

PLANT & FOREST

Analysis of growth characteristics and carotenoids and phenolic compounds contents of *Ixeris dentata*

Mei Lan Jin¹, Sang Hoon Lee¹, Yun Ji Park², Jeong Su Yoon³, Sang Won Lee¹, Mok Hur¹, Sung Cheol Koo¹, Woo Moon Lee¹, Chun Geun Park⁴, Sang Un Park², Jae Kwang Kim³, Jae Ki Chang¹, Yeon Bok Kim^{1,4,*}

¹Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea

²Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

³Division of Life Sciences, Incheon National University, Incheon 22012, Korea

⁴Department of Medicinal and Industrial Crops, Korean National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

*Corresponding author: yeondarabok@korea.kr

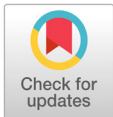
Abstract

Ixeris dentata is a perennial plant belongs to Compositae family and it has been considered as a potential therapeutic agent in many biological activities like detoxification, elimination of blood stasis, anti-inflammatory, and analgesia. The *I. dentata* used in this experiment was collected in four areas of Yangpyeong, Dangjin, Chuncheon and Goesan, then transplanted to the farm of Department of Herbal Crop Research in National Institute of Horticultural and Herbal Science. The growth characteristics of *I. dentata* were investigated after harvesting. The aboveground biomass of plants collected from Chuncheon area was exhibited best, and the biomass of root in Yangpyeong was showed best as 3.65 g/plant in dry weight. Based on the HPLC analysis, the leaf of *I. dentata* collected from Dangjin area was highest in carotenoids contents (1,213 µg/g dry weight), and the leaf of Chuncheon area was exhibited maximal phenolic compounds (1,918 µg/g dry weight). The results of this study could provide fundamental formation for selection of standard varieties of *I. dentata* and development of functional material by analysis of the growth characteristics and the contents of carotenoids and phenolic compounds.

Keywords: carotenoids, *Ixeris dentata*, phenolic compounds

Introduction

흰씀바귀(*Ixeris dentata*)는 국화과에 속하는 여러해살이풀로 5 - 7월경에 흰색 꽃이 피는데 날꽃이 7 - 8 개이고 줄기나 잎을 자르면 유백색의 액체가 나오는 것이 특징이다. 씬바귀 속 동속식물로 노랑선씀바귀(*I. chinensis*), 벌은씀바귀(*I. debilis*), 넷씀바귀(*I. debilis*), 갯씀바귀(*I. repens*), 줌씀바귀(*I. stolonifera*) 등이 국내에서 자생하고 있다(KPNI, 2018). 흰씀바귀는 한국, 일본, 중국에서 자생하고 뿌리를 포함한 식물의 모든 부위가 식용으로 쓰이며 동의보감에 의하면 오장의 독



OPEN ACCESS

Citation: Jin ML, Lee SH, Park YJ, Yoon JS, Lee SW, Hur M, Koo SC, Lee WM, Park CG, Park SU, Kim JK, Chang JK, Kim YB. 2019. Analysis of growth characteristics and carotenoids and phenolic compounds contents of *Ixeris dentata*. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190006>

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190006>

Received: September 25, 2018

Revised: December 27, 2018

Accepted: February 26, 2019

Copyright: © 2019 Korean Journal of Agricultural Science



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.

소와 미열로 인한 한기를 제거하고 심신을 편하게 할 뿐만 아니라 춘곤증을 풀어주며 부스럼 등 피부병에 효과적이라고 알려져 있다(Ann, 1998).

현재 국내외 연구에 의해 씬바귀 속 식물의 추출물로 100여 종류의 화합물이 밝혀졌고 이는 주로 sesquiterpenes, flavonoids, triterpenoids, sterol 등 성분이다(Seto et al., 1986; Bang et al., 2004). 이러한 화학성분들은 항염, 항산화, 항니코틴, 항바이러스, 항돌연변이 및 항암 등의 약리효능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2002; Chang, 2004; Lee, 2011; Zhang et al., 2014).

그러나 흰쌈바귀의 카로티노이드와 페놀화합물 성분에 대한 선행연구는 전혀 이루어져 있지 않다. 카로티노이드는 광합성 보조색소이며 외선의 유해 작용을 막는 색소물질로 600 여 종류가 밝혀졌고 이러한 색소들은 각 종 암, 백내장과 황반병변, 비만, 대사증후군 등 여러 질환을 예방하고 또한 발병율을 낮춘다고 알려져 있다(Chaves et al., 2010; Riccioni et al., 2010; Wegner and Khorammia, 2011; Zhou et al., 2011). β -carotene은 카로티노이드의 대표물질로 이 물질의 생산량은 이미 국제적인 시장규모를 이루고 있으며 미국의 경우 매년 수요량이 10 - 15% 증가하고 있는 추세이다(Jin et al., 2014). 페놀화합물은 식물의 품질, 색깔, 맛에 영향을 미치는 2차대사산물로 다양한 영양학적 특징에 따라 여러 질병을 예방하는 것으로 알려져 있다. 따라서 페놀화합물을 다량 함유한 과채류를 많이 섭취하면 심장질환, 뇌출혈, 각종 암을 억제할 수 있다고 보고되어 있다(Wang et al., 2010; Cho et al., 2012). Rutin, kaempferol, chlorogenic acid 및 benzoic acid 등의 페놀화합물은 천연 항산화활성을 가지고 있어 이에 대한 많은 연구들이 수행되어 왔고, 또한 의약, 화공, 염료 등 다양한 영역에서 광범위하게 응용되고 있다(Kasai et al., 2000; Rajendran et al., 2014; Ye et al., 2016).

