

유색감자 추출물의 항산화 및 항고혈압 활성

박영은* · 조현묵* · 이현진** · 황영선** · 최수산나** · 이수진** · 박은선** · 임정대** · 정명근**†

*농촌진흥청 고령지농업연구소, **강원대학교 생약자원개발학과

Antioxidant and Inhibition on Angiotensin Converting Enzyme Activity of Colored Potato Extracts

Young-Eun Park*, Huyn-Mook Cho*, Hyeon-Jin Lee**, Young-Sun Hwang**, Su-San-Na Choi**, Su-Jin Lee**
Eun-Sun Park**, Jung-Dae Lim**, and Myoung-Gun Choung**†

*National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyeongchang 232-955, Korea

**Dept. of Herbal Medicine Resource, Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea

ABSTRACT This experiment was conducted to enhance the colored potatoes utilization and to determine the biological activity of colored potato extracts. In order to understand the factors responsible for the potent antioxidant and antihypertensive ability of colored potatoes, it has been evaluated for anti-oxidative activity using Fenton's reagent/ethyl linoleate system and for free radical scavenging activity using the 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl free radical generating system. There were significant differences of antioxidant activities in 50 µg/mL extracts treatment among different colored potatoes. About two-fold higher radical scavenging activity was found in 'Daegwan 1-102', 'Daegwan 1-104' and 'Jasim' compared to that in 'Superior'. Based on the flesh color tested, potatoes with purple tuber showed higher radical scavenging activity than red potatoes, while white potato showed the lowest radical scavenging activity. The ability of 80% ethanol extracts from colored potatoes to influence the inhibitory activity of angiotensin converting enzyme (ACE) and xanthine oxidase (XOase) has also been investigated. Expect 'Jasim', the high levels of inhibition activity of xanthine oxidase in two colored potatoes such as 'Daegwan 1-102' and 'Daegwan 1-104' were highly correlated to IC₅₀ values of ACE inhibition activity. The various therapeutic benefit claims in the new functional medicinal usage of colored potatoes ascribed to the phenolic compounds and anthocyanin. This result revealed that the extracts of colored potatoes are expected to be good candidate for development into source of free radical scavengers and anti-hypertensive agent.

Keywords : colored potato, antioxidant, free radical scavenger, angiotensin converting enzyme, anthocyanin

덩이줄기 내부에 적색 또는 보라색 안토시아닌 색소를 함유하는 유색감자(Harborne, 1960; Sasche, 1973; Andersen *et al.*, 1991; Lewis, 1996)는 그들만이 가지는 색깔과 독특한 맛을 함유하고 있을 뿐만 아니라(Johnson, 1995), 샐러드나 튀김용으로 사용할 경우 요리 후에도 그 색상을 유지하고 있어 유색감자에 대한 소비자의 요구도가 증대되고 있다(Lewis, 1996).

다양한 식용작물에 함유되어 있는 안토시아닌 색소는 광범위한 항산화 기작을 가지고 있으며, 이런 항산화작용은 *In vivo* 및 *In vitro*계 실험에서도 입증되고 있다(Wang *et al.*, 1997; Tsuda *et al.*, 1998).

최근 인간을 대상으로 한 임상적 실험에서 안토시아닌이 다량 함유된 식물체를 식용할 경우 혈청학적 측면에서 항산화 효과가 있다는 것이 보고된 바 있으며(Cao *et al.*, 1998), 고구마, 엘더베리, 블루베리, 적양배추, 유색감자 등 안토시아닌이 풍부하게 함유된 식물체가 항산화 작용 기전을 가진 중요한 기능성 식품의 소재로 고려되고 있다(Brown, 2005).

