

## 생여주의 산화방지, 알파글루코시데이스 저해 활성 및 여주초절임의 카란틴과 루테인 함량 변화

박효순<sup>1,2</sup> · 문보경<sup>2</sup> · 김선아<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>한국방송통신대학교 생활과학과 식품영양전공, <sup>2</sup>중앙대학교 식품영양학과

### Antioxidant and $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities of fresh bitter melon and change of charantin and lutein content upon brining and blanching treatments of pickling

HyoSun Park<sup>1,2</sup>, BoKyung Moon<sup>2</sup>, and Suna Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Food and Nutrition in Dept. Human Ecology, College of Natural Science, Korea National Open University

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University

**Abstract** This study aimed to analyze charantin and lutein from fresh bitter melon (FBM) for their antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities. We subsequently compared our results with charantin and lutein content of pickled bitter melon (PBM11, PBM13, PBM51, and PBM53), obtained by brining (1 and 5% salt) and blanching (1 and 3 min). Charantin, lutein, L-ascorbic acid, and total polyphenolic content in FBM were  $777.92 \pm 27.59$ ,  $16.87 \pm 2.07$ ,  $94.78 \pm 0.61$ , and  $22.07 \pm 0.74$  mg catechin equivalents/g on dry basis, respectively. Antioxidant activity of 5 mg/L FBM extract was  $31.76 \pm 0.42\%$  in ABTS assay and  $56.19 \pm 2.39\%$  in DPPH assay;  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity of 0.5 mg/L FBM extract was  $55.60 \pm 1.34\%$ . Charantin and lutein content of all PBM samples were higher than control without brining and blanching treatments, those in PBM53 being  $375.63 \pm 9.03$  and  $4.07 \pm 0.40$  mg/100 g, respectively. These showed that brining and blanching in pickling process were very effective in retaining charantin and lutein in bitter melon.

**Keywords:** bitter melon, charantin, lutein, brining, blanching

## 서 론

여주(*Momordica charantia*)는 쓴맛이 강한 한해살이 박과 식물로 아프리카, 남아메리카, 동남아시아, 뉴질랜드, 인도, 중국, 일본 등에서 널리 재배(Park 등, 2007)되고 있으며, 바이타민 A, 바이타민 C, 포타슘, 철 등이 풍부하고 글리코사이드, 사포닌, 알칼로이드, 테페노이드 등을 함유하고 있어 항괴사, 항고혈당과 당뇨병 예방 효능(Lee 등, 2015a; Moon 등, 2015)과 항암 효능(Raina 등, 2016)이 보고되면서 기능성 소재로서 각광받고 있다. 여주의 색상은 미숙과에서는 엷록소에 의해 짙은 녹색으로 보이지만 과숙상태가 되면 표면은 노란색, 여주의 씨앗은 붉은 색으로 변하는데 이는 숙성단계별로 카로테노이드가 발견되면서 나타나는 색의 변화로 숙성될수록 다양한 카로테노이드가 발견되고 그 함량이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Cuong 등, 2017; Tuan 등, 2011).

여주 특유의 쓴맛은 주로 트라이노쿠쿠비탄(trinorocucurbitane),

쿠쿠비탄(cucurbitane), 트라이테페노이드(triterpenoids), 카란틴(charantin) 등(Cha 등, 2011)의 성분에서 기인하는 것으로 알려지고 있다. 카란틴은 구조적으로 쿠쿠비탄의 스티그마스테롤 글루코사이드(stigmasterol glucoside)과 베타시토스테롤 글루코사이드( $\beta$ -sitosterol glucoside)의 혼합물(Desai와 Tatke, 2015)로 알려지고 있으며, 강한 극성 용매나 강한 비극성 용매에 녹지 않는 극성 지방으로 분류(Pitipanapong 등, 2007)된다. 여주는 당뇨 유발 흰쥐에 식이로 제공했을 때 혈당 조절 효과(Kim, 2013)를 보였으며, 제2형 당뇨 db/db 마우스에 여주 추출물의 경구 투여 시 혈당이 유의적으로 낮아지는 것으로 보고되었다(Jeong 등, 2008). 이 외에도 카란틴 함량이 높은 여주 유전자원 선발 연구(Kim 등, 2013), 여주 열매의 성숙단계와 부위에 따른 이화학적 특성 연구(Lee 등, 2015b), 식물체 부위와 수확 시기에 따른 여주 Charantin 함량 변이 연구(Lee 등, 2016a) 등과 같이 여주 품종별 차이 또는 생과 특성에 대한 연구가 보고되었으나 조리 특성에 대한 연구는 미비하며 특히 여주의 조리 동안 카란틴의 변화에 대한 연구는 아직까지 부족한 실정이다. 본 연구진은 선행 연구(Park 등, 2016)에서 강한 쓴맛 때문에 음식재료로의 활용성이 떨어지는 여주의 단점을 보완하고자 전처리 조건을 달리한 여주초절임을 제조한 후 유효성분, 산화 방지 활성, 알파글루코시데이스 저해 활성을 비교하고 쓴맛을 감소시킨 조리조건을 제시한 바 있다. 이 외에도 기호성을 증진시키기 위한 조리 가공 연구로는 여주침출차(Ahn 등, 2015), 여주분말을 첨가한 양갱(Lee 등, 2015c)이나 머핀(An, 2014) 등이 보고되고 있다.

\*Corresponding author: Suna Kim, Food and Nutrition in Dept. Human Ecology, College of Natural Science, Korea National Open University, Seoul 03087, Korea

Tel: +82-2-3668-4771

Fax: +82-2-3668-4188

E-mail: ksuna7@knu.ac.kr

Received April 20, 2018; revised June 1, 2018;

accepted July 3, 2018

본 연구에서는 생여주의 산화 방지 활성과 알파글루코시데이 스 저해 활성을 측정하고 폴리페놀, 아스코브산, 카란틴, 루테인 등 유효성분의 함량을 분석함으로써 여주의 기능적 가치를 살펴 보고자 한다. 또한 조리가공조건에서 여주에 함유된 유효성분의 변화를 비교하기 위해 전처리 방법을 달리한 여주초절임조건에서 카란틴과 루테인 함량의 변화를 분석하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료와 시약

본 실험에 사용된 여주는 땅끝제일영농조합(Haenam, Jeollanamdo, Korea)에서 재배, 수확된 미성숙 생여주를 구입하여 사용하였다. 카란틴은 ChromaDex™ (Irvine, CA, USA), 루테인(lutein)은 Carotenature (Erlenauweg, Münsingen, Switzerland), LC용 메탄올은 J.T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA), 아세토나이트릴은 Tedia (Fairfield, OH, USA), 메탄올, 헥세인은 Junsei chemical Co. Ltd. (Saitama, Japan)에서 구입하였고, L-아스코브산(L-ascorbic acid), 카테킨(catechin), 산화방지제와 항당뇨 등 그 외의 모든 시약은 Sigma Aldrich (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다. 소금 침지액과 초절임 액에 사용된 소금(CJ CheilJedang Co., Seoul, Korea), 백설탕(CJ CheilJedang Co.), 식초(Ottogi Co., Seoul, Korea)는 마트에서 구입하여 사용하였다.