현재 약용식물의 응용은 전통적으로 이용되는 뿌리 부위뿐만 아니라 부산물인 잎이나 열매 등 지상부에 대한 연구도 이미 많이 진행되어 있는 실정이다(Ju et al., 2015; Yang et al., 2016). 중국에서는 노랑선쌈바귀를 이용하여 건강음료, 복합약물치료제, 돼지사료 등 여러 제품이 특허 출원과 함께 시판되고 있고(Liu et al., 2015), 딸기 등 짓무르기 쉬운 과일의 포장에서의 천연방부제로도 쓴다(Ge et al., 2013). 국내에서는 기능성 채소로 흰쌈바귀를 이용한 수경재배 연구가 시도되었고(Cha et al., 2014), 농촌진흥청에서 수행된 연구 결과에 따르면 흰쌈바귀가 당뇨병으로 유발되는 노인성구강건조증에 효과가 있는 것으로 밝혀졌다(Bhattarai et al., 2017).

흰쌈바귀는 민간전통약용식물로 비록 전국적으로 산과 들에 광범위하게 분포되어 있고 우수한 영양학적 가치를 갖고 있음에도 불구하고 아직 이용율이 상대적으로 낮다. 또한 표준품종도 없고 표준재배법도 확립되지 않았으며 일부 농가에서만 소면적으로 재배되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 흰쌈바귀의 생육 및 카로티노이드와 페놀화합물 성분 함량을 비교 분석함으로써 이를 표준품종 개발과 대량재배 생산에 활용하고, 또한 건강기능성 식의약 소재로의 개발 가능성을 제시하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료 및 지역 재래종 별 생육조사

본 연구에서는 2015년 10월 초에 흰쌈바귀의 주 재배지인 강원 양평, 충남 당진, 강원 춘천, 충북 괴산 등 4개 지역에서 흰쌈바귀 1년생 재래종을 수집하였고 이듬해 2016년 5월 초에 4개 지역 종근을 동일 크기(지름 3.5 - 4.0 cm, 길이 8 - 10 cm)로 분근하여 농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 음성시험포장에 이식 재배하였다. 각 시험처리구(1 m × 5 m)는 난괴법 3 반복으로 설계하였고 재식거리는 조간거리 20 cm, 주간거리 20 cm로 배치하였다.

본 연구의 시험포장 토양은 사질토로 토양염류농도가 0.43 dS/m, 유기물함량이 19.0 g/kg, 질산태 질소는 32.5 mg/kg로 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

실험시료의 수확시기는 2016년 9월 하순이고 실험반복처리는 무작위로 3개 시험구를 반복하고 또 각각의 시험구에 서 10 개체씩 3 반복하여 시료를 채취하였다. 각각의 시료는 수세 후 수량 및 생육특성을 조사하였다. 생육조사항목으로 지상부는 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 지상부건중, 지하부는 근장, 근경, 지근경, 지근수, 지하부건중이었다. 동결건조 한 잎과 뿌리는 믹서기로 균일하게 마쇄하여 카로티노이드와 페놀화합물을 HPLC로 이용하여 분석하였다.

카로티노이드 분석

본 연구에 사용된 카로티노이드 5종 표준품은 Sigma Aldrich 제품(St. Louis, USA)을 구입하였고, Tuan et al. (2013)의 방법을 이용하여 카로티노이드 함량을 측정하였다. 분말시료 10 mg에 EtOH에 용해된 0.1% ascorbic acid 3 mL를 첨가하고 85°C에서 5분간 가열한 후, 다시 80% KOH 120 μ L를 첨가하여 85°C 10분간 가열시키고 ice에서 5분간 두었다. 그 다음 internal standard (IS, β -apo-8'-carotenal) 100 μ L와 핵산, 증류수 1.5 mL를 첨가하고 원심분리하여 얻은 상층액은 새 튜브에 옮겼다. 질소가스로 상층액 핵산을 1 mL 정도 남기고 농축시킨 다음, MeOH : dichloromethane = 50 : 50 (V/V)용액 250 μ L를 넣고 녹인 후 hydrophobic filter (0.5 μ m)로 여과하였다. 카로티노이드의 HPLC 분석은 C30 YMC 컬럼(250 \times 4.6 mm, 3 μ m; Waters Corporation, Milford, USA)을 장착한 Agilent 1100 instrument (Massy, France)를 이용하였다(Table 2A).