현재 유색감자에 함유된 안토시아닌 및 페놀화합물이 항산화 및 chemopreventive agents로 검토되고 있으며, 또한 antiinflammatory, antiproliferative 및 proapoptotic 특성이 존재하는 것으로 보고된 바 있고(Yang *et al.*, 2001; Nijveldt *et al.*, 2001), 유색감자는 다량의 안토시아닌을 함유하고 있어 미국에서는 채소로서 일인당 소비량이 135 파운드에 증

†Corresponding author: (Phone) +82-33-570-6491
(E-mail) cmg7004@kangwon.ac.kr

<Received August 30, 2007>

가하였으며, 전세계적으로 유색감자의 생리활성에 대한 다양한 연구가 진행 중이다(AI-Saikhan, 2000; Kanatt *et al.*, 2005; Nara *et al.*, 2006; Shakya & Navarre, 2006).

따라서 본 연구에서는 적색과 보라색을 나타내는 수용성 안토시아닌 색소가 풍부하게 함유된 유색감자의 추출물을 대상으로 항산화 활성, 활성산소 소거능 및 항고혈압 활성을 비교, 검토하여 고기능성 유색감자 신품종 육성 및 유색감자 이용성 증진을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

유색감자 추출물의 조제

본 실험에 사용된 유색감자(수미, 자심, 대관 1-102호 및 대관 1-104호)는 농촌진흥청 고령지농업연구소에서 감자 표준재배법으로 재배된 감자를 사용하였다. 유색감자의 대조구로 괴경 내부가 백색을 나타내는 수미품종을 이용하였고, 괴경 내부가 보라색을 나타내는 것은 자심과 대관 1-104호, 괴경 내부의 색상이 적색을 나타내는 대관 1-102호를 시료로 사용하였다(Fig. 1).

각 유색 및 대조구 시료의 감자는 껍질을 제거하고, 괴경을 3 mm 수준으로 자른 후, 생체시료 100 g에 80% 에탄올 1,000 mL를 첨가하여 24시간 동안 상온에서 추출한 후 여과하고, 잔류물은 동일한 방법으로 2회 반복하여 추출하였으며, 추출된 용액은 모두 합하여 40°C 감압농축장치에서 완전히 건조하여 활성평가용 시료로 사용하였다.

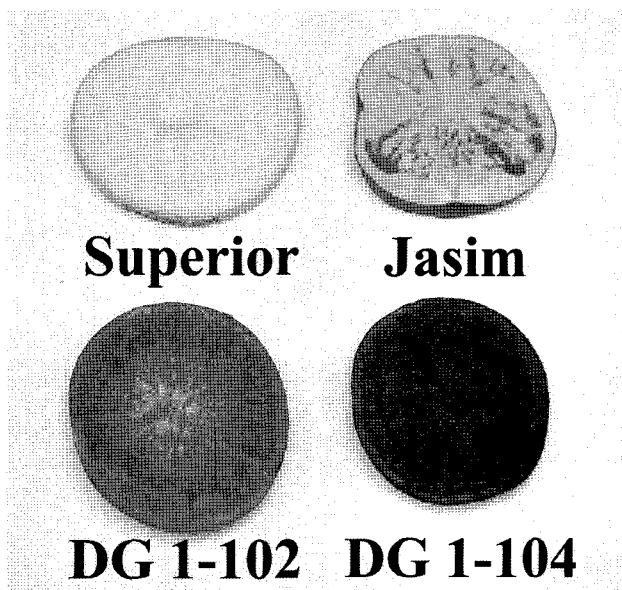


Fig. 1. The colors of tuber section in colored potatoes.

유색감자 추출물의 항산화 활성 및 활성산소 소거능 측정

유색감자 추출물의 항산화 활성 검정은 Fetion's reagent를 사용한 lipid peroxidation system을 이용하였다. 각 시료의 추출물을 10, 50, 100, 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도별로 조제하고, 2%의 dosium dodecyl sulphate, 1 μM ferrous chloride와 0.5 mM의 hydrogen peroxide를 함유한 incubation media에 0.1 mL의 농도별 시료와 10 μM 의 ethyl linoleate 0.1 mL를 첨가하였다. 이러한 incubation media를 55°C에서 16시간동안 정치한 후 각각의 반응액에서 0.2 mL를 취하여 새로운 tube에 옮기고 4%의 BHT 50 μL 를 첨가하여 더 이상의 산화반응이 일어나는 것을 방지하였으며, 항산화 활성평가의 대조구는 α -tocopherol을 사용하였다. 항산화 활성 검정은 TBA(thiobarbituric acid assay)법으로 평가하였고, 535 nm에서 흡광도를 측정하여 저해율을 산출하였다.

