

## 국내산 아피오스의 수확시기와 증자처리에 따른 품질 및 항산화 특성

황엄지 · 김세희\* · 김현주 · 정재희 · 이영훈\*\* · 하태정\*\* · †우관식\*\*

농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구사, \*농촌진흥청 국립식량과학원 전문연구원, \*\*농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구관

### Quality and Antioxidant Characteristics according to Different Harvest Periods and Steaming Treatment of Apios (*Apios americana* Medikus) Cultivated in Korea

Eom-ji Hwang, Sehee Kim\*, Hyun-Joo Kim, Jaehee Jeong,  
Yeong Hoon Lee\*\*, Tae Joung Ha\*\* and †Koan Sik Woo\*\*

Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

\*Master's Degree Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

\*\*Senior Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

#### Abstract

The quality and antioxidant characteristics of apios (*Apios americana* Medikus) according to different harvest periods and steaming treatment were investigated. The quality and antioxidant characteristics of apios were significantly different depending on harvest periods. Total starch contents was higher in 1st harvesting period as 62.32 g/100 g than other harvesting period. The water binding capacity and water solubility index was higher in 1<sup>st</sup> harvesting period as 228.65 and 11.29% than other harvesting period. The sucrose and total free sugar contents were 3.64~8.67 and 4.49~9.54 g/100 g, respectively. Total polyphenol and flavonoid contents of apios was the highest 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> harvesting period at 4.21 mg GAE/g and 611.11 µg CE/g, respectively. DPPH radical scavenging activity was higher in 1st harvesting period as 84.96 mg TE/100 g than other harvesting period, and decreased as the harvest periods were delayed. ABTS radical scavenging activity and ferric-reducing antioxidant power were 43.81~47.89 mg TE/g and 231.20~264.07 mM/100 g, and increased to 50.58~51.44 mg TE/g and 342.55~384.29 mM/100 g after heat treatment. As a result, it is thought that studies on change of quality and physicochemical characteristics according to cultivation characteristics should be preceded for cultivation stability of apios.

Key words: apios, *Apios americana* Medikus, quality characteristics, antioxidant activity

#### 서 론

인디언 감자(Indian potato)로 알려진 아피오스(*Apios americana* Medikus)는 북아메리카가 원산지인 콩과(Leguminosae)에 속하는 덩굴성 작물이다(Blackmon & Reynolds 1986; Iwai & Matsue 2007). 우리나라에서는 건강기능식품으로 주목받으면서 처음 재배되어 제주도, 경상남도 등에서 생산되어 판매되고 있다(Kang 등 2005; Kim 등 2014; Na & Sim 2018). 아피오스는 괴경(tuber)을 식용하는 작물로 주성분은 전분과 단백

질이며, 다른 뿌리 작물보다 단백질 함량이 높고 칼슘, 철분, 사포닌, 비타민 C, 비타민 E 등이 풍부한 것으로 알려져 있다(Kang 등 2005; Kim 등 2014). 또한 변비나 치질예방, 고혈압, 당뇨, 관절염, 알레르기 등에 효능이 있는 것으로 보고되어 있다(Wilson 등 1986; Wilson 등 1987; Okubo 등 1994; Krishnan HB 1998; Mazur 등 1998). 특히 아피오스는 saponin(Okubo 등 1994)과 isoflavone(Ichige 등 2013)이 다량 함유되어 있어 위와 폐 기능 강화와 혈중 콜레스테롤 감소, 혈압 조절 및 항암 효과 등이 보고되었다(Krishnan HB 1998; Kim 등 2018a; Na & Sim

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Senior Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea. Tel: +82-61-450-0146, Fax: +82-61-453-0085, E-mail: wooks@korea.kr

2018). Kang 등(2005)은 아피오스를 국내에 도입하여 특산작물로 개발하기 위해 생육특성과 재배 가능성을 검토한 결과 4월 중순에 파종하여 재배하는 것이 수량이 높다고 보고하였다. 그러나 국내에서 아피오스의 식품학적 연구는 떡(Park 등 2017), 국수(Na & Sim 2018), 소시지(Park & Kim 2019) 등의 품질향상을 위한 첨가 연구에 한정되어 있다.

새로운 작물을 도입과 재배 안정성 확보에 있어 파종시기, 재배지역, 재배기간 동안의 환경변이에 의해 품질이나 성분의 영향을 받기 때문에(Jung 등 2018) 국내 재배환경에 맞는 재배방법 연구가 우선시 되어야 한다(Kim 등 2018b; Woo 등 2018). 작물의 재배에 관한 연구로는 재배시기에 따른 벼 품종별 녹미 특성을 분석한 결과 품질 및 단백질이 상이하다고 하였으며(Lee 등 2006), 검정콩의 안토시아닌 함량이 파종 및 수확시기 등의 재배환경에 영향을 받는 것으로 보고하였다(Joo 등 2004). 또한 파종시기에 따라 대두(Lee 등 2018), 옥수수(Lee 등 2017), 수수(Jung 등 2018), 동부(Kim 등 2018b), 녹두(Woo 등 2018) 등의 품질 및 이화학 특성이 변화하는 것으로 보고하였으며, 수확시기에 따라 수수의 향산화 성분 및 활성이 상이하다고 보고하였다(Kim 등 2018c).

