

정금나무 열매의 형태적 특성과 안토시아닌 함량 변이

송정호¹ · 정은주² · 김혜수^{1*} · 김문섭¹ · 김세현¹

¹국립산림과학원 특용자원연구과, ²미국 농업연구소

Variation of Morphological Characteristics and Anthocyanin Contents from Fruit of *Vaccinium oldhamii* in Korea

Jeong Ho Song¹, Eun Ju Cheong², Hyeusoo Kim^{1*}, Moon Sup Kim¹ and Sea Hyun Kim¹

¹Division of Special Purpose Trees, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

²USDA Agricultural Research Service, National Germplasm Resources Lab 10300 Baltimore Ave. Beltsville MD 20705, USA

요약: 국내 자생 정금나무의 기능성 품종을 육성하기 위하여 4집단 24개체에 대한 열매의 형태적 특성과 안토시아닌 함량을 분석하였다. 분산분석결과 조사된 모든 형질 특성들에서 집단간 및 집단내 개체간에 유의적인 차이가 인정되었다. 정금나무 열매의 평균특성을 살펴보면 열매종경 8.2 mm, 열매횡경 7.8 mm, 열매무게 0.4 g, 열매당도 11.7 Brix., 과지방 열매수 7.7개, 안토시아닌 함량 474.4 mg/100 g으로 각각 나타났다. 특히, 정금나무의 열매특성은 미국산 블루베리에 비해 크기는 작으나 안토시아닌 함량이 1.9배 높은 것으로 나타나 기능성 품종육성을 위한 소재로서의 이용 가치가 높은 수준으로 판단된다. 기능성 품종육성을 위하여 3가지(열매무게, 과지방 열매수, 안토시아닌 함량) 주요 선발기준에 의해 최종 선발된 3개체의 선발효과를 추정한 결과 전체 평균특성과 비교하여 열매무게 129.6%(0.36 g→0.47 g), 과지방 열매수 109.5%(7.7개→8.4개), 안토시아닌 함량 140.5%(474.4 mg/100 g→666.4 mg/100 g)의 선발효과를 추정할 수 있었다.

Abstract: To develop superior cultivars for edible or medicinal purposes, we investigated morphological characteristics and total anthocyanin contents for the fruit of 24 individuals from 4 populations in Korea. ANOVA analysis showed significant differences among populations and among individuals within population in all characteristics. The mean characteristics of the species were 8.2 mm, 7.8 mm, 0.4 g, 11.7 Brix., 7.7 ea and 474.4 mg/100 g in the fruit width, fruit length, fruit weight, soluble solids contents, number of fruit per punch and total anthocyanin contents, respectively. Especially, total anthocyanin contents (474.4 mg/100 g) of *V. oldhamii* showed 1.9 times higher than that of American blueberry (237.3 mg/100 g) using as control. Consequently, the investigation suggests that *V. oldhamii* fruits can be used to develop the functional cultivars with enhanced health benefits by the selection breeding. Selection effect with outstanding candidate trees including superior 3 individual trees was estimated at 129.6%, 109.5% and 140.5% in fruit weight, number of fruit per punch and total anthocyanin content, respectively.

Key words: *Vaccinium oldhamii*, anthocyanin, fruit, selection effect, blueberry

서론

안토시아닌(Anthocyanin)은 과일, 채소, 곡물 등의 식물체에 존재하는 수용성 색소로서 자색, 청색, 적색 등을 나타내며 C6-C3-C6의 기본 골격을 갖고 수산기의 수, 위치, 메틸화에 따라 다양한 종류가 자연계에 존재한다. 특히, 안토시아닌 색소는 식품의 색 등 관능적 품질 특성을 결

정하는 천연수용성 색소로서 항산화활성, 콜레스테롤 저하와 시력개선, 항암효과와 항염증, 혈관보호, 동맥경화, 심장병 예방, 당뇨억제, 자외선으로부터의 보호기능 등이 보고되고 있다(Akhavan et al., 2015; Barbosa, 2014; Cândido et al., 2015).

안토시아닌이 많이 함유된 식물은 블루베리, 아로니아, 체리, 흑미, 포도, 가지 등이 있으며, 특히, 블루베리는 타 입지가 선정한 세계 10대 건강식품 중 하나로 알려지면서 국내에서는 2000년 이후부터 재배되기 시작하였다(Kim

*Corresponding author
E-mail: spresources@forest.go.kr

et al., 2005). 블루베리 성숙 열매에는 기능성 물질인 안토시아닌과 카로티노이드 색소가 다량 함유되어 항산화, 항당뇨 및 항암작용이 우수하다는 결과(Dragovic-Uzelac et al., 2010; Hirotooshi et al. 2013)와 플라보노이드 및 페놀산 등의 phytochemical이 풍부하여 활성산소를 억제하는 높은 항산화 작용으로 노화방지 및 질병예방에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Wang et al., 2008).

