끝순 채소용 고구마 우수 품종 선발

유경단^{1*} · 이형운¹ · 남상식² · 정미남¹ · 고산¹ · 황엄지¹ · 이승용³ · 박진천¹ · 한선경² · 이임빈¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소, ²농촌진흥청 국립식량과학원, ³농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과

Selection of Excellent Sweetpotato Varieties Suitable for Tip Vegetable Use

Gyeong-Dan Yu^{1*}, Hyeong-Un Lee¹, Sang-Sik Nam², Mi-Nam Chung¹, San Goh¹, Eom-Ji Hwang¹,
Seung-Yong Lee³, Jin-Cheon Park¹, Seon-Kyeong Han², and Im-Been Lee¹

¹Bioenergy Crop Research Institute, NICS, RDA, Muan 58545, Republic of Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

³Crop Protection Division, NAS, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

Abstract In order to select sweetpotato varieties with excellent tip characteristics, we investigated the appearance, yield, and functional compounds in 32 domestic sweetpotato varieties. During the cultivation period, the total production of sweetpotato tips among the different variety ranged from 1,780 to 9,923 g/m², with that of the Gogeonmi variety being the highest. The lutein content among varieties ranged from 21.7 to 47.0 mg/100 g and was highest in the Juhwangmi variety, whereas the β -carotene content ranged from 25.5 to 183.4 mg/100 g and was highest in the Hayanmi variety. The total polyphenol content ranged from 30.7 to 74.4 mg CAE/g, and it was high in the Pungwonmi, Daeyumi, and Dahomi varieties at 74.4, 73.8, and 72.9 mg CAE/g, respectively, whereas the DPPH radical scavenging activity of tips ranged from 88.6% to 91.6%, with Gogeonmi and Healthymi showing the highest value of 91.6%. ABTS radical scavenging activity was found to be lowest in the Yeonjami variety at 86%, whereas the remaining 31 varieties showed values in excess of 96%. ABTS radical scavenging activity showed a high positive correlation with total polyphenol content. On the basis of these analyses, we identified Juhwangmi with high lutein content, Hayanmi with high beta-carotene content and high yield, and Gogeonmi with high DPPH radical scavenging activity and high yield, as being suitable varieties for tip cultivation. We anticipate that these sweetpotato varieties with excellent tip characteristics will be used as parents for the breeding of varieties for vegetable use.

Keywords Sweetpotato, vegetable, tips, functional ingredient, antioxidant

Received on September 18, 2020. Revised on September 18, 2020. Accepted on October 9, 2020.

* Corresponding Author (E-mail: gyeongdan@korea.kr, Tel: +82-61-450-0138, Fax: +82-61-453-0085)

서 언

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 메꽃과에 속하는 작물로 열대와 온대지역에서 광범위하게 재배되고 있으며 전 세계적으로 밀, 쌀 등과 함께 주요한 식량작물 중 하나로 여겨지고 있다(Woolfe 1992, Ishida et al. 2000, Kwak et al. 2013, Li et al. 2014). 고구마는 특히 환경적응성이 강해 다른 작물에 비해 재배가 쉽고 생산성이 우수하고, 고구마 덩이뿌리에는 비타민, 카로티노이드, 안토시아닌, 폴리페놀 및 각종 무기물 함량이 높으며 기능성 식품으로 수요가 높아 생산량이 증가하는 추세이다(Ravindran et al. 1995, Bovell-Benjamin 2007, Islam et al. 2009, Park et al. 2014). 고구마 지상부의 잎과 줄기에는 수용성 식이섬유가 풍부하고 루테인, 베타카로틴, 폴리페놀, 플라보노이드

등 기능성 물질들을 다량 함유하고 있어 항산화, 항알레르기, 항염증, 항균, 항고혈압, 간 보호 및 대장암 예방에 효과가 있는 것으로 보고되었다(Ishiguro et al. 2007, Lee et al. 2007, Ahn et al. 2009, Johnson & Pace 2010, Taira et al. 2013, Kwak et al. 2013, Jeong et al. 2015). 이와 같은 이유에서 고구마 잎과 줄기는 건강식품, 빵, 국수, 과자 등에 첨가하는 식품소재로서도 많은 관심을 받고 있다(Islam 2006, Li et al. 2012, Ko 2015).

고구마 잎과 줄기는 아프리카나 아시아 일부에서만 채소로 이용되고 있고, 국내에서는 주로 잎자루 부위를 식용으로 이용하고 있으며 다른 부위는 이용이 미미한 실정이다. 고구마 끝순은 고구마 줄기의 생장점으로부터 길이가 약 10-15 cm인 부위이며 잎, 잎자루와 같이 단백질, 섬유소, 칼륨, 비타민 등이 다량 함유되어 있고, 특히 비타민A가 풍부한 것으로 알려져 있다(RDA

2016). 또한 고구마 끝순은 페놀산 함량이 고구마 덩이뿌리보다 높고, 전자공여능에 의한 항산화 활성, ACE (angiotensin converting enzyme) 저해 활성이 고구마 괴근, 들깻잎, 시금치보다 높다고 보고되었다(Lee et al. 2007). 고구마 끝순은 씨고구마 파종 후 약 50일 정도면 첫 수확이 가능하고 결눈으로부터 자라난 새싹의 생장력이 빨라 15-20일 간격으로 여러 번에 걸쳐서 수확이 가능하며, 부드럽고 수량성이 높아 채소로서 이용 가치가 높다(Lee et al. 2005).

일본 큐슈 오키나와 농업연구센터에서는 고구마 지상부를 가축 사료로 이용하기 위해 1981년에 Tsurusengan 품종을 육성하였고 1996년에는 잎자루가 크고 길며 식미가 좋은 잎자루 채소용 품종 Elegant Summer를 육성하였다. 2001년에는 Tsurusengan 품종의 돌연변이인 Suioh 품종을 육성하였으며, Suioh는 잎과 잎자루 식미가 좋고 폴리페놀을 다량 함유하고 있어 기능성이 우수하여 건강 식품 첨가물 등 다양하게 이용이 되고 있다. 또한 2012년에는 끝순의 색이 자색인 채소용 품종을 육성하기 위해 채소용 Suioh 품종과 끝순이 자색인 관상용 Kyuikukan No. 1를 교배하여 우량계통을 선발하는 연구를 진행하였다(Ishiguro et al. 2004, Kai 2012).