따라서 본 연구에서는 농가의 신속 채출을 위해 아피오스의 재배 안정성을 확보하기 위한 기초연구로 수확시기에 따른 품질 및 향산화 특성을 분석하여 국내 재배방법이나 가공식품의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에 사용한 아피오스는 전라남도 장흥에서 수집된 자원을 2021년에 전라남도 무안군 소재의 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 시험포장(위도 34° 58'N, 경도 126° 27'E)에서 생산된 것을 시료로 사용하였다. 파종은 2021년 4월 17일에 재식거리를 60×25 cm로 하여 파종하였으며, 비료는 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O를 10 a당 8-12-12 kg을 시비하였다. 수확시기는 1차(11월 18일), 2차(12월 15일), 3차(1월 19일), 4차(2월 22일) 등 4차례에 걸쳐 수확하였다. 재배기간 동안 평균기온, 강수량 및 총 일조시간은 1차 수확 시료의 경우 각각 21.15℃, 838.7 mm 및 1,517.5시간이었으며, 2차 수확 시료는 각각 19.71℃, 862.2 mm 및 1,681시간, 3차 수확 시료는 각각 17.45℃, 876.1 mm 및 1,890.9시간, 4차 수확 시료는 각각 15.72℃, 881.5 mm 및 2,114.4시간으로 조사되었다. 수확된 시료는 세척한 후 껍질을 제거하고 동결건조(FDTA-5050, Operon, Gimpo, Korea)하여 Vibrating sample mill(CMT Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 4℃ 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였다. 또한, 증자처리에 따른 특성을 알아보고자 껍질을 제거한 생시료

를 대용량 찜기(MCO-10E, Maruzen, Gimpo, Korea)로 20분간 처리하여 증자처리하고 동결건조 및 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다.

### 2. 아피오스의 품질특성 분석

수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 전분함량, 수분 특성 등의 품질을 측정하였다. 아피오스의 총 전분 함량은 Total starch assay kit(K-TSTA, Megazyme, Bary, Ireland)를 이용하여 분석하였다. 생시료와 증자처리하고 동결건조하여 분쇄한 시료 100 mg에 80% 에탄올 0.2 mL를 첨가하여 혼합한 후, thermostable α-amylase solution(300 U/mL, pH 7.0) 3 mL를 첨가하여 끓는 물에서 6분 동안 교반하면서 반응시켰다. 상온에서 30분간 냉각시킨 반응액에 200 mM sodium acetate buffer(pH 4.5) 4 mL와 amyloglucosidase 0.1 mL(20 U)를 첨가하여 50℃ 항온수조(DS-23SN, Dasol Scientific, Hwaseong, Korea)에서 30분 동안 반응시켰다. 반응이 종료된 시료는 100 mL로 정용하고 25 mL를 취하여 원심분리(1,500×g, 10분)하였다. 상등액 0.1 mL를 취하여 GOPOD reagent 3 mL를 첨가하여 50℃에서 20분 동안 반응시킨 후 UV spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 glucose를 사용하여 시료 내 총 전분 함량을 산출하였고, 함량은 g/100 g으로 표기하였다(Han 등 2022).

아피오스의 수분결합력 측정은 분쇄한 시료 1 g에 증류수 40 mL를 혼합하고 1시간 교반한 후 10분 동안 1,500×g에서 원심분리하여 상등액을 제거하였다. 침전된 가루의 무게를 측정하고 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료의 무게(g)를 빼고 처음 시료 무게(g)에 대한 백분율로 계산하였다(Kim 등 2018b). 용해도와 팽윤력은 분쇄한 시료 1 g에 30 mL의 증류수로 분산시켜 90±1℃의 항온수조에 30분간 가열하였다. 분산된 시료를 1,500×g로 20분간 원심분리한 후 상등액은 105℃에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하였으며, 침전물은 그대로 무게를 측정하였고 아래의 계산식에 의해 산출하였다(Kim 등 2018b).

$$\text{용해도 (Solubility, \%)} = \frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력 (Swelling power, \%)} = \frac{\text{원심분리 후 침전물의 무게(g)} \times 100}{\text{처음 시료 무게(g)} \times (100 - \text{용해도})}$$

수확시기별 아피오스의 유리당 함량은 UPLC(Acquity UPLC H-Class, Waters, New Castle, DE, USA)로 분석하였다.