페놀화합물 분석

본 연구에 사용된 페놀화합물 11종류 표준품은 Sigma Aldrich 제품(St. Louis, USA)을 구입하였고, Kim et al. (2015)의 방법을 이용하여 페놀화합물 함량을 측정하였다. 분말시료 100 mg에 3 mL의 80% 메탄올을 첨가하여 실온에서 1 시간 초음파 처리를 하고 10분간 원심 분리 후 상층액을 0.45 μ m poly filter로 여과하였다. 페놀화합물의 HPLC 분석은 C18 컬럼(250 \times 4.6 mm, 5 μ m; RStech, Daejeon, Korea)을 장착한 NCS-4000 (Futechs, Daejeon, Korea)를 이용하였다(Table 2B).

통계분석

실험결과는 SAS program (SAS v9.2 SAS Institute Inc., Cary, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시험 처리구 간에 차이에 있을 경우 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test (DMRT)로 분석하였다.

Results and Discussion

흰썸바귀의 생육 및 수량특성

흰썸바귀의 지역별 재래종에 대하여 생육특성을 조사한 결과(Table 3), 초장, 엽장, 엽수, 지상부건중은 지역별로 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. 엽폭의 경우, 춘천 재래종(5.07 cm)과 괴산 재래종(4.75 cm)은 통계적 차이는 없으나

Table 1. Soil chemical properties used in this study.

pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cation (cmol ⁺ /kg)		
					K	Mg	Ca
6.3	0.43	19	32.5	249.6	0.3	1	5.1

EC, electrical conductivity; OM, organic matter.

양평, 당진 재래종에 비해 엽폭이 넓고 통계적인 유의성을 보였다. 또한 춘천 재래종은 기타 지역 재래종에 비해 엽수가 많고 잎도 크며 전반적으로 지상부 생육이 우수한 반면 양평 재래종은 잎모양이 상대적으로 가늘고 짧은 형태로 관찰되었으나 지상부의 수량적 특성을 통계적으로 분석해본 결과, 각 지역 재래종 간 유의적인 차이는 없었다.

지하부의 근장은 27.2 - 33.1 cm로 지역별로 별다른 차이가 없었고, 근경은 양평과 당진 재래종이 7.55 cm와 7.11 cm로 괴산 재래종보다 높은 것으로 나타났다. 지근수는 당진과 춘천 재래종이 높게 조사되었고 괴산 재래종이 2.00 개로 가장 낮은 수치이고 유의한 차이가 있었다. 지하부건중은 양평(3.65 g/주) > 당진(3.57 g/주) > 춘천(3.18 g/주) > 괴산(2.12 g/주) 재래종 순이었다. 괴산 재래종은 기타 수집지역에 비해 주근과 지근 모두 가늘고 지근수도 적었으며 지하부 생육이 저조하였다.

현재 농가에서의 흰شم바귀 재배는 지상부를 이용하지 않고 대체적으로 뿌리만 수확하여 수입을 얻고 있는 실정인데, 뿌리작물로서 지하부의 특성이나 수량성 측면에서 고려하면 양평 재래종으로부터 우량계통을 선발하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 본 연구의 생육조사 결과는 추후 흰شم바귀의 표준품종 선발과 대량 재배생산에 활용될 것으로 기대된다.

흰شم바귀의 카로티노이드 분석

음성에서 재배한 당진 재래종의 흰شم바귀 잎에서 추출한 카로티노이드의 HPLC chromatogram으로 β -carotene, 13z- β -carotene, 9z- β -carotene, lutein, zeaxanthin 등 5종의 카로티노이드가 분석되었다(Fig. 1A).

Table 2. Experimental conditions of carotenoids and phenolic compounds.

Items	HPLC conditions of carotenoids (A)	HPLC conditions of phenolic compounds (B)
Column	C ₃₀ YMC (250 × 4.6 mm, 3 μm)	C ₁₈ (250 × 4.6 mm, 5 μm)
Column oven	40°C	30°C
Flow rate	1.0 mL/min	1.0 mL/min
Injection	20 μL	20 μL
Solvent	A: MeOH : water with 10 mM ammonium acetate B: Methyl tert-butyl ether	A: Water with 0.2% (V/V) acetic acid B: MeOH
Mobile phase	0 - 20 min, 10% B; 20 - 29 min, 17% B; 29 - 35 min, 25% B; 35 - 42 min, 70% B; 42 - 45 min, 75% B; 45 - 52 min, 10% B	0 - 1 min, 5% B; 1 - 4 min, 15% B; 4 - 9 min, 15% B; 9 - 14 min, 20% B; 14 - 24 min, 20% B; 24 - 54 min, 30% B; 54 - 55 min, 45% B; 55 - 65 min, 45% B; 65 - 75 min, 55% B; 75 - 77 min, 60% B; 77 - 79 min, 60% B; 79 - 80 min, 80% B; 80 - 90 min, 80% B; 90 - 98 min, 5% B

Table 3. Growth characteristics of *I. dentata* collected from four different areas in Korea.