국내에서는 2002년에 잎자루 채소용으로 하얀미(Ahn et al. 2005) 품종이 육성되었으나 끝순 채소용 품종 육성에 활용할 고구마 품종별 끝순 특성 정보는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 육성된 32개 고구마 품종들을 대상으로 끝순의 외관 특성, 수량성, 기능성 성분을 조사하여 끝순 채소용 고구마 품종 개발을 위한 교배 자원 및 대비 품종 선정의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재배방법 및 특성조사

고구마 끝순 재배는 2018년에 전남 무안에 위치한 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 내 이중터널 비닐하우스에서 수행되었다. 시비량은 농촌진흥청 표준재배법에 따라 10a당 N-P₂O₅-K₂O=13-20-8.3 kg, 퇴비 1,500 kg을 기비로 시용하였다(RDA 2009). 시험 품종으로 국립식량과학원에서 육성한 32개 고구마 품종을 이용하였다. 씨고구마 파종은 2018년 3월 10일에 하였고, 파종 밀도는 반복당 1.2 m × 0.25 m 면적에 200 g 내외의 씨고구마를 10개씩 파종하였으며, 총 3반복으로 실시하였다. 파종한 씨고구마로부터 싹을 틔우기 위하여 지중 난방 시설을 이용하여 토양 온도를 30℃ 정도로 유지하였고, 보온을 위해

투명 비닐을 터널 형태로 덮어 주었다. 관수는 3일 간격으로 실시하였다. 고구마 품종별 씨고구마의 맹아 특성을 조사하기 위하여 맹아시(Sprout appearance)는 파종한 씨고구마에서 싹이 처음 발생한 날까지 소요된 기간, 맹아기(Date of sprouting)는 파종한 씨고구마의 50%에서 싹이 발생한 날까지 소요된 기간을 조사하였다. 끝순의 외관 특성은 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 엽형, 끝잎색, 잎색, 잎자루색, 엽맥의 안토시아닌 분포를 조사하였다(RDA 2012). 엽형의 경우 열편이 없는 품종은 심장형, 삼각형, 신장형, 원형으로 구분하였고, 열편이 있는 품종은 결각의 개수를 3열편, 5열편, 7열편으로 구분하여 조사하였다. 끝잎색, 잎색, 잎자루색 등은 안토시아닌 발현이 없는 것은 녹색, 안토시아닌 발현이 있는 것은 자색으로 표기하였다. 엽맥의 안토시아닌 분포는 없거나 매우 작다(1), 작다(3), 중간(5), 크다(7), 매우 크다(9) 단계로 구분하여 조사하였다. 고구마 끝순의 수확은 길이가 20 cm 가량 되었을 때 줄기를 지체부로부터 1 cm 정도 남겨두고 절단하여 수확하였다. 수확 횟수는 품종별로 끝순을 정상적으로 채취할 수 있는 시기까지 하여 최대 9차까지 실시하였으며 수량 조사는 1.2 m × 0.25 m 면적에서 수확된 끝순의 무게와 개수를 조사하였다.

품질분석

수확한 시료는 동결건조기(FDTA-5050, Operon)로 건조한 후 분쇄하여 분말 상태로 냉동보관하여 분석에 사용하였다. Lutein과 β -carotene 분석은 Li et al. (2014)의 방법에 따라 동결건조 분말 0.25 g에 6% pyrogallol이 함유된 ethanol을 첨가 후 10분간 초음파 처리하고, 60% KOH 8 mL를 첨가하여 70℃ water bath에서 50분간 검화하였다. 검화 후 2% NaCl 30 mL를 첨가하고 0.1% BHT를 함유한 ether 20 mL를 가하여 3회 반복 추출 후 50 mL로 정용하였다. 추출물 5 mL를 농축한 후 1 mL의 acetonitrile/ethyl acetate(1:1)에 재용해하여 0.2 μ m PVDF membrane filter로 여과 후 HPLC (high performance liquid chromatography, Waters)로 분석하였다. YMC-Pack Pro C18 column (4.6 × 250 mm, 5 μ m, YMC Co., Ltd., Tokyo, 일본), PDA 검출기(450 nm)를 사용하였고, acetonitrile과 ethyl acetate를 이동상으로 사용하였으며, 유속 1.0 mL/min, 주입량은 10 μ L로 하였다. 총 폴리페놀 분석은 Lee et al. (2010)의 방법을 변형하여 사용하였다. 동결 건조된 시료 0.25 g의 methanol 추출물 100 μ L에 증류수 900 μ L, 2N Folin-Ciocalteu reagent (Sigma, F9252) 500 μ L를 첨가하고 20% Na₂CO₃ 용액 25 mL를 기한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 실온에서 반응시켰다. 반응액은 UV/Vis

spectrophotometer를 사용하여 735 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로 chlorogenic acid (CAE, HWI, 독일)를 사용하였으며, 시료 g 중의 mg chlorogenic acid로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Jeong et al. (2015)의 방법에 따라 시료 추출물 0.5 mL에 diethylene glycol (Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, 한국) 5 mL, 1N NaOH 0.5 mL을 혼합하여 30°C 항온수조에서 1시간 반응시켰다. 반응액은 UV/Vis spectrophotometer를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin (QE, Sigma-Aldrich, 미국)을 표준물질로 사용하여 검량선을 구한 후 시료 g 중의 mg quercetin으로 나타내었다. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl, Sigma-Aldrich, 미국) 라디칼 소거 활성은 Blois (1958)의 방법으로 측정하였다. 고구마 동결건조 시료 0.25 g을 methanol로 추출한 추출물 1 mL에 200 μ M DPPH 용액 2.5 mL를 첨가하여 혼합한 후 실온에서 1분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 시료의 첨가군과 무첨가군 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

DPPH radical scavenging activity (%)

$$= (1 - \text{시료 첨가군 흡광도} / \text{시료 무첨가군 흡광도}) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거 활성은 ABTS cation decolorization assay 방법을 사용하였으며 Thaipong et al. (2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS 용액에 2.6 mM potassium persulfate를 동일한 양으로 혼합하여 암 상태로 약 24시간 반응시켜 ABTS free radical을 생성 시킨 후 methanol로 희석하여 735 nm에서 흡광도 값이 1.5 ± 0.1 이 되도록 조절하였다. 동결건조 시료를 메탄올로 추출한 추출물 50 μ L를 ABTS 라디칼이 생성된 ABTS 용액 1 mL와 혼합하여 실온에서 30분 반응시킨 후 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 아래의 식에 의해 백분율로 나타내었다.