분쇄한 시료에 75% ethanol을 가하여 sonicator로 40℃에서 1시간 추출하고 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 상층액을 0.20 µm syringe filter로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. Column은 BEH Amide column(2.1×100 mm, Waters)을 사용하였으며, 검출기는 RID를 이용하여 분석하였다. 이동상은 Acetonitrile/Water = 70:30%(v/v)으로 설정하였고, 유속은 0.17 mL/min, 주입량은 1 µL로 하였으며, 표준품으로는 fructose, glucose, sucrose, maltose(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

### 3. 아피오스의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석

수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 페놀성분 및 radical 소거활성을 분석하기 위해 일정량의 시료를 취하여 80% 에탄올(Daejung Chemical & Metals, Siheung, Korea)을 넣고 homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간 동안 진탕추출(Wise-Cube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd.)한 다음 4℃, 1,500×g에서 10분간 원심분리(Sorvall ST-40R, Thermo Fisher Scientific)하고 상등액을 취하여 -20℃ 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Kim 등(2018b)의 방법으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 50 µL에 2% sodium carbonate(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; Sigma-Aldrich) 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하고 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 50 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid equivalents (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% sodium nitrite(NaNO<sub>2</sub>; Sigma-Aldrich) 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% aluminum chloride hexahydrate(AlCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O; Sigma-Aldrich) 150 µL를 가하여 6분 방치하고, 1 N sodium hydroxide(NaOH; Sigma-Aldrich) 500 µL를 첨가해 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

### 4. 아피오스의 radical 소거활성 및 FRAP 활성 측정

수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 radical 소거활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거활성을 측정하였다(Kim 등 2018b). DPPH radical 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% 에탄올에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 30분 후에 흡

광도 감소치를 측정하였으며, trolox(Sigma-Aldrich)를 이용하여 시료 100 g당 mg trolox equivalent antioxidant capacity(TE, dry basis)로 표현하였다. ABTS radical 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate(Sigma-Aldrich) 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 시료 g당 mg TE(dry basis)로 표현하였다. Ferric-reducing antioxidant power(FRAP)는 Benzie와 Strain(1996)의 방법에 따라 FRAP reagent 180 µL에 추출물 30 µL, 증류수 90 µL를 가하여 37℃에서 10분 동안 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP reagent는 300 mM sodium acetate buffer (pH 3.6) 2.5 mL를 37℃에서 가온한 후 40 mM HCl로 용해한 10 mM 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine 2.5 mL와 20 mM iron(III) chloride(FeCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O) 2.5 mL를 가하여 제조하였다. 표준물질로 FeSO<sub>4</sub>를 사용하여 시료 100 g당 활성을 환산하였다.

### 5. 통계분석

모든 데이터는 3회 이상 반복 측정하였으며, 평균±표준편차로 제시하였다. 또한 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였으며, 각 분석항목 간의 상관관계를 분석하였다(Woo 등 2021).

## 결과 및 고찰

### 1. 수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 품질특성

아피오스의 총 전분 함량을 분석한 결과 Table 1과 같이 수확시기에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 증자처리에 따라서도 유의적인 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 총 전분 함량은 무처리 시료의 경우 1차 수확한 시료에서 62.32 g/100 g으로 가장 높았고 수확시기가 길어질수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며( $p < 0.05$ ), 증자처리에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

수확시기별 아피오스의 수분특성은 Table 1과 같이 수확시기에 따라 유의적인 차이를 보였으며, 증자처리에 따라서도 유의적인 차이를 나타내었다. 수분결합력은 전분 입자 표면에 흡착되거나 침투되는 수분의 양을 측정한 것으로(Lee 등 2020), 분석 결과 무처리 시료의 경우 1차 수확한 시료에서 228.65%로 가장 높았고 수확시기가 길어질수록 유의적으로 감소하였고( $p < 0.05$ ), 증자처리 시료의 경우 306.87~325.62%로 증자처리 후 유의적으로 증가하였다. 수분결합력은 시료와 수분과의 친화성을 의미하는 것으로 전분 입자 내의 비결

**Table 1. Total starch contents, water binding capacity, water solubility index, and swelling power of apios according to different harvesting periods and steaming treatment**

Steaming treatment	Harvesting periods <sup>1)</sup>	Total starch contents (g/100 g)	Water binding capacity (%)	Water solubility index (%)	Swelling power (%)
Raw sample	1 <sup>st</sup>	62.32±0.72 <sup>aA2)</sup>	228.65±1.74 <sup>aB</sup>	15.53±0.60 <sup>cB</sup>	11.29±0.48 <sup>aA</sup>
	2 <sup>nd</sup>	60.63±0.56 <sup>bB</sup>	222.37±3.17 <sup>bB</sup>	17.63±0.23 <sup>bB</sup>	10.80±0.17 <sup>bcA</sup>
	3 <sup>rd</sup>	56.90±0.45 <sup>cA</sup>	199.32±1.02 <sup>cB</sup>	20.20±1.00 <sup>aB</sup>	10.82±0.30 <sup>bcA</sup>
	4 <sup>th</sup>	48.83±0.29 <sup>dB</sup>	197.13±4.12 <sup>cB</sup>	19.53±0.57 <sup>aB</sup>	10.33±0.32 <sup>cA</sup>
Steamed sample	1 <sup>st</sup>	61.65±0.34 <sup>bA</sup>	323.78±4.11 <sup>bA</sup>	19.87±0.67 <sup>cA</sup>	6.40±0.03 <sup>bcB</sup>
	2 <sup>nd</sup>	62.80±0.39 <sup>aA</sup>	306.87±3.41 <sup>aA</sup>	19.77±0.95 <sup>cA</sup>	6.70±0.17 <sup>aB</sup>
	3 <sup>rd</sup>	54.48±0.15 <sup>dB</sup>	323.35±1.23 <sup>bA</sup>	26.03±0.06 <sup>bA</sup>	6.07±0.05 <sup>cB</sup>
	4 <sup>th</sup>	55.75±0.20 <sup>cA</sup>	325.62±2.13 <sup>bA</sup>	28.50±0.60 <sup>aA</sup>	6.06±0.03 <sup>cB</sup>

<sup>1)</sup> The 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 4<sup>th</sup> harvesting periods were harvested on November 18, December 15, January 18, and February 22, respectively.