### 생여주 분말과 여주 초절임의 제조

미성숙 생여주는 과육을 분리하여 냉동 건조한 후 분말화하고 탈지를 위해 분말시료 1g에 헥세인 20 mL를 첨가하여 20분 방치 후 헥세인을 제거하였으며 이 과정을 2회 반복하여 분말시료를 제조하였다. 여주 초절임은 전처리방법의 차이에 따른 변화를 비교하기 위해 이전 연구(Park 등, 2016)와 동일한 방법으로 제조하였다. 시료군(PBM11, PBM13, PBM51, PBM53)은 소금물침지농도(1, 5%)와 데치기시간(1분, 3분)을 달리하여 제조하였으며 전처리를 시행하지 않은 대조군(control)과 비교하였다. 생여주를 세척한 후 물기를 제거하고 세로로 잘라 씨를 제거한 후 두께가 5 mm가 되도록 자르고, 시료군별로 소금물(1%, 5%)에 20분 동안 침지한 후 데치기(1분, 3분)를 실시하였으며, 여주채 100 g당 초절임액(물 48.78%, 식초 24.39%, 설탕 24.39%, 소금 2.44%) 200 mL의 비율로 첨가하여 각각 여주초절임 1 kg을 제조하였다. 모든 초절임시료는 4°C에서 2일 동안 저장하였다. 조건별로 제조된 여주초절임은 냉동 건조 후 분말화하여 -70°C 냉동고에 보관하였다.

### ABTS, DPPH 자유기 제거 활성능과 알파글루코시데이 스 저해 활성

ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 자유기 제거 활성능과 알파글루코시데이 스 저해 활성 측정을 위해, 여주분말 1 g에 100% 메탄올 10 mL를 첨가한 후 초음파분해기(sonicator)를 이용하여 1시간 추출한 후 여과지/거름종이(Advantec No.2)로 거르고, 다시 0.45 m 시린지 거르개로 여과한 후 측정에 사용하였다. ABTS 자유기 제거 활성능은 Re 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.6 mM 과황산포타슘을 증류수로 제조하여 동량 혼합하고 실온 암소에서 24시간 방치하여 양이온(ABTS)을 형성시킨 후, ABTS용액의 흡광도가 0.7±0.02가 되도록 증류수로 희석하여 사용하였다. 희석된 ABTS용액 1960 µL와 탈지한 여주 시료 추출물 40 µL를 실온 암소에서 5분간 반응시키고 분광광도계

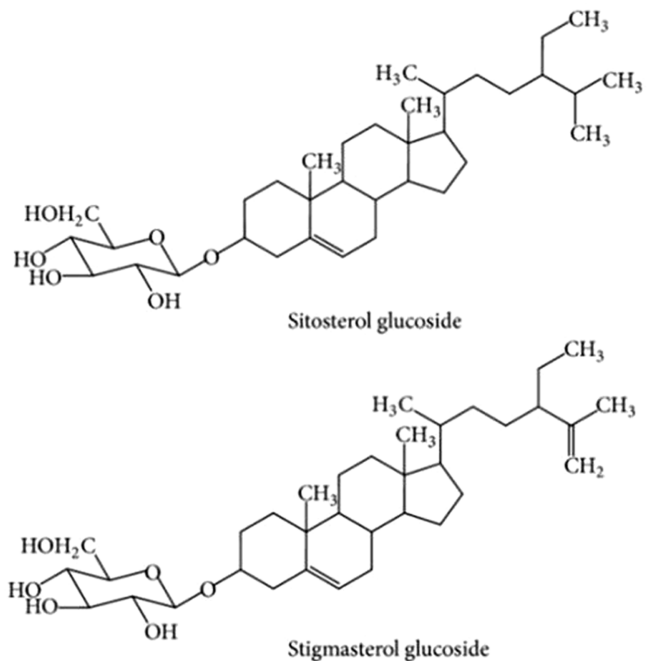


Fig. 1. Chemical structures of sitosterol glucoside and stigmasterol glucoside.

(OPTIZEN α, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 흡광도 734 nm로 측정하였다. ABTS 라디칼 제거 활성능(%)=[1-(실험구 흡광도/대조구 흡광도)]×100에 의해 산출하였다. DPPH 자유기 제거 활성능은 Blois(1958)의 방법으로 측정하였으며 탈지한 여주 시료 추출물 0.2 mL에 0.4 mM DPPH 용액 0.8 mL를 첨가하여 10초간 진탕혼합 후 실온 암소에 15분간 방치 후 흡광도 525 nm로 측정하였다. DPPH 라디칼 제거 활성능(%)=[1-(실험구 흡광도/대조구 흡광도)]×100에 의해 산출하였다. 알파글루코시데이 스 저해 활성 측정은 Cha 등(2011)의 방법으로 측정하였다. 0.1 M 인산소듐 완충용액(pH 7.0) 250 µL, 20 mM pNPG 250 µL을 넣고, 실험구에는 탈지한 여주 시료 추출물 250 µL를 첨가하고, 대조구에는 100% 메탄올 250 µL를 첨가하였다. 배양기를 이용하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 405 nm에서 흡광도(A)를 측정하였고, 알파글루코시데이 스(*Saccharomyces cerevisiae* 0.075 U/mL) 250 µL를 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시킨 다음 0.1 M 탄산소듐 완충용액(pH 10.8) 2 mL를 첨가하여 반응을 정지시키고 405 nm에서 흡광도(B)를 측정하였다. 알파글루코시데이 스 저해 활성(%)은 [1-(실험구 흡광도/대조구 흡광도)]×100에 의해 산출하였다.

