

여주의 수확시기별 기능성성분 함량 변화

박영희¹ · 이나겸¹ · 류수노^{1,†}

Variation in Functional Component Levels in Bitter Gourd (*Momordica charantia* L.) among Different Harvest Seasons

Young-hie Park¹, Nagyeon Lee¹, and Su-Noh Ryu^{1,†}

ABSTRACT This study was conducted to investigate changes in the functional compounds in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). Four treatments were used to analyze vitamin C, momordicin, K, Mg, and Ca compounds in Dragon bitter gourd on the 7th, 14th, 21st, and 28th days after pollination. According to the number of days after pollination, level of chemicals containing vitamin C in bitter gourd appeared to decrease continually after pollination, and was the highest, being 74.7 mg/100 g on the 7th day. The level of momordicin, an anti-diabetic was significantly higher in the 7th-day product than that of the 14th day; meanwhile, there was no significant difference in Ca compounds. These phenomena are considered to fasten the stages of harvest for effective use of functional ingredients in bitter gourd fruits.

Keywords :functional ingredient, *Momordica charantia* L., Momordicin, Vitamin C

여주는 최근 전국적으로 생산과 소비가 확대되고 있는 1년생 초본성 작물로서 원산지는 동남아시아 지역이다. 독특한 쓴맛을 가지고 있는 과실에는 칼륨, 마그네슘 등 각종 무기성분과 비타민 C 등의 풍부한 영양성분을 함유하고 있으며, 주요 기능성 성분인 ‘모모루데신’은 건위작용 및 혈당치를 조절하는 역할을 한다고 알려져 있다(Bohme & Pinker, 2007). 여주 과실의 한 개에는 레몬 3개에 해당하는 풍부한 비타민 C와 100 g 중에 양배추의 약 4배에 해당하는 120 mg의 비타민 C가 포함되어 있다. 보통 비타민 C는 열에 약하지만 여주의 경우는, 볶아도 거의 변화되지 않는 것이 특징이다. 동남아시아 지역에서는 어린 줄기와 잎을 먹기도 하지만 여주는 주로 미숙한 과일을 수확하여 볶음요리, 샐러드, 피클 등을 만들어 먹는다. 여주의 열매를 포함한 모든 부위는 향당뇨, 구충제, 설사제, 정력제로서 효과적이며 복통, 설사, 열병, 습진, 치질, 말라리아, 이질, 통증, 빈혈, 기침, 옴, 천식 등 각종 상처와 염증치료에 사용되고 있다(Subratty *et al.*, 2005). 또한, 여주 열매에는 비타민 C 함량이 줄기의 40배 이상 함유되어 있고, 열 추출물에서의 항산화 능력이 ascorbic acid와 BHT 보다 우수함을 밝혀 식물유래 천연 항산화제로서의

가능성에 대하여 시사하였다(Park *et al.*, 2007). 여주의 각종 기능성 성분이 알려지면서 국내에서도 약 16 ha가 재배되고 있으며 내서성이 강한 여름채소 작물로서 경남 함양지역과 전남 해남지역을 중심으로 재배가 확대되고 있다. 최근 기후변화 및 온난화대응을 위하여 국내에서도 새로운 아열대채소 도입을 위한 연구가 추진되고 있다(Ahn *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2013). 현재까지 여주에 대한 주요 연구결과를 보면, 암꽃 수정을 향상(Tanaka *et al.*, 2007; Seong *et al.*, 2010), 품종육성(Iwamoto *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2013), 종자 발아율 향상(Iwamoto & Ishida, 2005), 재식밀도(Seong *et al.*, 2015), 기능성성분 분석(Moon *et al.*, 2014), 여주추출 momordicin의 생리적 활성 물질(Nadine *et al.*, 2005), 여주의 잎, 줄기, 과실에 대한 부위별 항산화활성 및 페놀함량에 대한 분석(Jittawan *et al.*, 2008) 등에 대한 연구가 추진되었지만 수확시기에 따른 여주 과실의 기능성 물질에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 온난화가 진행됨에 따라 여주는 기후변화대응 유망 작물로서 주목받고 있으며, 향후 국내에서도 소비확대 및 소득 작목으로 육성이 기대되는 작물로서 수확시기에 따른 연구가 필요한 실정이다.

