

# 채집지역에 따른 섬모시풀(*Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq.)의 항산화활성, 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량 차이

이경준<sup>1\*</sup>, 서혜민<sup>2</sup>, 이신애<sup>3</sup>, 김진호<sup>3</sup>, 김해림<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립호남권생물자원관 유전자원연구부, 선임연구원, <sup>2</sup>연구원, <sup>3</sup>전임연구원

## Antioxidant Activity, Total Polyphenol Content, and Total Flavonoid Content of *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. Collected from Six Regions

Kyung Jun Lee<sup>1\*</sup>, Hye Min Seo<sup>2</sup>, Shin Ae Lee<sup>3</sup>, Jin-Ho Kim<sup>3</sup> and Hae Lim Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Senior Researcher, <sup>2</sup>Researcher and <sup>3</sup>Associate Researcher, Division of Genetic Resources, Honam National Institute of Biological Resources, Mokpo 58762, Korea

**Abstract** - This study measured the antioxidant activity and phytochemical content of 192 *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. collected from six regions in order to identify the possibility of its industrial application. Two antioxidant activity assay (DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity) and two phytochemical content assay (total polyphenol content (TPC) and total flavonoid content (TFC)) of 192 samples were analyzed. The results showed that the DPPH radical scavenging activity of 192 samples was ranged from 0.02 to 1.35 mgAAE/g, and among them, the samples collected from Goheung ( $0.53 \pm 0.37$ ) and Ulleungdo ( $0.52 \pm 0.28$ ) showed the highest activity. The ABTS radical scavenging activity was showed the ranged from 0.07 to 1.81 mgAAE/g, and the samples collected at Ulleungdo ( $0.47 \pm 0.36$ ) showed the highest activity. The total polyphenol content of 192 samples was 18.6 to 234.8 ugGAE/g, and the samples collected at Mokpo ( $93.4 \pm 34.7$ ) and Jindo ( $90.4 \pm 24.5$ ) showed the highest content. The total flavonoid content was 0.10 to 1.22 mgQE/g and the samples collected at Ulleungdo ( $0.49 \pm 0.31$ ) showed the highest content. In the correlation analysis, there was no significant relationship between the environmental conditions and the antioxidant activity. The total polyphenol content showed a positive correlation with daily temperature difference, and negative correlation with average wind speed and average humidity, and total flavonoid content showed negative correlations with the average temperature, maximum temperature, and minimum temperature. This result can be used as a basic data establish the cultivation conditions of *B. nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. as a functional raw material to increase the usefulness of *B. nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq..

**Key words** – Antioxidant activity, *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq., Environmental condition, Phytochemical content

### 서 언

쐐기풀과(Urticaceae)의 모시풀 속(*Boehmeria*)에는 약 10여 종이 자생하며, 이 중 모시풀(*Boehmeria nivea* (L.) Gaudich.)

은 예로부터 섬유용, 식용, 약용으로 이용되어 왔다(Chung *et al.*, 2016; Jung *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2016b; Lee *et al.*, 2009). 섬모시풀(*Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq.)은 모시풀이 기본적으로 모시풀은 줄기에 거친 털이 뽀뽀하게 나며 턱잎이 잎자루에 붙지 않고 잎 뒷면이 흰색 또는 회색을 띠지만 섬모시풀은 줄기에 부드러

\*교신저자: E-mail lkj5214@hnibr.re.kr  
Tel. +82-61-288-7976

운 털이 있고 턱잎이 잎자루에 다소 붙고 잎 뒷면이 녹색을 띠므로 구분된다(NIBR, 2013). 섬모시풀 또한 모시풀과 마찬가지로 식용, 약용 및 섬유용으로 이용되고 있으나 모시풀과 비교하면 연구가 미미한 실정이다(Jung *et al.*, 2020).

모시풀은 비타민, 미네랄, 플라보노이드, 카로티노이드, 루틴 등이 풍부하며, 동의보감에서 그 뿌리는 저마근(苧麻根)으로 불리며, 페놀류, tri-terpenoids, chlorogen 등이 함유되어 있어 다양한 생리활성을 보인다고 보고되어 있다(Lee *et al.*, 2016b; Lee *et al.*, 2018; Sancheti *et al.*, 2010). 모시풀 잎에는 식이섬유, 아미노산, 비타민 C, Ca, K, Mg 등이 풍부하고 항산화 활성을 가지는 폴리페놀과 플라보노이드를 다량 함유하고 있다(Cho *et al.*, 2017; Jang and Yoon, 2006; Kim, 2010). 이전 연구에서 모시풀의 항균 활성, 항산화 활성 및 암 세포주에 대한 세포독성, 지질 개선 및 항비만 효과, 변비 개선 효과 등의 생리활성이 밝혀졌다. (Kim *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2011; Oh, 2012; Son, 2007).

최근 고령화 및 서구화된 식습관때문에 당뇨, 암, 심혈관계 질환 등 만성질환이 증가하고 있으며, 이는 활성산소(ROS, reactive oxygen species)의 비정상적 증가가 원인 중 하나로 알려졌다(Kang *et al.*, 2016; Tanaka *et al.*, 2000; Wiseman, 1996). 이러한 활성산소로부터의 피해를 예방하기 위해 항산화제에 관한 관심이 높아지고 있으며, BHT (butylated hydroxytoluene) 이나 BHA (butylated hydroxyanisole) 등 합성 항산화제가 주로 이용됐으나 이러한 성분들은 부작용을 유발할 우려가 있기 때문에 천연 항산화제에 대한 관심이 높아지고 있다(Amarowicz and Raab, 1997; Fang *et al.*, 2002; Gowri and Vasantha, 2010; Lee *et al.*, 2021).

천연 생리활성 물질인 파이토케미칼은 통곡물, 두류, 차, 초콜릿 등에 풍부하게 들어 있으며, 주로 폴리페놀, 플라보노이드 이소플라본, 사포닌 등이 이에 속한다(Lee *et al.*, 2020b; Xiao, 2017; Xiao and Bai, 2019; Zhao *et al.*, 2018). 이들은 항산화, 항암, 세포보호 등의 생리활성을 보이기 때문에 인간 건강에 중요한 역할을 하며 천연 항산화제로 관심이 높아지고 있다(Ajila and Rao, 2008; Makhaik *et al.*, 2021). 파이토케미칼의 함량은 식물이 처해있는 환경 조건이나 생육 조건에 영향을 받아 달라지며 이렇게 달라진 파이토케미칼의 차이는 섭취를 했을 때 효과의 차이로 나타날 수 있다(Gololo, 2018). 식물에는 카로티노이드, 피토스테롤, 사포닌, 글루코시놀레이트, 폴리페놀, 플라보노이드 등 건강에 이익을 주는 다양한 파이토케미칼이 존재한다(Leitzmann, 2016; Makhaik *et al.*, 2021). 이 중 폴리페놀

과 플라보노이드는 항산화 활성이 우수하며 노화 및 미백 효과 등의 연구결과들이 보고되어 있다(Jung *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2019; Leitzmann, 2016; Makhaik *et al.*, 2021).

항산화 활성은 자유라디칼에 의해 유발되는 심장질환, 신경계 질환, 당뇨, 암 등에 예방 효과가 있다(Lee *et al.*, 2020a; Makhaik *et al.*, 2021). 기존의 많은 연구에서 식물의 추출물의 항산화 활성을 측정하기 위하여 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼소거능, ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate)) 라디칼소거능 등 다양한 방법을 이용하여 있으며, 또한 총 폴리페놀함량, 총 플라보노이드 등 파이토케미칼 함량을 측정하여 간접적으로 항산화 활성을 평가, 보고하였다(Jung *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2020b; Lee *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2018; Woo *et al.*, 2012). 본 연구에서는 6개 지역에서 채집한 섬모시풀 192개체의 DPPH 라디칼소거능, ABTS 라디칼소거능, 총 폴리페놀함량, 총 플라보노이드 함량을 분석하였다. 이를 통하여 섬모시풀의 생육환경에 따른 항산화 활성 및 생리활성물질 함량을 비교하고 이를 바탕으로 새로운 기능성 소재로 활용 가능성을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 식물재료

본 연구에서 사용된 섬모시풀 192개체는 2021년 7월에 고흥, 흑산도, 진도, 목포, 울릉도, 여수 등 6개 지역에서 새잎 부위를 채취하였다(Fig. 1). 채취한 시료는 동결건조를 한 후 시료분쇄기(Tisselyser II, Qiagen, Germany)를 이용하여 분쇄한 후 실험에 이용할 때까지 4℃에 보관하였다.

### 기상정보

6개 지역의 4월에서 7월까지의 평균온도, 최고온도, 최저온도, 일교차, 평균풍속, 평균습도는 기상청에서 제공하는 기상자료 개방 포털 (<https://data.kma.go.kr/>)의 정보를 받아 분석하였다.