그러나 블루베리는 배수가 양호하며 유기물 함량이 최소한 3% 이상의 산성토양(pH 4.5~5.2)에서 잘 자라기 때문에 국내 대부분의 농경지는 이와 같은 조건을 충족하기 어렵다. 재배농가에서는 피트머스와 유허을 사용하여 산도를 조절하므로 고비용과 토양 산성화를 일으키는 문제점으로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고 국내 자생 블루베리인 정금나무의 대립다수확성이고 안토시아닌 함량이 높은 고품질 품종육성을 통해 농·산촌의 소득증대에 기여하고자 시도하였다.

국내 자생 블루베리인 정금나무(*Vaccinium oldhamii* Miq.)는 높이 1~4 m의 낙엽활엽관목으로서 계룡산 이남에 주로 분포하지만 서해안을 따라 안면도까지 자생한다. 꽃은 5~7월에 헛가지 끝에 총상화서로 피며, 열매는 장과로 지름 6~8 mm로 9월에 검은색으로 익으며 흰 가루로 덮여 있다(Lee, 1997). 한국과 중국 등지에서는 열매에 방부, 수렴, 건위, 이뇨 등의 효능이 있어 방광염, 구토, 임질, 하리, 발진 등의 치료에 사용하였다(Kim, 1996).

정금나무 열매에 대한 선행연구를 살펴보면, 항균활성, 총페놀함량 및 항산화활성 연구가 종(species) 수준에서 일부 진행되었으며(Chae et al., 2010; Chae et al., 2012; Hirotooshi, 2013; Kim et al., 2013), 국내산 블루베리의 유효 화학성분이나 생리활성 특성이 미국산보다 다소 높은 것으로 보고된 바 있다(Chae et al., 2012; Moon et al., 2013). 또한 자생 정금나무 10개 선발집단에 대한 열매의 형태적 특성 조사를 통해 집단간 유연관계를 구명하고자 시도된 바 있다(Kim et al., 2012). 그러나 정금나무 열매의 안토시아닌 함량에 관한 연구는 전무한 실정이다. 안토시아닌은 같은 품종이라도 재배 방식, 환경 조건 및 추출 방법에 따라 검출되는 안토시아닌의 종류가 다양하며 비율 및 함량도 각기 다르게 나타날 수 있지만 품종이 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Silva et al., 2007; Yoshida et al., 2002).

따라서 본 연구에서는 국내 자생 정금나무의 고품질 신품종 육성을 위한 기초연구로 활용하고자 국내 선발개체의 열매특성 및 안토시아닌 함량 변이를 분석하였으며, 또한 국내에서 재배되고 있는 북미산 블루베리와 열매특성을 함께 평가하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

2013년 9월 정금나무가 자생하는 태안, 논산, 구미 및 광주 지역에서 대립다수확성인 개체를 선발하였으며, 집단별 6개체씩 성숙된 열매를 채취하여 공시재료로 사용하였다. 또한 국내에서 재배되고 있는 북미산 블루베리 열매를 대조구로 사용하였다.

2. 특성조사

정금나무 열매의 특성조사는 개체별로 정상적인 생장을 보인 10개 결실지의 송이에서 2개씩 총 20개의 열매를 선정하여 황경, 종경, 무게를 디지털 캘리퍼스(NA500-150S, Bluebird, Korea)와 디지털 저울(92SM-202A, Precisa, Switzerland)로 측정하였으며, 과지방 열매수를 조사하였다. 또한 당도는 압착기로 거른 과즙을 휴대용 굴절당도계(ATAGO PAL-1)를 사용하여 측정하였다.

안토시아닌 함량 분석은 동결 건조한 열매를 분쇄하여 분말 시료에 30배의 메탄올, 염산 및 증류수를 각각 60:1:30(v:v:v)의 비율로 넣고 실온에서 24시간 추출한 후 0.45 μ m membrane filter를 이용하여 여과한 후 여액을 사용하였다. 총안토시아닌 함량은 AOAC방법(Lee, 2005)에 의한 pH differential method를 응용하여 측정하였다. 추출액 1 mL에 각각 potassium chloride buffer 0.025M KCl 용액(pH 1.0)과 sodium acetate 0.4M CH₃CO₂Na·3H₂O 용액(pH 4.5)으로 각각 1 mL씩 용해시켜 UV-vis spectrophotometer(852A Diode Array Spectrophotometer, Agilent Technologies, Seoul, Korea)를 이용하여 510 nm와 700 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도가 0.2에서 1.4AU의 범위 안에 들어갈 수 있도록 추출액을 희석하여 측정하였으며, 반응시간 20분에서 50분 내에 흡광도를 측정하였다. 추출액의 흡광도(A)는 다음과 같은 식에 의해 산출되었다.