Areas	Shoot					Root				
	PH (cm)	LL (cm)	LW (cm)	NL (No./plant)	DWS (g/plant)	RL (cm)	RD (cm)	SRD (cm)	NSR (No./plant)	RDW (g/plant)
YP	22.2	19.3	3.96b	19.3	1.38	30.2	7.55a	3.80a	4.43ab	3.65a
DJ	23.7	21.3	4.01b	16.5	1.26	30.1	7.11a	2.60b	4.59a	3.57a
CC	21.6	20.7	5.07a	21.3	1.89	27.2	6.74ab	3.30ab	4.67a	3.18ab
GS	23.5	21.4	4.75a	20.3	1.46	33.1	5.75b	2.00c	3.84b	2.12b

YP, Yangpyeong; DJ, Dangjin; CC, Chuncheon; GS, Goesan; PH, plant height; LL, leaf length; LW, leaf width; NL, number of leaf; DWS, dry weight of shoot; RL, root length; RD, root diameter; SRD, sub root diameter; NSR, number of sub root; RDW, root dry weight.

a - c: Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

흰썸바귀 잎의 주요 카로티노이드 성분은 β -carotene과 lutein이었고 zeaxanthin, 13z- β -carotene, 9z- β -carotene 3가지 성분은 소량으로 분석되었다(Table 4). 흰썸바귀 잎의 5종 카로티노이드 총 함량은 당진(1,213 $\mu\text{g/g}$) > 괴산(1,187 $\mu\text{g/g}$) > 춘천(977 $\mu\text{g/g}$) > 양평(918 $\mu\text{g/g}$) 재래종 순이었다. 잎 부위에서는 카로티노이드 각 조성함량도 대체적으로 당진과 괴산 재래종에서 높았다. Lutein은 당진 재래종이 485 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 것으로 나타났다.

반면 뿌리의 카로티노이드 성분이 거의 없거나 극미량으로만 존재하는 것으로 나타났다. 당진 재래종의 뿌리는 5종 류 카로티노이드 성분이 없고 기타 지역 재래종 뿌리의 카로티노이드 총 함량은 0.87 - 3.27 $\mu\text{g/g}$ 으로 극미량이었다. 이중 zeaxanthin과 13z- β -carotene 성분은 음성포장에서 재배한 4개 지역 재래종 모두에서 검출되지 않았다.

메밀, 메론, 호박 등 다른 작물에서도 주요 카로티노이드는 lutein으로 알려져 있다(Tuan et al., 2013; Lee et al., 2014; Rhee et al., 2015). Lutein과 zeaxanthin은 모두 polyene 사슬에 2개의 -OH기를 가지고 있고 분자식도 같지만 ionone 고리 내의 이중결합 위치는 서로 다르다(Kim, 2001). 이 때문에 작물의 종류에 따라 성분 비율이 다른데 망고나 꽃양배추도 lutein이 zeaxanthin보다 20 - 30배 많지만, 옥수수나 피망의 경우는 zeaxanthin이 7 - 8배 많다(Liu et al., 2016). 본 연구의 경우 흰썸바귀의 잎에는 lutein이 zeaxanthin 보다 16 - 22배 높게 함유되어 있다. 현재 zeaxanthin의 생산은 주로 옥수수와 금잔화에서 얻는데, Liu et al. (2011)에 의하면 금잔화의 zeaxanthin 함량은 1.31 $\mu\text{g/g}$ 인데, 흰썸바귀 잎의 zeaxanthin 함량은 17.1 - 22.5 $\mu\text{g/g}$ 으로, 이는 금잔화보다 17 - 22배 높은 값이다.

흰썸바귀의 페놀화합물 분석

당진 재래종의 잎에서는 chlorogenic acid, quercetin, epicatechin, ferulic acid, caffeic acid, catechin, benzoic acid, kaempferol, p-coumaric acid, trans-cinnamic acid, rutin 등 11종의 페놀화합물이 추출되었다(Fig. 1 B).

흰썸바귀는 주요 페놀화합물이 chlorogenic acid로 잎과 뿌리에서 모두 높은 함량이었고, 총 페놀화합물의 70 - 80%를 차지하였다(Table 5). Lim et al. (2004)의 연구에서도 82 종 약용식물 중 오가피, 독활, 대계근, 금은화, 천초 5 종은 chlorogenic acid 성분이 총 페놀화합물의 30 - 63%를 차지하고 있다고 보고되었다. 춘천 재래종의 chlorogenic acid 경우 잎에서 1,770 $\mu\text{g/g}$, 뿌리에서 769 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 값을 보였고 통계적으로 지역간 유의성을 나타냈다. 흰썸바귀를 식의약소재로 chlorogenic acid의 대량생산을 시도한다면 생육이 우수하고 잎과 뿌리 모두에서 chlorogenic acid 함량이 가장 높은 춘천 재래종을 우수계통으로 선발하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