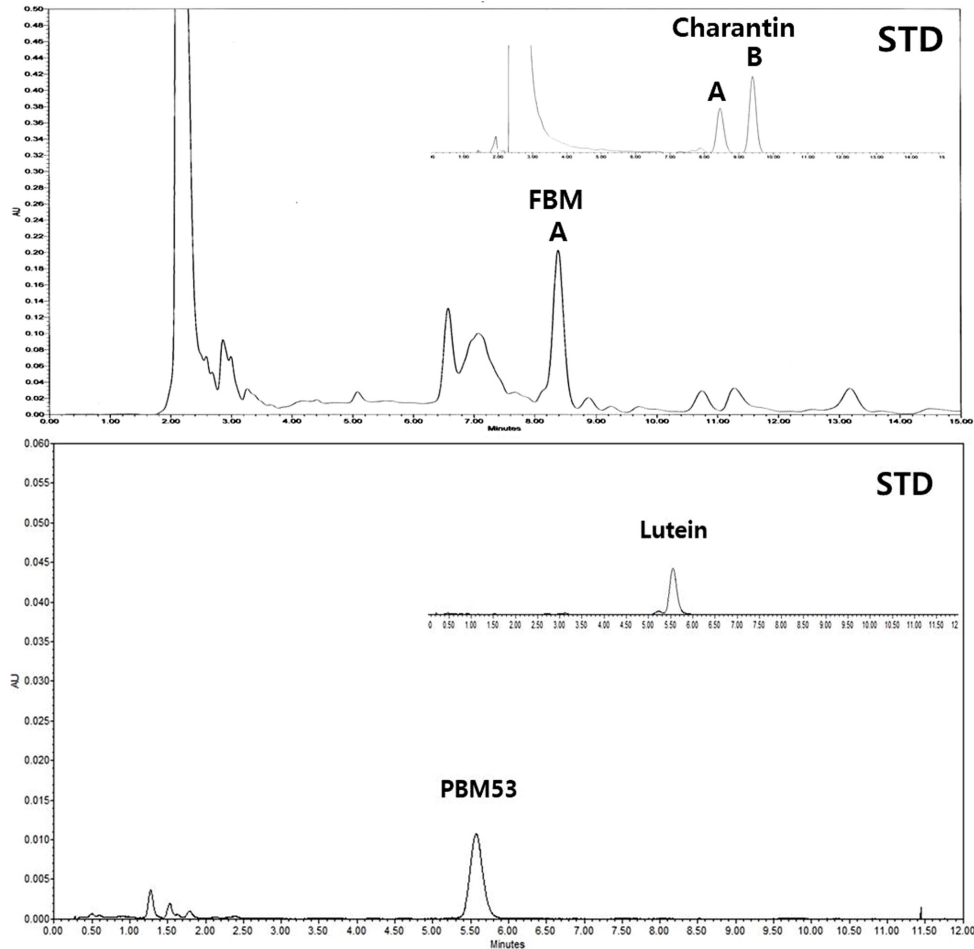
### 총폴리페놀 함량과 L-아스코브산 함량

총폴리페놀 함량은 Folin과 Denis(1912)의 방법에 의해 측정하였다. 탈지한 여주 시료 추출물 0.1 mL에 폴린 시약 0.1 mL와 2% 탄산소듐 2 mL를 가하여 혼합, 발색시키고 30분간 정지 후 분광광도계를 이용하여 흡광도 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 카테킨을 사용하였으며 농도범위가 0-200 µg/mL이 되도록 하여 시료와 동일한 방법으로 측정된 표준곡선으로부터 총폴리페놀 함량을 계산하였고 1 g 건조중량에 대한 mg 카테킨 당량(CE, dry basis)로 환산하여 표시하였다. L-아스코브산 함량 측정은 식품공전의 방법(Ministry of Food and Drug Safety, 2015)을 시행하였다. 여주분말시료 0.5 g에 5% 메타인산 7.5 mL를 첨가하고 볼텍스(vortex)로 10분간 혼합 후 4°C, 4000 rpm에서 10분 동안 원심

**Table 1. Charantin, lutein, L-ascorbic acid and total polyphenolic contents of fresh bitter melon**

Charantin (mg/100 g)	Lutein (mg/100 g)	L-ascorbic acid (mg/100 g)	Total polyphenol (mg CE/g)
777.92±27.59	16.87±2.07	94.78±0.61	22.07±0.74

<sup>1)</sup>Each value presents the mean±standard deviation.



**Fig. 2. Chromatogram of charantin from fresh bitter melon (FBM) using HPLC and that of lutein from pickled bitter melon (PBM) using UPLC.**

분리 하였다. 분리된 시료 상층액을 0.45  $\mu$ m 시린지 거르개로 여과하여 HPLC (Waters Co., Milford, MA, USA)로 분석을 시행하였다. 분석조건은 이동상은 0.05 M 인산이수소포타습: 아세토나이트릴(60:40), 칼럼은 Capcell Pak C18 MG (Shiseido, Tokyo, Japan), 파장 UV 254 nm, 유속은 1.0 mL/min, 주입량은 10  $\mu$ L로 하였다.

#### 카란틴과 루테인의 함량

카란틴 함량 측정은 Lee 등(2015b)의 방법에 따라 시행하였다. 카란틴 분석을 위한 추출은 Horax 등(2005)의 방법에 의해 여주 분말시료 0.5 g에 메탄올 5 mL을 첨가 후 65°C 항온수조에서 2 시간 추출을 시행하였고, 추출 중 30분마다 볼텍스를 이용하여 10초간 섞어주었다. 원심분리기 4100 rpm에서 10분간 원심분리 후 상층액만 분리하여 담고 남은 시료에 메탄올 2 mL을 첨가하고 원심분리기를 다시 시행하여 상층액을 분리한 후 0.45  $\mu$ m 시린지 거르개로 여과 후 농축하였고 메탄올 1 mL로 재용해하여 0.2  $\mu$ m 시린지 거르개로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. 분석조