ABTS radical scavenging activity (%)

$$= (1 - \text{시료 첨가군 흡광도} / \text{시료 무첨가군 흡광도}) \times 100$$

통계분석

모든 실험 결과는 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 통계분석은 R 프로그램(version 3.3.1.)을 이용하여 분산분석(analysis of variance)과 상관분석(correlation analysis)을 하였으며, 5% 유의수준에서 Duncan의 다중범위 검정(Duncan's

multiple range test)으로 처리간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

맹아 특성

고구마 품종별 맹아시와 맹아기를 조사한 결과 맹아시는 평균 12.2일 소요되었고, 빠른 품종은 9.0일, 가장 늦은 품종은 14.7일이었으며 맹아시가 빠른 품종과 늦은 품종간에 5.3일 차이가 났다. 맹아시는 진올미가 9.0일, 하얀미가 9.3일로 빨랐고, 주황미, 자미, 생미는 맹아시가 각각 14.3일, 14.3일, 14.7일로 늦었다. 맹아기는 평균 15.0일이 소요되었으며 진올미가 10.7일로 빨랐고, 생미가 19.0일로 맹아가 가장 늦었으며 맹아가 빠른 품종과 늦은 품종의 맹아기는 8.3일 차이가 났다. 맹아시와 맹아기는 높은 정상관($R=0.91$)을 나타내었다(Table 1).

외관 특성

고구마 품종별 지상부의 외관 특성을 조사한 결과 줄기의 끝잎의 색은 주로 녹색이 많았고 보라미, 호감미, 진미, 진올미, 신자미, 자미 등 6품종은 자색을 나타냈으며 풍원미, 신황미 품종은 녹자색을 나타내었다. 잎 색깔은 모든 품종에서 녹색이었으나 자미 품종은 녹자색을 나타내었다. 잎자루 색이 자색인 품종은 하얀미, 녹자색은 보라미, 주황미, 생미, 신자미, 연미 등 5 품종이었으며 나머지 품종들은 녹색을 띠었다(Table 2). 일본의 잎자루용 품종인 Elegant summer는 잎자루 색이 녹색이었다(Komaki et al. 1997). 줄기색의 경우 자색은 하얀미, 녹자색은 보라미, 헬씨미, 진미, 주황미, 생미, 연미, 자미 등 7 품종이었으며, 나머지 품종은 녹색이었다. 고구마의 잎 모양은 열편이 없는 심장형이 24품종으로 대부분이었고, 대유미, 보라미, 자미, 연미 등 4품종은 삼각형이었다. 열편이 있는 품종으로는 건황미, 예스미, 다호미, 주황미 등 4품종이며 열편의 개수는 3열편이었다. 잎 뒷면 엽맥의 안토시아닌 분포는 건풍미, 하얀미, 생미 품종에서 높게 나타났고, 풍원미 등 7품종은 엽맥에 안토시아닌 분포가 없었다(Table 2). 일본의 주요 채소용 품종인 Suioh는 끝잎색이 연한 녹색이고, 성숙한 잎은 녹색이며 잎 모양은 심장형이다. 엽맥의 안토시아닌 발현은 거의 없고 마디에는 안토시아닌 발현이 없었다(Ishiguro et al. 2004). Suioh의 외관 특성은 국내 육성 32개 품종 중에서 단자미, 고건미, 홍미, 전미, 진홍미, 맛나미, 신건미, 연황미, 연자미, 올미 품종과 유사하였다(Table 2).

Table 1. Characteristics of sprouting of storage roots of thirty-two sweetpotato varieties grown in vinyl greenhouse nursery.

Varieties ^y	Sprout appearance (DAP) ^z	Date of sprouting (DAP)
Biommi	13.7±0.3abc ^y	16.0±0.0bcde
Borami	12.3±0.3bcdef	15.3±0.7cdefg
Daeyumi	13.0±0.6abcde	16.0±0.6bcde
Dahomi	10.7±0.3fghi	12.3±0.3kl
Danjami	11.3±0.3efg	12.7±0.3jhijkl
Geonhwangmi	11.0±0.0fgh	14.3±0.9fghi
Geonpungmi	11.7±0.9defg	16.0±0.6bcde
Gogeonmi	10.7±0.3fghi	13.3±0.3ijkl
Gunmi	13.0±0.0abcde	16.0±0.0bcde
Hayanmi	9.3±0.3hi	12.3±0.3kl
Healthymi	11.3±0.3efg	13.7±0.3hijk
Hogammi	13.0±0.6abcde	14.0±0.0ghij
Hongmi	13.7±0.3abc	16.3±0.7bcd
Jeonmi	13.3±1.2abcd	15.7±0.7bcdef
Jeungmi	12.0±0.0cdefg	14.7±0.3efghi
Jinhongmi	11.0±0.0fgh	12.7±0.3jkl
Jinmi	14.0±0.6ab	16.7±0.3bc
Jinyulmi	9.0±0.6i	10.7±0.7m
Juhwangmi	14.3±0.7a	16.7±0.7bc
Matnami	12.3±0.3bcdef	15.0±0.0defgh
Pungwonmi	13.7±1.3abc	17.0±0.0b
Saengmi	14.7±0.3a	19.0±0.0a
Shinyulmi	9.3±0.7hi	12.0±0.0lm
Singeonmi	10.3±0.3ghi	14.0±0.6ghij
Sinhwangmi	14.0±1.0ab	16.7±0.3bc
Sinjami	11.0±0.0fgh	14.0±0.7fghi
Yeonhwangmi	13.0±0.6abcde	15.0±0.0defgh
Yeonjami	10.7±0.7fghi	12.7±0.3jkl
Yeseumi	12.0±0.0cdefg	16.3±0.9bcd
Younmi	11.3±0.3efg	15.0±0.6defgh
Yulmi	12.0±0.0cdefg	14.3±0.7fghi
Zami	14.3±0.7a	18.7±0.3a
Mean	12.2	15.0
Range	9.0-14.3	10.7-19.0
Coefficient of correlation	0.9133	

^zDAP: Days after planting.

^yMean±SE (n=3). Means with the same letter are not significantly different at $p<0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test.

