

## 한국산 고구마잎과 고구마줄기 에탄올 추출물의 *in vitro* 항산화, 항알레르기 및 항염증효과

곽충실<sup>1\*</sup> · 이근종<sup>2</sup> · 장진희<sup>1</sup> · 박준희<sup>1</sup> · 조지현<sup>1</sup> · 박지호<sup>1</sup> · 김경미<sup>3</sup> · 이미숙<sup>4</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 노화고령사회연구소, <sup>2</sup>승의여자대학교 식품영양과  
<sup>3</sup>서일대학교 식품영양과, <sup>4</sup>한남대학교 식품영양학과

### *In vitro* Antioxidant, Anti-allergic and Anti-inflammatory Effects of Ethanol Extracts from Korean Sweet Potato Leaves and Stalks

Chung Shil Kwak<sup>1\*</sup>, Kun Jong Lee<sup>2</sup>, Jin Hee Chang<sup>1</sup>, June Hee Park<sup>1</sup>, Ji Hyun Cho<sup>1</sup>,  
Ji Ho Park<sup>1</sup>, Kyung Me Kim<sup>3</sup>, and Mee Sook Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute on Aging, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

<sup>2</sup>Dept. Food and Nutrition, Soongyeon Women's College, Seoul 100-751, Korea

<sup>3</sup>Dept. Food and Nutrition, Seoil University, Seoul 131-702, Korea

<sup>4</sup>Dept. Food and Nutrition, Hannam University, Daejeon 306-791, Korea

#### Abstract

In order to increase the utilization of sweet potato leaves and stalks as much as roots, it is necessary to study their beneficial potential. In this study, the antioxidant, anti-allergic and anti-inflammatory effects of sweet potato leaves and stalks were evaluated by measuring total polyphenol and flavonoid contents, DPPH radical scavenging effects, the reducing power and inhibition effects on xanthine oxidase (XO), 5-lipoxygenase (LOX), and cyclooxygenase (COX)-2 activities. Blanched sweet potato leaves (SL), raw whole purple stalks (ST) and peeled stalks (PST) were freeze-dried and extracted with 95% ethanol. Total polyphenol content was highest in SL (11.03 mg/g), followed by ST (0.87 mg/g), and PST (0.37 mg/g). Total flavonoid content was highest for SL (9.01 mg/g), followed by ST (0.50 mg/g) and PST (0.25 mg/g). The IC<sub>50</sub> for DPPH radical scavenging effects was highest for SL (43.6 µg/mL), followed by ST (308.4 µg/mL) and PST (1,631.3 µg/mL). The reducing power was highest for SL (59.72 µg ascorbic acid eq./mL), followed by ST (12.56 µg ascorbic acid eq./mL) and PST (2.18 µg ascorbic acid eq./mL) with 1,000 µg/mL of ethanol extract. The inhibition rate on XO activity was highest for SL (13.06%), followed by ST (5.05%) and PST (0.0%) at 250 µg/mL extract treatment. The inhibition rate on COX-2 activity was highest for SL (55.34%), followed by ST (2.18%) and PST (0.0%) at 250 µg/mL extract treatment. The inhibition rate on 5-LOX activity was highest for SL (91.16%), followed by ST (33.38%) and PST (14.93%) at 50 µg/mL treatment. Taken together, sweet potato leaves showed high antioxidative, anti-allergic and anti-inflammatory activities, especially with very strong inhibition effects on 5-LOX activity. These beneficial effects of sweet potato leaves might be mainly caused by the high content of polyphenols and flavonoids.

**Key words:** sweet potato leaf, antioxidant effect, xanthine oxidase, 5-lipoxygenase, cyclooxygenase-2

#### 서 론

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 열대와 온대지역에 걸쳐 광범위하게 재배되고 있으며 세계적으로 매우 중요한 식량 작물로 여겨지고 있다. 특히 환경적응성이 강하고 뿌리, 줄기, 잎을 모두 섭취할 수 있기 때문에 21세기의 식량, 에너지, 환경문제를 동시에 해결해 줄 수 있는 작물로 많은 관심을 받고 있다(1,2). 고구마는 우리나라에서도 예로부터 쌀이나 다른 곡식을 대신하는 구황식물로 널리 재배되어 식용으로 이용

되었으나 쌀의 자급이 이루어지면서 재배량이 감소하다가, 2000년대 들어 건강식품으로 알려지면서(3-5) 다양한 음식의 부재료로 그 활용의 폭이 점차 넓어지면서 전국적으로 재배면적이 조금씩 증가하고 있는 추세이다(6).

고구마는 식이섬유소와 비타민, 무기질을 많이 함유하고 있으며, 페놀화합물, 안토시아닌, 토코페롤, β-카로틴과 같은 항산화물질도 다량 함유하고 있다(1,7). 고구마 뿌리에 비하여 활용도가 낮은 고구마잎이나 줄기는 아프리카나 아시아 일부국가에서만 채소로 이용되고 있는데(8), 고구마잎

\*Corresponding author. E-mail: kwakcs@snu.ac.kr  
Phone: 82-2-740-8506, Fax: 82-2-742-0626

은 수용성 식이섬유소가 풍부할 뿐더러 다른 채소들에 비하여 단백질의 함량도 높고 질적으로도 우수하여 단백질이 높으며, 카로틴, 비타민 B<sub>2</sub>, C, E, 칼륨, 철 등이 풍부하고, 안토시아닌, 폴리페놀, 플라보노이드 및 카페인산 유도체들을 비롯한 항산화물질을 많이 함유하고 있다(1,9,10). 많은 연구를 통하여 카로티노이드, 플라보노이드, 폴리페놀 등의 항산화물질을 많이 함유하고 있는 채소나 과일을 다량 섭취시 심혈관질환이나 암의 발생을 억제하고 염증반응을 억제함으로써 여러 만성질환들을 예방할 수 있다는 사실은 잘 알려져 있다(11-13).