건으로 이동상은 (A) 증류수, (B) 메탄올(A/B;1/99, v/v), 칼럼은 ZORBAX Eclipse XDB-C18 (4.6×250 mm, 5  $\mu$ m, Agilent, Palo Alto, CA, USA), 파장 UV 204 nm, 유속은 1.0 mL/min, 주입량 10  $\mu$ L, 칼럼의 온도는 37°C로 30분간 시행하였다. 루테인의 함량 측정은 Kang 등(2016)의 방법에 따라 가속용매추출장치(ASE, accelerated solvent extraction, ASE 150, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)로 추출하고 UPLC (Waters Co.)를 이용하여 분석하였다. 여주 분말시료 1 g을 22 mL 추출용 셀 thimble (ASE-Non-Stick Thimbles for extraction, Whatman, Schleicher & Schuell, Bioscience, Dassel, Germany)에 넣고 규조토(ASE Prep Diatomaceous Earth, Dionex)를 담아 빈 공간 없이 규조토로 채워 압착한 뒤에 추출조건은 static time 3분, static cycles 3회, nitrogen purge 60 초, 압력 1500 psi, 온도 100°C에서 100% 아세톤으로 추출하였고 질소농축기(TurboVap LV-Biotage, Uppsala, Sweden)를 이용하여 60°C 수욕상에서 질소 가스로 농축 후 전처리를 시행하였다. 농축한 시료는 비누화 시행을 위해 아세톤 3 mL에 재용해 후 메탄올 3 mL과 30% 수산화포타슘/메탄올 1 mL을 혼합하고 암실에서

2시간 30분 방치하였다. 비누화된 시료에 다이에틸에테르를 첨가하여 추출하였으며, 증류수와 10% 염화나트륨/염화소듐을 첨가한 후 정지하여 상층액만 취하였고, 수분제거를 위해 2% 황산소듐을 첨가하여 분획 후 순수한 다이에틸에테르층인 상층액만 취해 질소농축기로 농축하였다. 분획된 시료는 아세톤 3 mL에 재용해하여 0.2 µm 시린지 거르개로 여과 후 UPLC (Waters Co.)로 분석하였다. 분석조건으로 칼럼은 BEH C18 column (2.1×50 mm, 1.7 µm, Waters Co.)를 사용하였으며 칼럼 온도는 35°C, 유속은 0.5 mL/min, 주입량은 1 µL/min, 파장 UV 450 nm, 분석 이동상은 A용매가 메탄올, B용매가 증류수이고 0-12분간 용매 비율은 85:15 (A/B, v/v)로 분석하였다.

**통계**

모든 분석실험은 3회 이상 반복 수행하여 평균과 표준편차를 구하였으며 SAS 프로그램(Window Version 8.0, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA 분산분석을 실시하였고 던칸의 다중검증을 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 유의성을 검토하였다.

**결과 및 고찰**

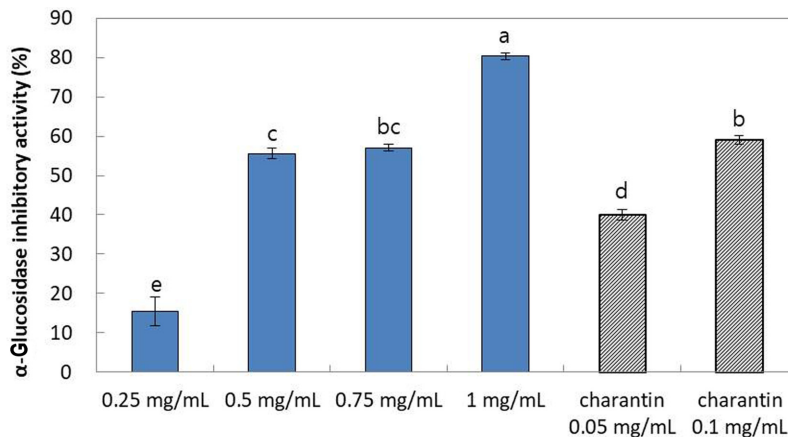
**생여주 유래 유용성분**

여주 분말 중 카란틴은 HPLC로 분석하였으며 크로마토그램은 Fig. 2와 같다. 카란틴 함량은 건조중량 기준으로  $777.92 \pm 27.59$  mg/100 g으로 나타났으며, 스티그마스테롤 글루코사이드(A)와 베타시스토스테롤 글루코사이드(B) 중에서 A만 검출되었다. Lee 등(2015b)은 여주 품종별 카란틴 함량이 건조중량기준으로 42.28-395.62 µg/g, Kim 등(2014)은 86.8-711.6 µg/g, Lee 등(2016a)은 수확시기에 따른 여주의 품종별 카란틴 함량을 14.7-16.0 mg/g으로 품종이나 재배조건에 의해 카란틴 함량의 변화가 큰 것으로 보고하였다. El-said와 Al-Barak(2011)은 여주에 함유된 카란틴의 최적 추출조건이 열매의 경우 50% 에탄올, 추출온도 70.2°C, pH 5.4에서 60시간 추출했을 때 건조중량기준으로 55.27 mg/g로 보고하여 추출용매, 추출온도 등의 요인이 카란틴의 추출효율에 크게 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 그러나 여주에 함유된 스티그마스테롤 글루코사이드와 베타시스토스테롤 글루코사이드 비율에 대해서는 아직까지 연구가 부족하다. 스티그마스테롤과 시스토스테롤은 식물뿐만 아니라 곰팡이와 동물 등 자연계에 널리 분포하는 식물스테롤로 콜레스테롤과 구조적으로 유사하며 고콜