¹서울특별시 종로구 대학로86(동승동) 한국방송통신대학교 (Korea National Open University, 86 Daehak-ro, Jongro-gu, Seoul Korea)

[†]Corresponding author: Su-Noh Ryu; (Phone) +82-2-3668-4100; (E-mail) ryusn@knou.ac.kr

<Received 10 March, 2018; Revised 19 March, 2018; Accepted 19 March, 2018>

따라서 본 연구는 여주과실을 시기별로 수확한 후 평가하여 기능성성분이 풍부한 시기를 알아보고, 향후 수확 시기를 예측하여 농가 부가 가치를 높일 수 있는 기초자료로 활용하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

식물재배

본 연구는 수확기간별 성분분석을 조사하기 위하여 부산광역시 강서구 강동동에 위치한 연구포장에서 수행되었다. 여주의 공시품종은 드레곤(가나종묘, 한국)을 이용하여 무가온 비가림 하우스(폭 5.5 m×40 m, 측고 18 m)에서 재배하였다. 여주는 32공 플러그트레이(서울농자재)에 육묘용 상토(홍농바 이오)를 이용하여 2015년 5월 5일에 파종하여 본 포장에 영수가 3~4매 정도 자란 묘종을 2015년 6월 5일에 정식하였다. 여주의 재식거리는 180×200 cm (235주/10a)로 하였으며, 흑백비닐을 이용하여 멀칭 하였다. 그리고 이랑과 이랑사이의 잡초발생 예방을 위하여 흑색 부직포(weed stop)를 멀칭하였다. 비가림하우스의 측장은 재배 전기간 동안 개방하였으며, 투명한 PE비닐로 피복하였다. 멀거름은 오이재배를 기준으로 하여 각각 성분량으로 10a 당 퇴비 2,500 kg, 질소 20 kg, 인산 28 kg, 칼륨 20 kg을 정식 14일전에 기비하였으며, 추비는 정식후 30일, 50일경에 각각 질소 5 kg을 나누어 시비하였다. 관수는 점적호스를 이용하여 관수하였으며 텐시오미터를 설치하여 pF 2.0을 기준으로 관수하였다. 여주의 수분작업은 개화한 날 인공수분을 하였는데 수꽃 1개로 2개 내외의 암꽃에 수분시키는 방법으로 주 3회 실시하였다. 여주 과실의 성분분석을 위하여 2016년 6월 21일~7월 18일 기간내 인공수정후 7일차, 14일차, 21일차, 28일차에 미숙과를 수확하여 바로 세척 후 5 mm 두께로 세절하여 건조기에서 40℃, 20시간 건조 후 시료를 수집하여 성분분석 연구소에(서울대학교 나이셀 분석연구소) 의뢰하였다. 건조된 과실의 분석은 플라보노이드, 무기성분, 비타민 C, 모모루데신 등을 분석하였다.

플라보노이드 분석(diethylene glycol 비색법)

플라보노이드 분석방법은 Di-ethylene glycol 비색법을 사용하였다. 건조된 과실의 추출물 시료 80 ul에 800 ul Di-ethylene glycol을 첨가한 다음 80 ul 1N NaOH를 첨가하고 37℃ 항온수조에서 1시간 동안 진탕 반응 시킨 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 Rutin을 이용하여 표준곡선으로 환산하였고, 실험 측정은 3회 이상 반복하여 평균값을 사용하였다.

무기성분 분석

여주과실의 무기성분 분석은 Lee *et al.* (2015)의 분석방법을 이용하였다. 여주의 분말시료 1 g을 도가니에 담아 4시간 건식회화하여 얻은 시료에 HNO₃용액(HNO₃:H₂O=1:1) 1 ml를 가한 후 hot plate에서 증발, 건조시켰다. 이를 다시 500℃에서 3시간 동안 회화하고 10 ml의 HCl용액(HCl:H₂O=1:1)에서 완전히 용해시켜 100 ml volumetric flask로 정용한 다음 유도 결합분광기(ICP-AES, Jobin Yvon, France)로 정량하였다.

비타민 C 분석

여주의 건조분말 1 g에 동량의 metaphosphoric acid-acetic acid를 혼합하여 균등한 죽 상태로 만들고 무게를 측정한 다음(W) 100 ml 메스플라스크에 옮겨 묽은 metaphosphoric acid-acetic acid를 이용하여 100 ml로 정용하였다. 이 용액을 여과하고 처음의 수 ml를 제거하여 여액을 취해 사용하였다. 그 뒤 2 ml를 취하여 indophenol solution 1방울, 2 ml metaphosphoric acid-thiortea solutinol을 가한 다음 1 ml dinitrophenylthiazine을 가하여 50℃에서 1시간 방치한 후 얼음물 중에서 냉각하면서 85% H₂SO₄ 5 ml를 첨가하여 냉각시키고, 1 ml dinitrophenylthiazine을 혼합하여 30분간 방치하였으며, UV/VIS spectrophotometer (Cary 500, Varian, USA)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 또한 비타민 C 표준용액으로 검량선을 작성하여 다음과 같은 식으로 비타민 C 함량을 계산하였다.