국내에서는 고구마의 지상부인 줄기와 잎은 주로 뿌리를 목적으로 재배되는 과정에서 극히 일부분만 이용되고 있는 실정이며, 줄기는 주로 김치를 담거나 데쳐서 나물로 먹고 잎은 찌거나 데쳐서 쌈이나 나물로 먹는다. 특히 고구마잎은 연중 여러 번에 걸쳐 수확을 할 수 있는 이점이 있기도 하다. 그럼에도 불구하고 고구마 뿌리만큼 잎이나 줄기에 대한 연구는 전무하다시피한 실정이다.

이에 본 연구에서는 고구마 줄기와 잎의 이용을 활성화시키고 기능성식품 소재로의 가능성을 알아보기 위하여 고구마잎(SL), 고구마줄기(ST)와 껍질을 제거한 고구마줄기(PST)의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량, 항산화효과, 항알레르기 및 항염증효과를 검색하고자 하였다

## 재료 및 방법

### 시약

본 실험을 위하여 사용한 시약은 시료 추출용으로 사용한 95% 에탄올(Ducksan, Ansan, Korea)과 실험분석용으로 사용한 100% 에탄올(Merck, Darmstadt, Germany), 그리고 potassium phosphate buffer 제조를 위한 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>와 K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>(Ducksan)를 제외하고는 모두 Sigma(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다.

### 시료의 전처리 및 에탄올 추출

잎이 달려 있는 자주색의 고구마줄기를 농수산물 도매시장인 서울의 가락동시장에서 구입한 후 잎과 줄기를 분리하여 다듬어서 세척한 후 바구니에 담아 자연스럽게 물기를 뺐다. 잎은 나물을 할 때와 같이 끓는 물에 살짝 데친 후 찬물로 헹구어 손으로 물기를 짰고, 줄기는 생것을 그대로 또는 껍질을 까서 동결건조기(vacuum freeze dryer, Samwon, Sungnam, Korea)에 넣어 건조시킨 후 가정용 식품분쇄기를 이용하여 곱게 분쇄한 후 falcon tube에 넣어 -20°C에서 냉동보관 하였다.

동결건조 시킨 시료로부터 에탄올 추출물을 얻기 위하여 건조시료 일정량에 20배 부피의 95% 에탄올(Ducksan)을 플라스크에 붓고 입구를 봉한 다음 shaking water bath를 이용하여 30°C, 150 rpm 조건에서 24시간 동안 2회 반복 추출하

였다. 에탄올 추출액을 모아 rotary vacuum evaporator (EYELA, Tokyo, Japan)로 40°C에서 감압농축 하여 에탄올을 날리고 남은 농축액을 냉동보관 하였다가 실험에 사용하였다.

### 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량 측정

100 mL 비커에 동결건조한 건시료 1 g과 50 mL의 75% 에탄올을 넣고 stirring bar를 이용하여 24시간 동안 교반한 후 Whatman 여과지 No.2(GE Healthcare Life Science, Buckinghamshire, UK)로 여과한 후 여과액에 75% 에탄올을 가하여 최종부피가 50 mL가 되도록 채웠다. 총 폴리페놀 함량은 Singleton 등(14)의 방법에 따라 75% 에탄올 추출액 100 µL에 Folin-Ciocalteu reagent 1 mL, 7.5%의 sodium carbonate(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 800 µL를 가하고 빛을 차단하여 실온에서 30분간 방치한 후 spectrophotometer로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준시약으로는 tannic acid를 사용하였다. 총 플라보노이드 함량은 AOAC에서 공인된 방법을 약간 수정한 Chae 등의 방법(15)에 따라 75% 에탄올추출액 100 µL에 90% diethylene glycol 900 µL를 첨가하고, 다시 1 N NaOH를 20 µL를 가하고 37°C water bath에서 1시간 동안 incubation한 후 spectrophotometer로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시약으로는 rutin을 사용하였다.

### 환원력 측정

시료의 환원력은 철 이온을 Fe<sup>+++</sup>에서 Fe<sup>++</sup>로 환원시키는 강도가 클수록 발색의 정도가 증가하는 원리를 이용하여 측정하였다(16). 에탄올 추출 농축액을 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6)로 희석하여 100, 500, 1,000 µg/mL의 농도로 만든 후 0.2 mL씩을 취하고 여기에 0.5 mL의 인산완충용액(0.2 M, pH 6.6)과 0.5 mL의 potassium ferricyanide(1%, w/v)를 첨가하여 섞은 후 50°C에서 30분간 반응시켰다. 반응액에 0.5 mL의 trichloroacetic acid(10%, w/v)를 첨가하여 섞은 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액 0.5 mL를 취하여 시험관에 담고 0.5 mL의 증류수와 0.1 mL의 FeCl<sub>3</sub>(0.1%, w/v)를 첨가하여 흡광도 700 nm에서 측정하였다. Ascorbic acid를 표준시약으로 사용하여 표준곡선을 그린 후 각 시료의 흡광도에 해당하는 ascorbic acid 농도를 계산하여 µg ascorbic acid eq./mL 단위로 표시하였다.