<sup>2)</sup> All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different letters within a column (<sup>a-d</sup>harvesting periods or <sup>A-B</sup>steaming treatment) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test.

정형 부분이 많을수록 높아지는데(Woo 등 2021; Han 등 2022), 증자처리에 따라 전분 입자의 변형으로 증가하는 것으로 생각된다. 용해도는 수확시기가 길어질수록 유의적으로 증가하였으며(15.53~20.20%), 증자처리 후 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(19.77~28.50%,  $p<0.05$ ). 용해도는 열처리에 따라 지질, 섬유질 등이 파괴되어 아밀로스나 용해성 탄수화물의 용출이 증가한다고 보고되어 있으며(Han 등 2022), 증자처리에 따라 아피오스의 용해도가 증가한 것으로 생각된다. 팽윤력은 1차로 수확한 시료에서 11.29%로 높게 나타났으며, 수확시기에 따라 유의적 감소하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 증자처리 후 팽윤력은 6.06~6.70%로 무처리에 비해 유의적으로 감소하였는데( $p<0.05$ ), 이는 증자처리에 따라 전분 구조의 변화로 수분결합력이 증가하여 감소한 것으로 생각된다. 팽윤력이 낮으면 수분과 전분 입자의 결합력이 강하다는 것을 의미하며(Kim 등 2018d), 이는 전분 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지고 전분의 팽윤 성질은 입자 내의 미세구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받는다(Woo 등 2021). 따라서 수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력에 차이를 보이는 것은 수확시기에 따라 전분의 구조와 구성이 다르고, 구성 성분이 다르기 때문으로 생각된다.

수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 유리당 함량을 분석한 결과 Table 2와 같이 유의적인 차이를 나타내었다( $p<0.05$ ). Fructose와 glucose 함량은 무처리에 각각 0.25~0.37 및 0.14~0.22 g/100 g으로 나타났고 증자처리에서는 각각 0.21~0.28 및 0.14~0.22 g/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았으며, maltose 함량은 무처리와 증자처리에서 각각 0.37~0.40 및 0.55~1.06 g/100 g으로 증자처리 후 유의적으로 증가하는

것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 아피오스의 주된 유리당은 sucrose로 나타났으며, 무처리와 증자처리에서 각각 3.64~8.67 및 3.63~8.82 g/100 g으로 수확시기가 길어질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 총 유리당 함량 또한 각각 4.49~9.54 및 5.12~10.22 g/100 g으로 수확시기가 길어질수록 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 수확시기가 길어짐에 따라 유리당 함량이 증가하는 것은 아피오스가 땅속에 있으면서 전분이 분해되어 유리당 함량이 증가하는 것으로 생각된다.

## 2. 수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

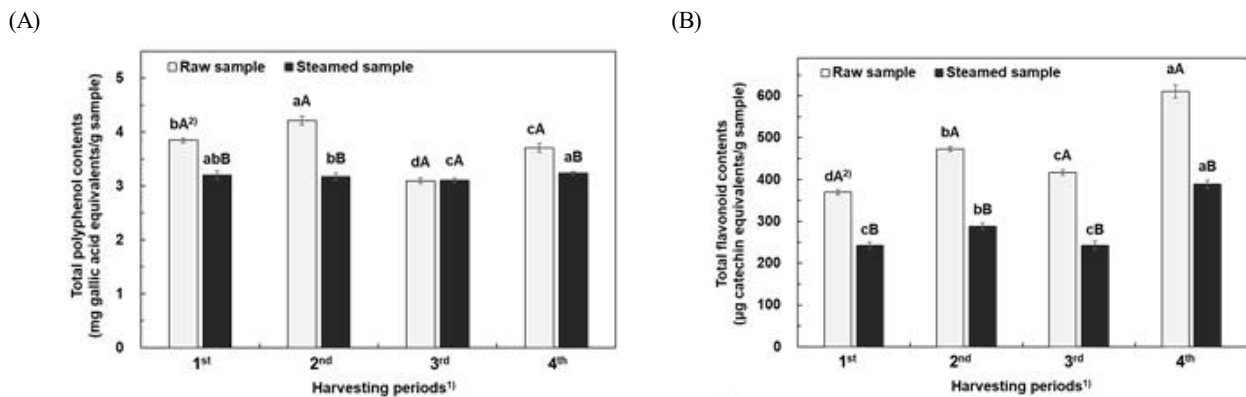
수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 분석한 결과 Fig. 1과 같이 수확시기에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 증자처리에 따라서도 유의적인 차이를 나타내었다( $p<0.05$ ). 총 폴리페놀 함량(Fig. 1A)은 무처리의 경우 2차로 수확한 시료에서 4.21 mg GAE/g으로 가장 높았으며, 증자처리한 시료의 경우 3.11~3.24 mg GAE/g으로 큰 차이를 보이지 않았다. 총 플라보노이드 함량(Fig. 1B)은 무처리의 경우 4차로 수확한 시료에서 611.11 µg CE/g으로 가장 높았으며, 증자처리한 시료의 경우 242.27~388.86 µg CE/g으로 4차로 수확한 시료가 높았으나, 증자처리 후 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 작물에 함유된 페놀 화합물은 높은 항산화활성을 나타내는 것으로 알려져 있으며(Woo 등 2010), 특히 안토시아닌, 플라보놀, 플라본, 카테킨 및 플라바논 등 플라보노이드는 구조에 따라 항산화활성과 항균성 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있다(Middleton & Kandaswami 1994). 또한 작물의 재배시기, 재배지역, 수확시기 등 재배환경에 따라 항산