### 추출물 제조

분쇄한 섬모시풀 100 mg에 70% 에탄올 1 mL를 첨가한 후 진탕 배양기를 이용해 상온에서 1시간 동안 혼합한 후 원심분리기(R-5418R, eppendorf, Germany)를 이용하여 12,000 rpm으로 10분간 원심분리하였다. 그 후 상층액을 새 튜브에 옮긴 후 이를 항산화 활성 및 생리활성물질 함량 측정에 이용하였다.

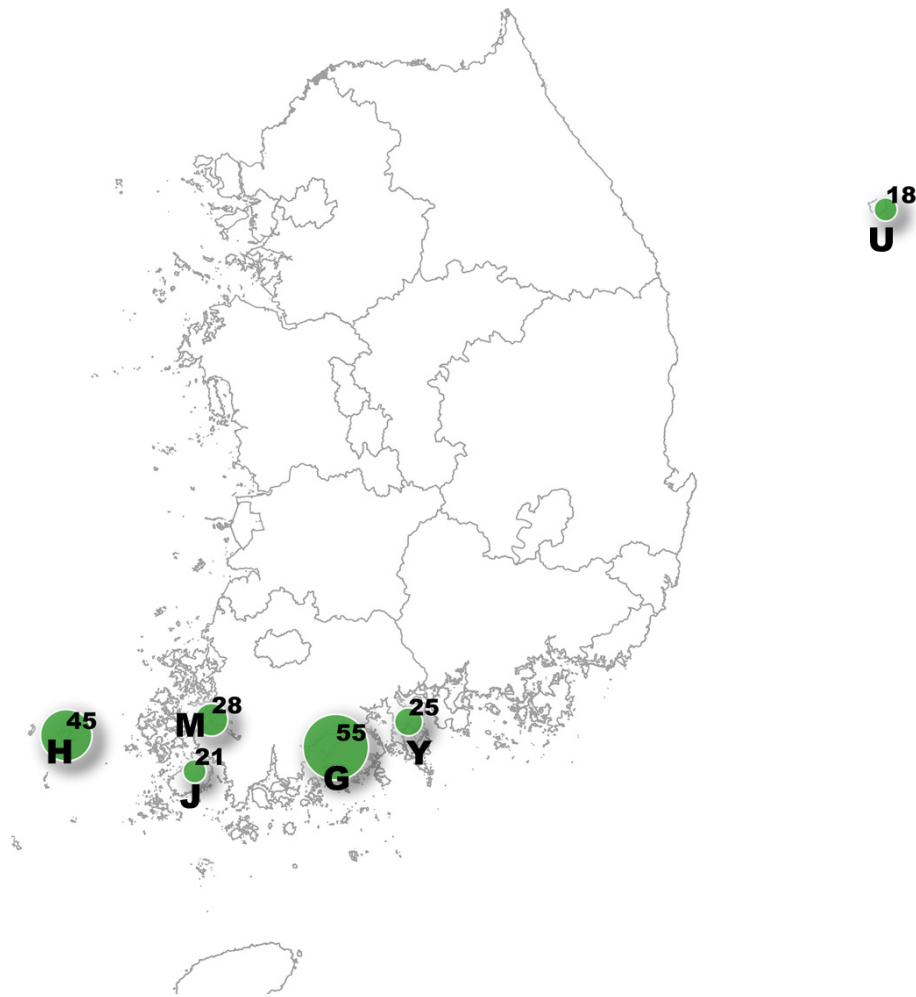


Fig. 1. Six collection regions of 192 *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. samples used in this study. G, Goheung; H, Heuksando; J, Jindo; M, Mokpo; U, Ulleungdo; Y, Yeosu.

#### DPPH 라디칼소거능

섬모시풀의 DPPH라디칼소거능은 Lee *et al.* (2016a)이 기술한 방법에 따라 진행하였다. 150  $\mu$ M의 농도로 DPPH 시약을 100% 에탄올에 녹인 DPPH 반응 용액 150  $\mu$ L에 섬모시풀 추출물 100  $\mu$ L를 첨가한 후 암상태의 상온에서 30분간 반응시킨다. 이후 흡광도계(Epoch, Bio-Tec, Winooski, VT, USA)를 이용하여 517에서 흡광도를 측정하였다. 결과 값은 Ascorbic acid를 표준물질로 작성한 표준곡선으로 DPPH 라디칼소거능을 구한 후 시료 g당 mg Ascorbic acid equivalent (AAE)로 표시하였다.

#### ABTS 라디칼소거능

섬모시풀의 ABTS라디칼소거능은 Lee *et al.* (2016a)이 기술한 방법에 따라 진행하였다. ABTS 반응 용액은 7 mM ABTS와

2, 45 mM potassium persulfate를 혼합한 후 암상태의 상온에서 24시간 반응을 시킨 후 메탄올을 이용하여 735 nm에서 흡광도가  $0.7 \pm 0.02$ 가 되도록 희석하여 제작한다. 제작한 ABTS 반응 용액 190  $\mu$ L에 섬모시풀 추출물 10  $\mu$ L를 첨가한 후 상온에서 6분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과 값은 ascorbic acid를 표준물질로 작성한 표준곡선으로 ABTS 라디칼소거능을 구한 후 시료 g당 mg Ascorbic acid equivalent (AAE)로 표시하였다.

#### 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시약이 폴리페놀 화합물에 의해 반응하여 몰리브덴 청색으로 발색 되는 원리를 이용한 방법으로 Lee *et al.* (2016a)이 기술한 방법에 따라 진행하였

다. Folin-Ciocalteu 용액 100  $\mu$ L에 섬모시폴 추출물 100  $\mu$ L를 첨가한 후 상온에서 3분간 반응시킨다. 그 후 2% sodium carbonate 100  $\mu$ L를 넣고 상온에서 다시 30분간 반응시킨다. 750 nm에서 흡광도를 측정한 후 gallic acid를 표준물질로 작성한 표준곡선으로 총 폴리페놀 함량을 구한 후 시료 g당 mg Gallic acid equivalent (GAE)로 표시하였다.

**총 플라보노이드 함량**

섬모시폴의 총 플라보노이드 함량은 Lee et al. (2017)이 기술한 방법에 따라 진행하였다. 100  $\mu$ L 섬모시폴 추출물에 메탄올에 2% 농도로 녹인 aluminum chloride 용액 100  $\mu$ L를 첨가한 후 10분간 상온에 반응시킨다. 그 후 430 nm에서 흡광도를 측정하고 quercetin을 표준물질로 작성한 표준곡선으로 총 플라보노이드 함량을 구한 후 시료 g 당 mg quercetin equivalent (QE)로 표시하였다.

**통계분석**

본 연구 결과는 평균  $\pm$  표준편차로 표현하였으며 R 프로그램 (<http://www.r-project.org>)을 이용하여 통계처리 및 상관분석을 하였으며, ANOVA를 이용하여 Duncan's multiple range test로 5% 수준에서 유의성을 검증하였다( $p < 0.05$ ).

**결과 및 고찰**

**섬모시폴의 항산화 활성, 총 페놀함량, 총 플라보노이드 함량 비교**

6개 지역에서 섬모시폴 192개체를 수집하여 항산화 활성 분석을 수행하였다(Appendix 1). DPPH 라디칼 소거능은 0.02 (R-32)에서 1.35 (R-18) mgAAE/g로 평균 0.43  $\pm$  0.01 mgAAE/g으로 나타났다(Table 1). ABTS 라디칼 소거능은 0.07 (R-36)에서 1.81 (R-142) mgAAE/g으로 평균 0.35  $\pm$  0.01 mgAAE/g으로 나

타났다. 기존의 많은 연구에서 모시폴의 잎 추출물의 항산화 활성을 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, NO 소거능, SOD 소거능, OH 소거능 등의 다양한 방법을 통하여 분석하였다(Chung et al., 2016; Jung et al., 2020; Kim et al., 2015; Lee et al., 2016b; Lee et al., 2009). Kim et al. (2015)은 70% 에탄올 모시폴잎 추출물 DPPH 라디칼 소거능(34.72  $\mu$ g/mL)이 고구마잎 에탄올추출물(109~168  $\mu$ g/mL, Li et al., 2012), 곤드레 잎 에탄올추출물(111.19  $\mu$ g/mL, Lee et al., 2006)보다 우수한 전자공여 활성을 가진다고 보고하였으며, 비타민C와 DPPH 라디칼 소거능(4.65  $\mu$ g/mL)을 비교했을 때 활성이 낮지만 상당히 우수하다고 보고하였다. Jung et al. (2020)은 모시폴잎 70% 에탄올추출물에서 ABTS 라디칼 소거능(188.1  $\mu$ g/mL)을 보인다고 하였다. 본 연구에서는 비록 기존 논문과의 직접적 비교는 어려우나 각각 섬모시폴 1g당 비타민C 0.43 mg (DPPH라디칼 소거능), 0.35 mg (ABTS라디칼 소거능) 수준의 항산화 활성을 확인하였다.