$$\text{총비타민 C 함량 (mg/kg)} = \frac{\text{검량선 대응값}}{1,000} \times 50 \times \frac{\text{시료채취량(g)} \times 2}{W} \times \frac{1,000}{\text{시료 채취량(g)}}$$

Momordicin 분석

여주 과실의 성분분석을 위하여 모모루데신 시약은 코아사이언스에서 구입하였고, Cas No.[91590-76-0, 카달로그 no. CFN92076_5MG, 구조식:C₃₁H₅₀O₃이다. 여주 과실에 함유된 모모루데신 성분을 분석하기 위하여 각 추출물 1 mg을 80% 에탄올에 녹여 13,000 rpm에서 5분 동안 원심분리한 후 100 μm씩 주입하여 HPLC (Agilent 1200 series, USA)로 분석하였다. Column은 Agilent Zorbax XDB C18 (4.6×150 mm, 5 μm pore size)을 사용하였고, flow rate와 mobile phase는 각각 1.0 ml/min과 H₂O/methanol (A/B, v/v) 1/99를 사용하였으며 detector와 파장은 UV와 204 nm, column 온도는 30℃였다. 이 때 모모루데신 분석에 사용된 표준물질은 ChromaDex™에서 구입하였다.

결과 및 고찰

여주의 플라보노이드, 비타민 C 함량을 분석한 결과 플라보노이드 함량은 과실의 외피에서 12.72 mg, 내피에서 7.21 mg, 종자에서 5.65 mg으로 과실의 부위별로 뚜렷한 차이를 보였다(Table 1, 2). 특히 과실의 외피에서 플라보노이드 함량이 종자부위보다 2배 이상 높은 결과를 보였다. 플라보노이드는 페닐기 2개가 C3 사슬을 매개하여 결합한 C6-C3-C6형 탄소골격구조로 되어 있으며, 이것이 여러 당류와 에테르 결합을 통해 글루코시드의 형태로 존재하는 경우가 많다. 또한 항균·항암·항바이러스·항알레르기 및 항염증 활성을 지니며, 독성은 거의 나타나지 않는 것으로 보고되고 있다. 생체 내 산화작용을 억제한다는 사실이 알려지면서 플라보노이드계(系) 물질의 개발 및 활용에 관한 관심이 지속적으로 커지고 있어 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 여주 과실의 부위별 모모르데신 함량은 과실의 외피, 내피, 종자부위에서 거의 비슷한 경향을 보였다(Table 3). 여주 과실을 식용으로 할 경우에 과실의 외피부분이외에도 전체적인 과실의 이용이 필요할 것으로 판단되었다.

여주 과실의 비타민 C와 모모르데신 함량을 분석한 결과 비타민 C는 개화 후 7일차에서 74.71 mg/100 g으로 가장 많이 나타났으며, 개화후 일수가 지날수록 감소하는 경향을 보였다

Table 1. Flavonoid levels in different parts of bitter gourd fruit 28 days after flowering.

| Treatment | Outer-pericarp | Inner-pericarp | Seed |
|--------------------|-------------------------|----------------|----------|
| Bitter gourd fruit | 12.72±1.66 ^z | 7.21±1.01 | 5.65±0.5 |

^zEach value represent mean ± standard deviation.

Table 2. Vitamin C levels in different parts of bitter gourd fruit 28 days after flowering.

| Treatment | Outer-pericarp | Inner-pericarp | Seed |
|--------------------|--------------------------|----------------|------------|
| Bitter gourd fruit | 120.3±31.43 ^z | 39.46±5.02 | 36.54±1.62 |

^zEach value represent mean ± standard deviation.

Table 3. Momordicin levels in different parts of bitter gourd fruit 28 days after flowering.

| Treatment | Outer-pericarp | Inner-pericarp | Seed |
|--------------------|------------------------|----------------|-----------|
| Bitter gourd fruit | 0.68±0.15 ^z | 0.62±0.07 | 0.55±0.05 |

^zEach value represent mean ± standard deviation.