**Table 2. The free sugar contents of apios according to different harvesting periods and steaming treatment**

Steaming treatment	Harvesting periods <sup>1)</sup>	Free sugar contents (g/100 g)				
		Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Total
Raw sample	1 <sup>st</sup>	0.25±0.00 <sup>cA2)</sup>	0.19±0.01 <sup>cB</sup>	3.64±0.07 <sup>cA</sup>	0.40±0.05 <sup>aB</sup>	4.49±0.12 <sup>cB</sup>
	2 <sup>nd</sup>	0.25±0.01 <sup>cA</sup>	0.19±0.01 <sup>cA</sup>	5.14±0.05 <sup>bA</sup>	0.40±0.02 <sup>aB</sup>	5.99±0.05 <sup>bA</sup>
	3 <sup>rd</sup>	0.28±0.01 <sup>bA</sup>	0.22±0.01 <sup>aA</sup>	8.45±0.03 <sup>aB</sup>	0.40±0.05 <sup>aB</sup>	9.35±0.06 <sup>aB</sup>
	4 <sup>th</sup>	0.37±0.01 <sup>aA</sup>	0.14±0.00 <sup>bB</sup>	8.67±0.24 <sup>aA</sup>	0.37±0.04 <sup>aB</sup>	9.54±0.27 <sup>aA</sup>
Steamed sample	1 <sup>st</sup>	0.21±0.01 <sup>cB</sup>	0.22±0.01 <sup>bA</sup>	3.63±0.08 <sup>dA</sup>	1.06±0.04 <sup>aA</sup>	5.12±0.06 <sup>dA</sup>
	2 <sup>nd</sup>	0.22±0.00 <sup>bcB</sup>	0.14±0.00 <sup>aB</sup>	4.91±0.04 <sup>cB</sup>	0.55±0.03 <sup>cA</sup>	5.82±0.03 <sup>cB</sup>
	3 <sup>rd</sup>	0.28±0.01 <sup>aA</sup>	0.22±0.06 <sup>bA</sup>	8.82±0.03 <sup>aA</sup>	0.91±0.06 <sup>bA</sup>	10.22±0.14 <sup>aA</sup>
	4 <sup>th</sup>	0.26±0.03 <sup>abB</sup>	0.21±0.01 <sup>bA</sup>	8.10±0.01 <sup>bB</sup>	0.92±0.03 <sup>bA</sup>	9.48±0.03 <sup>bA</sup>

<sup>1)</sup> See the Table 1.

<sup>2)</sup> All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different letters within a column (<sup>a-c</sup>harvesting periods or <sup>A-B</sup>steaming treatment) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test.



**Fig. 1. Total polyphenol (A) and flavonoid contents (B) of apios according to different harvesting periods and steaming treatment.** <sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different letters within a column (<sup>a-d</sup>harvesting periods or <sup>A-B</sup>steaming treatment) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test.

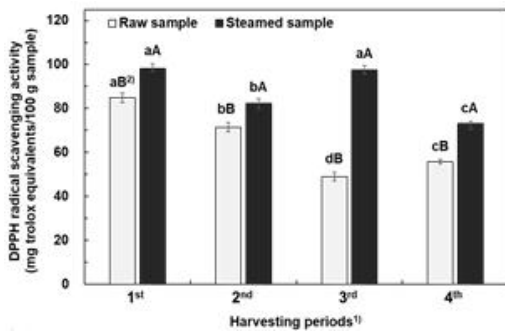
화성분의 함량이 차이를 보이는 것으로 알려져 있다(Kim 등 2005; Kim 등 2006; Kim 등 2018c). 따라서 아피오스의 재배 안정성 확보를 위해 재배지역, 파종 및 수확시기 등에 따른 항산화성분 함량의 변화 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### 3. 수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 항산화활성