### DPPH(2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) 라디칼 소거능

대표적인 항산화능의 지표로 이용되는 DPPH 라디칼 소거능은 Yasushi 등의 방법(17)에 따라 측정하였다. 시료의 에탄올추출 농축액을 에탄올(Merck)에 녹여 여러 농도로 만든 다음 각각 200 µL씩을 취하고 에탄올에 녹인 200 µM의 DPPH 용액 800 µL를 넣어 37°C 수조에서 30분간 incubation한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료를 넣지 않은 대조군의 흡광도에 비하여 시료 처리군의 감소한 흡광도의 비율에 의하여 DPPH 라디칼 소거율을 계산하였고, 농

도와 소겨울과의 관계식을 이용하여 소겨울이 50%에 해당하는 시료 농도(IC<sub>50</sub>)를 계산하였다. Butylated hydroxyanisole(BHA)을 양성대조시약으로 사용하였다.

#### Xanthine oxidase 저해활성

Xanthine oxidase 활성 측정은 Owen과 Jones(18)의 방법을 이용하여 xanthine으로부터 생성되는 요산의 양을 측정하는 방법을 사용하였다. 에탄올추출 시료 0.1 mL에 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5) 0.6 mL와 0.15 mM xanthine(Sigma) 0.2 mL를 혼합하고, 여기에 xanthine oxidase(0.3 U/mL) 0.1 mL를 가한 후 25°C에서 3분간 두었다가 295 nm에서 2분 동안 흡광도의 변화를 측정하여 대조군의 흡광도 변화와의 차이로부터 저해율을 계산하였다. Allopurinol을 양성대조시약으로 사용하였다

#### 5-Lipoxygenase(LOX) 활성 억제효과

항알레르기 효과의 가능성을 알아보기 위하여 Coulibaly 등(19)의 방법을 이용하여 5-lipoxygenase 활성 억제효과를 측정하였다. 0.2 M boric acid buffer(pH 9.0)와 에탄올추출 시료 100 µL, soybean lipoxygenase(type V)를 최종농도가 160 U/mL가 되도록 넣고 25°C에서 3분간 반응시킨 후 기질인 linoleic acid를 최종농도가 100 µM이 되도록 넣고 곧바로 2분간 234 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 시료를 넣지 않은 대조군에 대한 시료처리군의 흡광도 변화의 비율에 의하여 5-LOX 활성 억제율(%)을 구하였다. 양성대조시약으로 녹차카테킨(EGCG)을 사용하였다.

#### Cyclooxygenase(COX)-2 활성 억제효과

시료의 항염증효과를 알아보기 위하여 Yoo와 Jeong(20)의 방법에 따라 COX-2 활성 억제효과를 측정하였다. 100 mM tris-HCl buffer(pH 8.0) 450 µL, 30 µM EDTA 100 µL, 30 U COX-2, 150 µM hematin 100 µL를 넣고 잘 섞은 후 에탄올 추출시료를 100 µL 넣고 혼합하였다. 25°C에서 5분간 반응시킨 후 5 mM TMPD 25 µL와 20 mM 아라키돈산 용액을 25 µL 첨가하여 다시 5분간 반응시킨 다음 590 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료를 넣지 않은 대조군에 대한 시료의 COX 억제율(%)을 구하였다. 양성대조시약으로 EGCG를 사용하였다.

#### 통계분석

모든 실험결과는 3회 이상 반복하여 평균±표준편차로 나타내었다. 또한 시료들 간의 차이를 비교하기 위하여 Statistics Analysis Systems(SAS) 통계프로그램(ver 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA test 후 p<0.05 수준에서 유의한 차이가 있을 때 Duncan multiple test를 실시하였으며, 변수 간의 상관성은 Pearson correlation을 실행하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였고 상관계수를 구하였다.

## 결 과

#### 총 폴리페놀 함량 및 플라보노이드 함량

데친 고구마잎(SL), 고구마줄기(ST), 껍질 벗긴 고구마줄기(PST)의 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량은 Table 1과 같다.

총 폴리페놀 함량을 살펴보면 SL의 건조시료는 54.58 mg tannic acid/g에 해당하는 총 폴리페놀을 함유하고 있었으며 이를 건조하기 전의 원시료 기준으로 환산하면 11.03 mg tannic acid/g에 해당하였다. 또한 ST의 건조시료와 원시료의 총 폴리페놀 함량은 각각 10.86 mg tannic acid/g과 0.87 mg tannic acid/g이었으며, PST의 건조시료와 원시료의 총 폴리페놀 함량은 각각 4.56 mg tannic acid/g과 0.37 mg tannic acid/g이었다.

한편 총 플라보노이드 함량 분석 결과 SL의 건조시료는 44.55 mg rutin/g에 해당하는 총 플라보노이드를 함유하고 있었으며 이를 건조 전의 원시료 기준으로 환산하면 9.01 mg rutin/g에 해당하였다. 또한 ST의 건조시료와 원시료의 총 플라보노이드 함량은 각각 6.29 mg rutin/g과 0.50 mg rutin/g이었으며, PST의 건조시료와 원시료의 총 플라보노이드 함량은 각각 3.03 mg rutin/g과 0.25 mg rutin/g이었다.