$$A = (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}1.0} - (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}4.5}$$

정금나무 열매에서 추출한 안토시아닌 색소의 농도는 다음과 같은 식으로 산출하였다.

$$\text{Anthocyanin content (mg/kg)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

A는 흡광도, DF는 희석배수이며, 표준물질은 cyanidin-3-glycoside를 사용하였으며 분자량(MW=449.2)과 몰랄 흡광계수($\epsilon=26,900$)를 통하여 계산하였다.

3. 통계분석

실험결과의 유의성은 SPSS 통계프로그램(ver. 18.0, SPSS Inc., USA)에 의해 분산분석(ANOVA)을 실시하였다.

결과 및 고찰

정금나무 4개 선발집단의 열매특성과 안토시아닌 함량에 대한 평균값과 변이계수 값은 Table 1과 같다. 정금나무 열매의 형태는 둥글며 장과(漿果)로 9월에 검은색으로 익으며 흰 가루로 덮여 있는 특성을 보였으며, 전체 평균 특성은 열매종경 8.2 mm, 열매횡경 7.8 mm, 열매무게 0.4 g, 열매당도 11.7 Brix., 과지당 열매수 7.7개, 안토시아닌 함량 474.4 mg/100 g으로 각각 나타났다. 집단별 열매의 크기는 태안집단이 다른 집단에 비해 가장 큰 특성을 보였으며, 열매종경 9.0 mm, 열매횡경 8.5 mm, 열매무게 0.5 g으로 가장 우수하였다. 과지당 열매수에서도 태안집단이 9.4개로 가장 많이 착과되었으며, 반면 열매당도에서는 nonsan집단이 12.7 Brix.로 가장 높게 나타났다. 대조구로 사용된 북미산 블루베리는 열매의 종경, 횡경, 무게 및 당도에서 각각 15.2 mm, 12.1 mm, 1.9 g 및 11.1 Brix.으로 자생 정금나무에 비해 열매의 크기와 무게에서 큰 특성을 나타냈다. Kim et al.(2012)은 국내 정금나무 10개 선발집단의 열매특성을 조사한 결과 입중과 과지당 열매수가 전체평균 각각 0.25 g과 10.6개로 보고한 바 있어 본 연구결과와 비교해 과지당 열매수는 많으나 입중이 가벼운 경향을 나타냈다.

안토시아닌 함량은 구미집단이 540.3 mg/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 광주집단이 402.2 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 특히, 모든 집단들이 북미산 블루베리 237.3 mg/100 g에 비해 높은 값을 나타내었으며, 1.7~2.3배 높은 함량 차이를 나타내 기능성 품종을 개발하는 데에 이용가치가 높을 것으로 기대된다. Hirotsoshi et al.(2013)에 의하면 정금나무 열매의 안토시아닌 함량은 19.1 µg/g로 블루베리 하이부쉬 품종보다 많다고 보고하여 본 연구결과와 동일한 경향을 나타냈다. 또한 국내에서 재배되어진 블루베리의 안토시아닌 함량은 375.23 mg/

100 g이라 보고된 바 있으며, 그 이외의 berry류에 속하는 복분자딸기, Mulberry, 딸기, 오디의 안토시아닌 함량은 각각 1058.51 mg/100 g, 221.22 mg/100 g, 58.11 mg/100 g 및 206.60 mg/100 g이라 보고된 바 있어 수종 간에 많은 차이를 나타냈다(Choi et al., 2012; Kang, 2009).

이상과 같이 자생 정금나무의 열매의 형질 특성은 북미산 블루베리에 비해 열매의 크기와 무게는 작으나 당도는 다소 높고 안토시아닌 함량이 평균 1.9배 높은 특성을 나타냈다.

형질 특성들에 대한 변이계수 값을 살펴보면 12.2~39.0% 범위로 과지당 열매수가 평균 39.0%로 가장 변이가 심한 형질로 나타났으며 다음으로 안토시아닌 함량과 열매무게 특성에서 각각 평균 30.5%와 25.0%로 다른 특성들에 비해 집단내 개체간 변이가 큰 형질들로 나타났다. Kim et al.(2012)은 국내 정금나무 10개 선발집단의 열매특성에서 변이계수 값은 13.5~27.4% 범위였으며, 열매종경 13.5%, 열매횡경 14.5%, 열매무게 40.0%, 열매당도 16.2%, 과지당 열매수 27.4%로 보고하여 본 연구의 형질특성들과 비교해 유사한 경향을 나타냈다. 또한 엽형질 특성에서는 변이계수 값이 16.0~31.0%로 보고한 바 있어 정금나무 열매의 형질특성 변이가 엽 특성에 비해 큰 경향을 나타냈다.