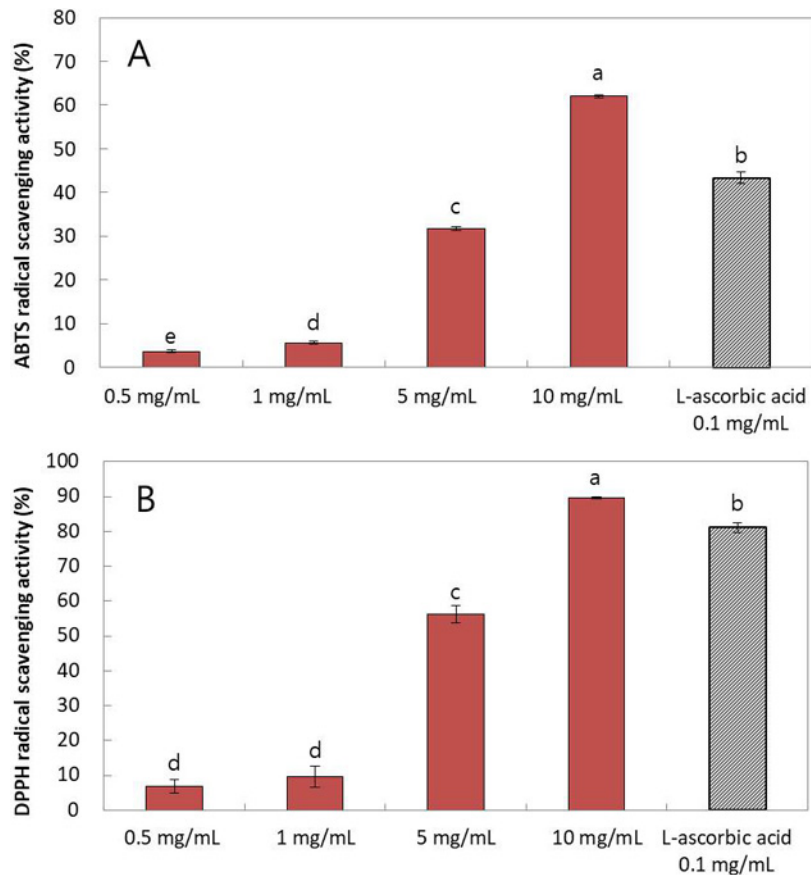
레스테롤혈증방지효과(Pierre와 Moses, 2015), 골관절염방지효과(Gabay 등, 2010) 뿐만 아니라 항돌연변이, 산화방지, 혈당조절(Kaur 등, 2011) 등으로 인간의 건강에 유용한 2차 대사 산물로 보고되고 있고, FDA (Food and Drug Administration, 2010)는 하루에 1.3 g의 식물스테롤을 섭취하는 것이 심혈관질환예방에 도움이 된다고 발표하였다. 여주 유래 카란틴은 스티그마스테롤과 시스토스테롤의 혼합물로 알려져 있으나 본 연구의 여주 시료에서는 스티그마스테롤만 검출되어 여주의 기능적 가치에 차이가 있을 것으로 판단되며, 여주의 품종별, 재배조건별 카란틴 조성의 차이에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

여주는 미성숙과에서는 녹색으로 보이지만 숙성이 진행됨에 따라 과육은 노란색, 주황색으로 변하고 종자는 붉은색으로 변화하는 특징을 갖고 있으며 이는 카로티노이드 색상의 발현에 의한 효과로 보고(Cuong 등, 2017)되고 있어 본 연구에서는 주로 식용되고 있는 단계인 녹색과 상태에서의 카로티노이드 조성과 함량을 분석하였다. 분석 결과 여주에서는 루테인만이 검출되었으며, 루테인 함량은 건조중량 기준으로  $16.87 \pm 2.07$  mg/100 g으로 나타났다. Lee 등(2014)은 품종별 여주의 카로티노이드 연구에서 일본의 Nikko 품종의 경우 건조중량기준으로 루테인 13.06 µg/g, 알파카로틴 0.49 µg/g, 베타카로틴 0.73 µg/g이 함유되어 있다고 보고하였는데 본 연구에 사용된 여주는 이보다 루테인 함량이 많은 것으로 나타났다. Yoon 등(2012)은 외형이 유사한 박과 채소 중 오이의 루테인 함량이  $0.14 \pm 0.01$  mg/100 g f.w., 메론은  $0.06 \pm 0.00$  mg/100 g f.w., Perry 등(2009)은 오이의 트랜스 루테인을 361 µg/100 g f.w. 으로 보고하여 루테인 함량은 오이나 메론보다 여주에 많이 함유된 것으로 보인다.

여주에 함유된 L-아스코브산 함량은  $94.78 \pm 0.61$  mg/100 g으로 나타나 Park 등(2007)의 92.2 mg/100 g, Nagarani 등(2014)의 96 mg/100 g와 유사하였다. Kim 등(2007)은 L-아스코브산이 건조중량 기준으로 껍질을 제거한 오이 16.2 mg/100 g, 귤 45 mg/100 g, 시금치 60.2 mg/100 g, 깻잎 47.3 mg/100 g 등으로 보고하였는데 이와 비교할 때 여주는 L-아스코브산 함량이 높은 편으로 판단된다. 여주추출물의 폴리페놀 함량은  $22.07 \pm 0.74$  mg CE/g으로 나타났다. Moon 등(2015)은 여주(경남 함양)를 40-50°C에서 열풍건조한 후 70°C에서 추출한 결과, 알코올 농도가 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 높아 70% 주정에서 7.77 mg TAE/g으로 나타났고, Lee(2016)는 충북 음성의 여주를 냉동 건조하여 70% 에탄올로 3회 환류 추출한 총 폴리페놀을 36.08 mg GAE/g으로 보고하였다.



**Fig. 3.** α-Glucosidase inhibitory activities of fresh bitter melon. <sup>1)</sup>Each value presents the mean±standard deviation. <sup>2)</sup>Each values with different superscript above bar are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan’s multiple test.



**Fig. 4. ABTS (A) and DPPH (B) radical scavenging activity of fresh bitter melon.** <sup>1)</sup>Each value presents the mean±standard deviation. <sup>2)</sup>Each values with different superscript above bar are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

이는 여주의 생산지와 품종, 건조방법, 추출방법의 차이에서 기인한 것으로 보인다.

#### 여주의 항당뇨·산화방지 활성

여주의 항당뇨 활성은 여주추출물을 농도별로 제조하여 추출물의 알파글루코시데이스 저해 활성을 측정하였으며 카란틴을 대조군으로 하여 비교하였다(Fig. 3). 본 실험에서는 알파글루코시데이스 저해 활성은 여주 추출물 0.5 mg/mL에서  $55.60 \pm 1.34\%$ , 1 mg/mL에서  $80.40 \pm 0.87\%$ 로 측정되었는데 이는 여주 추출물 0.1 mg/mL의 알파글루코시데이스 저해 활성이 65%로 보고한 Cha 등(2011)의 보고보다 낮은 수준이었다. 이는 생여주 시료의 유효 성분 함량 차이와 항당뇨활성 측정을 위한 여주 추출물을 제조 시 본 연구에서는 100%메탄올을 사용한 반면, Cha 등(2011)의 연구에서는 70%메탄올을 사용하여 추출액 조성에 차이에서 비롯된 것으로 판단된다. Jeong 등(2008)은 제2형 당뇨모델 *db/db* 마우스에서 여주 추출물을 경구투여한 결과 투여 2주차부터 대조군에 비해 혈당이 유의적 감소( $p < 0.05$ )함을 보고하였고, Desai 등(2015)은 절식한 토끼에 카란틴 50 mg/kg을 경구투여 후 관찰한 결과 4시간째 혈당이 42% 떨어졌으며, 5시간 동안 평균 28%의 혈당 강하가 있었다고 보고하였다. Mahmoud 등(2017)은 당뇨병 쥐에게 50% 여주과일주스(10 mL/kg)를 3주간 경구 투여 후 비교한 결과 당뇨병 쥐보다 50% 여주과일주스를 경구 투여한 실험군에서 40.89%의 혈당감소를 보고하였으며 카란틴이 인슐린과 같은 작용을 하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 0.5 mg/mL 여주추출물이 대조군인 카란틴 0.05 mg/mL과 0.1 mg/mL과 비교