6개 지역에서 수집한 섬모시폴 192개체의 총 폴리페놀 함량은 18.6 (R-24) 에서 234.8 (R-142)  $\mu$ gGAE/g으로 평균 74.5  $\pm$  1.5  $\mu$ gGAE/g을 보였으며, 총 페놀함량은 0.10 (R-110)에서 1.22 (R-142) mgQE/g으로 평균 0.33  $\pm$  0.01 mgQE/g으로 나타났다. Jung et al. (2020)에 따르면 섬모시폴은 모시폴, 왕모시폴, 개모시폴과 비슷한 함량의 총 폴리페놀 함량을 보인다고 하였으며, 총 폴리페놀이 높을수록 항산화 효능도 우수하다고 보고하였다.

**채집지에 따른 섬모시폴의 항산화 활성, 총 페놀함량, 총 플라보노이드 함량 비교**

섬모시폴을 채집한 6지역의 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능은 Table 2와 같다. DPPH라디칼 소거능은 고흥과 울릉도에서 채집한 섬모시폴이 각각 0.53  $\pm$  0.37, 0.52  $\pm$  0.28 mgAAE/g으로 가장 높은 항산화 활성을 보였으며, 진도에서 채

Table 1. Analysis of variance analysis and descriptive statistics of antioxidant activity, total polyphenol content, and total flavonoid content in 192 *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. samples

	Min	Max	Mean	SD.	Median	Skewness	Kurtosis	CV (%)	F-value
DPPH (mgAAE/g)	0.02	1.35	0.43	0.01	0.34	0.873	-0.085	75.1	220.7***z
ABTS (mgAAE/g)	0.07	1.81	0.35	0.01	0.31	3.294	24.336	51.7	96.95***
TPC ( $\mu$ gGAE/g)	18.6	234.8	74.5	1.5	67.5	1.388	3.813	46.9	185.7***
TFC (mgQE/g)	0.10	1.22	0.33	0.01	0.3	2.350	12.309	49.1	25.05***

\*\*\*,  $p < 0.001$ .

Table 2. Average of antioxidant activity, total polyphenol content, and total flavonoid content according to six collection regions

Collection area	DPPH (mgAAE/g)	ABTS (mgAAE/g)	TPC (ugGAE/g)	TFC (mgQE/g)
Goheung (G)	0.53 ± 0.37a <sup>z</sup>	0.35 ± 0.16b	76.5 ± 38.2b	0.33 ± 0.15bc
Mokpo (M)	0.40 ± 0.28b	0.39 ± 0.15b	93.4 ± 34.7a	0.33 ± 0.10bc
Yeosu (Y)	0.38 ± 0.20b	0.29 ± 0.08c	63.4 ± 14.6c	0.29 ± 0.10c
Ulleungdo (U)	0.52 ± 0.28a	0.47 ± 0.36a	76.9 ± 48.5b	0.49 ± 0.31a
Jindo (J)	0.27 ± 0.20c	0.39 ± 0.10b	90.4 ± 24.5a	0.36 ± 0.07b
Heuksando (H)	0.39 ± 0.35b	0.28 ± 0.13c	58.1 ± 26.3c	0.28 ± 0.14c

<sup>z</sup>The same letter in each column indicates no significant difference by Duncan's multiple range test,  $p < 0.05$ .

Table 3. Environmental condition of six collection regions from April to July on 2021

Collection Area	AT <sup>z</sup> (°C)	HT (°C)	LT (°C)	DT (°C)	AW (m/s)	AH (%)
Goheung	20.8 ± 5.2a <sup>x</sup>	25.8 ± 4.8a	16.2 ± 6.4c	9.6 ± 3.7a	1.3 ± 0.6e	75.3 ± 13.2c
Mokpo	21.5 ± 5.5a	25.3 ± 5.4ab	18.4 ± 6.0a	6.9 ± 2.3c	3.1 ± 1.0c	74.6 ± 13.0c
Yeosu	21.7 ± 5.1a	24.9 ± 4.7ab	19.1 ± 5.7a	5.8 ± 2.2d	3.6 ± 1.4b	73.5 ± 15.9c
Ulleungdo	19.3 ± 5.4b	22.5 ± 5.3c	16.6 ± 5.9bc	5.9 ± 2.1d	3.3 ± 1.7bc	80.2 ± 12.9b
Jindo	20.9 ± 5.4a	25.3 ± 5.1ab	16.6 ± 6.4bc	8.7 ± 3.3b	2.1 ± 0.8d	78.4 ± 11.0b
Heuksando	20.4 ± 5.4ab	24.2 ± 5.3b	17.8 ± 5.7ab	6.4 ± 1.7cd	4.4 ± 2.1a	85.2 ± 10.7a

<sup>z</sup>AT, Average Temperature; HT, Highest Temperature; LT, Lowest Temperature; DT, Daily Temperature change; AW, Average Wind Speed; AH, Average Humidity.

<sup>x</sup>The same letter in each column indicates no significant difference by Duncan's multiple range test,  $p < 0.05$ .

집한 섬모시폴이 0.27 ± 0.20 mgAAE/g으로 가장 낮은 활성을 보였다. ABTS라디칼 소거능에서는 울릉도에서 채집한 섬모시폴이 0.47 ± 0.36 mgAAE/g으로 가장 높은 항산화 활성을 보인 반면 여수(0.29 ± 0.08 mgAAE/g)와 흑산도(0.28 ± 0.13 mgAAE/g)에서 채집한 섬모시폴들이 가장 낮은 활성을 보였다.

총 폴리페놀함량은 목포(93.4 ± 34.7 ugGAE/g)와 진도(90.4 ± 24.5 ugGAE/g)에서 채집한 섬모시폴이 가장 높은 함량을 보였으며, 여수(63.4 ± 14.6 ugGAE/g)와 흑산도(58.1 ± 26.3 ugGAE/g)에서 채집한 섬모시폴이 가장 낮은 함량을 보였다. 총 플라보노이드 함량은 울릉도가 0.49 ± 0.31 mgQE/g으로 가장 높았으며, 여수(0.29 ± 0.10 mgQE/g)와 흑산도(0.28 ± 0.14 mgQE/g)에서 채집한 섬모시폴이 가장 낮았다. 많은 식물에서 파이토케미칼과 항산화 활성은 생육환경에 따라 차이를 보인다고 보고되어 있다(Choe *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2017a; Kumar *et al.*, 2017b; Woo *et al.*, 2012). 본 연구에서도 채집지에 따라 섬모시폴의 항산화활성과 총 페놀함량, 총 플라보노이드 함량의 차이를 보인 것은 채집지별 환경조건이 다르기 때문일 것이다. 실제, 기상청에서 받은 각 채집지별 4월에서 8월까지

지 환경조건을 보면, 평균 온도, 최고 온도, 최저 온도, 일교차, 평균 풍속, 평균 습도 모두 유의적 차이를 보인 것을 알 수 있다 (Table 3).

#### 항산화 활성, 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, 환경조건 간의 상관관계

섬모시폴의 항산화 활성, 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, 기상 조건 간의 상관관계는 Fig. 2와 같다. 항산화 활성과 총 폴리페놀함량, 총 플라보노이드 함량은 모두 정의 상관관계를 보였다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능( $r = 0.64$ ,  $p < 0.0001$ ), 총 폴리페놀 함량( $r = 0.685$ ,  $p < 0.0001$ ), 총 플라보노이드 함량( $r = 0.42$ ,  $p < 0.0001$ )과 정의 상관관계를 보였다. ABTS 라디칼 소거능은 총 폴리페놀함량( $r = 0.85$ ,  $p < 0.0001$ ), 총 플라보노이드 함량( $r = 0.71$ ,  $p < 0.0001$ )과 정의 상관관계를 보였다. 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량도 정의 상관관계( $r = 0.58$ ,  $p < 0.0001$ )을 보였다.

환경조건과의 상관관계를 보면 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능은 평균온도, 최고온도, 최저온도, 일교차,

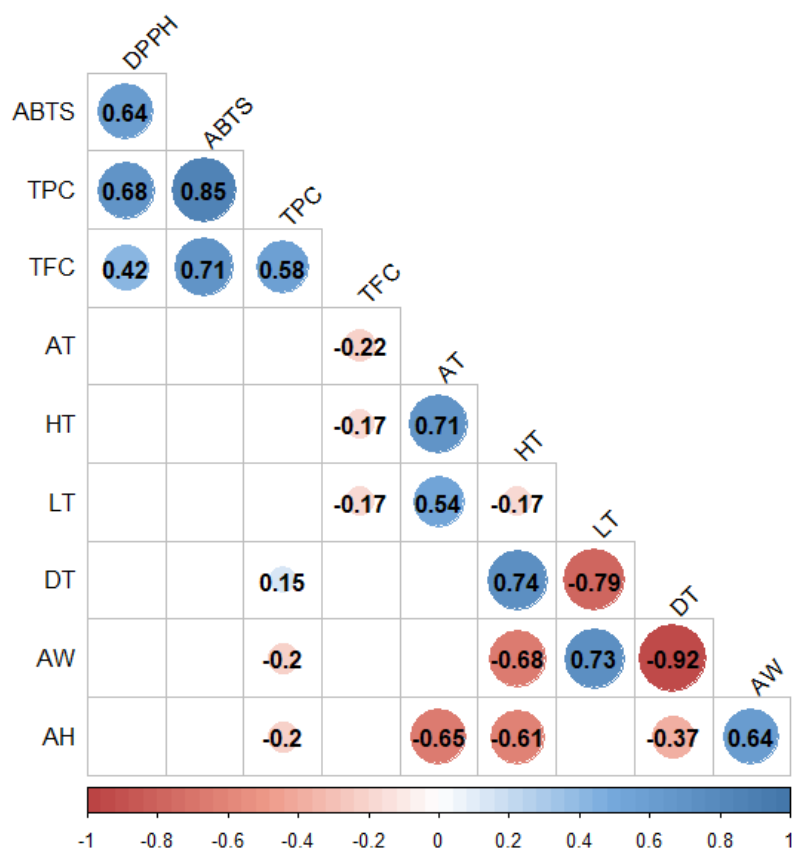


Fig. 2. Correlation coefficients between antioxidant activity, total polyphenol content, total flavonoid content, and environmental factors of each collection regions of 192 *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. samples. AT, Average Temperature; HT, Highest Temperature; LT, Lowest Temperature; DT, Daily Temperature change; AW, Average Wind Speed; AH, Average Humidity.