정금나무의 열매특성에 대한 집단간 및 집단내 개체간의 유의적인 차이를 검증하기 위한 분산분석 결과는 Table 2와 같다. 조사된 모든 특성들에서 집단간 및 집단내의 개체간에 통계적인 유의성이 인정되었다. Kim et al.(2012)은 국내 정금나무 10개 선발집단의 잎과 열매특성에서 집단간 및 집단내 개체간에 유의성이 있음을, Kim et al.(2013)도 정금나무 열매의 총 페놀 함량 및 항산화활성 분석에서 개체간에 유의적인 차이가 있음을 보고한바 있어 본 연구결과와 동일한 경향을 나타냈다.

특히, 국내 자생 정금나무의 대립다수형이 안토시아닌 함량이 높은 고품질 품종육성 위하여 열매무게, 과

Table 1. Means and coefficients of variation for fruit characteristics and anthocyanin content by population.

Populations	Fruit width (mm)	Fruit length (mm)	Fruit weight (g)	Soluble solids contents (Brix.)	Number of fruit per punch (Ea.)	Total anthocyanin content (mg/100 g)
Tae'an	9.0 ^{a*} (12.2)	8.5 ^a (12.9)	0.5 ^a (12.5)	12.2 ^{ab} (14.8)	9.4 ^a (26.6)	519.2 ^a (34.2)
Nonsan	8.1 ^b (11.1)	7.9 ^b (10.1)	0.4 ^b (25.0)	12.7 ^a (11.0)	7.0 ^b (34.3)	436.1 ^{bc} (35.5)
Gumi	8.1 ^b (7.4)	7.7 ^c (11.7)	0.4 ^b (25.0)	11.7 ^{ab} (15.4)	5.8 ^c (31.0)	540.3 ^a (14.5)
Gwangju	7.4 ^c (9.5)	7.2 ^d (9.7)	0.3 ^c (33.3)	10.4 ^b (18.3)	8.7 ^a (41.4)	402.2 ^c (34.1)
Mean	8.2 (12.2)	7.8 (12.8)	0.4 (25.0)	11.7 (16.2)	7.7 (39.0)	474.4 (30.5)
Blueberry	15.2 (6.6)	12.1 (6.6)	1.9 (15.8)	11.1 (9.9)	-	237.3 (5.5)

*Different letters indicate Duncan's multiple range tests (Significant at p<0.01).

Table 2. Analysis of variance for fruit characteristics and anthocyanin content of *V. oldhamii*.

	Fruit width	Fruit length	Fruit weight	Soluble solids contents	Number of fruit per punch	Total anthocyanin content
Among populations	72.71**	44.68**	74.55**	5.60**	23.18**	4.40**
Among individuals within population	49.38**	40.26**	61.29**	5.69**	9.67**	1175.19**

**significant at $p < 0.01$.

Table 3. Estimated selection effect of *V. oldhamii* by selection intensity.

No. of selected trees	Selection level	Average of selected trees		
		Fruit weight (FW, g)	Number of fruit per punch (NFP, Ea.)	Anthocyanin content (AC, mg/100 g)
3 trees (Priority of 40% rank)	FW \geq 0.4 NFP \geq 8.1 AC \geq 567.5	0.47	8.4	666.4
Selection effect (%)		129.6	109.5	140.5
Mean of 24 individuals		0.36	7.7	474.4

지당 열매수 및 안토시아닌 함량을 주요 선발기준으로 선발 후보목에 대한 선발효과를 추정하였다. 선발기준을 상위 40%인 열매무게 0.4 g 이상이고 과지당 열매수 8.1개 이상이며 안토시아닌 함량 567.5 mg/100 g 이상인 개체의 형질특성을 종합적으로 평가하여 최종적으로 3개체가 선정되었다. 이들 선발된 우량 3개체의 열매무게, 과지당 열매수 및 안토시아닌 함량 특성의 평균은 각각 0.47 g, 8.4 개 및 666.4 mg/100 g으로 전체 평균특성과 비교하였을 때 각각 129.6%, 109.5% 및 140.5%의 선발효과를 나타냈다. 이렇게 선발된 우량개체 후보목은 무성증식을 통해 클론보존원을 조성하고 지역 적응성 및 안정성 검정을 실시하여 최종적으로 선발된 개체를 우수품종으로 신품종보호출원하여 재배농가에 보급할 계획이다.