수량 특성

고구마 끝순의 재배기간 동안 수확 횟수는 품종에 따라 6회 내지 9회 실시하였다. 품종별 수확 횟수는 건미 5.0회, 보라미

5.3회, 단자미, 홍미, 진미, 진올미, 신허미, 연자미, 자미 6.0회, 맛나미, 생미 7.0회, 예스미 8.0회였으며 나머지 20개 품종들은 9.0회 수확이 가능하였다. 32개 고구마 품종에서 재배기간 동안 끝순의 단위면적당 총 생산량은 평균 5,014 g/m²이었다. 고건미 품종이 9,923 g/m²으로 가장 많았고, 하얀미 7,100 g/m², 신허미, 연미, 신허미, 주황미, 올미, 증미, 호감미 품종은 6,000 g/m² 이상의 수량을 나타내었다. 끝순 생산량이 적은 신허미, 보라미, 자미는 1,780-2,447 g/m²으로 끝순 생산량이 가장 많은 고건미와 5.6배 차이가 났다. 단자미는 수확시기에 따른 끝순 수량의 감소 정도가 가장 컸으며, 진홍미는 수량 감소 정도가 가장 적었다 (Table 3). Lee et al. (2007)은 노지에서 22개 고구마 품종의 끝순을 재배한 결과 하얀미 품종이 193 톤/ha으로 가장 많았고, 자미, 보라미가 102 톤/ha, 130 톤/ha으로 적었다고 하여, 수량이 많거나 적은 품종은 하얀미, 자미, 보라미로 본 연구 결과와 유사하였으나 씨고구마의 재식밀도와 파종 개수 등이 달라 수량에는 차이가 있었다. Ishiguro et al. (2004)의 연구에서 일본의 채소용 고구마 품종인 Suioh, Elegant Summer, Simon No. 1의 씨고구마를 묘상에 3월 말에 파종하여 채소용으로 재배한 결과 10월까지 지상부 수확이 6회 가능하였다. 또한 Elegant Summer, Simon No. 1 품종은 수확 횟수에 따라 수량이 현저히 감소했으나 Suioh는 수확 횟수가 증가해도 상대적으로 수량이 안정적이었으며 두 품종보다 수량이 많았다. 본 연구에서 32개 고구마 품종의 재배기간 동안 단위면적당 끝순의 총 개수는 평균 1,392 개/m²이었다. 고건미 품종이 2,479 개/m²로 가장 많았고, 2,000 개/m² 이상인 품종은 주황미, 대유미 품종이었다. 보라미, 건풍미, 건미, 진미, 신허미, 예스미 품종은 끝순 개수가 1,000 개/m² 이하였으며 수확된 끝순 개수가 상대적으로 적었다. 대부분의 품종에서 수확 시기별 끝순의 생산량과 개수는 수확 횟수가 증가할수록 감소하는 경향이 있었다 (Tables 3, 4). 끝순 수량이 많은 고건미, 하얀미, 주황미 등 품종은 끝순용 품종 개발을 위한 교배자원으로 활용하기에 적합한 품종으로 고려되었다.

Lutein 및 β-carotene 함량

32개 고구마 품종에서 끝순의 루테인 함량은 21.7-47.0 mg/100g의 범위로 나타났다. 주황미가 47.0 mg/100g으로 루테인 함량이 가장 높았고 하얀미 42.8 mg/100g, 예스미 41.3 mg/100g, 맛나미 40.6 mg/100g, 단자미 40.5 mg/100g 순으로 많았다. 연미 등 14개 품종은 루테인 함량이 30.1-37.5 mg/100g이었고, 건미 등 13개 품종은 21.7-29.3 mg/100g의 범위를 나타내었으며 건풍미가 가장 함량이 낮았다 (Table 5). Li et al. (2014)의 연구결과에

Table 2. Vine characteristics of thirty-two sweetpotato varieties^z.

Varieties ^y	Young leaf color	Leaf color	Petiole color	Stem color	Leaf		Anthocyanin coloration on abaxial veins (1-9) ^y
					Shape	No. of lobes	
Biommi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Borami	P	G	G + P	G + P	Triangular	-	1
Daeyumi	G	G	G	G	Triangular	-	5
Dahomi	G	G	G	G	-	3	5
Danjami	G	G	G	G	Cordate	-	3
Geonhwangmi	G	G	G	G	-	3	3
Geonpungmi	G	G	G	G	Cordate	-	7
Gogeonmi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Gunmi	G	G	G	G	Cordate	-	5
Hayanmi	G	G	P	P	Cordate	-	7
Healthymi	G	G	G	G + P	Cordate	-	5
Hogammi	P	G	G	G	Cordate	-	5
Hongmi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Jeonmi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Jeungmi	G	G	G	G	Cordate	-	5
Jinhongmi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Jinmi	P	G	G	G + P	Cordate	-	3
Jinyulmi	P	G	G	G	Cordate	-	3
Juhwangmi	G	G	G + P	G + P	-	3	3
Matnami	G	G	G	G	Cordate	-	3
Pungwonmi	G + P	G	G	G	Cordate	-	1
Saengmi	G	G	G + P	G + P	Cordate	-	7
Shinyulmi	G	G	G	G	Cordate	-	5
Singeonmi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Sinhwangmi	G + P	G	G	G	Cordate	-	5
Sinjami	P	G	G + P	G	Cordate	-	1
Yeonhwangmi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Yeonjami	G	G	G	G	Cordate	-	1
Yeonmi	G	G	G + P	G + P	Triangular	-	5
Yeseumi	G	G	G	G	-	3	1
Yulmi	G	G	G	G	Cordate	-	3
Zami	P	G + P	G	G + P	Triangular	-	1

^zG: Green, P: Purple.^y1: absent or very small, 3: small, 5: medium, 7: large, 9: very large.

따르면 국내 육성 고구마 14품종의 잎에 함유된 루테인 함량은 평균 24.7 mg/100g이었다. 본 연구에서 위와 동일한 14품종의 끝순에 함유된 루테인 함량은 30.9 mg/100g이었으며 Li et al. (2014)이 보고한 잎에서의 루테인 함량보다 높았다. 일본의 채소 용 품종인 Suioh는 루테인 함량이 생체중 기준 11.8 mg/100g 함유되어 있다(Kai 2012). Ishiguro & Yoshimoto (2005)는 오래

된 잎보다 어린 잎에서 루테인 함량이 높다고 하였는데 고구마 끝순은 주로 어린 잎들로 이루어져 있기 때문에 잎보다 루테인 함량이 높았던 것으로 고려되었다. 루테인은 체내에서 합성이 안되기 때문에 외부로부터 섭취해야 하고(Menelaou et al. 2006) 하루 6 mg의 루테인 섭취는 황반 변성 위험을 43%까지 줄일 수 있으며(Seddon et al. 1994) 루테인을 식단에 일찍 도입하는

Table 3. Production of tips of thirty-two sweetpotato varieties according to the number of harvests.