평균 풍속, 평균 습도 모두와 유의적 상관관계를 보이지 않았다. 총 폴리페놀 함량의 경우 일교차와 정의 상관관계( $r = 0.15, p < 0.05$ )를 보였으며, 평균 풍속( $r = -0.20, p < 0.01$ ), 평균 습도( $r = -0.20, p < 0.01$ )와 부의 상관관계를 보였다. 총 플라보노이드 함량은 평균 온도( $r = -0.22, p < 0.01$ ), 최고 온도( $r = -0.17, p < 0.05$ ), 최저 온도( $r = -0.17, p < 0.05$ )와 부의 상관관계를 보였다. 기존의 많은 연구에서 환경과 파이토케미칼과의 상관관계에 대해 설명한 바 있다(Choe *et al.*, 2017; Jung *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2017a; Kumar *et al.*, 2017b; Šamec *et al.*, 2022; Wang and Zheng, 2001). Wang and Zheng (2001)은 딸기 생육 시 일교차가 클수록 페놀산 및 플라보노이드 등 총 폴리페놀의 함량이 증가한다고 보고를 하였다. 유칼립투스 어린 모에서 바람의 조건에 따라 페놀함량이 변화한다고 보고 하였으며, 그 밖에 탄소 함량, 효소, 리그닌 함량 등의 변화에 영향을 준다고 보고되어 있다(Cipollini and Redman, 1999; Cipollini

Jr, 1997; McArthur *et al.*, 2010; Niesenbaum *et al.*, 2006). Cipollini and Redman (1999)은 양파에서 풍속과 습도가 총 페놀함량과 부의 상관관계를 보인다고 보고 하였다. 상추와 케일 어린 모 시기에는 낮은 온도에 의해 높은 총 플라보노이드 함량을 보인다고 보고하였으며, 이는 낮은 온도가 PPO (polyphenol oxidase), PAL (Phenylalanine ammonia-lyase) 등의 플라보노이드 생합성 유전자에 영향을 미쳐 함량이 증가한다고 하였다(Boo *et al.*, 2011; Šamec *et al.*, 2022).

### 적 요

본 연구에서는 섬모시물의 항산화 활성과 유용성분을 채집 지역별로 측정하였다. 6개 지역에서 채집한 섬모시물 192개체의 DPPH라디칼 소거능은  $0.02 \sim 1.35 \text{ mgAAE/g}$ 으로 나타났으며, 고흥( $0.53 \pm 0.37$ )과 울릉도( $0.52 \pm 0.28$ )에서 채집한 섬

모시풀이 가장 높은 활성을 보였다. ABTS라디칼 소거능은 0.07 ~ 1.81 mgAAE/g으로 울릉도(0.47 ± 0.36)에서 채집한 시료들이 가장 높은 활성을 보였다. 총 폴리페놀의 함량은 18.6 ~ 234.8 µgGAE/g으로 목포(93.4 ± 34.7)와 진도(90.4 ± 24.5)에서 채집한 섬모시풀이 가장 높은 함량을 보였으며, 총 플라보노이드 함량은 0.10 ~ 1.22 mgQE/g으로 울릉도(0.49 ± 0.31)에서 채집한 섬모시풀이 가장 높은 함량을 보였다. 상관관계 분석에서 환경조건과 항산화 활성은 유의적 관계를 보이지 않았으며 총 폴리페놀 함량은 일교차와 정의 상관을 보였고, 평균풍속, 평균 습도와는 부의 상관을 보였다. 총 플라보노이드의 경우 평균온도, 최고온도, 최저온도와 모두 부의 상관관계를 보였다. 본 연구 결과 채집지역 환경에 따라 섬모시폴의 생리활성물질 함량차이를 확인할 수 있었으며 환경요인과 상관관계가 없었던 항산화 활성의 지역적 차이는 생리활성물질의 차이에서 기인한 것으로 사료한다. 추후 채집지역별 섬모시폴의 유전적, 연차간 차이에 관한 추가적 연구가 필요하지만 본 결과는 기능성 원료로 섬모시폴의 가능성과 유용성 증대 섬모시폴 재배조건 확립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 사 사

본 연구는 환경부의 재원으로 국립호남권생물자원관(HNIBR-202101115)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- Ajila, C. and U.P. Rao. 2008. Protection against hydrogen peroxide induced oxidative damage in rat erythrocytes by *Mangifera indica* L. peel extract. *Food Chem. Toxicol.* 46 (1):303-309.
- Amarowicz, R. and B. Raab. 1997. Antioxidative activity of leguminous seed extracts evaluated by chemiluminescence methods. *Z. Naturforsch. C* 52:709-712.
- Boo, H.-O., B.-G. Heo, S. Gorinstein and S.-U. Chon. 2011. Positive effects of temperature and growth conditions on enzymatic and antioxidant status in lettuce plants. *Plant Sci.* 181(4):479-484.
- Cho, S., J. Lee, Y.M. Kim, Y.S. Jung, H.B. Kim, E.J. Cho and S. Lee. 2017. Chemical composition of different parts of ramie (*Boehmeria nivea*). *Kor. J. Agri. Sci.* 44(1):95-103.
- Choe, M., J. Ko, S. Song, C. Park, J. Ko and D. Kwak. 2017. Changes in functional materials and antioxidant activity according to cultivation environment in the grain of sorghum 'Donganme'. *J. Kor. Soc. Int. Agric.* 29(4):400-407.
- Chung, M.-Y., S.H. Kim, H.-K. Choi, J. Park and J.-T. Hwang. 2016. Effect of *Boehmeria nivea* on adipocyte differentiation and angiogenesis. *KSBB J.* 31(3):145-150.
- Cipollini, D.F. and A.M. Redman. 1999. Age-dependent effects of jasmonic acid treatment and wind exposure on foliar oxidase activity and insect resistance in tomato. *J. Chem. Ecol.* 25(2):271-281.
- Cipollini Jr., D.F. 1997. Wind-induced mechanical stimulation increases pest resistance in common bean. *Oecologia* 111 (1):84-90.
- Fang, Y.-Z., S. Yang and G. Wu. 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition* 18(10):872-879.
- Gololo, S.S. 2018. Potential Adverse Effects of Alteration of Phytochemical Accumulation in Fruits and Vegetables. *In T. Asao and M. Asaduzzaman (eds.), Phytochemicals - Source of Antioxidants and Role in Disease Prevention.* IntechOpen, London, United Kingdom.
- Gowri, S. and K. Vasantha. 2010. Free radical scavenging and antioxidant activity of leaves from Agathi (*Sesbania grandiflora* L.) Pers. *Am.-Eur. J. Sci. Res.* 5(2):114-119.
- Jang, M.S. and S.J. Yoon. 2006. Characteristics of quality in Jeolpyun with different amounts of ramie. *Kor. J. Food Cookery Sci.* 22(5): 636-641.
- Jung, G.S., S.H. Lee, S.-K. Yang, S.P. Moon, G. Song and J.Y. Kim. 2020. Antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory effect of *Boehmeria nivea* var. *nipononivea* extracts. *J. Soc. Cosmet. Sci. Kor.* 46(4):339-348.
- Kang, J.E., S.K. Park, T.J. Guo, J.Y. Kang, D.S. Lee, J.M. Kim, O.-J. Kwon, U. Lee and H.J. Heo. 2016. Antioxidant activity and comparative analysis of major functional compounds in liqueur using coffee and coffee-ground. *Kor. J. Food Preserv.* 23(4):560-567.
- Kim, C., M. In and D.C. Kim. 2015. *In vitro* antioxidant activity of ethanol extract from *Boehmeria nivea* L. leaves. *Food Eng. Prog.* 19(1):76.
- Kim, I.S., K.S. Park, H.H. Yu and M.K. Shin. 2009. Antioxidant activities and cell viability against cancer cells of *Adenophora remotiflora* leaves. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 19(3):384-