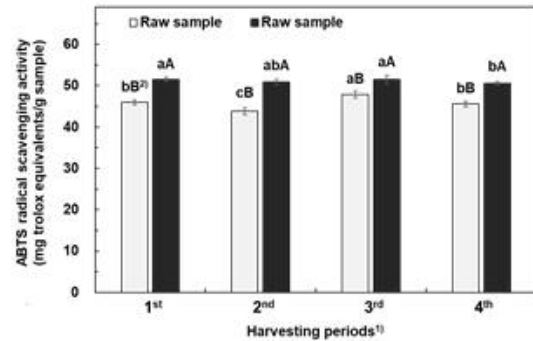
천연물의 항산화활성은 식품 중 지방 산화를 억제하고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시켜 질병과 노화를 방지하는 역할을 한다(Kim 등 2001; Kim 등 2018a). 수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 DPPH 및 ATTS radical 소거활성을 측정된 결과 Fig. 2와 같이 수확시기에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 증자처리에 따라 유의적인 차이를 나타내었다( $p<0.05$ ). 항산화물질

의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical 소거활성법(Nieva 등 2000)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 나타낸 결과 Fig. 2(A)와 같이 무처리의 경우 1차로 수확한 시료가 84.96 mg TE/100 g으로 가장 높았으며, 수확시기가 길어질수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였고, 증자처리에 따라 73.22~97.60 mg TE/100 g으로 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 특히 3차로 수확된 시료의 경우 48.89 mg TE/100 g에서 증자처리 후 97.60 mg TE/100 g으로 크게 증가하였다. 혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초로 개발된 ABTS radical 소거활성(Kim 등 2009)을 측정된 결과 Fig. 2(B)와 같이 무처리의 경우 43.81~47.89 mg TE/g의 범위로 측정되었으며, 증자처리 후 50.58~51.44 mg TE/g으로 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ).

(A)



(B)

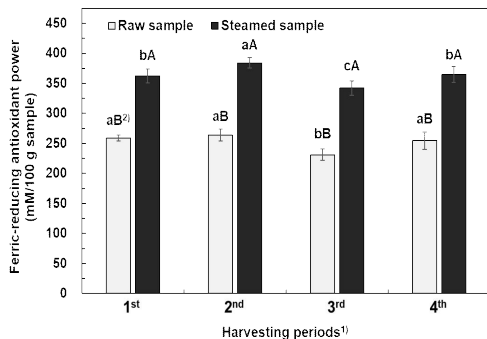


**Fig. 2. DPPH (A) and ABTS radical (B) scavenging activities of apios according to different harvesting periods and steaming treatment.** <sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different letters within a column (<sup>a-d</sup>harvesting periods or <sup>A-B</sup>steaming treatment) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test.

FRAP 활성은 Fig. 3과 같이 무처리의 경우 231.20~264.07 mM/100 g으로 나타났으며, 증자처리 후 342.55~384.29 mM/100 g으로 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 수확시기별 아피오스의 항산화활성 또한 항산화성분과 마찬가지로 수확시기에 따라 영향을 받는 것으로 조사되었다. 따라서 아피오스의 재배 안정성 확보를 위해서는 재배지역별 품질 및 성분 특성을 구명하여 재배가 알맞은 지역을 선정하고 재배방법을 연구하는 것이 우선되어야 할 것이다.

#### 4. 아피오스의 품질 및 항산화특성 간의 상관관계

수확시기 및 증자처리에 따른 아피오스의 전분 함량, 수분 특성, 유리당, 항산화특성 간의 상관관계를 분석한 결과 Table



**Fig. 3. Ferric-reducing antioxidant power of apios according to different harvesting periods and steaming treatment.** <sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different letters within a column (<sup>a-c</sup>harvesting periods or <sup>A-B</sup>steaming treatment) are significantly different at  $p<0.05$  by a Duncan's multiple range test.

3과 같이 유의성을 보였다. 총 전분 함량은 용해도 ( $-0.4248$ ,  $p<0.05$ )와 총 유리당 함량 ( $-0.8535$ ,  $p<0.001$ )과 부의 상관관계를 나타내었다. 수분결합력은 용해도와 정의 상관( $0.6315$ ,  $p<0.001$ ), 팽윤력은 부의 상관관계 ( $-0.9579$ ,  $p<0.001$ )를 나타내었다. 용해도는 팽윤력과 부의 상관 ( $-0.7204$ ,  $p<0.001$ ), 총 유리당 함량과는 정의 상관관계( $0.7086$ ,  $p<0.001$ )를 보였다. 총 폴리페놀 함량은 플라보노이드와 정의 상관( $0.596$ ,  $p<0.01$ )을 나타내었으며, ABTS radical 소거활성 ( $-0.8691$ ,  $p<0.001$ ) 및 FRAP 활성 ( $-0.5341$ ,  $p<0.01$ )과는 부의 상관관계를 보였다. 총 플라보노이드 함량은 DPPH radical 소거활성 ( $-0.8085$ ,  $p<0.001$ ), ABTS radical 소거활성 ( $-0.7725$ ,  $p<0.001$ ) 및 FRAP 활성 ( $-0.6928$ ,  $p<0.001$ )과는 부의 상관관계를 보였다. DPPH radical 소거활성은 ABTS radical 소거활성( $0.5546$ ,  $p<0.01$ ) 및 FRAP 활성( $0.6651$ ,  $p<0.001$ )과는 정의 상관관계를 보였으며, ABTS radical 소거활성은 FRAP 활성과 정의 상관관계를 보였다( $0.8100$ ,  $p<0.001$ ).