유색감자 추출물의 활성산소 소거능 측정은 자유 라디칼인 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)를 이용한 자유라디칼 소거활성 측정방법을 이용하였다. 즉, 시험관에 4 mL 메탄올을 넣고 시료 화합물을 농도별(1,000 ppm 1.5~30 μL)로 첨가한 다음 상기 0.15 mM DPPH용액 1 mL를 첨가하여 실온에서 30분간 반응시키고 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 기질과 DPPH가 없는 initial(Ai)과 blank(Ab)를 측정하였으며, 시료 첨가 후 흡광도(As)를 측정하였고, RC_{50} ($\mu\text{g}/\text{mL}$)은 화합물을 첨가하지 않은 대조군의 값을 50% 감소시키는 화합물의 농도를 나타냈으며, 기존의 항산화제인 α -tocopherol 및 BHA와 상호 비교하였다.

유색감자 추출물의 xanthine Oxidase 억제 활성

일반적으로 *in vitro* 상태에서 xanthine oxidase에 의해 superoxide radicals이 발생한다. 유색감자 추출물의 superoxide radicals 소거활성은 NBT(nitro-blue tetrazolium)환원법을 사용하여 검정하였다(Parejo *et al.*, 2002). 즉, 0.8 mM xanthine을 포함하는 0.1 mM phosphate buffer(pH 8.0) 0.5 mL와 0.48 mM NBT를 포함하는 0.1 mM phosphate buffer(pH 8.0)에 유색감자 추출물을 10, 50, 100, 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 각각 처리하여 혼합물을 만들고, 이 혼합물을 37°C에서 5분간 incubation 하였으며, 1.0 mL의 XOD(0.049 U/mL)를 첨가하여 반응을 시작한 후 37°C에서 20분간 반응하였다. 그 후 2.0 mL의 69 mM SDS를 첨가하여 반응을 종결시킨 후 560 nm에서 흡광도를 측정하였다. 농도별 시료 첨가 양에 따른 NBT환원에 대한 저해능을 50% 감소시키는 화합물의 농도(IC_{50} , 50% inhibition concentration)를 나타냈으며, (+)-catechin을 대조구로 사용하여 비교하였다.

유색감자 추출물의 ACE(Angiotensin Converting Enzyme) 저해능 측정

결과 및 고찰

Angiotensin I-converting enzyme 저해활성은 Saito 등 (1992)에 의한 방법을 일부 변형하여 사용하였다. 유색감자 추출물을 농도별로 조제한 100 µL의 시료에 100 µL의 ACE (0.125 U/mL, from rabbit lung; Sigma, St. Louis, MO, USA)를 첨가하고, 37°C에서 3분간 incubation 한 후, 2.5 mM HHL(hippuryl-L-histidyl-L-leucine; Nacalai, Kyoto, Japan), 300 mM NaCl 및 100 mM borate buffer를 포함하는 기질 용액 150 µL를 첨가하고, 혼합액을 다시 37°C에서 30분간 incubation하였다. 이후 1 N HCl 350 µL를 첨가하여 반응을 종결시킨 후 ACE에 의해 HHL로부터 용해된 hippuric acid를 추출하여 활성검정을 수행하였다. Hippuric acid의 추출은 반응액에 3 mL의 ethyl acetate를 첨가하고 교반한 후 ethyl acetate층을 따로 분리한 후 감압농축 하였으며, 2 mL의 증류수를 사용하여 재용해하고 228 nm(UV-1200; Shimadzu, Kyoto, Japan)에서 흡광도를 측정하였다. ACE 저해율은 아래의 계산공식에 의해 계산하였고, 얻어진 OD 값을 통하여 검량선을 작성하고, ACE를 50% 불활성화 시키는 농도(IC₅₀, 50% Inhibition Concentration)를 구하였으며, 대조구로는 상용 ACE 저해제인 captopril(Sigma St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