- 394.
- Kim, J.E., S.M. Jo and N.H. Lee. 2019. Antioxidative and anti-bacterial constituents from the extracts of *Rhododendron weyrichii* leaves. J. Soc. Cosmet. Sci. Kor. 45(4):341-351.
- Kim, O.S. 2010. Physiological and quality characteristics of bakery products added with Mosi leaf powder. Department of Life Sciences, Ph.D. Thesis, Sejong Univ., Korea. pp. 45-67 (in Korean).
- Kim, S.-M., D.-I. Shin, H.-S. Song, S.-K. Kim and S.-T. Yoon 2006. Geographical distribution and habitat characteristics of *Boehmeria* in South Korea. Kor. J. Med. Crop Sci. 14(1): 14-18.
- Kumar, S., A. Yadav, M. Yadav and J.P. Yadav. 2017a. Effect of climate change on phytochemical diversity, total phenolic content and *in vitro* antioxidant activity of *Aloe vera* (L.) Burm. BMC res. notes 10(1):1-12.
- Kumar, S., M. Yadav, A. Yadav and J.P. Yadav. 2017b. Impact of spatial and climatic conditions on phytochemical diversity and *in vitro* antioxidant activity of Indian *Aloe vera* (L.) Burm. S. Afr. J. Bot. 111:50-59.
- Lee, H.-J., E.J. Choi, S. Park and J.-J. Lee. 2020a. Laxative and antioxidant effects of ramie (*Boehmeria nivea* L.) leaf extract in experimental constipated rats. Food Sci. Nutr. 8(7):3389-3401.
- Lee, J.J., M.R. Park, A.R. Kim and M.Y. Lee. 2011. Effects of ramie leaves on improvement of lipid metabolism and antiobesity effect in rats fed a high fat/high cholesterol diet. Kor. J. Food Sci. Technol. 43(1):83-90.
- Lee, J.K., J. Lee, H.J. Cho, H.K. Yoon and M.S. Kim. 2018. Component content, antioxidant and ACE Inhibitory activity of ramie leaf (*Boehmeria nivea* M.) according to breeding lines. Kor. J. Food Nutri. 31(2):229-235.
- Lee, K.J., D.-Y. Baek, G.-A. Lee, G.-T. Cho, Y.-S. So, J.-R. Lee, K.-H. Ma, J.-W. Chung and D.Y. Hyun. 2020b. Phytochemicals and antioxidant activity of Korean black soybean (*Glycine max* L.) landraces. Antioxidants 9(3):213.
- Lee, K.J., G.-H. Kim, G.-A. Lee, J.-R. Lee, G.-T. Cho, K.-H. Ma and S. Lee. 2021. Antioxidant activities and total phenolic contents of three legumes. Kor. J. Plant Res. 34(6):527-535.
- Lee, K.J., J.-R. Lee, K.-H. Ma, Y.-H. Cho, G.-A. Lee and J.-W. Chung. 2016a. Anthocyanin and isoflavone contents in Korean black soybean landraces and their antioxidant activities. Plant Breed. Biotech. 4(4):441-452.
- Lee, K.J., K.-H. Ma, Y.-H. Cho, J.-R. Lee, J.-W. Chung and G.-A. Lee. 2017. Phytochemical distribution and antioxidant activities of Korean adzuki bean (*Vigna angularis*) landraces. J. Crop Sci. Biotech. 20(3):205-212.
- Lee, K.J., M.-J. Shin, G.-T. Cho, G.-A. Lee, K.-H. Ma, J.-W. Chung and J.-R. Lee. 2018. Evaluation of phytochemical contents and antioxidant activity of Korean common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. J. Kor. Soc. Int. Agric. 30 (4):357-369.
- Lee, S., J. Lee, M. Chung and H. Kang. 2016b. Antioxidants and antineuroinflammatory effect of ethanol extracts from *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich. J. Naturop. 5:33-37.
- Lee, S.-H., Y.-S. Jin, S.-I. Heo, T.-H. Shim, J.-H. Sa, D.-S. Choi and M.-H. Wang. 2006. Composition analysis and antioxidative activity from different organs of *Cirsium setidens* Nakai. Kor. J. Food Sci. Technol. 38(4):571-576.
- Lee, Y.-R., J.-W. Nho, I.-G. Hwang, W.-J. Kim, Y.-J. Lee and H.-S. Jeong. 2009. Chemical composition and antioxidant activity of ramie leaf (*Boehmeria nivea* L.). Food Sci. Biotech. 18(5):1096-1099.
- Leitzmann, C. 2016. Characteristics and health benefits of phytochemicals. J. Complement. Med. Res. 23(2):69-74.
- Li, M., G.Y. Jang, S.H. Lee, K.S. Woo, H.M. Sin, H.S. Kim, J. Lee and H.S. Jeong. 2012. Chemical compositions and antioxidant activities of leaves and stalks from different sweet potato cultivars. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41(12):1656-1662.
- Makhaik, M.S., A.K. Shakya and R. Kale. 2021. Dietary Phytochemicals: As a Natural Source of Antioxidants. In Waisundara, V. (ed.), Antioxidants - Benefits, Sources, Mechanisms of Action. IntechOpen, London, United Kingdom.
- McArthur, C., O.S. Bradshaw, G.J. Jordan, F.J. Clissold and A.J. Pile 2010. Wind affects morphology, function, and chemistry of eucalypt tree seedlings. Int. J. Plant Sci. 171(1):73-80.
- Niesenbaum, R.A., J.F. Cahill Jr and C.M. Ingersoll. 2006. Light, wind, and touch influence leaf chemistry and rates of herbivory in *Apocynum cannabinum* (Apocynaceae). Int. J. Plant Sci. 167(5):969-978.
- Oh, S.H. 2012. Effects of ramie leaf on the loperamide-induced constipation in rats. Major in Nutrition Education, Graduate School of Education, MS Thesis, Chosun University, Korea.
- Šamec, D., V. Ljubej, I.R. Redovniković, S. Fistančić and B. Salopek-Sondi. 2022. Low temperatures affect the physiological status and phytochemical content of flat leaf kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Sprouts. Foods 11(3):264.
- Sancheti, S., S. Sancheti and S.Y. Seo. 2010. Evaluation of anti-



- glycosidase and anticholinesterase activities of *Boehmeria nivea*. Pak. J. Pharm. Sci. 23(2):236-40.
- Son, M.H. 2007. The physicochemical properties and antimicrobial activity of *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich. Major of Food & Cooking Science Education, The Graduate School of Education, MS Thesis, Suncheon National Univ., Suncheon, Korea.
- Tanaka, H., F.A. Dinunno, K.D. Monahan, C.M. Clevenger, C.A. DeSouza and D.R. Seals. 2000. Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. Circulation 102(11):1270-1275.
- Wang, S.Y. and W. Zheng. 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. J. Agri. Food Chem. 49(10):4977-4982.
- Wiseman, H. 1996. Dietary influences on membrane function: Importance in protection against oxidative damage and disease. J. Nutr. Biochem. 7(1):2-15.
- Woo, K.-S., H.-I. Seo, Y.-H. Lee, H.-Y. Kim, J.-Y. Ko, S.-B. Song, J.-S. Lee, K.-Y. Jung, M.-H. Nam and I.-S. Oh. 2012. Antioxidant compounds and antioxidant activities of sweet potatoes with cultivated conditions. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 41(4):519-525.
- Xiao, J. 2017. Dietary flavonoid aglycones and their glycosides: Which show better biological significance? Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 57(9):1874-1905.
- Xiao, J. and W. Bai. 2019. Bioactive phytochemicals. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 59(6):827-829.
- Zhao, C., C. Yang, B. Liu, L. Lin, S.D. Sarker, L. Nahar, H. Yu, H. Cao and J. Xiao. 2018. Bioactive compounds from marine macroalgae and their hypoglycemic benefits. Trends Food Sci. Technol. 72:1-12.
- NIBR, 2013. Species Korea. (<https://species.nibr.go.kr/>)

(Received 15 July 2022 ; Revised 13 December 2022 ; Accepted 26 December 2022)

Appendix 1. Antioxidant activity, total polyphenol content, and total flavonoid content of 192 *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. in this study