Varieties ^y	No. of harvests	Production of tips (g/m ²)		
		Avg.	Sum	Trend line (R ²) ^z
Biomi	9.0a ^y	448mno	4,033ijk	y = -72.20x + 809.08 (0.76)
Borami	5.3e	306op	1,836n	y = -87.34x + 611.65 (0.60)
Daeyumi	9.0a	662efghij	5,958bcdef	y = -65.21x + 988.09 (0.50)
Dahomi	9.0a	595ghijkl	5,359defgh	y = -122.24x + 1,206.60 (0.72)
Danjami	6.0d	666efghij	3,997ijk	y = -415.80x + 2,121.50 (0.76)
Geonhwangmi	9.0a	533ijklmn	4,797fghi	y = -113.11x + 1,098.60 (0.54)
Geonpungmi	9.0a	522jklmn	4,698ghij	y = -68.74x + 865.73 (0.48)
Gogeonmi	9.0a	1,103a	9,923a	y = -315.03x + 2,677.80 (0.76)
Gunmi	5.0f	500hijklm	2,998lm	y = -209.40x + 1,232.50 (0.64)
Hayanmi	9.0a	789bcde	7,100b	y = -155.03x + 1,564.00 (0.67)
Healthymi	9.0a	473lmn	4,253hijk	y = -79.04x + 867.78 (0.53)
Hogammi	9.0a	679defghi	6,107bcde	y = -153.37x + 1,445.40 (0.71)
Hongmi	6.0d	810bcd	4,861fghi	y = -317.13x + 1,920.20 (0.55)
Jeonmi	9.0a	483lmn	4,343hijk	y = -29.36x + 629.40 (0.10)
Jeungmi	9.0a	683defgh	6,146bcde	y = -131.43x + 1,340.00 (0.61)
Jinhongmi	9.0a	652efghij	5,872cdef	y = -22.50x + 764.96 (0.06)
Jinmi	6.0d	582hijklm	3,489klm	y = -147.74x + 1,098.60 (0.46)
Jinyulmi	6.0d	605ghijkl	3,632jkl	y = -293.15x + 1,631.30 (0.80)
Juhwangmi	9.0a	691defgh	6,216bcde	y = -49.54x + 938.32 (0.14)
Matnami	7.0c	834bc	5,840cdefg	y = -138.97x + 1,390.20 (0.46)
Pungwonmi	9.0a	570hijklm	5,128efghi	y = -73.30x + 936.32 (0.35)
Saengmi	7.0c	503klmn	3,522klm	y = -59.35x + 740.59 (0.15)
Shinyulmi	9.0a	702cdefgh	6,314bcd	y = -191.62x + 1,659.70 (0.58)
Singeonmi	9.0a	754bcdef	6,783bc	y = -184.09x + 1,674.10 (0.72)
Sinhwangmi	6.0d	297p	1,780n	y = -114.45x + 697.28 (0.53)
Sinjami	9.0a	657efghij	5,915cdef	y = -215.78x + 1,736.20 (0.72)
Yeonhwangmi	9.0a	629fghijk	5,661cdefg	y = -75.42x + 1,006.10 (0.64)
Yeonjami	6.0d	866b	5,197defgh	y = -398.79x + 2,262.00 (0.96)
Yeseumi	8.0b	423nop	3,383klm	y = -88.66x + 821.78 (0.44)
Younmi	9.0a	738bcdefg	6,640bc	y = -28.86x + 882.09 (0.09)
Yulmi	9.0a	689defgh	6,205bcde	y = -117.08x + 1,274.80 (0.75)
Zami	6.0d	408nop	2,447mn	y = -100.23x + 758.60 (0.37)
Avg.	7.9	620	5,014	-
Range	5.0-9.0	297-1,103	1,780-9,923	-

^zproduction of tips, x: harvest time (1-9).

^yMeans with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test.

것은 노화와 관련된 황반변성의 심각 정도를 완화시키는 데 도움이 될 수 있다(Pratt 1999).

32개 품종에서 끝순의 베타카로틴 함량은 25.5-183.4 mg/100g 이었고, 평균 66.8 mg/100g이었다. 하얀미 품종이 183.4 mg/100g 으로 가장 높았으며 진율미 154.0 mg/100g, 풍원미 133.6 mg/100g

대유미 104.4 mg/100g 순으로 높았다. 건풍미, 호감미, 진홍미 품종이 80 mg/100g 이상으로 나타났으며 다호미 등 15품종은 50-60 mg/100g 수준이었다. 보라미, 신태미, 자미, 생미 품종은 30 mg/100g 이하로 베타카로틴 함량이 낮았다. Li et al. (2014)의 결과에서는 14개 품종의 잎에 함유된 베타카로틴 함량이 평균

Table 4. Number of tips of thirty-two sweetpotato varieties according to the number of harvests.

Varieties	No. of harvests	No. of tips per m ²		
		Avg.	Sum	Trend line (R ²) ^z
Biomi	9.0a ^y	157fghij	1,410efghi	y = -13.22x + 222.78 (0.62)
Borami	5.3e	117jklm	701mn	y = -25.18x + 204.96 (0.31)
Daeyumi	9.0a	228cd	2,052bc	y = -9.82x + 277.10 (0.15)
Dahomi	9.0a	178efgh	1,598defg	y = -22.87x + 291.88 (0.57)
Danjami	6.0d	167efghi	1,002jhijkl	y = -80.51x + 448.81 (0.90)
Geonhwangmi	9.0a	152ghij	1,371ghi	y = -19.87x + 251.70 (0.43)
Geonpungmi	9.0a	111klm	999jkl	y = -6.89x + 145.43 (0.20)
Gogeonmi	9.0a	275b	2,479a	y = -50.76x + 529.23 (0.89)
Gunmi	5.0f	104klm	564mn	y = -27.49x + 199.93 (0.47)
Hayanmi	9.0a	178efgh	1,598defg	y = -23.78x + 296.42 (0.43)
Healthymi	9.0a	128kl	1,154ijk	y = -14.07x + 198.64 (0.59)
Hogammi	9.0a	170efghi	1,532efgh	y = -26.06x + 300.52 (0.55)
Hongmi	6.0d	206de	1,238hij	y = -53.59x + 393.85 (0.39)
Jeonmi	9.0a	154fghij	1,390fghi	y = -1.54x + 162.13 (0.01)
Jeungmi	9.0a	178efgh	1,599defg	y = -20.37x + 279.51 (0.46)
Jinhongmi	9.0a	191efg	1,718def	y = 1.22x + 184.75 (0.01)
Jinmi	6.0d	135ijkl	811lm	y = -19.24x + 202.52 (0.23)
Jinyulmi	6.0d	171efghi	1,026jkl	y = -50.19x + 346.59 (0.92)
Juhwangmi	9.0a	254bc	2,283ab	y = -10.59x + 306.67 (0.06)
Matnami	7.0c	246bc	1,722de	y = -29.76x + 365.08 (0.26)
Pungwonmi	9.0a	178efgh	1,599defg	y = -12.00x + 237.65 (0.20)
Saengmi	7.0c	146hijk	1,021jkl	y = -9.56x + 184.13 (0.06)
Shinyulmi	9.0a	156fghij	1,408efi	y = -24.32x + 277.99 (0.75)
Singeonmi	9.0a	178efgh	1,603defg	y = -27.74x + 316.85 (0.58)
Sinhwangmi	6.0d	90m	538n	y = -26.48x + 182.30 (0.43)
Sinjami	9.0a	193ef	1,734de	y = -48.28x + 434.10 (0.57)
Yeonhwangmi	9.0a	163fghij	1,466efghi	y = -11.96x + 222.65 (0.44)
Yeonjami	6.0d	311a	1,864cd	y = -112.44x + 704.30 (0.75)
Yeseumi	8.0b	106lm	847klm	y = -19.05x + 191.55 (0.34)
Younmi	9.0a	176efgh	1,588defg	y = 1.06x + 171.14 (0.01)
Yulmi	9.0a	174efghi	1,564defg	y = -15.46x + 251.14 (0.62)
Zami	6.0d	177efgh	1,061jkl	y = -34.76x + 298.52 (0.27)
Avg.	7.9	173	1,392	-
Range	5.0-9.0	90-311	538-2,479	-

