염분농도가 높은 염전 주변 습지에서 성장하는 염생식물로서 칠면초처럼 나트륨이 다량 함유되어

있었다(Park 등, 2016). 염생식물의 특성상 많이 함유되어 있는 나트륨 함량을 제외하고, 총 무기질 함량을 비교해 본 결과, 재배 어린잎 > 재배 성숙잎 > 자생 어린잎 > 자생 성숙잎 순으로 함량이 높았고, 재배잎이 자생잎보다 높은 함량을 나타내었다.

K 함량은 11,580.12-31,640.98 mg/kg, Ca 함량은 3,216.56-13,131.14 mg/kg, Mg 함량은 3,000.38-4,274.35 mg/kg이었다. K 함량은 재배 어린잎과 성숙잎이 각각 31,640.98 mg/kg, 30,542.70 mg/kg으로 가장 많았고, 그다음으로 Ca 함량이 재배 어린잎과 성숙잎이 각각 13,131.14 mg/kg, 12,133.55 mg/kg으로 많았다. 특히 재배 어린잎은 자생 성숙잎과 비교했을 때 K와 Ca 함량이 약 2.7배와 4배 이상 높게 함유되어 있었다. Ha 등(2012)은 섬애썩에서 부위별로 무기질 함량을 비교했을 때 잎, 줄기, 뿌리에서 K와 Ca이 높은 함량을 나타냈고, Sim 등(1992)의 연구에서 참썩의 경우 채취 시기에 따라 봄 참썩에서 K와 Ca 함량이 높았고, Roh 등(1994)은 물썩과 수집종 썩의 무기질 함량 중 K와 Ca 함량이 높게 측정되어 본 연구에서 재배 큰비썩과 유사한 결과를 나타내었다.

미량 무기질 함량 중 Fe는 19.24-501.31 mg/kg, Mn은 불검출인 자생 성숙잎을 제외하고 5.83-101.75 mg/kg, Zn은 1.89-14.12 mg/kg, Cu는 5.99-16.76 mg/kg으로 자생 큰비썩은 Fe > Zn > Cu > Mn 순으로 함량이 높았고 재배 큰비썩은 Mn > Fe > Cu > Zn 순으로 그 함량이 높아 성장 환경별로 유사한 경향이 보였다. Mn은 자생 성숙잎에는 검출되지 않았지만, 재배 어린잎에서 101.75 mg/kg, 재배 성숙잎에서 81.34 mg/kg으로 자생 큰비썩과 비교하였을 때 높은 함량을 나타내었다. 이렇듯 썩의 무기질 함량은 식물의 종류와 품종, 토지의 pH와 유기물의 미량원소 함량에 따라 차이를 나타낸다(Lee 등, 2002).

3.4. 안전성 평가

중금속인 납(Pb), 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg)을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 본 시료는 생업을 채취하여 동결건조

Table 3. Mineral content of 4 kinds of *Artemisia fukudo* Makino (unit: mg/kg, dry basis)

Growth environment ¹⁾	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Total
NYL	38,453.64 ±641.23 ^{a2)}	24,259.47 ±346.56 ^c	4,992.66 ±38.92 ^c	4,274.35 ±60.73 ^a	501.31 ±1.25 ^a	5.83 ±0.22 ^c	14.12 ±0.25 ^a	5.99 ±0.75 ^d	72,507.37 ±1,021.21 ^a
NML	14,785.41 ±83.24 ^b	11,580.12 ±139.95 ^d	3,216.56 ±55.36 ^d	3,344.78 ±58.91 ^b	75.60 ±1.40 ^b	ND ³⁾	12.41 ±1.11 ^b	11.18 ±0.12 ^c	33,026.06 ±248.11 ^d
CYL	5,953.30 ±113.61 ^c	31,640.98 ±60.35 ^a	13,131.14 ±111.66 ^a	3,000.38 ±21.99 ^c	19.24 ±0.56 ^d	101.75 ±0.26 ^a	3.72 ±0.24 ^c	16.76 ±0.10 ^a	53,867.27 ±273.22 ^b
CML	2,393.42 ±64.96 ^d	30,542.70 ±348.71 ^b	12,133.55 ±187.21 ^b	3,080.22 ±49.54 ^c	27.61 ±0.14 ^c	81.34 ±4.38 ^b	1.89 ±0.36 ^d	16.45 ±0.20 ^b	48,277.18 ±50.13 ^c

¹⁾NYL, native young leaves; NML, native mature leaves; CYL, cultivated young leaves; CML, cultivated mature leaves.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different superscript letters (a-d) in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$) by Tukey-B test.