따라서 3가지 시료는 모두 폴리페놀 함량이 플라보노이드 함량보다 높았으며, 고구마잎은 데치는 과정에서 일부 폴리페놀이나 플라보노이드가 손실되었을 것으로 예상됨에도 불구하고 줄기에 비하여 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 유의하게 높았다(p<0.001). 또한 예상했던 바와 같이 껍질을 제거한 줄기(PST)는 껍질을 제거하지 않은 줄기(ST)에 비하여 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 더 낮아(p<0.001) 껍

Table 1. Contents of total polyphenol and flavonoid in blanched leaves (SL), raw whole purple stalks (ST) and peeled stalks (PST) of sweet potatoes

|              | Total polyphenol             |                              | Total flavonoid         |                        |
|--------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|
|              | (mg tannic acid/g of dry wt) | (mg tannic acid/g of wet wt) | (mg rutin/g of dry wt)  | (mg rutin/g of wet wt) |
| SL           | 54.58±1.54 <sup>a1)</sup>    | 11.03±0.31 <sup>a</sup>      | 44.55±1.38 <sup>a</sup> | 9.01±0.27 <sup>a</sup> |
| ST           | 10.86±0.18 <sup>b</sup>      | 0.87±0.02 <sup>b</sup>       | 6.29±0.07 <sup>b</sup>  | 0.50±0.01 <sup>b</sup> |
| PST          | 4.56±0.08 <sup>c</sup>       | 0.37±0.01 <sup>c</sup>       | 3.03±0.11 <sup>c</sup>  | 0.25±0.01 <sup>b</sup> |
| Significance | p<0.001                      | p<0.001                      | p<0.001                 | p<0.001                |

The results are mean±SD for 3~4 repeats.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different among SL, ST and PST by ANOVA/Duncan multiple test.

질부분에 많은 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 존재함을 확인할 수 있었다.

#### DPPH 라디칼 소거능

데친 고구마잎(SL), 고구마줄기(ST), 껍질 벗긴 고구마줄기(PST)의 에탄올 추출물의 처리농도에 따른 DPPH 라디칼 소거비율은 Fig. 1과 같으며, 추정된 함수 관계식으로부터 DPPH 라디칼을 50% 제거시키는 시료의 농도(IC<sub>50</sub>)를 구하여 Table 2에 제시하였다. 3가지 시료의 DPPH 라디칼 소거 효과에 있어서 큰 차이가 있어 시료의 처리농도 범위를 다르게 할 수밖에 없었다. 에탄올 추출물을 50 µg/mL 농도로 처리했을 때 SL은 55.3%의 DPPH 라디칼 제거율을 나타낸 반면, ST는 27.1%를 나타내었고, PST는 50 µg/mL에서는 효과가 없다가 100 µg/mL에서 비로소 10.7%의 제거율을 나타내었다.

SL, ST, PST 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼에 대한 IC<sub>50</sub>은 각각 43.6 µg/mL, 308.4 µg/mL, 1,631.3 µg/mL이었으며,

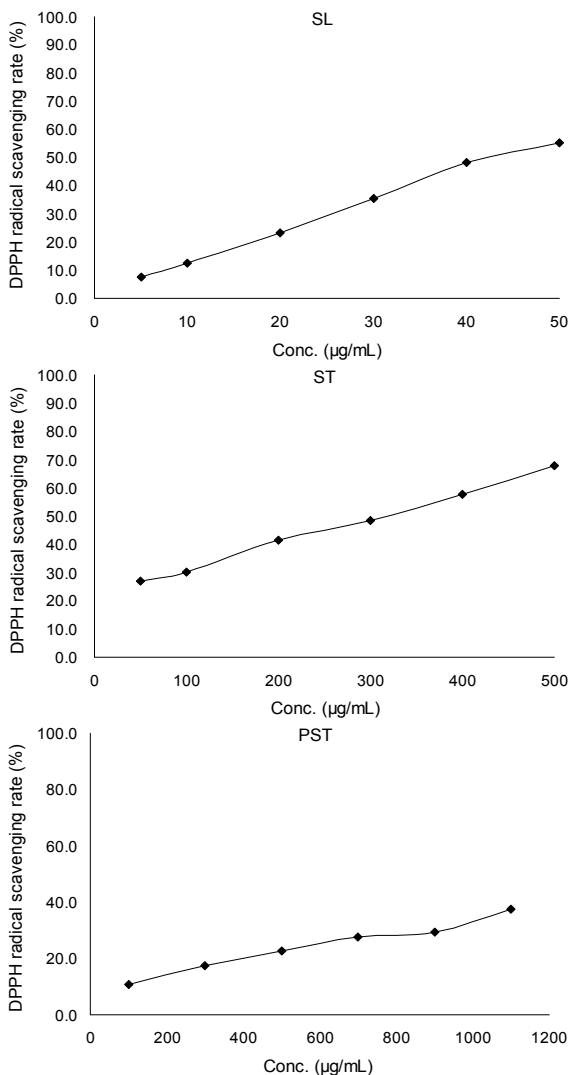


Fig. 1. DPPH radical scavenging rate of ethanol extract from of SL, ST and PST at various concentrations.

Table 2. DPPH radical scavenging effect of ethanol extract from blanched leaves (SL), raw whole purple stalks (ST) and peeled stalks (PST) of sweet potatoes

|                   | IC <sub>50</sub> <sup>1)</sup> |                    |                    |
|-------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
|                   | Ethanol extract (µg/mL)        | Dry weight (mg/mL) | Wet weight (mg/mL) |
| SL                | 43.6                           | 0.32               | 1.58               |
| ST                | 308.4                          | 1.03               | 12.89              |
| PST               | 1,631.3                        | 7.57               | 93.30              |
| BHA <sup>2)</sup> | 8.30                           | -                  | -                  |

<sup>1)</sup>Concentration of ethanol extract of samples reducing DPPH radical by 50%.

<sup>2)</sup>Butylated hydroxyanisole, positive control.

양성대조시약으로 사용한 BHA의 IC<sub>50</sub>값은 8.30 µg/mL이었다. 이들 3가지 시료의 에탄올 추출물 농도로 표시된 IC<sub>50</sub>을 건조시료와 원시료의 무게로 환산해 본 결과 SL은 각각 0.32 mg of dry weight/mL와 1.58 mg wet weight/mL, ST는 각각 1.03 mg of dry weight/mL와 12.89 mg of wet weight/mL, PST는 각각 7.57 mg of dry weight/mL와 93.30 mg of wet weight/mL이었다. 실험결과 DPPH 라디칼 소거능은 SL>ST>PST로 고구마잎이 줄기보다 높았다.