^zNumber of tips, x: harvest time (1-9).^yMeans with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test.

41.4 mg/100g이었으나 본 연구에서 동일한 품종의 끝순에 함유된 베타카로틴 함량은 63.4 mg/100g으로 잎보다 끝순에서 높은 경향을 보였으며 이는 루테인 함량에서의 결과와 유사하였다 (Table 5). 32개 고구마 품종의 끝순에 함유되어 있는 베타카로틴은 루테인($R=0.44^*$)과 중위 정상관을 나타내었다 (Table 6). Park

et al. (2014)은 국내 육성 고구마 품종 신황미, 하얀미 품종과 일본의 채소용 고구마 품종인 Suioh를 밭에서 90일 재배한 후 경엽 1-10마디에서의 베타카로틴 함량을 비교한 결과 신황미 75.6 mg/100g, 하얀미 71.6 mg/100g, Suioh 품종이 63.1 mg/100g으로 국내 육성 고구마 품종이 일본 채소용 품종보다 베타카로틴

Table 5. Lutein, β -carotene, total polyphenol, and total flavonoid content of dried tips of thirty-two sweetpotato varieties.

Varieties	Lutein (mg/100g)	β -carotene (mg/100g)	Total polyphenol (mg CAE/g)	Total flavonoid (mg QE/g)
Biomi	31.6±0.7fghi ^z	45.9±1.0kl	65.6±2.0bc	274.9±19.1cde
Borami	29.1±0.1ghijk	26.1±0.4m	34.1±1.3i	178.9±12.0ijkl
Daeyumi	31.6±2.4fghi	104.4±8.2d	73.8±2.9a	285.1±20.2c
Dahomi	36.5±0.9de	58.0±1.3ghij	72.9±1.0a	217.1±9.0efghijk
Danjami	40.5±1.7bcd	74.9±5.4f	52.8±5.1fg	175.4±27.8jkl
Geonhwangmi	32.0±1.3fghi	87.4±2.0e	56.3±0.3ef	190.9±32.7hijkl
Geonpungmi	21.7±1.3n	56.4±6.8hijk	67.6±4.1b	226.1±25.5defghij
Gogeonmi	30.1±1.3ghijk	54.3±2.6ijk	63.1±4.0bcd	212.9±68.3fghijk
Gunmi	31.5±0.9fghi	49.9±1.4jkl	66.3±0.6bc	256.2±16.5cdefg
Hayanmi	42.8±0.6b	183.4±4.5a	58.3±1.0def	161.1±4.0kl
Healthymi	36.7±1.1de	68.0±2.3fg	47.3±2.2gh	170.2±2.3jkl
Hogammi	29.2±1.1ghijk	88.3±5.9e	54.9±0.9ef	214.4±24.4fghijk
Hongmi	28.2±2.1ijkl	52.7±1.7ijk	44.4±1.0h	248.9±25.2cdefgh
Jeonmi	29.3±0.6ghijk	41.6±0.5l	66.0±5.8bc	254.7±29.2cdefg
Jeungmi	26.3±0.4klm	53.6±0.4ijk	49.2±1.0gh	256.3±8.5cdefg
Jinhongmi	30.4±1.0ghij	86.6±4.2e	46.7±1.6h	267.7±9.1cdef
Jinmi	28.7±0.3hijkl	55.0±0.6ijk	45.0±2.3h	236.9±23.4cdefghi
Jinyulmi	37.1±0.4de	154.0±2.5b	62.6±3.0bcd	204.6±60.6ghijk
Juhwangmi	47.0±0.5a	58.0±1.8ghij	66.5±4.3b	243.1±34.5cdefgh
Matnami	40.6±0.3bcd	73.2±2.8f	56.7±2.8ef	180.6±59.4ijkl
Pungwonmi	35.4±1.5ef	133.6±6.4c	74.4±1.9a	281.9±37.0cd
Saengmi	26.2±2.1jklm	25.6±4.1m	66.2±4.5bc	427.0±16.0a
Shinyulmi	25.7±0.9klmn	54.9±0.7ijk	43.8±2.6h	202.3±18.7ghijk
Singeonmi	26.3±1.5jklm	46.0±3.8kl	52.7±4.1fg	204.7±12.0ghijk
Sinhwangmi	30.6±2.8ghij	26.2±3.4m	60.4±0.4cde	393.7±18.6ab
Sinjami	33.7±0.6efg	64.4±1.2fghi	59.5±4.1de	141.9±37.2lm
Yeonhwangmi	33.1±3.2efgh	53.8±1.8ijk	63.4±5.5bcd	369.9±33.6b
Yeonjami	22.1±1.5mn	67.6±5.3fgh	30.7±3.9i	99.4±20.8m
Yeseumi	41.3±2.4bc	63.8±2.8fghi	56.6±1.3ef	204.2±6.0ghijk
Younmi	37.5±1.2cde	61.3±0.8ghij	47.8±2.9gh	247.1±31.4cdefgh
Yulmi	24.4±0.6lmn	53.4±0.5ijk	59.5±1.5de	251.4±29.3cdefg
Zami	29.1±0.5ghijk	25.5±2.6m	66.1±5.5bc	391.8±40.2ab
Mean	32.2	66.8	56.3	235.2
Range	21.7-47.0	25.5-183.4	30.7-74.4	99.4-427.0

^zMeans with the same letter are not significantly different at $p<0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test.