흰썸바귀는 kaempferol, p-coumaric acid, trans-cinnamic acid, rutin, benzoic acid 등 페놀화합물 성분이 미량 함유되어 있거나 전혀 함유되어 있지 않았다. Rutin 성분은 4개 지역 재래종 잎에서는 모두 검출되지 않았고, 당진과 괴산 재래종의 뿌리에서만 미량 함유되어 있었다. Lim et al. (2004)의 연구에서 quercetin은 대계근과 만삼에서만, kaempferol은 결명자와 대황에서만, catechin은 인진과 목단피에서만 높은 함량을 보였고, 그 외 caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid,

Table 4. The contents of carotenoids ($\mu\text{g/g}$ dry weight) of *I. dentata* collected from four different areas in Korea.

Part	Areas	β -CR	13z- β -CR	9z- β -CR	LT	ZX	Total
Leaf	YP	482	69.0c	66.0ab	284b	17.1	918b
	DJ	540	83.9b	80.7ab	485a	22.5	1,213a
	CC	490	77.3bc	61.5b	330b	18.1	977b
	GS	599	119.2a	86.5a	362b	19.9	1,187a
	Root	YP	0.61c	N/D	0.26	N/D	N/D
	DJ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	CC	1.03a	N/D	0.22	2.01a	N/D	3.27a
	GS	0.92b	N/D	0.25	1.89b	N/D	3.06a

YP, Yangpyeong; DJ, Dangjin; CC, Chuncheon; GS, Goesan; CR, carotene; LT, lutein; ZX, zeaxanthin; N/D, not detected.

a - c: Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

trans-cinnamic acid 등 성분은 82 종의 약용식물에서 모두 미량 함유되거나 검출되어 있지 않았다고 보고하였다. 들깨는 benzoic acid가 총 페놀화합물의 8.83%로 주요 페놀화합물이며 atechin, p-coumaric acid는 극소량만 존재한다고 알려져 있고(Seong et al., 2015), 메밀은 모든 부위에서 페놀화합물 함량이 rutin > catechin > epicatechin 순으로 존재한다고 보고 되었다(Jeong et al., 2014).

흰씀바귀의 페놀화합물 성분도 카로티노이드 성분과 동일하게 뿌리보다는 잎에 많았으며, 수집 지역에 따라 차이는 있었으나 대체적으로 잎의 페놀화합물 함량이 뿌리보다 2 - 8배 높았다. 흰씀바귀 잎에서 총 페놀화합물 함량은 춘천(1,918 µg/g) > 양평(1,632 µg/g) > 당진(1,299 µg/g) > 괴산(1,005 µg/g) 재래종 순이었다. 뿌리의 총 페놀화합물 함량은 춘천 재래종이 897 µg/g으로 다른 지역 재래종 뿌리에 비해 훨씬 높았다.

식물은 부위 별로 카로티노이드와 페놀화합물 성분의 조성 및 함량이 다르며 대체적으로 뿌리보다는 잎의 페놀화합물 함량이 높다고 알려져 있는데, 약용작물인 구기자자의 경우에도 흰씀바귀와 같은 결과를 보였다(Zhao, 2015). 현재 흰씀바귀는 봄철에 어린 잎을 가끔 식용하는 외에는 지상부를 거의 이용하지 않고 대체적으로 뿌리만 이용하는데, 부산물로서의 잎 부위를 활용한 카로티노이드와 페놀화합물의 생산이 가능해진다면 농가소득 증대에도 큰 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구는 4개 지역에서 수집한 흰씀바귀의 생육특성 평가뿐만 아니라 카로티노이드와 페놀화합물에 대한 정성적/정량적인 연구결과로 향후 흰씀바귀가 기능성 식품이나 의약품 원료로 이용될 것으로 기대된다.