하여 138.94, 94.29%의 항당뇨활성을 보여 카란틴이 함유된 여주 추출물의 항당뇨활성이 매우 높은 것으로 판단된다. Lee 등(2016b)은 당뇨병 흰쥐에서 녹차 유래 폴리페놀과 바이타민 C를 복합투여했을 때 각각 개별 투여시보다 혈당, 인슐린 저항성과 혈청 중성지방량 개선 등의 효과가 더 증가함을 보고하였는데 여주에는 항당뇨 소재인 카란틴이 과량 함유되어 있고 L-아스코브산과 폴리페놀이 상승작용을 하여 여주 추출물의 항당뇨 작용에 기여할 것으로 판단된다.

여주의 산화방지 활성은 여주추출물을 농도별로 제조하여 ABTS 라디칼 제거 활성과 DPPH 라디칼 제거 활성을 측정하였으며 0.1 mg/mL의 L-아스코브산을 대조군으로 비교하였다(Fig. 4). 여주 추출물은 농도범위 내에서 농도의존적으로 산화방지 활성이 증가하였으며 ABTS 라디칼 제거 활성은 5 mg/mL  $31.76 \pm 0.42\%$ , 10 mg/mL  $61.98 \pm 0.27\%$ 로 대조군과 비교하여 각각 73.21%, 142.88% 수준으로 나타났고, DPPH 라디칼 제거 활성은 5 mg/mL  $56.19 \pm 2.39\%$ , 10 mg/mL  $89.51 \pm 0.25\%$ 로 각각 대조군의 69.35%, 110.48% 수준이었다.

#### 여주의 초절임 조건별 카란틴과 루테인의 함량 변화

본 연구에서는 선행연구조건으로 제조한 여주초절임에서 카란틴과 루테인함량의 변화를 비교하고자 하였다. 생여주를 소금용액 침치기(1, 5%)조건과 데치기(1, 3분)조건을 달리하여 제조(PBM11, PBM13, PBM51, PBM53)하였고, 전처리를 시행하지 않은 대조군과 비교하였으며 Table 2와 같다.

카란틴 함량 분석 결과 PBM11  $205.47 \pm 29.91$  mg/100 g, PBM13

**Table 2. Charantin and lutein contents of pickled bitter melon pretreated by different brining and blanching conditions**

Sample <sup>1)</sup>	Charantin (mg/100 g)	Lutein (mg/100 g)
Control	74.32±9.57 <sup>d2)</sup>	0.70±0.07 <sup>d</sup>
PBM11	205.47±29.91 <sup>c</sup>	1.57±0.13 <sup>c</sup>
PBM13	281.66±4.45 <sup>b</sup>	1.99±0.28 <sup>c</sup>
PBM51	292.01±18.20 <sup>b</sup>	3.18±0.52 <sup>b</sup>
PBM53	375.63±9.03 <sup>a</sup>	4.07±0.40 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Control: Pickled bitter melon without pretreatment such as blanching and brining

PBM11: Pickled bitter melon blanched for 1 min after soaked in 1% brine solution for 20 min.

PBM13: Pickled bitter melon blanched for 1 min after soaked in 3% brine solution for 20 min.

PBM51: Pickled bitter melon blanched for 5 min after soaked in 1% brine solution for 20 min.

PBM53: Pickled bitter melon blanched for 5 min after soaked in 3% brine solution for 20 min.

<sup>2)</sup>Each value presents the mean±standard deviation (SD), and each value with different superscript within a same row is significantly different ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple test.

281.66±4.45 mg/100 g, PBM51 292.01±18.20 mg/100 g, PBM53 375.63±9.03 mg/100 g로 대조군 74.32±9.57 mg/100 g과 비교했을 때 매우 높은 수준으로 나타났다. 이는 소금용액 침지와 데치기가 카란틴의 손실과 파괴를 억제하는 효과가 있음을 의미한다. 본 연구진은 선행연구(Park 등, 2016)를 통해 여주초절입 제조과정에서 소금용액침지와 데치기를 할 경우 그렇지 않은 대조군과 비교하여 산화방지 활성과 알파글루코시데이스 저해 활성이 높고, 총 폴리페놀의 손실이 적음을 보고하였으며 생여주의 쓴맛을 낮추면서도 관능적으로 품질이 향상된 여주초절입의 상품화 가능성을 제시하였다. 그러나 Thomas 등(2012)은 생여주의 찌기 (steaming), 끓이기 (boiling), 데치기 (blanching), 마이크로파 (microwave) 등 조리법에 따라 카란틴의 함량이 감소하였고, Cho(2017)는 찌기와 볶기(roasting) 등의 전처리 과정에서 조리시간이 길고 조리온도가 높을수록 카란틴의 함량이 감소한다고 하여 여주의 조리과정 중 기능성 성분의 감소를 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 생여주를 5% 소금용액에 20분간 침지한 후 3분 데치기를 실시할 경우 카란틴 함량이 375.63±9.03 mg/100 g으로 전처리를 하지 않은 대조군보다 약 5배의 카란틴을 함유하고 있었으며 생여주의 약 48.2%를 보유하고 있는 것으로 나타났다. 여주초절입은 당과 염 등의 조미액이 여주세포 내로 유입되어 총중량 중 조미액의 비율이 증가한 점을 감안할 때 여주초절입의 카란틴 함량은 전처리에 의해 상당량 손실되지 않고 보유한 것으로 판단된다.