References

- Akhavan, M., Jahangiri, S., and Shafaghar, A. 2015. Studies on the antioxidant and antimicrobial activity and flavonoid derivatives from the fruit of *Trigonostictum brachytaenium* (Boiss.) Alava. *Industrial Crops and Products* 63: 114-118.
- Barbosa, A. de P. 2014. Gastroprotective and immunoadjuvant activities of butanolic extract of *Calliandra haematocephala*. *Journal of Medicinal Plants Research* 8: 727-730.
- Cândido, T.L.N., Silva, M.R., and Agostini-Costa. 2015. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. *Food Chemistry* 177: 313-319.
- Chae, J.W., Jo, B.S., Joo, S.H., Ahn, D.H., Chun, S.S., and Cho, Y.J. 2012. Biological and antimicrobial activity of *Vaccinium oldhamii* fruit. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 41: 1-6.
- Chae, J.W., Kone, H.J., Lee, M.J., Park, J.Y., Kim, J.H., Kim, Y.H., Lee, C.E., and Kim, K.H. 2010. The anti-oxidant effect of extracts from the *Vaccinium oldhamii*. *Journal of life Science* 20(8): 1235-1240.
- Choi I.S., Moon, Y.S., and Kwak, E.J. 2012. Composition of resveratrol and other bioactive compounds, and antioxidant activities in different mulberry cultivars. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 30(3): 301-307.
- Dragovic-Uzelac, V., Savic, Z., Brala, A., Levai, B., Kovacevic, D.B., and Biško, A. 2010. Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity of blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in the northwest Croatia. *Food Technology and Biotechnology* 48(2): 214-221.
- Hirotoishi T., Hisato, K., Ryoko, K.T., Kazuo, N., Masao, Y., Haruki, K., and Chizuko, Y. 2013. Antioxidant activities and anti-cancer cell proliferation properties of Natsuhaze (*Vaccinium oldhamii* Miq.), Shashanbo (*V. bracteatum* Thunb.) and Blueberry cultivars. *Plants* 2: 57-71.
- Kang, H.H. 2009. Determination of biological activities of Korean berries and their anthocyanin identification. PhD Diss., Gyeongsang National Univ., Korea.
- Kim, D.Y., Kim, S.K., Chen, C., Kim, S., Chae, W.B., Kwak, J.H., Park, S., Cheong, S.R., and Yoon, M.K. 2013. Variation of anthocyanin content and estimation of anthocyanin content from colorimeter among strawberry accessions. *Korean Journal of Breeding Science* 45(4): 339-345.
- Kim, H., Kim, M.S., Kim, S.H., Yun, K.W., and Song, J.H. 2013. Analysis of total phenolic content and antioxidant activity from fruits of *Vaccinium oldhamii* Miq. *Journal of Korean Forest Society* 102: 566-570.
- Kim, M.S., Kim, S.H., Han, J., and Park, I.H. 2012. Morphological characteristics and classification analysis of selected population of *Vaccinium oldhamii* Miq. *Korean Journal of Plant Resources* 25: 72-79.
- Kim, T.C., Bae, K.S., Kim, I.K., and Chun, H.J. 2005. Anti-

- oxidative activities of solvent extracts from blueberry. *Korean Journal of Oriental physiology & Phthology* 19: 179-183.
- Kim, T.J. 1996. *Korean resources plants III*. Seoul National Univ. Korea. pp. 230.
- Lee, Y.N. 1997. *Flora of Korea*. Kyo-Hak publishing Co., Seoul, Korea. pp. 590-592.
- Moon, H.K., Lee, S.W., and Kim, J.K. 2013. Physicochemical and quality characteristics of the Korean and American blueberries. *Korean Journal of Food Preservation* 20: 524-531.
- Silva, F.L., Escribano-Bailon, M.T. Perez Alonso, J.J., Rivas-Gonzalo, J.C., and Santos-Buelga, C. 2007. Anthozyanin pigments in strawberry. *LWT - Food Science and Technology* 40: 374-382.
- Wang, S.Y., Chen, C.T., Sciarappa, W., Wang, C.Y., and Camp, M.J. 2008. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 5788-5794.
- Yoshida, Y., Koyama, N., and Tamura, H. 2002. Color and anthocyanin composition of strawberry fruit: Changes during fruit development and differences among cultivars, with special reference to the occurrence of pelargonidin 3-malonylglucoside. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 71: 355-361.

(Received: February 23, 2015; Accepted: May 28, 2015)