#### 환원력

데친 고구마잎(SL), 고구마줄기(ST), 껍질 벗긴 고구마줄기(PST) 환원력 결과는 Table 3과 같다. 에탄올 추출물 시료를 100 µg/mL 농도로 처리 시 SL은 4.89 µg ascorbic acid eq./mL에 해당하는 환원력을 나타냈으나 ST와 PST는 효과가 없었다. 그리고 500 µg/mL 농도 처리 시에는 PST는 효과가 없었고, SL과 ST는 각각 32.79와 5.40 µg ascorbic acid eq./mL의 효과를 나타내었다. 1,000 µg/mL 농도 처리 시에 비로소 SL, ST, PST가 모두 효과를 보였는데 각각 59.72, 12.56, 2.18 µg ascorbic acid eq./mL의 효과를 나타내어 통계적으로 유의한 차이(SL>ST>PST)를 보였다(p<0.001). 따라서 DPPH 라디칼 소거능과 마찬가지로 환원력에서도 SL>ST>PST의 순으로 나타났다.

#### Xanthine oxidase(XO) 활성 억제효과

데친 고구마잎(SL), 고구마줄기(ST), 껍질 벗긴 고구마줄기(PST) 에탄올 추출물의 처리 농도에 따른 XO 활성 저해 효과는 Table 4와 같다. 시료를 100 µg/mL 농도로 처리 시

Table 3. Reducing power of ethanol extract from blanched leaves (SL), raw whole purple stalks (ST) and peeled stalks (PST) of sweet potatoes

|              | Reducing power (µg ascorbate eq./mL) |            |                           |
|--------------|--------------------------------------|------------|---------------------------|
|              | 100 µg/mL                            | 500 µg/mL  | 1,000 µg/mL               |
| SL           | 4.89±1.12                            | 32.79±0.37 | 59.72±0.35 <sup>a1)</sup> |
| ST           | 0.0                                  | 5.40±0.24  | 12.56±0.16 <sup>b</sup>   |
| PST          | 0.0                                  | 0.0        | 2.18±0.38 <sup>c</sup>    |
| Significance |                                      |            | p<0.001                   |

The results are mean±SD for 3~4 repeats.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different among SL, ST and PST by ANOVA/Duncan multiple test.

**Table 4.** Xanthine oxidase inhibitory activity of ethanol extract from blanched leaves (SL), raw whole purple stalks (ST) and peeled stalks (PST) of sweet potatoes

|                           | Inhibition rate (%) |                           |
|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|                           | 100 µg/mL           | 250 µg/mL                 |
| SL                        | 6.68±3.62           | 13.06±3.28 <sup>a1)</sup> |
| ST                        | 0.0                 | 5.05±3.04 <sup>b</sup>    |
| PST                       | 0.0                 | 0.0±0.0 <sup>b</sup>      |
| Significance              |                     | p=0.0024                  |
|                           | 1 µg/mL             |                           |
| Allopurinol <sup>2)</sup> | 10.05±4.78          | 67.72±3.21                |

The results are mean±SD for 3~4 repeats.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different among SL, ST and PST by ANOVA/Duncan multiple test.

<sup>2)</sup>Positive control.

SL은 6.68%의 저해율을 보였으나 ST와 PST는 저해효과가 없었으며, 250 µg/mL 농도로 처리 시 SL은 13.06%, ST는 5.05%의 활성저해율을 나타내었으나 PST는 저해효과가 없었다. 따라서 처리 농도 250 µg/mL에서 3개 시료의 XO 활성 저해율을 통계적으로 비교 검증한 결과 고구마잎이 고구마 줄기에 비하여 유의하게(p<0.01) 높았으나, 고구마줄기 전체와 껍질을 제거한 고구마줄기와는 차이가 없었다. 한편 양성대조시약으로 사용한 allopurinol은 0.1 µg/mL와 1 µg/mL 농도 처리 시 각각 10.05%와 67.72%의 XO 활성저해율을 나타내었다.

**5-Lipoxygenase(LOX) 활성 억제효과**

에탄올 추출시료를 10, 50, 100 µg/mL 농도로 처리하였을 때 SL의 5-LOX 활성억제율은 각각 35.34%, 91.16%, 97.39%였으며, ST는 각각 17.41%, 33.38%, 48.31%였고, PST는 5.73%, 14.93%, 26.22%로 3가지 농도 모두에서 SL>ST>PST의 순으로 나타났고, 3 시료 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.001)(Table 5).

**Cyclooxygenase(COX)-2 활성 억제효과**

에탄올 추출시료를 100 또는 250 µg/mL 농도로 처리하였을 때 COX-2 활성억제율은 SL은 각각 34.38%와 55.34%였으나, ST는 100 µg/mL 농도에서는 효과가 없었고 250 µg/mL 농도에서만 2.18%의 저해율을 나타내었으며, PST는

**Table 5.** 5-Lipoxygenase inhibitory activity of ethanol extract from blanched leaves (SL), raw whole purple stalks (ST) and peeled stalks (PST) of sweet potatoes

|                    | Inhibition rate (%)       |                         |                         |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                    | 10 µg/mL                  | 50 µg/mL                | 100 µg/mL               |
| SL                 | 35.34±5.79 <sup>a1)</sup> | 91.16±3.92 <sup>a</sup> | 97.39±1.39 <sup>a</sup> |
| ST                 | 17.41±4.95 <sup>b</sup>   | 33.38±8.60 <sup>b</sup> | 48.31±4.58 <sup>b</sup> |
| PST                | 5.73±0.26 <sup>c</sup>    | 14.93±1.92 <sup>c</sup> | 26.22±3.86 <sup>c</sup> |
| Significance       | p<0.001                   | p<0.001                 | p<0.001                 |
| EGCG <sup>2)</sup> | 52.08±1.23                | 94.42±1.15              | -                       |

The results are mean±SD for 3~4 repeats.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different among SL, ST and PST by ANOVA/Duncan multiple test.