여주초절입의 카로테노이드의 성분 중 루테인의 함량은 PBM11 1.57±0.13 mg/100 g, PBM13 1.99±0.28 mg/100 g, PBM51 3.18±0.52 mg/100 g, PBM53 4.07±0.40 mg/100 g이며 대조군은 0.70±0.07 mg/100 g으로 나타나 여주초절입의 루테인의 함량 또한 카란틴과 같이 소금침지와 데치기와 같은 전처리가 루테인의 파괴를 억제한 것으로 판단된다. Jo와 Jung(2000)의 녹황색 채소류의 카로테노이드 함량과 데치기 (blanching)에 의한 변화 연구에서 당근의 루테인 함량이 34 mg/100 g이고, 3% 소금물에 데친 경우 40 mg/100 g이었으며, 깻잎의 루테인함량은 5,547 mg/100 g, 3% 소금물에 데친 경우 7,697 mg/100 g으로 나타나 3% 소금물에 데칠 경우 카로테노이드가 보유 또는 증가함을 보고하였다.

따라서 여주의 쓴맛을 감소시키기 위해 소금용액에 침지하여 데치는 전처리과정을 거친 여주초절입은 카란틴과 루테인과 같

은 유용성분의 보유에도 매우 효과적인 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 여주의 산화방지 활성과 알파글루코시데이스 저해 활성을 측정하고 총폴리페놀, L-아스코브산, 카란틴, 루테인 등 유효성분의 함량을 분석하였으며 초절입조건에서 카란틴과 루테인의 함량 변화를 비교하였다. 본 실험에 사용된 여주는 카란틴 777.92±27.59 mg/100 g, 루테인 16.87±2.07 mg/100 g, L-아스코브산 94.78±0.61 mg/100 g, 총폴리페놀 22.07±0.74 mg CE/g으로 나타났다. 여주추출물의 알파글루코시데이스 저해 활성은 추출물의 농도에 따라 0.5 mg/mL에서 55.60±1.34%, 1 mg/mL에서 80.40±0.87%로 측정되었다. ABTS 라디칼 제거 활성은 여주추출물 5 mg/mL에서 31.76±0.42%, 10 mg/mL 61.98±0.27%였고, DPPH 라디칼 제거 활성은 여주추출물 5 mg/mL에서 56.19±2.39%, 10 mg/mL에서 89.51±0.25%로 측정되었다.

여주초절입의 전처리조건별 카란틴과 루테인의 함량을 비교한 결과, 여주초절입의 카란틴 함량은 PBM11 205.47±29.91 mg/100 g, PBM13 281.66±4.45 mg/100 g, PBM51 292.01±18.20 mg/100 g, PBM53 375.63±9.03 mg/100 g로 대조군 74.32±9.57 mg/100 g과 비교하여 모두 높게 나타났다. 여주초절입의 루테인 함량은 PBM11 1.57±0.13 mg/100 g, PBM13 1.99±0.28 mg/100 g, PBM51 3.18±0.52 mg/100 g, PBM53 4.07±0.40 mg/100 g이며 대조군은 0.70±0.07 mg/100 g보다 모두 높았다. 이는 여주초절입을 제조할 때 소금물침지와 데치기 단계가 여주에 함유된 카란틴과 루테인과 같은 유용성분의 손실이나 파괴를 방지하는 효과가 있는 것으로 판단된다. 특히, 5%소금물 침지와 3분 데치기를 한 PBM53군이 여주초절입의 루테인과 카란틴을 보존하는데 가장 효과적인 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 2017년도 한국방송통신대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## References

Ahn MJ, Yuk HJ, Lee HY, Hwang CE, Jeong YS, Hong SY, Kwon OK, Kang SS, Kim HR, Park DS, Cho KM. Effect of the enhanced biological activities and reduced bitter taste of bitter melon (*Momordica charantia* L.) by roasting. *J. Agric Life Sci.* 49: 107-119 (2015)

An SH. Quality characteristics of muffin added with bitter melon (*Momordica charantia* L.) powder. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 499-508 (2014)

Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200 (1958)

Cha JY, Jin JS, Cho YS. Biological activity of methanolic extract from *Ganoderma lucidum*, *Momordica charantia*, *Fagopyrum tataricum* and their mixtures. *Korean J. Life Sci.* 21: 1016-1024 (2011)

Cho IS. Effect on quality characteristics of chicken seasoning sauce using steaming and roasting of bitter melon (*Momordica charantia* L.) powder for reducing bitter taste. PhD thesis, Sejong University, Seoul, Korea (2017)

Chu YF, Sun J, Wu X, Liu RH. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *J. Agr. Food Chem.* 50: 6910-6916 (2002)

Cuong DM, Arasu MV, Jeon J, Park YJ, Kwon SJ, Al-Dhabi b NA, Park SU. Medically important carotenoids from *Momordica cha-*