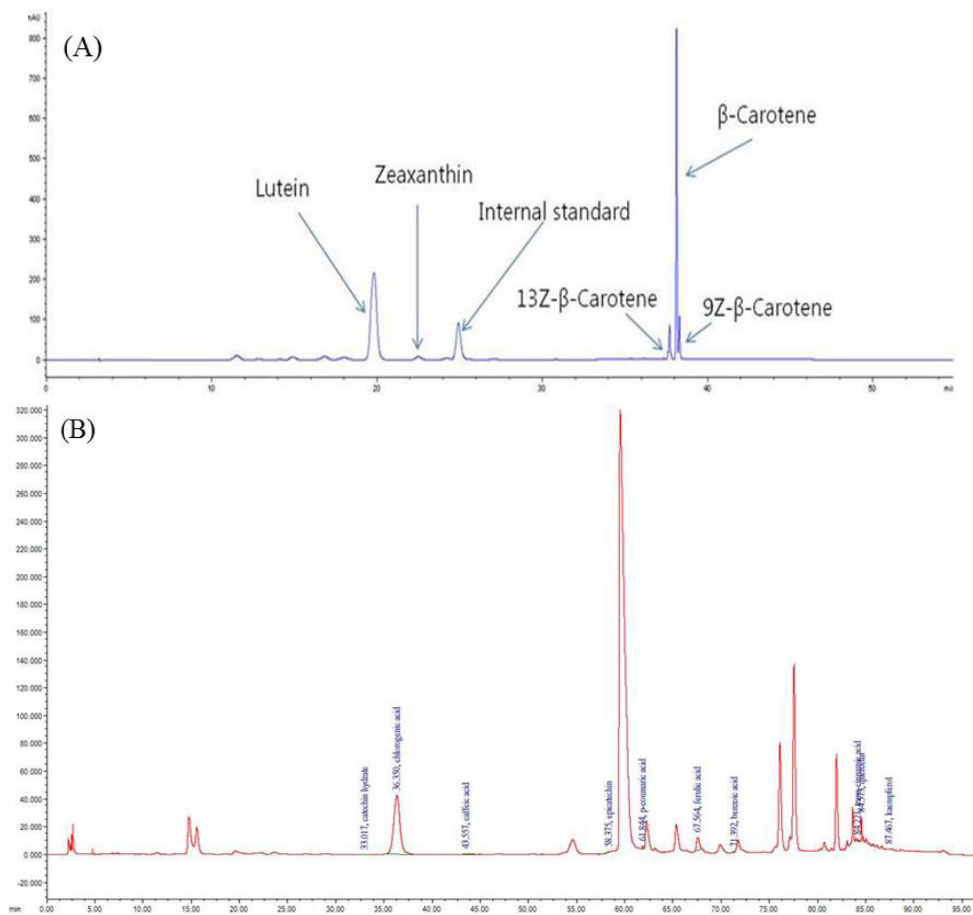


Fig. 1. HPLC chromatograms of carotenoids (A) and phenolic compounds (B) in *I. dentata* leaf.

Table 5. The contents of phenolic compounds ($\mu\text{g/g}$ dry weight) of *I. dentata* collected from four different areas in Korea.

Part	Areas	CA	QC	EC	FA	CFA	CT	BA	KP	p-CM	TCA	RT	Total
Leaf	YP	1,369b	183.2a	28.3	30.1c	7.7	7.16	2.35	3.31	2.30c	1.12	N/D	1,632b
	DJ	1,127c	59.6b	29	57.5b	10.2	7.69	N/D	3.61	4.18bc	0.81	N/D	1,300c
	CC	1,770a	31.8c	24.9	58.6b	12.3	7.89	N/D	4.04	7.66b	0.69	N/D	1,918a
	GS	869d	4.6d	22.5	81.0a	8.3	4.62	N/D	3.36	11.86a	0.51	N/D	1,005d
Root	YP	165d	N/D	22.5	7.48	8.33b	5.61b	0.80b	2.21	1.02	0.73a	N/D	214d
	DJ	214c	2.85	19.6	7.48	8.98b	6.72b	2.89b	2.71	1.16	0.39c	4.64	271c
	CC	769a	N/D	25.7	7.56	13.43a	9.07a	69.0a	1.32	1.17	0.75a	N/D	897a
	GS	242b	N/D	21.5	7.14	10.58ab	7.12ab	42.2ab	2.42	1.33	0.56b	8.7	344b

YP, Yangpyeong; DJ, Dangjin; CC, Chuncheon; GS, Goesan; CA, chlorogenic acid; QC, quercetin; EC, epicatechin; FA, ferulic acid; CFA, caffeic acid; CT, catechin; BA, benzoic acid; KP, kaempferol; p-CM, p-coumaric acid; TCA, trans cinnamic acid; RT, rutin; N/D, not detected.

a - d: Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Conclusion

본 연구에서는 흰씀바귀의 주 재배지인 양평, 당진, 춘천, 괴산에서 각각 재래종을 수집하고 충북 음성 인삼특작부 포장에 이식 재배하여 지역별 흰씀바귀의 생육특성을 조사하고 카로티노이드와 페놀화합물을 분석하였다. 수량성과 생육특성을 조사한 결과 뿌리작물로서의 흰씀바귀의 우량계통 선발은 지하부 생육이 가장 우수한 양평 재래종을 선택하는 것이 바람직하다. 카로티노이드와 페놀화합물은 4개 지역 모두 뿌리보다는 잎에 다량 함유되어 있고 춘천 재래종은 지상부 생육도 우수하고 잎에서의 chlorogenic acid와 총 페놀화합물 함량이 가장 높았다. 그 동안 농가에서 이용하지 않았던 부산물로서의 흰씀바귀 잎의 활용 가능성을 고려한다면 춘천 재래종을 우량계통으로 선발하여야 할 것으로 판단된다. 흰씀바귀는 건강기능성 식의약 소재로의 개발이 충분히 가능하고 이에 표준품종 육성과 재배법에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 '씀바귀 주요 물질대사 관련 유용 유전자 분리 및 특성 구명 연구과제(과제번호: PJ011581022017)'의 지원에 의해 수행되었다.