#### 요약 및 결론

본 연구에서는 농가의 신소득 창출을 위해 아피오스의 재배 안정성 확보를 위한 기초연구로 수확시기 및 증자처리에 따른 품질 및 항산화 특성을 분석하였다. 수확시기에 따른 아피오스의 총 전분 함량은 1차 수확한 시료에서 62.32 g/100 g으로 가장 높았고 수확시기가 길어질수록 유의적으로 감소하였다. 수분결합력과 팽윤력은 1차 수확한 시료에서 각각 228.65 및 11.29%로 가장 높았고 수확시기가 길어질수록 유의적으로 감소하였으며 용해도는 증가하는 경향을 보였다. Sucrose 및 총 유리당 함량은 각각 3.64~8.67 및 4.49~9.54 g/100 g으로 수확시기가 길어질수록 유의적으로 증가하는 경

**Table 3. Correlation coefficients among total starch content (TSC), water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), swelling power (SP), total free sugar (TFSC), total polyphenol (TPC), flavonoid contents (TFC), radical scavenging activity, and ferric-reducing antioxidant power (FRAP) of apios according to different harvesting periods**

Factor	TSC	WBC	WSI	SP	TFSC	TPC	TFC	DPPH	ABTS	FRAP
TSC	1.0000	0.2488	-0.4248*	-0.0402	-0.8535***	0.0100	-0.1654	0.1887	0.0806	0.0818
WBC		1.0000	0.6315***	-0.9579***	-0.0184	-0.2870	-0.2725	0.0540	0.3276	0.3094
WSI			1.0000	-0.7204***	0.7086***	-0.3649	-0.0946	-0.1733	0.2410	0.1964
SP				1.0000	-0.1799	0.2508	0.2185	-0.0629	-0.3051	-0.3241
TFSC					1.0000	-0.1318	0.1109	-0.2040	-0.0198	-0.0469
TPC						1.0000	0.5906**	-0.1866	-0.8691***	-0.5341**
TFC							1.0000	-0.8085***	-0.7725***	-0.6928***
DPPH								1.0000	0.5546**	0.6651***
ABTS									1.0000	0.8100***
FRAP										1.0000

<sup>NS</sup>Not significant.

Significant at \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ .

향을 보였다. 총 폴리페놀 함량은 2차로 수확한 시료에서 4.21 mg GAE/g으로 가장 높았으며, 총 플라보노이드 함량은 4차로 수확한 시료에서 611.11  $\mu$ g CE/g으로 가장 높았다. DPPH radical 소거활성은 1차로 수확한 시료가 84.96 mg TE/100 g으로 가장 높았으며, 수확시기가 길어질수록 유의적으로 감소하였다. ABTS radical 소거활성은 43.81~47.89 mg TE/g의 범위로 측정되었으며, 증자처리 후 50.58~51.44 mg TE/g으로 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. FRAP 활성은 231.20~264.07 mM/100 g으로 나타났으며, 증자처리 후 342.55~384.29 mM/100 g으로 유의적으로 증가하였다. 이상의 결과에서 아피오스의 재배 안정성 확보를 위해 재배지역, 파종 및 수확시기 등에 따른 품질, 이화학적 특성 변화 등 재배특성에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호 : PJ015334)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76
- Blackmon WJ, Reynolds BD. 1986. The crop potential of *Apios americana*: Preliminary evaluations. *Hort Sci* 21:1334-1336
- Han N, Woo KS, Lee JY, Song SB, Lee YY, Kim M, Kang MS, Kim HJ. 2022. Comparison of physicochemical characteristics, functional compounds, and physiological activities in adzuki bean cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:428-438
- Ichige M, Fukuda E, Miida S, Hattan J, Misawa N, Saito S, Fujimaki T, Imoto M, Shindo K. 2013. Novel isoflavone glucosides in groundnut (*Apios americana* Medik) and their antiandrogenic activities. *J Agric Food Chem* 61:2183-2187
- Iwai K, Matsue H. 2007. Ingestion of *Apios americana* Medikus tuber suppresses blood pressure and improves plasma lipids in spontaneously hypertensive rats. *Nutr Res* 27:218-224
- Joo YH, Park JH, Kim YH, Choung MG, Chung KW. 2004. Change in anthocyanin contents by cultivation and harvest time in black-seeded soybean. *Korean J Crop Sci* 49:512-515
- Jung GH, Kim SK, Lee JE, Woo KS. 2018. Physicochemical characteristics of sorghum according to variety and seeding period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:422-428
- Kang SY, Riu KZ, Kang YK, Kang BK, Kim DS, Park IS, Song HS. 2005. Preliminary culture evaluation of newly introduced apios (*Apios americana* M). *Korean J Plant Res* 18:424-432
- Kim HJ, Jung GH, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Kim SK, Lee BK, Woo KS. 2018d. Quality and physicochemical characteristics of small black soybean cultivar cultivated in the north-central region. *Korean J Food Nutr* 31:792-801
- Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Jeon YH, Lee BK, Woo KS. 2018b. Quality and physicochemical characteristics of the Korean cowpea cultivars grown in different seeding periods. *Korean J Food Nutr* 31:502-510