- rantia* and their gene expressions in different organs. Saudi J. Biol. Sci. 24: 1913-1919 (2017)
- Desai S, Tatke P. Charantin: An important lead compound from *Momordica charantia* for the treatment of diabetes. J. Pharmacogn. Phytochem. 3: 163-166 (2015)
- El-Said SM, Al-Barak AS. Extraction of insulin like compounds from bitter melon plants. Am. J. Drug Discov. Dev. 1: 1-7 (2011)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J. Biol. Chem. 12: 239-243 (1912)
- Food and Drug Administration. Department of Health and Human Services: Food labeling; Health claim; Phytosterols and risk of coronary heart disease; Proposed rule. Fed. Reg. 75.235: 76526-76571 (2010)
- Gabay O, Sanchez C, Salvat C, Chevy F, Breton M, Nourissat G, Wolf C, Jacques C, Berenbaum F. Stigmasterol: a phytosterol with potential anti-osteoarthritic properties. Osteoarthr. Cartilage 18: 106-116 (2010)
- Horax R, Hettiarachchy N, Islam S. Total phenolic contents and phenolic acid constituents in 4 varieties of bitter melons (*Momordica charantia*) and antioxidant activities of their extracts. J. Food Sci. 70: 275-280 (2005)
- Jeong JH, Lee SH, Hue JJ, Lee KN, Nam SY, Yun YW, Jeong SW, Lee YH, Lee BJ. Effect of bitter melon (*Momordica charantia* L.) on anti-diabetic activity in C57BL/6J db/db mice. Korean. J. Vet. Res. 48: 327-336 (2008)
- Jo JO, Jung IC. Changes in carotenoid contents of several green-yellow vegetables by blanching. Korean J. Food Cook. Sci. 16: 17-21 (2000)
- Kang JH, Kim SN, Moon BK. Optimization by response surface methodology of lutein recovery from paprika leaves using accelerated solvent extraction. Food Chem. 205: 140-145 (2016)
- Kim MW. Effect of bitter melon on plasma blood glucose and cholesterol levels in streptozotocin induced diabetic rats. J. East Asian Soc. Diet. Life 23: 704-712 (2013)
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EK. Quality changes of vegetables by different cooking methods. Korean J. Culinary Res. 18: 40-53 (2012)
- Kim MJ, Kim JH, Oh HK, Chang MJ, Kim SH. Seasonal variations of nutrients in Korean fruits and vegetables: Examining water, protein, lipid, ascorbic acid, and  $\beta$ -carotene contents. Korean J. Food Cook. Sci. 23: 423-432 (2007)
- Kim AK, Lee HJ, Oh MM, Lee WM, Lee SG, Chae WB, Choi HS, Yang EY, Huh YC, Park DK and Kim S. Selection of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) germplasm for improvement anti-diabetic compound contents. Korean J. Breed. Sci. 45: 332-338 (2013)
- Kim YK, Park WT, Uddin MR, Kim YB, Bae HH, Kim HH, Park KW, Park SU. Variation of charantin content in different bitter melon cultivars. Asian J. Chem. 26: 309-310 (2014)
- Lee YR. Nutritional components and antioxidant activity of dry bitter melon (*Momordica charantia* L.). J Korean Soc. Food Sci. Nutr. 45: 518-523 (2016)
- Lee SH, Hong EJ, Cho YJ. Quality characteristics of Yanggaeng with *Momordica charantia* powder. Korean J. Food Preserv. 22: 335-344 (2015c)
- Lee SW, Kim JK, Uddin MdR, Kim YB, Kim HH, Chung ES, Lee JH, Park SU. Variation of carotenoid content in different bitter melon cultivars. Asian J. Chem. 26: 461-463 (2014)
- Lee HJ, Lee SG, Kim SK, Choi CS. Variation on charantin contents of various organs and harvest seasons in bitter melon. Korean J. Hortic. Sci. 34: 701-707 (2016a)
- Lee JW, Lee HS, Na YW, Kang MJ, Jeon YA, Sung JS, Ma KH, Lee SY. Investigation of physicochemical properties according to different parts and maturity of *Momordica charantia* L. Korean J. Plant Res. 28: 382-390 (2015b)
- Lee HY, Park KS, Joo OS, Hwang CE, Ahn MJ, Jeong YS, Hong SY, Kwon OK, Kang SS, Yuk HJ, Kim HR, Park DS, Cho KM. Changes in quality characteristics and antioxidant activity of bitter melon (*Momordica charantia* L.) pickle during ageing. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 44: 401-411 (2015a)
- Lee BR, Yang H, Park PS. Effects of green tea polyphenol and vitamin C on Type 2 diabetic rats induced by low dose streptozotocin following high fat diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 45: 167-173 (2016b)
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 540-544 (2012)
- Mahmoud MF, El Ashry FE, El Maraghy NN, Fahmy A. Studies on the antidiabetic activities of momordica charantia fruit juice in streptozotocin-induced diabetic rats. Pharm. Biol. 55: 758-765 (2017)
- Ministry of Food and Drug Safety. Korean food standards codex. Available from: [http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu\\_02\\_01\\_03.jsp?idx=317](http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu_02_01_03.jsp?idx=317). Accessed Oct. 2, 2015
- Moon JH, Choi DW, Kim SE, Seomoon JH, Hong SY, Kim HK, Cho KM, Song J, Kang SS, Kim KH, Kwon OK. Comparison of biological activities of ethanol extracts of unripe fruit of bitter melon (*Momordica charantia* L.) cultivated in hamyang, Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 44: 1637-1644 (2015)
- Nagarani G, Abirami A, Siddhuraju P. Food prospects and nutraceutical attributes of *Momordica* species: A potential tropical bioresources-A review. Food Sci. Human Wellness 3: 117-126 (2014)
- Park Y, Boo HO, Park YL, Cho DH, Lee HH. Antioxidant activity of *Momordica charantia* L. extracts. Korean J. Medicinal Crop Sci. 15: 56-61 (2007)
- Park JH, Kim SN, Moon BK. Changes in carotenoids, ascorbic acids, and quality characteristics by the pickling of paprika (*Capsicum Annuum* L.) cultivated in Korea. J. Food Sci. 76: C1075-C1080 (2011)
- Park HS, Moon BK, Kim SN. Reduction in bitter taste and quality characteristics in pickled bitter melon (*Momordica charantia* L.) by different pretreatment conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 48: 466-473 (2016)
- Perry A, Rasmussen H, Johnson EJ. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. J. Food Compos. Anal. 22: 9-15 (2009)
- Pierre LL, Moses NM. Isolation and characterisation of stigmasterol and  $\beta$ -sitosterol from *Odontonema Strictum* (Acanthaceae). JIPBS. 2: 88-95 (2015)
- Pitipanapong J, Chitprasert S, Goto M, Jirachariyakul W, Sasaki M, Shotipruk A. New approach for extraction of charantin from *Momordica charantia* with pressurized liquid extraction. Sep. Purif. Technol. 52: 416-422 (2007)
- Raina K, Kumar D, Agarwal R. Promise of bitter melon (*Momordica charantia*) bioactives in cancer prevention and therapy. Semin. Cancer Biol. 40-41: 116-129 (2016)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Bio. Med. 26: 1231-1237 (1999)
- Thomas CT, Reddy PY, Devanna N. Impact of cooking on charantin estimated from bitter melon fruits using high performance thin layer chromatography. IRJP. 3: 149-154 (2012)
- Tuan PA, Kim JK, Park NI, Lee SY, Park SU. Carotenoid content and expression of phytoene synthase and phytoene desaturase genes in bitter melon (*Momordica charantia*). Food Chem. 126: 1686-692 (2011)
- Yoon GA, Yeum KJ, Cho YS, Chen CYO, Tang G, Blumberg JB, Russell RM, Yoon S, Lee-Kim YC. Carotenoids and total phenolic contents in plant foods commonly consumed in Korea. Nutr. Res. Pract. 6: 481-490 (2012)