$$\text{ACE inhibition rate (\%)} = (C - S)/(C - B) \times 100$$

S : 반응액에 더해진 sample의 OD값

C : 추출물에 기질을 첨가하고 물을 첨가하였을 경우의 OD값

B : ACE를 불활성화 시키기 위해 350 µL의 1 N HCl를 첨가하였을 경우의 OD값

유색감자 추출물의 항산화 활성 검정

감자 추출물의 항산화 활성을 검정하기 위해 유색감자의 대조구로 괴경 내부가 백색인 수미품종을 사용하고, 유색감자로서 괴경내부가 적색인 대관 1-102호, 괴경내부가 보라색인 자심품종과 대관 1-104호로 구분하여 각 감자의 추출물을 얻고, 추출물의 항산화 활성을 검토하였다. 유색감자 추출물의 항산화 활성 검정은 Fetón's reagent를 사용한 lipid peroxidation system을 사용하여 측정한 결과 각 추출물의 농도가 10 µg/mL 수준에서는 유색감자별 차이를 나타내지 않았으나, 50 µg/mL을 처리한 경우 시료 간 차이를 뚜렷하게 나타내었다. 50 µg/mL의 농도로 처리하였을 때 괴경내부의 색상이 적색인 대관 1-102호가 34%의 높은 저해율을 나타내었고, 이것은 활성평가의 대조구인 α-tocopherol보다 높은 항산화 활성을 나타내었다. 괴경내부의 색이 보라색인 자심의 경우 31%의 저해율을 나타내어 대조구인 α-tocopherol과 유사한 활성을 나타내었으며, 다음으로 수미, 대관 1-104호의 순서로 활성을 나타내었다(Fig. 2). 반면 자유 라디칼 소거 활성에서는 괴경내부가 보라색인 대관 1-104호가 50%의 소거능을 나타내는 농도가 9.83 µg/mL로 가장 높은 라디칼 소거활성을 나타내었으며, 이 결과는 대조시약인 α-tocopherol이나 BHT보다 높은 소거 활성을 나타내었다. 전체적으로 라디칼 소거 활성면에서 짙은 적색과 보라색을 나타내는 대관 1-102호 및 1-104호가 보라색을 나타내지만 색상의 농도가 약한 자심품종이나, 괴경내부가 백색인 수미품종보다 높은 활성을 나타내었다(Table 1).

Friedman(1997)은 감자에 항산화 활성을 나타내는 polyphenol 화합물이 존재한다고 하였으며, 이들 polyphenol의 합성, 물리적·분자 생물학적 특성을 보고한 바 있다. 또한

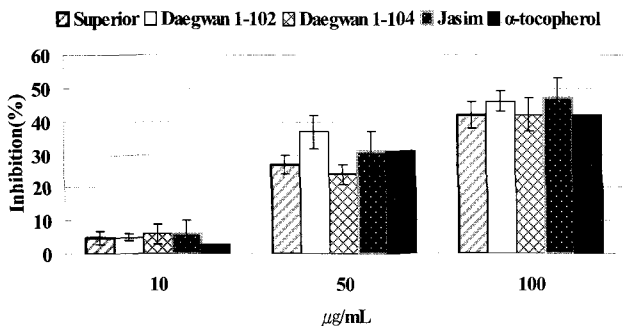


Fig. 2. Antioxidative activity of colored potato (*Solanum tuberosum* L.) extracts using Fetón's reagent/ethyl linoleate system.

Table 1. DPPH free radical scavenging activities of colored potatoes (*Solanum tuberosum* L.).