<sup>2)</sup>Positive control.

**Table 6.** Cyclooxygenase-2 activity inhibition effect of ethanol extract from blanched leaves (SL), raw whole purple stalks (ST) and peeled stalks (PST) of sweet potatoes

|                    | Inhibition rate (%) |                           |
|--------------------|---------------------|---------------------------|
|                    | 100 µg/mL           | 250 µg/mL                 |
| SL                 | 34.38±3.10          | 55.34±4.30 <sup>a1)</sup> |
| ST                 | 0.0±0.0             | 2.18±1.05 <sup>b</sup>    |
| PST                | 0.0±0.0             | 0.0±0.0 <sup>b</sup>      |
| Significance       |                     | p<0.001                   |
|                    | 10 µg/mL            |                           |
| EGCG <sup>2)</sup> | 18.57±2.86          | 83.40±1.03                |

The results are mean±SD for 3~4 repeats.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different among SL, ST and PST by ANOVA/Duncan multiple test.

<sup>2)</sup>Positive control.

100과 250 µg/mL 농도 모두에서 저해효과를 보이지 않았다. 따라서 처리 농도 250 µg/mL에서 시료들의 COX-2 활성저해율을 비교한 결과 고구마잎이 고구마줄기보다 유의하게 높았으나(p<0.001) 고구마줄기 전체와 껍질을 벗긴 고구마 줄기와의 차이는 없었다(Table 6).

**측정변수 간의 상관관계**

시료의 수가 3 종류밖에 안 되긴 하지만 측정된 변수들 간의 상관성을 분석한 결과는 Table 7과 같다.

총 폴리페놀 함량은 플라보노이드 함량과 상관성이 매우 높은 양의 관계(r<sup>2</sup>=0.9988, p<0.001)를 보였으며, 에탄올 추출시료를 1,000 µg/mL로 처리했을 때의 환원력과도 유의한 양의 상관관계(r<sup>2</sup>=0.9982, p<0.001)를 보였고, 250 µg/mL 농도에서의 XO 활성저해율(r<sup>2</sup>=0.8322, p<0.05)과 COX-2 활성저해율(r<sup>2</sup>=0.9950, p<0.001), 그리고 50 µg/mL에서의 5-LOX 활성저해율과 양의 상관관계(r<sup>2</sup>=0.9823, p<0.001)를 나타내었다. 총 폴리페놀 함량과 상관성이 높았던 플라보노이드 함량도 환원력(r<sup>2</sup>=0.9946, p<0.001), XO 활성저해율(r<sup>2</sup>=0.8392, p<0.05), 5-LOX 활성저해율(r<sup>2</sup>=0.9749, p<0.01), COX-2 활성저해율과 유의한 양의 상관관계(r<sup>2</sup>=0.9937, p<0.001)를 보였다.

**Table 7.** Correlation among the polyphenol content, flavonoid content and antioxidant and antiinflammation activities of ethanol extracts from samples

|        | Flav                  | RP1000                | XO250               | LOX50                 | COX250                 |
|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| PP     | 0.9988 <sup>***</sup> | 0.9982 <sup>***</sup> | 0.8322 <sup>*</sup> | 0.9823 <sup>***</sup> | 0.9950 <sup>***</sup>  |
| Flav   |                       | 0.9946 <sup>***</sup> | 0.8392 <sup>*</sup> | 0.9749 <sup>**</sup>  | 0.9937 <sup>***</sup>  |
| RP1000 |                       |                       | 0.8384 <sup>*</sup> | 0.9883 <sup>***</sup> | 0.9954 <sup>***</sup>  |
| XO250  |                       |                       |                     | 0.8786 <sup>*</sup>   | 0.8079 <sup>NS1)</sup> |
| LOX50  |                       |                       |                     |                       | 0.9815 <sup>**</sup>   |

PP, Total polyphenol content; Flav, total flavonoid content; RP1000, reducing power at 1,000 µg/mL; XO250, xanthine oxidase activity inhibition rate at 250 µg/mL; LOX50, 5-lipoxygenase activity inhibition rate at 50 µg/mL; COX250, cyclooxygenase-2 activity inhibition rate at 250 µg/mL.

Significantly correlated between two variables at \*p<0.05, \*\*p<0.01 or \*\*\*p<0.001 when determined by Pearson correlation test.

<sup>1)</sup>Not significant.

환원력은 폴리페놀이나 플라보노이드 함량뿐 아니라 XO 활성저해율( $r^2=0.8384$ ,  $p<0.05$ ), 5-LOX 활성저해율( $r^2=0.9883$ ,  $p<0.001$ ) 및 COX-2 활성저해율과 유의한 양의 상관관계( $r^2=0.9954$ ,  $p<0.001$ )를 나타내었다.

한편 XO 활성저해율은 5-LOX 활성저해율과 유의한 양의 상관관계를 보였으나( $r^2=0.8786$ ,  $p<0.05$ ) COX-2 활성저해율과는 상관성을 보이지 않았고, 5-LOX 활성저해율은 COX-2 활성저해율과 유의한 양의 상관관계( $r^2=0.9815$ ,  $p<0.01$ )를 나타내었다.