Sample No.	DPPH (mgAAE/g)	ABTS (mgAAE/g)	TPC (ugGAE/g)	TFC (mgQE/g)	Region
R-1	0.58 ± 0.07	0.31 ± 0.02	49.9 ± 4.9	0.23 ± 0.03	Ulleungdo
R-2	0.8 ± 0.06	0.43 ± 0.01	69.3 ± 3.3	0.16 ± 0.01	Ulleungdo
R-3	0.36 ± 0.02	0.29 ± 0.01	50.1 ± 4.2	0.28 ± 0.07	Ulleungdo
R-4	0.52 ± 0.05	0.4 ± 0.03	64.5 ± 3.8	0.37 ± 0.09	Ulleungdo
R-5	0.36 ± 0.01	0.23 ± 0.01	46.0 ± 1.5	0.19 ± 0.07	Ulleungdo
R-6	0.3 ± 0.06	0.26 ± 0.01	48.0 ± 4.2	0.59 ± 0.03	Ulleungdo
R-7	0.4 ± 0.01	0.45 ± 0.01	54.7 ± 5.9	1.1 ± 0.15	Ulleungdo
R-8	0.23 ± 0.03	0.32 ± 0.04	52.5 ± 5.1	0.84 ± 0.18	Ulleungdo
R-9	0.33 ± 0.03	0.23 ± 0.01	50.6 ± 0.7	0.27 ± 0.01	Ulleungdo
R-10	0.27 ± 0.02	0.29 ± 0.01	33.6 ± 0	0.32 ± 0.08	Ulleungdo
R-11	0.26 ± 0	0.27 ± 0.03	45.5 ± 3.2	0.39 ± 0.04	Ulleungdo
R-12	0.36 ± 0.01	0.29 ± 0.03	45.9 ± 3.1	0.24 ± 0.03	Heuksando
R-13	0.86 ± 0.04	0.34 ± 0.01	69 ± 4.5	0.21 ± 0.03	Heuksando
R-14	0.45 ± 0.05	0.27 ± 0.01	47.9 ± 3.7	0.2 ± 0.03	Heuksando
R-15	0.48 ± 0.04	0.29 ± 0.01	51 ± 1.2	0.18 ± 0.11	Heuksando
R-16	0.32 ± 0.01	0.24 ± 0	45.8 ± 0.9	0.32 ± 0.03	Heuksando
R-17	0.43 ± 0.01	0.27 ± 0	51.5 ± 4.3	0.15 ± 0.06	Heuksando
R-18	1.35 ± 0.12	0.59 ± 0.02	106.2 ± 3.1	0.4 ± 0.07	Heuksando
R-19	0.89 ± 0.1	0.49 ± 0.03	61.3 ± 3.4	0.24 ± 0.08	Heuksando
R-20	0.83 ± 0.05	0.52 ± 0.02	73.4 ± 2.1	0.29 ± 0.04	Heuksando
R-21	1.24 ± 0.05	0.56 ± 0.01	100.5 ± 1.5	0.15 ± 0.04	Heuksando
R-22	0.84 ± 0.03	0.36 ± 0.02	67.9 ± 3.8	0.22 ± 0.02	Heuksando
R-23	0.86 ± 0.05	0.4 ± 0.01	84.4 ± 1.6	0.13 ± 0.01	Heuksando
R-24	0.04 ± 0	0.08 ± 0.01	18.6 ± 0.5	0.16 ± 0.06	Heuksando
R-25	0.06 ± 0	0.11 ± 0.01	21.7 ± 0.7	0.19 ± 0.06	Heuksando
R-26	0.05 ± 0	0.11 ± 0.01	20.9 ± 1.1	0.35 ± 0.1	Heuksando
R-27	0.07 ± 0	0.12 ± 0.01	21.5 ± 0.4	0.27 ± 0.06	Heuksando
R-28	0.05 ± 0.01	0.12 ± 0	24 ± 2	0.31 ± 0.06	Heuksando
R-29	0.06 ± 0	0.1 ± 0.01	19.2 ± 0.3	0.25 ± 0.01	Heuksando
R-30	0.07 ± 0	0.22 ± 0.02	37.7 ± 0.9	0.78 ± 0.03	Heuksando
R-31	0.05 ± 0.03	0.15 ± 0.01	29.6 ± 0	0.69 ± 0.05	Heuksando
R-32	0.02 ± 0	0.13 ± 0.01	28.1 ± 0.6	0.18 ± 0.02	Heuksando
R-33	0.04 ± 0	0.13 ± 0.02	27.8 ± 3	0.12 ± 0.01	Heuksando
R-34	0.03 ± 0	0.19 ± 0.02	32.4 ± 0.5	0.25 ± 0.06	Heuksando
R-35	0.06 ± 0	0.22 ± 0.04	41.4 ± 1.5	0.28 ± 0.07	Heuksando
R-36	0.03 ± 0	0.07 ± 0.01	23.1 ± 1.1	0.1 ± 0.04	Heuksando
R-37	0.74 ± 0.03	0.39 ± 0.02	91.4 ± 2.6	0.41 ± 0.02	Heuksando
R-38	0.92 ± 0.04	0.39 ± 0.01	110.9 ± 4.9	0.39 ± 0.05	Heuksando

Appendix 1. Continued

Sample No.	DPPH (mgAAE/g)	ABTS (mgAAE/g)	TPC (ugGAE/g)	TFC (mgQE/g)	Region
R-39	0.39 ± 0.01	0.25 ± 0.02	64.5 ± 1.3	0.3 ± 0.06	Heuksando
R-40	0.58 ± 0.02	0.35 ± 0.01	86.5 ± 2.1	0.35 ± 0.01	Heuksando
R-41	0.15 ± 0.01	0.28 ± 0.03	62.9 ± 3.9	0.27 ± 0.07	Heuksando
R-42	0.46 ± 0.01	0.31 ± 0.01	84.3 ± 1.9	0.32 ± 0.03	Heuksando
R-43	0.1 ± 0.01	0.27 ± 0.02	55.6 ± 1.7	0.36 ± 0.04	Heuksando
R-44	0.14 ± 0.02	0.29 ± 0.03	65.4 ± 2.6	0.41 ± 0.06	Heuksando
R-45	0.23 ± 0.02	0.34 ± 0.02	69.9 ± 4.7	0.32 ± 0.06	Heuksando
R-46	0.5 ± 0.01	0.46 ± 0.04	108.3 ± 3.4	0.39 ± 0.24	Heuksando
R-47	0.61 ± 0.06	0.34 ± 0.01	72.2 ± 3.8	0.35 ± 0.03	Heuksando
R-48	0.17 ± 0.02	0.27 ± 0.01	49.7 ± 2	0.26 ± 0.09	Heuksando
R-49	0.63 ± 0.03	0.33 ± 0	87.8 ± 0.6	0.3 ± 0.05	Heuksando
R-50	0.13 ± 0.01	0.21 ± 0.01	51.5 ± 1.3	0.14 ± 0.05	Heuksando
R-51	0.11 ± 0.01	0.24 ± 0.01	56.7 ± 0.5	0.2 ± 0.03	Heuksando
R-52	0.11 ± 0.02	0.22 ± 0.01	50 ± 4.7	0.15 ± 0.04	Heuksando
R-53	0.19 ± 0.02	0.19 ± 0.01	52.8 ± 1.8	0.2 ± 0.02	Heuksando
R-54	0.2 ± 0.02	0.27 ± 0.01	66 ± 1.4	0.26 ± 0.02	Heuksando
R-55	0.27 ± 0.04	0.21 ± 0.03	52.7 ± 0.9	0.22 ± 0.08	Yeosu
R-56	0.42 ± 0.02	0.32 ± 0.01	63.1 ± 1.6	0.31 ± 0.1	Yeosu
R-57	0.54 ± 0.02	0.3 ± 0.01	68.9 ± 3.2	0.33 ± 0.09	Yeosu
R-58	0.32 ± 0.03	0.22 ± 0.02	73.2 ± 2.6	0.22 ± 0.05	Yeosu
R-59	1.08 ± 0.04	0.54 ± 0.01	104.7 ± 1.6	0.56 ± 0.11	Goheung
R-60	1.15 ± 0.03	0.59 ± 0	107.4 ± 1.8	0.61 ± 0.03	Goheung
R-61	1.13 ± 0.02	0.52 ± 0.01	108.8 ± 3.2	0.54 ± 0.02	Goheung
R-62	1 ± 0.1	0.46 ± 0.01	112.9 ± 1.2	0.49 ± 0.04	Goheung
R-63	0.73 ± 0.01	0.37 ± 0.02	89.2 ± 6.7	0.39 ± 0.01	Goheung
R-64	0.77 ± 0.03	0.44 ± 0	77.7 ± 2.7	0.43 ± 0.02	Goheung
R-65	0.62 ± 0.03	0.46 ± 0.04	77.5 ± 2.5	0.46 ± 0.02	Goheung
R-66	0.91 ± 0.05	0.57 ± 0.01	122.9 ± 2.2	0.54 ± 0.02	Goheung
R-67	0.73 ± 0.01	0.53 ± 0.01	99.8 ± 4.6	0.54 ± 0.03	Goheung
R-68	0.92 ± 0.07	0.6 ± 0.03	148.2 ± 2.7	0.64 ± 0.02	Goheung
R-69	0.54 ± 0.02	0.4 ± 0.01	88.4 ± 2.6	0.33 ± 0.02	Goheung
R-70	0.62 ± 0.03	0.3 ± 0.01	66.8 ± 1.3	0.34 ± 0.01	Goheung
R-71	0.43 ± 0.01	0.29 ± 0.01	66.4 ± 2.3	0.26 ± 0.01	Goheung
R-72	0.09 ± 0	0.22 ± 0.01	50 ± 0.5	0.22 ± 0.01	Goheung
R-73	1.14 ± 0.06	0.57 ± 0.02	139.9 ± 2.6	0.49 ± 0.02	Goheung
R-74	0.32 ± 0.01	0.26 ± 0.01	56.1 ± 1.9	0.31 ± 0.02	Goheung
R-75	0.99 ± 0.02	0.46 ± 0.01	113 ± 1.6	0.43 ± 0.03	Goheung
R-76	0.23 ± 0.01	0.19 ± 0.01	51.7 ± 1.2	0.23 ± 0.02	Goheung
R-77	0.24 ± 0.01	0.25 ± 0.01	51.3 ± 1.7	0.19 ± 0.02	Goheung