Colored potato extracts and reference compound	DPPH radical scavenging activity (RC ₅₀ µg/mL)
Superior	25.44±1.52
Daegwan 1-102	10.43±0.92
Daegwan 1-104	9.83±1.56
Jasim	13.45±0.97
α-tocopherol	12
BHT	14

Mean±SD. obtained from six experiments

감자의 항산화 효과는 그들의 유전자형(Al-Saikhan, 1995; Dao & Friedman, 1992, 1994), 괴경의 색깔(Brown *et al.*, 2003), 요리방법(Juan *et al.*, 2002)에 의해 영향을 받는다고 보고된 바 있다. Kähkönen 등(1999)에 의하면 유색감자의 색깔이 자주색일수록 더 높은 total phenolic 함량을 나타내며, 보다 높은 항산화 효과를 나타낸다고 보고한 바 있다. 유색감자 추출물 간에 서로 다른 항산화 활성이 나타나는 것은 각 유색감자에 포함된 안토시아닌을 포함한 활성물질의 농도차이에 의하여 lipid peroxidation을 저해하는 활성과 radical 소거활성에 차이를 나타내는 것으로 판단된다.

유색감자 추출물의 xanthine Oxidase 억제 활성

Superoxide radicals은 살아있는 세포에서 발생하는 활성 산소 중에서 가장 중요한 라디칼로 작용하며(Halliwell & Gutteridge, 1993; Winterbourn & Kettle, 2003), 이러한 라디칼은 불포화 지방산의 과산화에 영향을 미치고 있다(Nice & Robinson, 1992). 세포내에서 발생되어지는 superoxide radicals은 xanthine oxidase(XO) assay를 이용하여 측정할 수 있으며, XO는 xanthine을 산화시켜 uric acid로 만드는 것을 촉매 한다. 그리하여 superoxide radicals의 소거활성은 항산화 활성 메커니즘을 묘사하는 가장 중요한 방법 중 하나로 표현된다. xanthine oxidase는 xanthine을 기질로 하여 uric acid를 생성하는 과정에서 superoxide radical을 생성하는 효소이다.

생체 내에서 유리기 생성계의 하나인 xanthine oxidase는 purine, pyrimidine pteridine aldehyde 및 heterocyclic compound 등의 대사에 관여하는 비특이적 효소로서 생체 내에서 주로 purine체의 대사산물인 hypoxanthine을 xanthine으로, xanthine을 uric acid로 산화시키는 반응을 촉매한다.

통풍은 uric acid가 혈액 속에서 높은 농도로 오래 지속되어 요산의 결정이 형성되며, 이 결정체가 여러 조직에 침착하여 여러 증상을 유발하는 대사성 질환으로서 통풍 환자는 요산이 여러 장기에 결정형으로 쌓이고, 요산의 과도한 생성과 콩팥으로 배설되는 과정에 이상이 생겨 신장이나 심장 등에 합병증을 유발하는 질병이다. 현재 xanthine oxidase

저해제는 통풍, 신장결석, 허혈, 심근증을 일으키는 요한혈증(hyperuricemia)에 대한 치료제로 사용되어 왔으며, 현대와 같은 고령화 시대를 대비한 저해제 개발이 절실히 요구되어지고 있다.

유색감자 추출물의 xanthine oxidase 활성 억제효과를 검토한 결과 유색감자 간에 큰 차이를 나타내었다. 대관 1-102호와 1-104호의 경우 xanthine oxidase 활성을 50% 저해하는 데 필요한 농도는 약 26 $\mu\text{g/mL}$ 인데 반하여 자심과 수미 품종은 45 $\mu\text{g/mL}$ 이상의 농도가 요구되었으며, 이것은 유색감자인 대관 1-102호와 1-104호가 대조구 활성물질인 (+)-catechin에는 미치지 못하나 상당히 높은 활성을 나타낸다는 것을 알 수 있다(Table 2). 유색감자 추출물간에 xanthine oxidase를 비롯한 항산화 활성에 차이가 있는 이유는 이들 각 유색감자에 존재하는 유색원인 물질인 anthocyanin의 종류 및 함유량 차이에 기인하는 것으로 판단되며, 유색감자에 함유되어 있는 anthocyanin은 매우 복잡하여 일반적으로 백색의 감자가 함유하고 있는 페놀화합물에 비해 높은 수준의 작용기가 포함되어 있으므로 일반 백색감자에 비해 더 높은 xanthine oxidase 활성을 나타내는 것으로 판단된다(Miura & Nagatani, 1989; Satue-Gracia *et al.*, 1997).