## 고 찰

폴리페놀은 채소와 과일 등 식물에 널리 분포하는 phytochemical의 주요성분인데 1개 이상의 aromatic hydroxy group을 갖고 있는 물질의 총칭으로 항산화, 자유라디칼 제거, 항균, 항염, 항암, 심장보호작용 등의 다양한 생리활성작용을 보여 만성질환의 위험성을 감소시키는 것으로 잘 알려져 있다(21,22). 폴리페놀의 항산화효과는 강한 환원력 때문이기도 한데, 특히 카테콜과 카페인산의 에스테르 화합물과 같이 에스테르화된 카르복실산을 갖는 폴리페놀은 활성산소에 의한 세포손상을 막아주며(23), 박테리아의 성장을 억제하는 것으로 보고되었다(24).

고구마잎의 폴리페놀 함량은 품종과 경작지, 채집부위 및 채집시기와 빈도 등에 따라 달라지지만(10) 일반적으로 고구마잎은 고구마 뿌리나 다른 잎채소들과 비교해서도 폴리페놀함량이 높은 것으로 알려져 있다(25-27). Truong 등(27)은 미국에서 재배되는 3가지 고구마 품종에 대하여 뿌리와 잎의 페놀화합물의 함량을 측정된 결과 껍질을 포함하는 고구마뿌리는 60.4~90.3 mg chlorogenic acid/100 g, 껍질을 벗긴 고구마뿌리는 57.1~78.6 mg chlorogenic acid/100 g이었던 반면, 고구마잎의 페놀화합물 함량은 1,223.6~1,298.1 mg chlorogenic acid/100 g(건조중량으로는 6.7~7.3 g chlorogenic acid/100 g)으로 고구마잎의 페놀화합물 함량이 껍질을 포함하는 고구마뿌리의 약 16배, 껍질 벗긴 고구마뿌리의 약 18배에 달하였다고 하였다. 또한 Ishida 등(1)은 일본에서 재배되는 2종의 고구마의 뿌리, 잎, 줄기의 폴리페놀 함량을 측정된 결과 각각 154~180 mg/100 g, 90~356 mg/100 g, 45~126 mg/100 g이었다고 보고하였다.

본 연구에서는 1종의 시료에서만 분석하였고 표준시약이 다르다는 한계점이 있으나 고구마잎(1,103 mg tannic acid/100 g)과 줄기(전체 87 mg tannic acid/100 g, 껍질제거 37 mg tannic acid/100 g)의 폴리페놀 함량과 타 연구보고들과 비교하면 고구마잎에서의 함량은 Truong 등(27)의 연구결과와 비슷하였으며, 고구마줄기에서의 함량은 Ishida 등(1)의 보고와 비슷하였다.

고구마뿌리에 가장 많은 페놀화합물은 chlorogenic acid 인 반면, 고구마잎의 주된 페놀화합물은 caffeoylquinic acid

와 caffeic acid로 밝혀졌는데(25,27), 주요 caffeoylquinic acid는 3-O-caffeoylquinic acid, 3,4-di-O-caffeoylquinic, 3,5-di-O-caffeoylquinic acid와 4,5-di-O-caffeoylquinic acid라 하였다(28).

본 연구에서는 시료의 항산화효과를 확인하기 위하여 환원력과 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다. 어떤 물질이 항산화 작용을 나타내는 여러 가지 기작 중에는 활성산소 및 유리기에 전자를 공여함으로써 안정화시키는 작용이 있는데 이는 넓은 범위에서 환원에 해당한다. 따라서 환원력을 가진 물질은 전자공여체로 작용하기 때문에 지질과산화 과정에서 중간생성물의 생성을 억제시켜 2차적인 항산화제의 역할을 하는 것으로도 알려져 있으며, 일반적으로 reductone의 존재와 연관이 있는 것으로 보고되었다(29). DPPH 라디칼은 비교적 안정된 자유라디칼로서 다른 화합물에 쉽게 수소를 공여하는 작용을 하기 때문에 다양한 추출물의 항산화 활성을 측정하는데 유용하다(30). 활성산소를 비롯한 자유라디칼은 생물학적 손상을 촉진하여 여러 가지 질병과 노화를 촉진하는 주요 요인으로 잘 알려져 있기 때문에 연구자들은 자유라디칼의 생성을 억제하거나 효과적으로 제거하는 항산화물질을 찾으려는 노력을 기울이고 있다.

여러 연구(31,2)에서 식품의 항산화효과는 폴리페놀 함량과 양의 상관관계를 나타내었던 것과 마찬가지로 본 연구에서도 폴리페놀 함량이 높을수록 환원력이 높은 양의 상관관계( $r^2=0.9982$ ,  $p<0.001$ )를 보임으로써 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량이 높은 고구마잎이 줄기보다 DPPH 라디칼 소거효과와 환원력에 있어서 더 높아 항산화효과가 더 우수한 것으로 평가되었다. 껍질을 제거한 고구마줄기는 껍질을 제거하지 않은 줄기에 비하여 항산화효과가 낮은 것으로 보아 고구마줄기는 자주색 껍질부분에 항산화효과를 나타내는 성분이 다량 함유되어 있을 것으로 생각된다.

Nagai 등(32)은 고구마잎이 *in vitro*와 *in vivo* 실험 모두에서 LDL의 산화를 억제하였다고 보고하였다. 고구마잎 추출물은 LDL의 산화시간을 지연시켰으며, 동물실험에서 지질과산화와 산화적 스트레스의 지표인 혈중 thiobarbituric acid reactive substance(TBARS)의 농도를 감소시키고, 사람 혈액 중의 단핵구에서 활성산소의 생성을 억제하였다고 하였다.