## Appendix 1. Continued

Sample No.	DPPH (mgAAE/g)	ABTS (mgAAE/g)	TPC ( $\mu$ gGAE/g)	TFC (mgQE/g)	Region
R-78	0.36 $\pm$ 0.01	0.24 $\pm$ 0.02	58.4 $\pm$ 1.4	0.25 $\pm$ 0.01	Goheung
R-79	0.34 $\pm$ 0.01	0.24 $\pm$ 0.01	56 $\pm$ 3.3	0.28 $\pm$ 0.01	Goheung
R-80	0.21 $\pm$ 0.01	0.2 $\pm$ 0.01	60.1 $\pm$ 2.7	0.24 $\pm$ 0.01	Goheung
R-81	0.8 $\pm$ 0	0.44 $\pm$ 0	102.5 $\pm$ 0.5	0.41 $\pm$ 0.02	Goheung
R-82	1.05 $\pm$ 0.01	0.57 $\pm$ 0.01	128.9 $\pm$ 0.5	0.4 $\pm$ 0.02	Goheung
R-83	0.39 $\pm$ 0.02	0.28 $\pm$ 0.01	62.7 $\pm$ 2.8	0.28 $\pm$ 0.01	Goheung
R-84	0.45 $\pm$ 0.02	0.3 $\pm$ 0.01	59.8 $\pm$ 1.8	0.36 $\pm$ 0.02	Goheung
R-85	0.75 $\pm$ 0.09	0.54 $\pm$ 0.02	122.5 $\pm$ 1.3	0.42 $\pm$ 0.02	Goheung
R-86	0.23 $\pm$ 0.01	0.27 $\pm$ 0.02	61.1 $\pm$ 1.2	0.24 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-87	0.6 $\pm$ 0.05	0.35 $\pm$ 0	82.6 $\pm$ 0.9	0.33 $\pm$ 0.01	Yeosu
R-88	0.4 $\pm$ 0.02	0.34 $\pm$ 0.04	67.8 $\pm$ 5.1	0.36 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-89	0.25 $\pm$ 0.02	0.22 $\pm$ 0	50.6 $\pm$ 0	0.3 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-90	0.14 $\pm$ 0.01	0.21 $\pm$ 0.02	43.2 $\pm$ 1.1	0.19 $\pm$ 0.01	Yeosu
R-91	0.31 $\pm$ 0.03	0.32 $\pm$ 0.02	64.5 $\pm$ 2.6	0.33 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-92	0.19 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.01	49.2 $\pm$ 0.4	0.25 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-93	0.76 $\pm$ 0.01	0.42 $\pm$ 0	99.5 $\pm$ 1.7	0.42 $\pm$ 0.01	Yeosu
R-94	0.15 $\pm$ 0.01	0.22 $\pm$ 0.04	49.3 $\pm$ 0	0.19 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-95	0.8 $\pm$ 0.04	0.45 $\pm$ 0.02	89.3 $\pm$ 1.8	0.57 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-96	0.2 $\pm$ 0.01	0.26 $\pm$ 0.02	57.6 $\pm$ 1.1	0.25 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-97	0.41 $\pm$ 0.02	0.3 $\pm$ 0.01	67.4 $\pm$ 2.4	0.26 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-98	0.55 $\pm$ 0.07	0.32 $\pm$ 0.02	68.3 $\pm$ 1.3	0.31 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-99	0.13 $\pm$ 0.01	0.22 $\pm$ 0.03	50.2 $\pm$ 0.4	0.19 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-100	0.61 $\pm$ 0.04	0.48 $\pm$ 0.03	83.1 $\pm$ 2.8	0.42 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-101	0.1 $\pm$ 0.01	0.18 $\pm$ 0	47.9 $\pm$ 1.2	0.19 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-102	0.24 $\pm$ 0.02	0.2 $\pm$ 0.01	45.1 $\pm$ 0.8	0.2 $\pm$ 0.01	Yeosu
R-103	0.37 $\pm$ 0.01	0.26 $\pm$ 0.01	55.9 $\pm$ 1.8	0.23 $\pm$ 0.02	Yeosu
R-104	0.56 $\pm$ 0.03	0.29 $\pm$ 0	63.5 $\pm$ 0.2	0.28 $\pm$ 0.01	Yeosu
R-105	0.59 $\pm$ 0.02	0.43 $\pm$ 0.02	79.2 $\pm$ 3	0.37 $\pm$ 0.03	Yeosu
R-106	0.2 $\pm$ 0	0.26 $\pm$ 0	53 $\pm$ 2.7	0.22 $\pm$ 0.03	Yeosu
R-107	0.09 $\pm$ 0.01	0.16 $\pm$ 0.02	33.6 $\pm$ 0.4	0.13 $\pm$ 0.02	Goheung
R-108	0.13 $\pm$ 0.02	0.17 $\pm$ 0.01	43.3 $\pm$ 0.3	0.16 $\pm$ 0.02	Goheung
R-109	0.14 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.06	38.5 $\pm$ 3.9	0.16 $\pm$ 0	Goheung
R-110	0.04 $\pm$ 0	0.11 $\pm$ 0.01	21.9 $\pm$ 0.3	0.10 $\pm$ 0.01	Goheung
R-111	0.11 $\pm$ 0	0.18 $\pm$ 0	31.8 $\pm$ 1.1	0.14 $\pm$ 0.02	Goheung
R-112	0.05 $\pm$ 0	0.15 $\pm$ 0	28.1 $\pm$ 1.4	0.13 $\pm$ 0.02	Goheung
R-113	0.13 $\pm$ 0	0.13 $\pm$ 0.01	29 $\pm$ 0.2	0.1 $\pm$ 0.01	Goheung
R-114	0.14 $\pm$ 0.01	0.22 $\pm$ 0.01	41.8 $\pm$ 1	0.18 $\pm$ 0.02	Goheung
R-115	0.23 $\pm$ 0.02	0.25 $\pm$ 0.01	51 $\pm$ 0.9	0.26 $\pm$ 0.02	Goheung
R-116	1.08 $\pm$ 0.02	0.65 $\pm$ 0.02	134.7 $\pm$ 3.6	0.55 $\pm$ 0.03	Goheung