위의 결과에서 유색감자 추출물의 항산화 효과는 anthocyanin 및 flavonoid를 포함하는 phenolic compounds의 분포와 구성에 영향을 받는 것으로 생각되며, 추후 유색감자의 항산화 활성에 영향을 주는 안토시아닌 및 페놀화합물의 명확한 구조해석과 활성 메커니즘의 규명이 필요할 것이다.

유색감자 추출물의 ACE(Angiotensin converting enzyme) 저해능

고혈압은 장기간의 당뇨와 연관되어 있고 많은 심혈관계 질환에 노출될 위험성을 가지고 있다. 항고혈압 제제를 사용하여 angiotensin I converting enzyme(ACE)의 발현 조절을 통해 고혈압을 예방하는 것은 이러한 위험성을 낮출 수 있는 중요한 전략이다.

유색감자 추출물의 ACE 저해 활성을 검토한 결과 항고혈압 대조구 활성물질인 captopril의 수준에는 미치지 못하

Table 2. Inhibition effect on xanthine oxidase of colored potato (*Solanum tuberosum* L.) extracts.

Sample	Superior	Daegwan 1-102	Daegwan 1-104	Jasim	(+)-catechin
Inhibition activity (IC ₅₀ $\mu\text{g/mL}$)	46.0±2.1	25.9±1.4	26.8±2.4	49.4±4.9	7.2±0.5

Mean±SD. obtained from six experiments

Table 3. Inhibition effect on angiotensin converting enzyme of colored potato (*Solanum tuberosum* L.) extracts.

Sample	Captopril	Superior	Daegwan 1-102	Daegwan 1-104	Jasim
Inhibition Concentration (IC ₅₀ µg/ml)	0.085±0.016	192.3±4.8	117.7±5.9	139.7±9.3	137.4±6.2

Mean±SD. obtained from six experiments

나 유색감자 간에는 명확한 차이를 나타내었다. 괴경내부 색상이 적색인 대관 1-102호가 117.7 µg/mL로 가장 높은 ACE 저해 활성을 나타내었으며, 내부색상이 보라색인 대관 1-104호와 자심은 130 µg/mL로 유사한 양상을 나타내었으며, 괴경내부 색상이 백색을 나타내는 수미품종은 192 µg/mL로 가장 낮은 활성을 나타내었다. 이것은 대관 1-102호의 높은 항산화 효과와 xanthine oxidase 저해활성과 유의한 상관을 나타낸다고 볼 수 있다(Table 3).

많은 천연물이 ACE 저해효과를 나타내는 것은 식물자원에 함유된 다양한 색소를 비롯하여 페놀화합물의 작용에 의한 가능성이 높다는 보고와 감나무 잎에서 분리한 페놀성 물질 중 flavonoid가 ACE 저해활성을 높인다는 보고들(Kanatt et al., 2005; Nara et al., 2006)로 볼 때 안토시아닌은 식물 색소이며, phenylpropanoid pathway를 통하여 합성되어지는 페놀화합물의 일종이므로 안토시아닌의 함량이 높아질수록 ACE 저해활성이 높아질 가능성이 높은 것으로 판단된다.

적 요

괴경 내부에 적색과 보라색 안토시아닌 색소가 풍부하게 함유되어 있고, 색상의 기호도 및 건강 기능성으로 인해 소비자로부터 기호도가 증대된 유색감자의 생리적 활성을 검토하기 위해 유색감자의 대조구로 괴경 내부가 백색인 수미품종을 사용하고, 유색감자로서 괴경 내부가 적색인 대관 1-102호, 괴경 내부가 보라색인 자심품종과 대관 1-104호로 구분하여 항산화, 활성산소 소거능 및 항고혈압 활성을 비교, 검토한 결과는 아래와 같다.