- Kim HS, Kim HS, Kim KH, Oh YJ, Suh SK, Park HK. 2005. Water absorption and germination ratio of sprout-soybean varieties affected by different planting date. *Korean J Crop Sci* 50:132-135
- Kim HS, Kim HS, Kim KH. 2006. Effects of sowing date for seed quality of sprout-soybean. *Korean J Crop Sci* 51:152-159
- Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 2009. Antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:989-995
- Kim JH, Kim HY, Kang SY, Kim JB, Kim YH, Jin CH. 2018a. Chemical constituents from *Apios americana* and their inhibitory activity on tyrosinase. *Molecules* 23:232
- Kim SK, Jung GH, Lee JE, Lee BK, Woo KS. 2018c. Changes in physicochemical characteristics of sorghum among different varieties and at different harvest stages after heading. *Korean J Food Sci Technol* 50:260-266
- Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33:626-632
- Kim YH, Rhee SK, Lee AR, Kim DB, Lee OH. 2014. Analysis of food components of apios (*Apios americana* Medikus) potato cultivated in Korea. *J Agric Life Environ Sci* 26:1-5
- Krishnan HB. 1998. Identification of genistein, an anticarcinogenic compound, in the edible tubers of the American groundnut (*Apios americana* Medikus). *Crop Sci* 38:1052-1056
- Lee HH, Chu SH, Ryu SN, Shin MC, Koh HJ. 2006. Grain characteristics of green-kerneled rices under different planting time and N-fertilizer levels. *Korean J Breed* 38:358-365
- Lee JH, Kim HJ, Kim MJ, Jung GH, Lee BW, Lee BK, Woo KS. 2017. Quality and antioxidant characteristics of roasted maize tea according to cultivation period and variety. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:1316-1326
- Lee JH, Kim HJ, Lee BW, Lee YY, Jeon YH, Lee BK, Woo KS. 2018. Quality and physicochemical characteristics of soybean with variety and different seeding periods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:804-812
- Lee JY, Park HY, Lee BW, Park HS, Ahn EK, Kim MY, Lee YY, Kim MH, Lee BK, Kim HJ. 2020. Physicochemical properties of brown rice by cultivar for selection of cultivar suitable for making brown rice porridge. *Korean J Food Nutr* 33:204-209
- Mazur WM, Duke JM, Wähälä K, Rasku S, Adlercreutz H. 1998. Isoflavonoids and lignans in legumes: Nutritional and health aspects in humans. *J Nutr Biochem* 9:193-200
- Middleton E Jr, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119
- Na S, Sim KH. 2018. Antioxidant activities and quality characteristics of noodle with added apios (*Apios americana* Medikus) cultivated in Korea. *Korean J Food Nutr* 31: 844-857
- Nieva Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114
- Okubo K, Yoshiki Y, Okuda K, Sugihara T, Tsukamoto C, Hoshikawa K. 1994. DDMP-conjugated saponin (soyasaponin  $\beta$ ) isolated from American groundnut (*Apios americana*). *Biosci Biotechnol Biochem* 58:2248-2250
- Park ML, Kim JM. 2019. Quality characteristics and antioxidant activities of sausage added with apios (*Apios americana* M.) powder. *Korean J Food Nutr* 32:701-710
- Park ML, Kim JM, Lee MH. 2017. Quality characteristics of sulgidduk added with apios (*Apios americana* M.) powder. *Korean J Food Nutr* 30:1268-1278
- Wilson PW, Gorny JR, Blackmon WJ, Reynolds BD. 1986. Fatty acids in the American groundnut (*Apios americana*). *J Food Sci* 51:1387-1388
- Wilson PW, Pichardo FJ, Liuzzo JA, Blackmon WJ, Reynolds BD. 1987. Amino acids in the American groundnut (*Apios americana*). *J Food Sci* 52:224-225
- Woo KS, Bae HH, Jung GH, Son BY, Kim HJ. 2021. Quality and physicochemical characteristics of Korean maize hybrids according to the seed and pollen parent. *Korean J Food Nutr* 34:407-414
- Woo KS, Kim SK, Jung GH, Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Lee BK. 2018. Quality and physicochemical characteristics of mung-bean cultivars cultivated in the north-central region with different seeding periods. *Korean J Food Nutr* 31:577-586
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Seo MC, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong HS, Lee JS. 2010. Antioxidant components and antioxidant activities of methanolic extract from adzuki beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*). *Korean J Food Sci Technol* 42:693-698

---

Received 25 October, 2022  
 Revised 31 October, 2022  
 Accepted 08 November, 2022