(Table 4). 비타민 C는 대표적인 수용성 비타민으로서 다양한 산화스트레스에 대하여 최초의 항산화 역할을 수행하는 것으로 알려져 있으며 기질로부터 생성물을 전환하는데 있어 촉매역할을 하는 효소로 알려져 있다. Lee *et al.* (2015)의 연구결과에서 비타민 C는 재래종에서는 과실이 성장함에 따라 증가하는 경향을 보였지만 ‘드레곤’ 품종에서는 성장함에 따라 감소하는 경향을 보여 본 연구결과와 동일한 경향을 보였다. 또한 ‘드레곤’ 품종에서는 과실부분 이외에 여주 식물체의 엽에서도 75.5 mg/100 g의 함량을 포함하고 있어 향후 엽의 이용도 고려할 부분이라고 판단되었다. 또한 여주작물의 엽에서는 엽록소 함량도 높은 것으로 나타나(Lee *et al.*, 2015), 식재료로서의 이용가능성이 높을 것으로 예상되었다. 비타민 C는 수용성 비타민으로 영양의 지표로 사용되며 강력한 산화제로 생존을 위해서는 반드시 필요한 성분이다(Park *et al.*, 2008). 지질의 산화과정에서 불포화 지방산의 산화적 손상을 보호하며 비타민과 산소 유리기를 효과적으로 제거하는 작용을 한다(Jakeman *et al.*, 1993). 여주 비타민 C 함량조사에서 7일차에서 가장 많이 함유되어 있었으며, 부위별로는 과실의 외피에서 과실의 내피 부분과 종자부위보다 3배정도 비타민 C가 함유 되어 있었다.

여주 과실의 개화후 수확일수에 따른 무기성분 함량을 분석한 결과, 건조된 여주 과실의 K, Mg, Ca이 다른 성분에 비해 높은 함량을 나타내었다(Table 5). K의 경우 21일차에서 가장 많이 함유되어 있고 Mg, Ca는 수확일수에 따른 뚜렷한 차이가 없었다. 여주 과실의 Ca은 1.69~1.76 mg/100 g으로 나타났으며, Mg은 2.7~3.58 mg/100 g으로 나타나 처리간에 비슷한 결과를 보였다.

Table 4. Vitamin C and momordicin levels in bitter gourd fruit 28 days after flowering.

| Harvesting date | Vitamin C and Momordicin (mg/100 g) | |
|-----------------|-------------------------------------|------------|
| | Vitamin C | Momordicin |
| 7 day | 74.71±14.8 ^z | 14.58±2.3 |
| 14 day | 71.05±11.1 | 2.33±0.7 |
| 21 day | 56.41±6.6 | 0.70±0.1 |
| 28 day | 65.48±4.7 | 0.58±0.1 |

^zEach value represent mean ± standard deviation.

Table 5. Mineral levels in bitter gourd fruit 28 days after flowering.

| Harvesting date | Mineral levels (mg/100 g) | | |
|-----------------|---------------------------|----------|----------|
| | K | Mg | Ca |
| 7 day | 31.20±3.5 ^z | 3.58±0.6 | 1.76±0.2 |
| 14 day | 28.18±2.4 | 2.70±0.2 | 1.69±0.3 |
| 21 day | 43.39±21.4 | 3.38±1.4 | 1.69±0.5 |
| 28 day | 39.84±17.3 | 2.83±1.1 | 1.70±0.6 |

^zEach value represent mean ± standard deviation.

또한, 여주 과실의 성분을 분석한 결과 수확시기를 개화 후 보통 15~20일에서 수확하는 것이 일반적이지만 개화후 7일후에서 수확하는 방법이 기능성 성분 함량이 많이 함유되어 있는 결과를 보였다. 특히 여주과실의 기능성 성분의 하나인 모모루데신은 개화후 7일후에 수확한 과실에서 21일이나 28일후에 수확한 과실에 비하여 뚜렷하게 높은 경향을 보였다. 따라서 여주 과실의 기능성 성분의 효율적인 이용을 위하여 수확시기를 앞당겨 수확하는 것을 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

이상의 결과에서 여주의 수확시기는 약용으로 주로 이용되고 있는 과실의 기능성 성분의 효율적인 이용을 위하여 수확시기를 앞당겨 수확하는 것도 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었다. 향후 여주의 세부적인 수확시기에 추가적인 연구기술 개발이 요구되었다.