³⁾ND, not detected.

Table 4. Heavy metal content of 4 kinds of *Artemisia fukudo* Makino (unit: dry basis)

Growth environment ¹⁾	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	As (mg/kg)	Hg (μg/kg)
NYL	0.49±0.02 ^{a2)} (0.07±0.00 ^a)*	0.52±0.03 ^a (0.07±0.00 ^a)	0.14±0.00 ^b (0.02±0.00 ^b)	5.27±0.81 ^a (0.71±0.11 ^a)
NML	0.23±0.05 ^b (0.03±0.01 ^b)	0.22±0.03 ^c (0.03±0.00 ^c)	0.19±0.03 ^a (0.03±0.00 ^b)	2.03±0.80 ^b (0.27±0.11 ^b)
CYL	0.05±0.01 ^c (0.01±0.00 ^c)	0.36±0.02 ^b (0.05±0.00 ^b)	0.13±0.01 ^{bc} (0.02±0.00 ^{bc})	1.33±0.15 ^b (0.18±0.02 ^b)
CML	0.09±0.00 ^c (0.01±0.00 ^c)	0.22±0.01 ^c (0.03±0.00 ^c)	0.09±0.00 ^c (0.01±0.00 ^c)	0.97±0.06 ^b (0.13±0.01 ^b)

¹⁾NYL, native young leaves; NML, native mature leaves; CYL, cultivated young leaves; CML, cultivated mature leaves.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different superscript letters (^{a-c}) in the same column indicate significant differences (p<0.05) by Tukey-B test. * (), wet basis.

후, 수분함량 2% 이하의 분말 제품으로 실험을 실시하였다. 그 결과 Pb는 0.05-0.49 mg/kg, Cd는 0.22-0.52 mg/kg, As는 0.09-0.19 mg/kg, Hg는 0.97-5.27 μg/kg의 함량을 나타내었다. 자생 어린잎은 Pb 0.49 mg/kg, Cd 0.52 mg/kg, Hg 5.27 μg/kg으로 큰비쭉 4종에서 가장 높은 함량을 보였다. As는 자생 성숙잎이 0.19 mg/kg으로 가장 높은 함량을 보였다. 큰비쭉은 현재 중금속 허용 기준은 설정되어 있지 않으나, 수분함량을 고려한 큰비쭉과 식품공전에서 유사한 엽채류의 기준이 Pb 0.3 mg/kg, Cd 0.2 mg/kg 이하임과 비교할 경우 기준치에 적합한 함량을 보였다(MFDS, 2023).

잔류농약은 살충제 Acephate 등 170종, 제초제 Alachlor 등 107종, 살균제 Ametoctradin 등 116종, 성장조절제 6-benzyl aminopurine 등 총 402종을 분석한 결과 모두 검출되지 않았다 (data not shown).

4. 요약

국화과에 속하는 큰비쭉은 ‘갯쭉’으로도 알려져 있는 염생식물로서 생물학적 이용 가능성이 높은 2차 대사산물이 풍부할 것으로 기대되며, 항염, 항산화, 미백효과 등 다양한 생리 활성이 있다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 큰비쭉을 경쟁력 있는 작물로서 이용성을 높이고자 생장 환경별 총폴리페놀 함량, 라디칼 소거능, 무기질 함량, 중금속 및 잔류농약을 분석하였다. 총폴리페놀은 가장 높은 함량을 보인 자생 성숙잎을 제외하고는 유의적인 차이가 없었으나(p<0.05), ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능은 자생잎보다 재배잎에서 높은 활성을 보였다. 이는 폴리페놀 화합물의 구조적 요인이나 폴리페놀 화합물 이외의 영양성분들이 라디칼 소거능에 복합적으로 작용한 결과로 판단된다. 무기질 중 Na 함량은 자생 어린잎이 가장 높았으나, Na를 제외한 총 무기질 함량은 재배잎이 자생잎보다 높았다. K 및 Ca 함량은 자생잎보다 재배잎이 높았다. 큰비쭉 4종의

안전성을 알아보기 위해 중금속을 분석한 결과, Pb, Cd, As, Hg 이 검출되었으나, 엽채류 식약처 고시 기준인 Pb 0.3 mg/kg, Cd 0.2 mg/kg보다 낮은 수준으로 나타났고 전반적으로 재배잎이 자생잎보다 낮게 측정되었다. 잔류농약은 큰비쭉 4종에서 검출되지 않아 안전하다고 판단된다. 결론적으로 본 연구를 통해 재배 큰비쭉은 전라남도 해안지역 자생 큰비쭉과 비교하여 큰 차이가 없어 재배잎을 육종하여 대량생산한다면 이용 가능성이 높은 품종으로 활용 가능하다고 판단된다.