Appendix 1. Continued

Sample No.	DPPH (mgAAE/g)	ABTS (mgAAE/g)	TPC (ugGAE/g)	TFC (mgQE/g)	Region
R-117	0.66 ± 0.09	0.43 ± 0.01	93.2 ± 3.3	0.3 ± 0.02	Goheung
R-118	0.8 ± 0.06	0.43 ± 0.02	92 ± 1.7	0.46 ± 0.01	Goheung
R-119	0.83 ± 0	0.51 ± 0	146.2 ± 3	0.42 ± 0.02	Goheung
R-120	1.32 ± 0	0.78 ± 0.01	193.8 ± 2.7	0.65 ± 0.03	Goheung
R-121	1.03 ± 0.05	0.62 ± 0.03	133.7 ± 1	0.51 ± 0.02	Goheung
R-122	0.9 ± 0.03	0.49 ± 0.02	104.4 ± 2.7	0.53 ± 0.02	Goheung
R-123	0.15 ± 0.01	0.17 ± 0	32 ± 1.8	0.14 ± 0.02	Goheung
R-124	0.04 ± 0	0.16 ± 0.02	31.9 ± 1.5	0.2 ± 0.04	Goheung
R-125	0.46 ± 0.02	0.32 ± 0.02	72.1 ± 1.3	0.27 ± 0.01	Goheung
R-126	0.24 ± 0	0.21 ± 0.01	44.8 ± 0.7	0.18 ± 0.01	Goheung
R-127	0.27 ± 0.01	0.22 ± 0.01	53.5 ± 0.7	0.17 ± 0.01	Goheung
R-128	0.23 ± 0.01	0.23 ± 0.02	50.9 ± 1.6	0.18 ± 0.01	Goheung
R-129	0.39 ± 0.04	0.23 ± 0.02	63.5 ± 1.2	0.25 ± 0.01	Goheung
R-130	0.2 ± 0.02	0.27 ± 0.01	50.3 ± 3.3	0.24 ± 0.02	Goheung
R-131	0.3 ± 0.02	0.32 ± 0.03	70.2 ± 4	0.35 ± 0.02	Goheung
R-132	0.16 ± 0.01	0.22 ± 0.05	42.8 ± 2	0.2 ± 0.02	Goheung
R-133	0.25 ± 0.03	0.2 ± 0.02	49.5 ± 2.5	0.25 ± 0.01	Goheung
R-134	0.14 ± 0.01	0.21 ± 0.02	46.3 ± 1.7	0.19 ± 0.01	Goheung
R-135	0.32 ± 0.02	0.38 ± 0.02	84.7 ± 3	0.28 ± 0.02	Heuksando
R-136	0.57 ± 0.04	0.4 ± 0.05	93 ± 1.3	0.34 ± 0.02	Heuksando
R-137	0.36 ± 0.02	0.35 ± 0.02	78.7 ± 2.8	0.39 ± 0.02	Ulleungdo
R-138	0.35 ± 0.04	0.34 ± 0.03	66.1 ± 0.7	0.37 ± 0.02	Ulleungdo
R-139	0.52 ± 0.06	0.47 ± 0.03	85.6 ± 2.3	0.46 ± 0.03	Ulleungdo
R-140	1.13 ± 0.08	0.73 ± 0.01	119.9 ± 4.2	0.6 ± 0.04	Ulleungdo
R-141	0.71 ± 0.06	0.58 ± 0.03	89.5 ± 1.3	0.51 ± 0.04	Ulleungdo
R-142	0.28 ± 0.19	1.81 ± 0.24	234.8 ± 46.2	1.22 ± 0.43	Ulleungdo
R-143	1.08 ± 0.02	0.66 ± 0.02	145.5 ± 4.9	0.45 ± 0.02	Ulleungdo
R-144	0.74 ± 0.04	0.52 ± 0.06	103 ± 2.5	0.36 ± 0.03	Mokpo
R-145	0.6 ± 0.06	0.46 ± 0.04	97.7 ± 1.3	0.35 ± 0.02	Mokpo
R-146	0.54 ± 0.02	0.4 ± 0.02	88.9 ± 3	0.41 ± 0.02	Mokpo
R-147	0.52 ± 0.06	0.45 ± 0.05	87.4 ± 4.4	0.41 ± 0.03	Mokpo
R-148	1.18 ± 0.12	0.66 ± 0.04	124.6 ± 4	0.55 ± 0.02	Mokpo
R-149	0.37 ± 0.02	0.38 ± 0.04	111 ± 1.9	0.39 ± 0.03	Mokpo
R-150	0.36 ± 0.03	0.36 ± 0.03	83.7 ± 1.4	0.24 ± 0.02	Mokpo
R-151	0.47 ± 0.06	0.5 ± 0.08	65.9 ± 1.3	0.33 ± 0.05	Mokpo
R-152	0.42 ± 0.04	0.35 ± 0	82.6 ± 0.6	0.26 ± 0.02	Mokpo
R-153	0.21 ± 0.01	0.24 ± 0.02	64.8 ± 0.9	0.22 ± 0.02	Mokpo
R-154	0.69 ± 0.04	0.69 ± 0.08	97.7 ± 5.3	0.58 ± 0.1	Mokpo
R-155	0.18 ± 0.03	0.23 ± 0.02	70.7 ± 4.8	0.24 ± 0.01	Mokpo

## Appendix 1. Continued

Sample No.	DPPH (mgAAE/g)	ABTS (mgAAE/g)	TPC ( $\mu$ gGAE/g)	TFC (mgQE/g)	Region
R-156	0.25 $\pm$ 0.03	0.25 $\pm$ 0	77 $\pm$ 3	0.25 $\pm$ 0	Mokpo
R-157	0.19 $\pm$ 0.01	0.3 $\pm$ 0.02	117.8 $\pm$ 10	0.38 $\pm$ 0.02	Mokpo
R-158	0.1 $\pm$ 0.01	0.22 $\pm$ 0.01	69.4 $\pm$ 1.9	0.24 $\pm$ 0.02	Mokpo
R-159	0.58 $\pm$ 0.03	0.48 $\pm$ 0.01	147.2 $\pm$ 3.2	0.28 $\pm$ 0	Mokpo
R-160	0.22 $\pm$ 0.01	0.33 $\pm$ 0.04	78.7 $\pm$ 3.9	0.24 $\pm$ 0	Mokpo
R-161	0.27 $\pm$ 0.01	0.33 $\pm$ 0.02	78.6 $\pm$ 1.7	0.29 $\pm$ 0.01	Mokpo
R-162	0.08 $\pm$ 0.01	0.28 $\pm$ 0.03	73.3 $\pm$ 1.8	0.26 $\pm$ 0	Mokpo
R-163	0.02 $\pm$ 0.01	0.21 $\pm$ 0.02	48 $\pm$ 2.4	0.21 $\pm$ 0	Mokpo
R-164	0.07 $\pm$ 0.01	0.24 $\pm$ 0.01	66.4 $\pm$ 1.9	0.3 $\pm$ 0	Mokpo
R-165	0.02 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.03	61.1 $\pm$ 5.6	0.25 $\pm$ 0	Mokpo
R-166	0.16 $\pm$ 0	0.37 $\pm$ 0	74.8 $\pm$ 3.7	0.29 $\pm$ 0	Mokpo
R-167	0.11 $\pm$ 0	0.27 $\pm$ 0.01	73.1 $\pm$ 2.9	0.26 $\pm$ 0	Mokpo
R-168	0.76 $\pm$ 0.09	0.67 $\pm$ 0.01	164 $\pm$ 4.6	0.42 $\pm$ 0	Mokpo
R-169	0.82 $\pm$ 0	0.66 $\pm$ 0	211.1 $\pm$ 3.3	0.46 $\pm$ 0.03	Mokpo
R-170	0.22 $\pm$ 0	0.4 $\pm$ 0.03	80.1 $\pm$ 0	0.36 $\pm$ 0.01	Mokpo
R-171	0.51 $\pm$ 0.05	0.44 $\pm$ 0.01	116.3 $\pm$ 7.5	0.37 $\pm$ 0.01	Mokpo
R-172	0.16 $\pm$ 0.01	0.36 $\pm$ 0.01	60.9 $\pm$ 1.7	0.37 $\pm$ 0	Jindo
R-173	0.12 $\pm$ 0.01	0.36 $\pm$ 0.06	58.9 $\pm$ 3.8	0.34 $\pm$ 0	Jindo
R-174	0.04 $\pm$ 0	0.3 $\pm$ 0.01	65.1 $\pm$ 3	0.31 $\pm$ 0.01	Jindo
R-175	0.22 $\pm$ 0	0.43 $\pm$ 0.02	77.8 $\pm$ 5.4	0.43 $\pm$ 0.01	Jindo
R-176	0.35 $\pm$ 0.02	0.5 $\pm$ 0.13	90.8 $\pm$ 2.4	0.45 $\pm$ 0	Jindo
R-177	0.24 $\pm$ 0.01	0.36 $\pm$ 0.01	80.8 $\pm$ 1.7	0.38 $\pm$ 0.01	Jindo
R-178	0.08 $\pm$ 0.01	0.36 $\pm$ 0.02	67.2 $\pm$ 3.5	0.33 $\pm$ 0.01	Jindo
R-179	0.36 $\pm$ 0.01	0.56 $\pm$ 0.04	93.6 $\pm$ 9.2	0.4 $\pm$ 0.01	Jindo
R-180	0.28 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.02	66.4 $\pm$ 1	0.3 $\pm$ 0.01	Jindo
R-181	0.09 $\pm$ 0.01	0.35 $\pm$ 0.04	73.9 $\pm$ 3.8	0.3 $\pm$ 0.01	Jindo
R-182	0.12 $\pm$ 0.01	0.29 $\pm$ 0.01	76 $\pm$ 2.4	0.21 $\pm$ 0.02	Jindo
R-183	0.14 $\pm$ 0.03	0.38 $\pm$ 0.02	93.5 $\pm$ 2	0.38 $\pm$ 0.01	Jindo
R-184	0.31 $\pm$ 0.01	0.64 $\pm$ 0.11	109.9 $\pm$ 3.7	0.48 $\pm$ 0	Jindo
R-185	0.19 $\pm$ 0	0.47 $\pm$ 0.02	96.3 $\pm$ 6.4	0.32 $\pm$ 0.01	Jindo
R-186	0.14 $\pm$ 0.01	0.31 $\pm$ 0.05	77.2 $\pm$ 2.6	0.28 $\pm$ 0	Jindo
R-187	0.88 $\pm$ 0.03	0.36 $\pm$ 0.01	150.9 $\pm$ 2.4	0.34 $\pm$ 0.03	Jindo
R-188	0.25 $\pm$ 0.01	0.34 $\pm$ 0.02	106.6 $\pm$ 5.1	0.42 $\pm$ 0.08	Jindo
R-189	0.38 $\pm$ 0.01	0.39 $\pm$ 0.02	99.4 $\pm$ 3.4	0.42 $\pm$ 0.08	Jindo
R-190	0.33 $\pm$ 0.03	0.37 $\pm$ 0.01	110 $\pm$ 3.7	0.41 $\pm$ 0.1	Jindo
R-191	0.25 $\pm$ 0.02	0.3 $\pm$ 0.04	99 $\pm$ 1.7	0.35 $\pm$ 0.07	Jindo
R-192	0.72 $\pm$ 0.05	0.47 $\pm$ 0.05	143.4 $\pm$ 2.4	0.42 $\pm$ 0.04	Jindo