적 요

본 연구는 여주의 기능성성분이 풍부한 시기를 알아보기 위하여 수행되었다. 여주의 품종은 '드레곤'을 이용하여 재배하였고 개화 수정 후 7일, 14일, 21일, 28일에 수확하여 비타민 C, 모모루데신, K, Mg, Ca의 성분을 분석하였다. 개화 수정 후 일수에 따른 여주 과실의 비타민 C 성분은 수정 7일차에서 74.7 mg/100 g으로 가장 높았고 일수가 경과할수록 감소하는 경향을 보였다. 항당뇨성분인 모모루데신은 개화후 7일차에 수확한 과실에서 개화 후 14일차에 수확한 과실에 비하여 유의성 있게 증가하였다. 반면 Ca 성분은 과실의 수확시기에 따른 유의적인 차이가 없었다. 또한 여주과실의 기능성 성분의 효율적인 이용을 위하여 수확시기를 앞당겨 수확하는 것을 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

인용문헌(REFERENCES)

Ahn, Y. K., S. H. Kim, K. C. Seung, and D. K. Moon. 2011. Development of optical pruning method on okra (*Albemoschus esculentus* L. Moench) production. *J. Bio-Env. Con.* 20 : 58-61.

Bohme, M. and I. Pinker. 2007. Investigation regarding the potential for cultivation of indigenous vegetables in Southeast Asia. *Acta Hort.* 752 : 179-185.

Iwamoto, E., S. Hayashida, T. Ishida, and T. Morita. 2009. Breeding and seasonal adaptability of high female F1 hybrid bitter melon (*Mormordica charantia* L.) 'Kumaken BP1' using gynococious inbred line for the seed parent. *Hort. Res. (Japan)* 8(2) : 143-147.

Iwamoto, E. and T. Ishida. 2005. Effect of ethephon on seed emergence of balsam pear (*Mormordica charantia* L.). *Hort. Res. (Japan)* 4(4) : 401-404.

Jakeman, M. J., R. H. Edwards, and H. C. Symonns. 1993. Electron spin resonance studies of intact mammalian skeletal muscle *Biochem. Biophys. Acta.* 874 (2) : 185-190.

Jittawan, K. and S. Siriamompun. 2008. Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food Chemistry* 110 : 881-890.

Lee, H. J., A. K. Kim, M. M. Oh, S. G. Lee, W. B. Choi, and H. S. Choi. 2013. Selection of bitter gourd germ plasm for improvement anti-diabetic compound contents. *Korean J. Breed. Sci.* 45(4) : 332-338.

Lee, J. W., H. S. Lee, Y. W. Na, M. J. Kang, Y. A. Jeon, J. S. Sung, K. H. Ma, and S. Y. Lee. 2015. Investigation of physicochemical properties according to different parts and maturity of *Momordica charantia* L. *Korean J. Plant Res.* 28(4) : 382-390.

Moon, D. K., K. M. Cho, C. H. Kim, K. C. Seong, D. Son, M. H. Cho, I. H. Yu, H. R. Ryu, and I. W. Cho. 2014. Content of vitamin C and physiological properties of bitter gourd cultivar in plastic greenhouse. *Acta Hort.* 407-412.

Nadine, B., M. Gbeassor, K. Akpagana, J. Hudson, K. D. Soussa, K. Koumaglo, and J. T. Amason. 2005. Ethnomedicinal uses of *Momordica charantia* in togo and relation to its phytochemistry and biological activity,. *Journal of Ethnopharmacology.* 96 : 49-55.

Park, Y., H. O. Boo, Y. L. Park, D. H. Cho, and H. H. Lee. 2007. Antioxidant activity of *Momordica charantia* L. extracts. *Kor. J. Medicinal Crop Sci.* 15 : 56-61.

Park, Y. K., S. H. Choi, S. H. Kim, Y. S. Jang, J. K. Han, and H. G. Chung. 2008. Functional composition and antioxidant activity from the fruits of *Rubus coreanus* according to cultivars. *Mokchae Konghak* 36(1) : 102-109.

Seong, K. C., C. H. Kim, H. C. Lim, and D. G. Moon. 2010. Improvement of fruit setting ratio by insect vector of pollen in bitter gourd for protected cultivation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28 : 51.

Seong, K. C., C. H. Kim, S. H. Wei, C. G. Lim, and D. Son. 2015. Effect of planting density on the growth and yield in staking cultivation of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) under non-heated greenhouse. *Protected horticulture and plant factory.* 24(3) : 173-177.

Subratty, A. H., A. Gurib-fakin, and F. Mahomoodally. 2005. Bitter melon: an exotic vegetable with medicinal values. *Nutr. and Food Sci.* 35(3) : 143-147.

Tanaka, Y., K. Sameshima, H. Togo, T. Baba, N. Nagata, and T. Tsuyushige. 2007. Female flower producing and effect of fruit-set control methods for bitter gourd cultivar 'Kakou5gou' in semi-forcing culture. *Kagoshima Agricultural Research Center Research report* p. 29-36.