Funding

None.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Na HS, Cho JY. Methodology: Kang BR, Kim YK. Formal analysis: Kim EH, Kim YK, Kim AH, Oh GY, Park YM, Jo AH, Shin MY, An YJ, Lee SH. Writing - original draft: Kang BR, Lee SH. Writing - review & editing: Na HS, Lee SH.

Ethics approval

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

ORCID

Bo Ra Kang (First author)

<https://orcid.org/0009-0004-4044-8552>

Eun Hee Kim

<https://orcid.org/0009-0008-7011-6312>

Yeon Kyoung Kim

<https://orcid.org/0000-0002-7858-8559>

Ah Hhyun Kim

<https://orcid.org/0009-0009-5455-3747>

Gyu Yeon Oh

<https://orcid.org/0000-0003-0726-8328>

Yoo Min Park

<https://orcid.org/0009-0004-1079-7858>

Ah Hyeon Jo

<https://orcid.org/0000-0001-7189-7837>

Hwan Sik Na

<https://orcid.org/0000-0002-4982-5690>

Mi Yeong Shin

<https://orcid.org/0000-0003-3754-6907>

Yang Joon An

<https://orcid.org/0009-0008-3501-8506>

Jeong Yong Cho

<https://orcid.org/0000-0002-6044-627X>

So Hyeon Lee (Corresponding author)

<https://orcid.org/0009-0009-2467-0862>

References

- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200 (1958)
- Cho EK, Choi YJ. Antioxidant and anti-inflammatory activities of extracts of traditional medicinal plants mixtures 1 and 2. *J Life Sci*, 21, 596-603 (2011)
- Choi HJ, Kim EJ, Han MJ, Baek NI, Kim DH, Jung HG, Kim NJ. Hepatoprotective effect of fermented *Artemisia princeps* Pampanini by lactic acid bacteria. *Korean J Pharmacogn*, 38, 245-253 (2007)
- Choi MH, Kang JR, Sim HJ, Kang MJ, Seo WT, Bae WY, Shin JH. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of *Sumaeyaksuk* depending on harvest times and processing methods. *Korean J Food Preserv*, 22, 399-407 (2015)
- Choi SR, You DH, Kim JY, Park CB, Ryu J, Kim DH, Eun JS. Antioxidant and antimicrobial activities of *Artemisia capillaries* Thunberg. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 16, 112-117 (2008)
- Choi YM, Chung BH, Lee JS, Cho YG. The antioxidant activities of *Artemisia* spp. collections. *Korean J Crop Sci*, 51, 209-214 (2006)
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*, 50, 3010-3014 (2002)
- Ha GJ, Lee YH, Kim NK, Shon GM, Rho CW, Jeong HR, Heo HJ, Jeong CH. Nutritional chemical composition in the different parts of *Artemisia argyi* H. *J Agric Life Sci*, 46, 155-164 (2012)
- Hong HC. Cancer prevention activity and screening of antioxidant compounds from *Artemisia fukudo*. MS Thesis, Mokpo National University, Korea, p 49-57 (2009)
- Jeong JH, Hwang WH, An SH, Jeong HY, Lee HS, Baek JS, Choi KJ, Lee GH, Ra JE, Chung NJ, Lee SJ, Yun SJ. Seed germination, plant growth and antioxidant capacity of *Limonium tetragonum* under different salt concentration. *Korean J Plant Res*, 30, 364-371 (2017)
- Kang JR, Kang MJ, Shin JH, Park JH, Kim DI, Chung SY, Shin JH. Antioxidant and antidiabetic activities of various solvent extracts from *Stachys sieboldii* Miq. *Korean J Food Preserv*, 24, 615-622 (2017)
- Kang KM, Lee SH. Effects of extraction methods on the antioxidative activity of *Artemisia* sp. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1249-1254 (2013)
- Kim EJ, Choi JY, Yu M, Kim MY, Lee S, Lee BH. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Tech*, 44, 337-342 (2012)
- Kim JE. The discussion of sun-dried salt field and eco-cultural resources utilization in Jeungdo and Shineuido, Shinan county, Jeonnam. *J Korean Island*, 29, 309-330 (2017)
- Kim JS, Kong CS, Sim HB, Seo YG. Anti-invasive effect of *Artemisia scoparia* Halophyte extract and its solvent-partitioned fractions in human fibrosarcoma cells. *J Life Sci*, 31, 1100-1109 (2021)
- Kim MJ, Kim S, Hyun KH, Kim DS, Kim SY, Hyun CG. Antimelanogenic of *Artemisia fukudo* Makino extract in melanoma cells. *Korean Soc Biotech Bioeng J*, 32, 233-237 (2017)
- Kim MJ, Park EJ. Feature analysis of different *in vitro* antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1053-1062 (2011)
- Ko MS, Bae KH, Lee MH, Kim NY, Lee YK, Han MS, Song JM, Song G. Effect of seawater concentration on seed germination and seedling growth of *Artemisia fukudo*. *J Forest Sci*, 30, 120-125 (2014)
- Lee EB, Ahn D, Lee TG, Eun JS, Jeon H, Cha DS, Cui X, Shin TY, Cho CH, Kim DK. DPPH free radical scavengers from the aerial part of *Trigonotis peduncularis* Benth. *Kor J Pharmacogn*, 44, 230-234 (2013)
- Lee HJ, Hwang EH, Yu HH, Song IS, Kim CM, Kim MC,