Authors Information

Mei Lan Jin, <https://orcid.org/0000-0000-9369-2151>

Sang Hoon Lee, <https://orcid.org/0000-0002-8346-1675>

Yun Ji Park, <https://orcid.org/0000-0001-6400-2521>

Jeong Su Yoon, <https://orcid.org/0000-0003-2910-4375>

Sang Won Lee, <https://orcid.org/0000-0003-3567-0103>

Mok Hur, <https://orcid.org/0000-0003-4422-8042>

Sung Cheol Koo, <https://orcid.org/0000-0001-6285-689X>

Woo Moon Lee, <https://orcid.org/0000-0002-8313-9571>

Chun Geun Park, <https://orcid.org/0000-0003-4177-6270>

Sang Un Park, <https://orcid.org/0000-0003-2157-2246>

Jae Kwang Kim, <https://orcid.org/0000-0003-2692-5370>

Jae Ki Chang, <https://orcid.org/0000-0001-8054-737X>

Yeon Bok Kim, <https://orcid.org/0000-0002-1650-9077>

References

- Ann DK. 1998. Color illustrated korean medicinal plants book (7th Edi). p. 143. Gyohaksa, Seoul, Korea. [in Korean]
- Bang MH, Jang TO, Song MC, Kim DH, Kwon BM, Kim YK, Lee HS, Chung IS, Kim DK, Kim SH, Park MH, Baek NI. 2004. Screening of biologically active compound from edible plant sources-IX. isolation and identification of sesquiterpene lactons isolated from the root of *Ixeris dentata* forma albiflora; inhibition effects on ACAT, DGAT, and FPTase activity. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry 42:251-257. [in Korean]
- Bhattarai KR, Lee SW, Kim SH, Kim HR, Chae HJ. 2017. *Ixeris dentata* extract regulates salivary secretion through the activation of aquaporin-5 and prevents diabetes-induced xerostomia. Journal of experimental pharmacology 9:81-91.
- Cha MK, Son JE, Cho YY. 2014. Growth model of sowthistle (*Ixeris dentata* Nakai) using expolinear function in a closed-type plant production system. Korean Journal of Horticultural Science and Technology 32:165-170. [in Korean]
- Chang LC. 2004. In vitro anti-leukemic and antiviral activities of traditionally used medicinal plants in Taiwan. The American Journal of Chinese Medicine 32:695-704.
- Chaves GV, Souza GG, Matos AC, Peres WA, Pereira SE, Saboya CJ, Dalmeida CA, Ramalho DA. 2010. Serum retino and β -carotene levels and risk factors for cardiovascular disease in morbid obesity. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 80:159-167.
- Cho JW, An TH, Lee SY, Park KW. 2012. Determination of total content of phenolic compounds in Chinese matrimony vine's accessions. Korean Journal of Crop Science 57:409-417. [in Korean]
- Ge SL, Jiao YH, Chen JZ, Wang HK. 2013. Application of extracts from *Sonchus oleraceus* on preservation of postharvested strawberry. Northern Horticulture 10:130-132. [in Chinese]
- Jeong JC, Son YL, Lee GA, Lee ST, Lee GA, Lee JA, Park EG, Ma SJ. 2014. Manufacture and physiochemical properties of tea using leaves and flowers of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). Journal of the Korean Tea Society 20:77-85. [in Korean]
- Jin Q, Bi YL, Liu XM, Wan FC. 2014. Recent advances on research of carotenoid metabolism and functions. Chinese Journal of Animal Nutrition 26:3561-3571. [in Chinese]
- Ju JI, Lee J, Paik SW, Yun TS, Park YC, Lee BH, Kim HH, Lee HB. 2015. Effect of drying temperature on high quality functional processed products of chinese matrimony vine. Korean Journal of Medicinal Crop Science 23:468-472. [in Korean]
- Kasai H, Fukada S, Yamaizumi Z, Sugie S, Mori H. 2000. Action of chlorogenic acid in vegetables and fruits