1. 유색감자 추출물의 항산화 활성 검증결과 추출물의 농도가 10 µg/mL 수준에서는 유색감자별 차이를 나타내지 않았으나, 50 µg/mL을 처리한 경우 시료 간 차이를 뚜렷하게 나타내었으며, 유색감자 중 괴경내부의 색상이 적색인 대관 1-102호가 34%의 높은 저해율을 나타내어 30%의 저해율을 나타낸 활성평가 대조구인 α-tocopherol보다 높은 항산화 활성을 나타내었다.

2. 유색감자 추출물의 자유 라디칼 소거 활성에서는 괴경

내부가 보라색인 대관 1-104호가 50%의 소거능을 나타내는 농도가 9.83 µg/mL로 가장 높은 라디칼 소거활성을 나타내었으며, 이 결과 또한 대조시약인 α-tocopherol이나 BHT보다 높은 소거 활성을 나타내었다.

3. 유색감자 추출물의 xanthine oxidase 활성 억제효과를 검토한 결과 유색감자 간에 큰 차이를 나타내어 대관 1-102호와 1-104호의 경우 xanthine oxidase 활성을 50% 저해하는 데 필요한 농도는 약 26 µg/mL 수준으로 가장 높게 조사되었으며, 다음으로 수미(46 µg/mL), 자심(49 µg/mL)의 순으로 조사되었다.

4. 유색감자 추출물의 ACE 저해 활성을 검토한 결과 항고혈압 대조구 활성물질인 captopril의 수준에는 미치지 못하나 유색감자 간에는 명확한 차이를 나타내었다. 괴경내부 색상이 적색인 대관 1-102호가 117.7 µg/mL로 가장 높은 ACE 저해 활성을 나타내었으며, 내부색상이 보라색인 대관 1-104호와 자심은 130 µg/mL로 유사한 양상을 나타내었으며, 괴경내부 색상이 백색을 나타내는 수미품종은 192 µg/mL로 가장 낮은 활성을 나타내었다.

5. 이상의 결과를 종합해 볼 때 괴경 내부에 적색 혹은 보라색 안토시아닌을 다량 함유한 유색감자는 기존 백색을 가진 일반감자에 비해 항산화, 자유라디칼 소거활성 및 항고혈압 활성이 높고, 시각적 식미감을 증대시키므로 유색감자는 기능성이 증대된 식용감자로서의 이용가치가 충분한 것으로 판단된다.

인용문헌

- Al-Saikhan, M. S., L. R. Howare, and J. C. Miller. 1995. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Food Sci.* 60 : 341-347.
- Al-Saikhan, M. S. 2000. Antioxidants, proteins, and carotenoids in potato (*Solanum tuberosum*, L.) Department of Horticultural Sciences. Texas A&M University, College Station, vol. Ph.D.
- Andersen, M., S. Opheim, D. W. Aksnes, and N. A. Froystein. 1991. Structure of petanin, an acylated anthocyanin isolated from *Solanum tuberosum*, using homo-and hetero-nuclear