- Hong JH, Kim DS, Han SB, Kang KJ, Lee EJ, Chung HW, The analysis of nutrients in *Artemisia capillaris* Thunberg. J Korean Soc Food Sci Nutr, 31, 361-366 (2002)
- Lee JS. Chemical constituents from *Artemisia fukudo* Makino of halophyte. MS Thesis, Gyeongnam National University of Science and Technology, Korea, p 47-49 (2018)
- Lee SH, Lee SO. Polyphenol contents and antioxidant activities of lentil extracts from different cultivars. J Korean Soc Food Sci Nutr, 45, 973-979 (2016)
- Lee SM, You Y, Kim K, Park J, Jeong C, Jhon DY, Jun W. Antioxidant activities of native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 327-332 (2012)
- Lee YM, Bae JH, Jung HY, Kim JH, Park DS. Antioxidant activity in water and methanol extracts from Korean edible wild plants. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 29-36 (2011)
- MFDS. Detection and quantitation of mineral, heavy metals, mercury, pesticide residues in foods. Food code. Available from: <https://www.mfds.go.kr>. Accessed Apr. 10, 2023.
- Park HH, Ko SC, Jung WK. Comparison of the biological activities of electro dialysis-desalted bioactive compounds from the halophyte *Suaeda japonica*. Korean J Fish Aquat Sci, 49, 124-130 (2016)
- Park MS, Nam BM, Chung GY. Taxonomic identities of *Artemisia capillaris* Thunb. and *A. scoparia* Waldst. & Kit. Korean J PI Taxon, 41, 1-9 (2011)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannai A, Yang M, Rice Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med, 26, 1231-1237 (1999)
- Roh TH, Lee JC, Lee KS, Shim JS. Component comparison of *Artemisia selengensis* and *Artemisia* sp. for *Artemisia selengensis* utilization. Korean J Med Crop Sci, 2, 174-179 (1994)
- Shon HK, Lee YS, Park YH, Kim MJ, Lee K. Physico-chemical properties of Gugija (*Lycii fructus*) extracts. Korean J Food Cook Sci, 24, 905-911 (2008)
- Sim YJ, Han YS, Chun HJ. Studies on the nutritional components of mugwort, *Artemisia mongolica* Fischer. Korean J Food Sci Tech, 24, 49-53 (1992)
- Yoon SR, So BR, Park J, Ryu JA. Changes in antioxidant activity and vitamin B₂ content of *Aster glehni* based on blanching time. Korean J Food Preserv, 29, 1139-1149 (2022)
- Yoon WJ, Lee JA, Kim JY, Oh DJ, Jung YH, Lee WJ, Park SY. Anti-oxidant activities and anti-inflammatory effects on *Artemisia scoparia*. Korean J Pharmacogn, 37, 235-240 (2006)