함량이 높았다. 본 연구에서는 하얀미가 신허미보다 베타카로틴 함량이 높아 Park et al. (2014)의 결과와 다른 경향을 나타내었는데 이러한 차이는 끝순의 재배 장소와 재배 기간, 채취 부위가 달랐기 때문인 것으로 고려된다. 주황미는 루테인, 하얀미는 루테인과 베타카로틴 함량이 모두 높아 이 두 품종은 루테인,

베타카로틴 고함유 품종 개발을 위한 교배자원으로 활용하기에 적합한 품종으로 고려되었다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

32개 고구마 품종의 끝순에 함유된 총 폴리페놀 함량은 건조분

Table 6. Correlation coefficients among lutein, β -carotene, total polyphenol, total flavonoid, ABTS radical scavenging activity, and DPPH radical scavenging activity of thirty-two sweetpotato varieties^z.

	BC	TP	TF	DPPH	ABTS
Lu	0.437* ^y	0.250ns	-0.176ns	0.272ns	0.317ns
BC		0.149ns	-0.362*	0.374**	0.034ns
TP			0.470**	0.235ns	0.628**
TF				-0.314ns	0.406*
DPPH					0.017ns

^zLu; Lutein, BC; β -carotene, TP; total polyphenol, TF; total flavonoid, DPPH; DPPH radical scavenging activity, ABTS; ABTS radical scavenging activity.^yns, *, **, Nonsignificant or significant at 0.05, 0.01 probability level, respectively according to ANOVA. **Fig. 1.** Sowing of sweetpotato storage roots at vinyl greenhouse nursery (A), sweetpotato tips just before harvest (B, C), sweetpotato tips harvested to the length of 20 cm (D).

말 1 g 당 30.7-74.4 mg CAE 범위였다. 전체 품종의 총 폴리페놀 함량의 평균은 57.2 mg CAE/g이었으며 품종간 총 폴리페놀 함량에 차이가 있었다. 이 중 풍원미, 대유미, 다호미, 고건미, 주황미 품종이 각각 74.4, 73.8, 72.9, 67.6, 66.5 mg CAE/g으로 총 폴리페놀 함량이 높았고, 보라미, 연자미 품종은 각각 34.1 mg CAE/g, 30.7 mg CAE/g으로 함량이 가장 낮았다(Table 5). 일본의 채소용 품종인 Suioh와 Elegant summer의 경우 총 폴리페놀 함량이 1.5 mg/ml였으며 일반 품종인 Beniazuma, Purple sweet road, Quick sweet보다 함량이 낮았다(Nagai et al. 2010). Coumarine, 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌 등은 xanthine oxidase 억제제로 알려져 있는데 고구마 잎은 줄기보다 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높아, xanthine에서 요산이 생성되는 과정을 촉진하여 superoxide를 생성하게 하는 xanthine oxidase의 활성을 억제하는 효과가 줄기보다 높다(Kwak et al. 2013). 고구마 잎의 폴리페놀 함량은 썩갯과 비슷하고, 시금치, 브로콜리, 양배추, 상추보다 많았다(Ishiguro et al. 2004). 고구마 잎과 끝순에는 괴근과 잎자루에 비해 페놀화합물이 월등히 많고 끝순은 콩나물, 들깨잎, 시금치에 비해 페놀화합물이 16-122배 높아 기능성 채소로 이용하기에 충분한 가치가 있다(Lee et al. 2007).

플라보노이드는 식물체의 과일, 잎, 줄기 등에 포함되어 있는 물질로 인체 내에서 활성산소를 제거하여 노화를 방지하

고 항암효과를 나타낸다고 보고되었다(Urquiaga & Leighton 2000). 32개 고구마 품종 끝순의 총 플라보노이드 함량은 평균 239.7 mg QE/g이었다. 총 플라보노이드 함량이 가장 높은 품종은 생미였으며, 신황미, 자미, 연황미가 각각 393.7, 391.8, 369.9 mg QE/g으로 높았다. 총 플라보노이드 함량이 가장 낮은 품종은 연자미였으며 총 플라보노이드 함량이 높은 품종과 낮은 품종 간에 4.3배 차이가 나타났다(Table 5). 본 연구에서 32개 고구마 품종의 끝순에 함유된 총 폴리페놀 함량은 총 플라보노이드 함량($R=0.47^{**}$)과 중위 정의 상관을 나타내어(Table 6) 데친 고구마 잎, 고구마 줄기, 껍질 벗긴 고구마 줄기에서 총 폴리페놀 함량은 플라보노이드 함량과 높은 양의 상관관계를 보였다고 한 Kwak et al. (2013)의 결과와 유사한 경향을 보였다.

항산화 활성

고구마 끝순의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성 측정을 통해 품종별 항산화 활성을 비교하였다(Fig. 2A). 끝순의 DPPH 라디칼 소거 활성은 88.6-91.6%로 모든 품종에서 강한 활성을 나타내었다. 고건미, 헬씨미, 신자미, 하얀미, 맛나미, 건미, 바이오미 품종은 DPPH 라디칼 소거 활성이 91% 이상이였다. 고건미와 헬씨미가 91.6%로 가장 높았으며 보라미는 DPPH 라디칼 소거 활성이 88.6%로 품종 중 가장 약한 활성을 보였다. DPPH

라디칼 소거 활성은 베타카로틴($R=0.37^{**}$) 함량과 낮은 정 상관이었다(Table 6). 고구마 잎의 열풍건조 온도에 따른 항산화력을 측정된 Jeong et al. (2015)의 결과에서 하얀미 잎의 DPPH 라디칼 소거 활성이 약 85% 정도의 활성을 보이는 것으로 보고되었으나 본 연구에서는 하얀미 끝순의 DPPH 라디칼 소거 활성이 91.2%로 Jeong et al. (2015)이 보고한 잎의 라디칼 소거 활성보다 약간 높은 경향이었다. Park et al. (2014)은 정상에 가까운 마디 부위일수록 강한 항산화력을 나타냈다고 하였는데, 이는 잎보다 끝순에서 높은 항산화력을 나타낸 것과 관련이 있는 것으로 고려되었다. 일본의 채소용 품종인 Suioh, Elegant summer 잎의 DPPH 라디칼 소거 활성은 각각 1 mM 아스코르브산의 6.7배, 6.6배였으나 일반 품종인 Beniazuma, Purple sweet road, Quick sweet, Simon No. 1 등 품종보다 활성이 낮았다(Nagai et al. 2010). 본 연구에서는 끝순의 수량이 가장 많고 DPPH 라디칼 소거 활성이 채소용 품종인 하얀미보다 높은 고건미 품종이 끝순용으로 이용하기 적합한 품종으로 고려되었다. Lee et al.