- as an inhibitor of 8-hydroxydeoxyguanosine formation in vitro and in a rat carcinogenesis model. *Food and Chemical Toxicology* 38:467-471.
- Kim JW. 2001. Methodology of carotenoids chemistry. *The Korean Journal of Food and Nutrition* 14:360-366. [in Korean]
- Kim MJ, Kim JS, Jeong DM, Ham SS, Yu CY. 2002. Effect of antioxidant, antimutagenicity and anticancer of root extract from *Ixeris dentata* Nakai. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 10:222-229. [in Korean]
- Kim YJ, Kim YB, Li X, Choi SR, Park S, Park JS, Lim YP, Park SU. 2015. Accumulation of phenylpropanoids by white, blue, and red light irradiation and their organ-specific distribution in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63:6772-6778.
- KPNI (Korean Plant Names Index). 2018. *Ixeris*. Accessed in <http://www.nature.go.kr/ekpni/SubIndex.do> on 1 February 2018.
- Lee E. 2011. Effects of *Ixeris dentata* extract on the production of pro-inflammatory cytokines in the LPS stimulated rat and raw 264.7 cells. *Korean Journal of Plant Resources* 24:604-612. [in Korean]
- Lee SW, Kim JK, Uddin MR, Kim YB, Kim HH, Chung ES, Lee JH, Park SU. 2014. Variation of carotenoid content in different bitter melon cultivars. *Asian Journal of Chemistry* 26:461-463.
- Lim JD, Yu CY, Kim MJ, Yun SJ, Lee SJ, Kim NY, Chung IM. 2004. Comparison of SOD activity and phenolic compound contents in various Korean medicinal plants. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 12:191-202. [in Korean]
- Liu C, Yan MM, Shao S, Wu CY, Fu ML, Tian S, Yang Y. 2015. Chemical constituents and pharmacological effects of *Ixeris chinensis*. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae Sponsor* 21:231-233. [in Chinese]
- Liu HC, Zhang Y, Zheng B. 2011. Microwave-assisted hydrolysis of lutein and zeaxanthin esters in marigold (*Tagetes erecta* L). *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 62:846-851.
- Liu MH, Liu HM, Zheng MZ, Chen FQ, Liu JS. 2016. Research progress on bioactivities of zeaxanthin and its application in foods. *The Food Industry* 37:242-248. [in Chinese]
- Rajendran P, Rengarajan T, Nandakumar N, Palaniswami R, Nishigaki Y, Nishigaki I. 2014. Kaempferol, a potential cytostatic and cure for inflammatory disorders. *European Journal of Medicinal Chemistry* 86:103-112.
- Rhee JH, Kim SG, Hur OS, Ro NY, Ko HC, Sung JS, Ryu KY, Kim JB, Chung JW, Baek HJ. 2015. Variation of carotenoid contents of *Cucurbita Moschata* germplasm by the origin of collection. *Korean Society of International Agriculture* 27:435-440. [in Korean]
- Riccioni G, D'Orazio N, Sperranza L, Diilio E, Glade M, Bucciarelli V, Scotti L, Martini F, Pennelli A, Bucciarelli T. 2010. Carotenoids and asymptomatic carotid atherosclerosis. *Journal of Biological Regulators & Homeostatic Agents* 24:447-452.
- Seong ES, Seo EW, Chung IM, Kim MJ, Kim HY, Yoo JH, Choi JH, Kim NJ, Yu CY. 2015. Growth characteristics and phenol compounds analysis of collected *Perilla frutescens* resources from China and Japan.

- Korean Journal of Medicinal Crop Science 23:132-137. [in Korean]
- Seto M, Miyasa T, Fukushima S. 1986. Sesquiterpenelactones from *Ixeris dentata* Nakai. Chemical and Pharmaceutical Bulletin 34:4170-4175.
- Tuan PA, Thwe AA, Kim YB, Kim JK, Kim SJ, Lee SH, Chung SO, Park SU. 2013. Effects of white, blue, and red light-emitting diodes on carotenoid biosynthetic gene expression levels and carotenoid accumulation in sprouts of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 61:12356-12361.
- Wang LP, Zhou SM, Dai DL, Cao JS. 2010. Progress in plant phenolic compounds. Acta Agriculturae Zhejiangensis 22:696-701. [in Chinese]
- Wegner A, Khoramnia R. 2011. Cataract is a self-defence reaction to protect the retina from oxidative damage. Medical Hypotheses 76:741-744.
- Yang SJ, Lee SY, Lee HN, Park YC, Choi SK, Yu CY, Chung IM, Lim JD. 2016. Adjuvant effect of polysaccharides from aboveground parts of *Astragalus membranaceus*. Korean Journal of Medicinal Crop Science 24:408-419. [in Korean]
- Ye Y, Hu L, Cai WH, Song K, Wang ZH, Sun LG, Shen Z. 2016. Research progress on effect of benzoic acid to human health. Journal of Environmental Hygiene 6:451-456.
- Zhang YF, Zhao W, Han LP, Wang J, Shi TT. 2014. The effects of *Ixeris chinxensis* (Thunb.) Nakai on acetylcholine content in nicotine poisoning mouse. Science and Technology of Food Industry 35:336-342. [in Chinese]
- Zhao SC. 2015. Molecular characterization and metabolic analyses of carotenoid and phenylpropanoid biosynthesis in *Lycium chinense*. Master dissertation. Chungnam National Univ., Daejeon, Korea.
- Zhou HY, Zhao XF, Johnson EJ, Lim A, Sun ED, Yu J, Zhang YB, Liu XP, Snelling T, Shang F, Liu N. 2011. Serum carotenoids and risk of age-related macular degeneration in a Chinese population sample. Investigative Ophthalmology and Visual Science 52:4338-4344.