- two-dimensional nuclear magnetic resonance techniques. *Phytochem. Anal.* 2 : 230-236.
- Brown, C. R., R. Wrolstad, R. Durst, C.-P. Yang, and B. Clevidence. 2003. Breeding studies in potatoes containing high concentrations of anthocyanins. *Amer. J. Potato Res.* 80 : 241-250.
- Brown, C. R. 2005. Antioxidant in potato. *Am J. potato Res.* 82 : 163-172.
- Cao, G., R. M. Russell, N. Lischner, and R. L. Prior. 1998. Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberry, spinach, red wine or vitamin C elderly women. *J. Nutr.*, 128 : 2383-2390.
- Dao, L. and M. Friedman. 1992. Chlorogenic acid content of fresh and processed potatoes determined by ultraviolet spectrophotometry. *J. Agr. Food Chem.* 40 : 2152-5156.
- Dao, L. and M. Friedman. 1994. Chlorophyll, chlorogenic acid, glycoalkaloid, and protease inhibitor content of fresh and green potatoes. *J. Agr. Food Chem.* 42 : 633-639.
- Friedman, M. 1997. Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols: A review. *J. Agr. Food Chem.* 45 : 1523-1540.
- Halliwell B. and J. M. C. Gutteridge. 1993. *Free Radicals in Biology and Medicine*, Clarendon Press, Oxford, pp. 22-81.
- Harborne, J. B. 1958. The chromatographic identification of anthocyanin pigments. *J. Chrom.* 1 : 473- 488.
- Nice D. J. and D. S. Robinson. 1992. Inhibition of lipid auto-oxidation by bovine superoxide dismutase. *Food Chem.* 45 : 99-105.
- Johnson, C. A. 1995. 1995-1996 seed acres reflect more varieties, market shifts. *Valley Potato Grower.* 61 : 13-16.
- Juan, A. T., C. Emma, C. E. Juan, A. T. Francisco, and I. G. Maria. 2002. Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in freshcut potatoes: Effect of domestic cooking. *J. Agr. Food Chem.* 50 : 5925-5931.
- Kahkonen, M. P., A. I. Hopia, H. J. Vuorela, J. Rauha, K. Pihlaja, T. S. Kujala, and M. Heinonen. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agr. Food Chem.* 47 : 3954-3962.
- Kanatt, S. R., R. Chander, P. Radhakrishna, and A. Sharma. 2005. Potato peel extract-a natural antioxidant for retarding lipid peroxidation in radiation processed lamb meat. *J. Agric. Food Chem.* 53 : 1499-1504.
- Lewis, C. E. 1996. Biochemistry and regulation of anthocyanin synthesis in potato and other tuber-bearing *Solanum* species. Ph. D. thesis, Dept. of Plant & Plant Microbial Science, Univ. of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Miura, K. and N. Nakatani. 1989. Antioxidative activity of flavonoids from thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Agric. Biol. Chem.* 53 : 3043-3045.
- Nara, K., T. Miyoshi, T. Honma, and H. Koga. 2006. Antioxidative activity of boundform phenolics in potato peel. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 70 : 1489-1491.
- Nijveldt, R. J., E. van Nood, D. E. van Hoorn, P. G. Boelens, K. van Norren, and van P. A. Leeuwen. 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am. J. Clin. Nutr.*, 74 : 418-425.
- Parejo, I., F. Viladomat, J. Bastida, A. Rosas-Romero, N. Flerlage, J. Burillo, and C. Codina. 2002. Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J. of Agri. Food Chem.* 50 : 6882-6890.
- Saito, Y., K. Nakamura, K. Kawato, and S. Imayasu. 1992. Angiotensin I converting enzyme inhibitors in sake and its by products. *Nippon Nogeikagaku Kaishi.* 66 : 1081-1087.
- Sasche, J. 1973. Anthocyanin in den kartoffelsorten Urgenta and Desiree. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 153 : 294-300.
- Satue-Gracia, M., T. M. Heinonen, and E. N. Frankel. 1997. Antioxidant activity of anthocyanins in LDL and lecithin liposome systems. *J. Agric. Food Chem.* 45 : 3362-3367.
- Shakya, R. and D. A. Navarre. 2006. Rapid screening of ascorbic acid, glycoalkaloids, and phenolics in potato using high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 54 : 5253-5260.
- Tsuda, T., F. Horio, and T. Osawa. 1998. Dietary cyanidin 3-O-beta-glucoside increases ex vivo oxidation resistance of serum in rats. *Lipid*, 33 : 583-588.
- Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanin. *J. Agri. Food Chem.* 45 : 304-309.
- Winterbourn, C. C. and A. J. Kettle. 2003. Radical-radical reactions of superoxide: a potential route to toxicity. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 305 : 729-736.
- Yang, C. S., J. M. Landau, M. T. Huang, and H. L. Newmark. 2001. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annu. Rev. Nutr.* 21 : 381-406.