적 요

351

사 사

본 연구는 농촌진흥청 작물시험연구사업(과제번호: PJ01356801)의 지원에 의해 수행되었다.

REFERENCES

- Ahn YS, Kim SH, Lee HS, Lee JS, Ma D, Kwak SS. 2009. Contents of low molecular weight antioxidants in the leaves of different sweetpotato cultivars at harvest. *J Plant Biotechnol* 36: 214-218.
- Ahn YS, Lee JS, Jeong BC, Chung MN, Lee MH. 2005. A new sweetpotato cultivar for food with storage root and culinary vegetable with purple petiole, "Hayanmi". *Korean J Breed Sci* 37: 67-68.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Bovell-Benjamin AC. 2007. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. *Adv Food Nutr Res* 52: 1-59.
- Ishida H, Suzuno H, Sugiyama N, Innami S, Tadokoro T, Maekaa A. 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potato (*Ipomoea batatas* *poir*). *Food Chem* 68: 359-367.
- Ishiguro K, Toyama J, Islam MS, Yoshimoto M, Kumagai T, Kai Y, Nakazawa Y, Yamakawa O. 2004. Suioh, a new sweetpotato cultivar for utilization in vegetable greens. *Acta Hort* 637: 339-345.
- Ishiguro K, Yoshimoto M. 2005. Content of an eye-protective nutrient lutein in sweetpotato leaves. *Acta Hort* 703: 253-256.
- Ishiguro K, Yoshimoto M, Takaki K. 2007. Hypotensive effect of sweetpotato tops. *Nippon Shokuhun Kagaku Kogaku Kaishi* 54: 45-49.
- Islam I, Shaikh AU, Shahudul IM. 2009. Antioxidative and antimutagenic potentials of phytochemicals from *Ipomoea batatas* (L) Lam. *Intl J Cancer Res* 5: 83-94.
- Islam S. 2006. Sweetpotao (*Ipomoea batatas* L.) leaf: its potential effect on human health and nutrition. *J Food Sci* 71: 13-121.
- Jeong DW, Park YK, Nam SS, Han SK. 2015. Effect of hot-air drying temperature on antioxidative activity of sweetpotato leaves. *Korean J Food Preserv* 22: 708-713.
- Johnson M, Pace RD. 2010. Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. *Nutr Rev* 68: 604-615.
- Kai Y. 2012. The state of sweetpotato breeding for top use in Japan. *Sweetpotato Research Front* 27: 3.
- Ko N. 2015. Quality characteristic and antioxidant activity of cookies applying with sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf powder. MS Thesis. Sejong University, Korea.
- Komaki K, Tarumoto I, Tamiya S, Katayama K, Ishikawa H, Kato S. 1997. New sweet potato [*Ipomoea batatas*] cultivar "Elegant Summer". *Bulletin of the National Agriculture Research Center* (Japan).
- Kwak CS, Lee KJ, Chang JH, Park JH, Cho JH, Park JH, Kim KM, Lee MS. 2013. In vitro antioxidant, anti-allergic and anti-inflammatory effects of ethanol extracts from Korean sweet potato leaves and stalks. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 369-377.
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Comp Anal* 19: 669-675.
- Lee HK, Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee SH, Woo SH, Lee J, Jeong HS. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1399-1404.
- Lee JS, Shin MJ, Park YK, Ahn YS, Chung MN, Kim HS, Kim JM. 2007. Anti bacterial and antimutagenic effect of sweet potato tips extract. *Korean J Crop Sci* 52: 303-310.
- Lee JS, Kim HS, Ahn YS, Chung MN, Kim JM. 2005. Studied on sweetpotato tips cultivation methods. *Treat of Crop Sci* 6: 346-353.
- Li M, Jang GY, Lee SH, Woo KS, Sin HM, Kin HS, Lee J, Jeong HS. 2012. Chemical compositions and antioxidant activities of leaves and stalks from different sweet potato cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1656-1662.
- Li M, Jang GY, Lee SH, Kim ST, Lee JH, Hwang SG, Sin HM, Kim HS, Kang TS, Jeong HS. 2014. Optimization of extraction conditions for useful components from sweet potato leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1749-1756.
- Menelaou E, Kachatryan A, Losso JN. 2006. Lutein content in sweetpotato leaves. *Hort Sci* 41: 1269-1271.
- Nagai M, Tani M, Kishimoto Y, Iizuka M, Saita E, Toyozaki M, Kondo K. 2011. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves suppressed oxidation of low density lipoprotein (LDL) in vitro and in human subjects. *J Clin Biochem Nutr* 48: 203-208.
- Park JS, Lee KJ, Oh EB, Kim HY, Lee SY, Choi DS. 2014.

- Chemical compositions and antioxidative activities of sweet potato foliages harvested by the cultivation period and tips location. Korean J Food Nutr 27: 897-905.
26. Pratt S. 1999. Dietary prevention of age-related macular degeneration. J Amer Diet Assoc 93: 284-296.
 27. Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru SB. 1995. Biochemical and nutrituonal assessment of tubers from 16 cultivars of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). J Agric Food Chem 43: 2646-2651.
 28. Rural Development Administration. 2009. Standard guide for sweetpotato cultivation-28.
 29. Rural Development Administration. 2012. Standard of research, investigation and analysis. Rural Development Administration. pp. 459-467.
 30. Rural Development Administration. 2016. Project report of cultivation and processing of vegetative sweetpotato-tips. pp. 81-85.
 31. Seddon JM, Ajani UA, Sperduto RD, Hiller R, Blair N, Burton TC, Farber MD, Gragoudas ES, Haller J, Miller DT. 1994. Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. Eye Disease Case-Control Study Group. JAMA 272: 1413-1420.
 32. Taira J, Uehara M, Tsuchida E, Ohmine W. 2013. Inhibition of the catechin/Tcf signaling by caffeoylquinic acids in sweetpotato leaf through down regulation of the Tcf-4 transcription. J Agric Food Chem 62: 167-172.
 33. Urquiaga I, Leighton F. 2000. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. Biol Res 33: 55-64.
 34. Woolfe JA. 1992. Sweetpotato-past and present: An untapped food resource. Cambridge University Press, Cambridge, UK.