최근 Chang 등(33)은 고구마잎의 항산화효과를 확인하기 위한 인체실험을 수행한 결과를 보고하였다. 건강한 일반 성인 남자를 대상으로 대조군에게는 아침식사로 기본적인 저폴리페놀 식이를 제공하고 실험군에게는 콩기름에 볶은 고구마잎을 200 g을 추가한 고폴리페놀식이를 7일 간 제공하여 섭취시킨 결과, 혈중 TBARS 농도와 염증지표의 하나인 IL-6 농도가 대조군보다 실험군이 유의하게 낮았고 총항산화능은 더 높았다. 또한 7일째 아침식사 후 1시간 동안 트레드밀에서 운동을 하고 나서 시간별로 측정된 결과에서도 유사한 효과를 나타내어 고구마잎을 포함하는 고폴리페

놀식사가 체내 항산화능력을 상승시킴으로써 운동으로 인한 산화적 손상과 염증성 사이토카인의 분비를 줄였다고 보고하였다.

Xanthine oxidase는 생체 내 퓨린 대사에 관여하는 flavoprotein으로 hypoxanthine에서 xanthine으로 산화되는 과정 및 xanthine에서 요산이 생성되는 과정을 촉진하며 그 과정에서 superoxide를 생성하게 하는 효소이다. 최종적으로 생성된 요산은 신장을 통하여 배설되는데 과도하게 생성되면 통풍, 관절통, 신장결석 등이 유발될 수 있으며, superoxide의 생성 증가로 인하여 염증이 함께 유발되어 심한 통증을 동반하기도 한다(34). Coumarin을 비롯하여 플라보노이드, 폴리페놀, 탄닌 등이 강력한 xanthine oxidase 억제제로 알려졌으며(35), 여러 xanthine oxidase 저해제들이 과도한 산소라디칼과 요산에 의하여 유발되는 간질환과 통풍의 치료제로 주로 이용되고 있다(36).

고구마 잎이나 줄기에 대한 xanthine oxidase 활성 저해 효과에 대한 연구 보고가 전혀 없어 본 연구결과와 직접적인 비교는 할 수 없었으나, 폴리페놀 함량 및 플라보노이드 함량이 높은 고구마 잎이 줄기에 비하여 xanthine oxidase 활성억제효과가 높았고, 껍질이 있는 고구마줄기가 껍질을 제거한 줄기에 비하여 폴리페놀 함량과 xanthine oxidase 활성억제효과가 더 높았던 결과는 Owen과 Jones(18)의 보고와 일치하였다. Owen과 Jones(18)는 캐나다 북동부 지역에서 채집한 다수의 식물들을 연구한 결과 폴리페놀 함량이 높을수록 xanthine oxidase 활성 억제효과가 컸다고 보고한 바 있다. 따라서 고구마잎에 풍부한 폴리페놀 또는 플라보노이드 중 일부 물질 또는 전체가 xanthine oxidase 활성을 저해하는 역할을 함으로써 과도한 xanthine oxidase의 활성화로 인한 다량의 산소라디칼과 요산의 생성을 억제함으로써 세포의 손상과 염증반응을 억제할 수 있을 가능성이 있다.

한편 염증반응은 감염으로 인한 조직의 손상을 막기 위하여 방어 기전과 복구시스템을 활성화시키는 과정에서 가동되는 매우 복잡한 일련의 면역반응으로 일반적으로 통증, 부종, 발적, 발열 등이 동반된다. 염증반응은 정상적인 방어적 생리기능이지만 그 정도가 너무 과도하거나 장기간 반복적으로 지속되는 경우 기능장애 및 질병을 일으킬 수 있어 당뇨병, 신경퇴행성질환, 암, 동맥경화증 등의 만성질환의 발병을 촉진하는 요인이 될 수 있다(37,38).

인체는 염증을 유도하는 어떤 자극이나 물질에 노출되면 inducible nitric oxide synthase(iNOS)와 cyclooxygenase (COX)-2의 발현이 크게 유도되어 각각 일산화질소(NO)와 프로스타글란딘(PGs)이 증가하면서 염증반응이 촉진된다(39,40). 일반적으로 NO는 생체 내에서 세균과 암세포의 증식을 억제하고 혈압을 조절하며 신경전달을 매개하는 등의 다양한 역할을 하며, 프로스타글란딘(PG) E<sub>2</sub>는 통증과 발열에 주로 관여하는 염증인자이다(38,41). 또한 현대인에게 매우 흔한 질병으로 삶의 질을 떨어뜨리는 알레르기성 비염,

천식, 아토피와 같은 제 1형 알레르기 반응은 생체 내 결합조직, 피부, 호흡기 등에 분포하는 비만세포가 면역글로블린(Ig) E에 의해 탈과립이 유도되면서 나타난다. 특히 포유동물의 비만세포 내에 있는 5-LOX에 의해 생성된 leukotriene은 염증과 알레르기 반응을 동시에 매개하여 제 1형 알레르기 증상 발현에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(42). 따라서, 의약산업계에서는 이들 염증 및 알레르기 반응에 관여하는 효소들을 부작용 없이 선택적으로 억제하는 천연의 항염증물질을 찾으려는 많은 노력을 하고 있다(43,44).

고구마와 고구마잎에는 안토시아닌이 풍부한 것으로 알려져 있는데(8), 안토시아닌은 수용성이며 푸른색의 플라보노이드 색소로 항산화 및 항염증효과를 나타내는 약리작용을 갖고 있으며(45,46), 동물실험에서 암, 백내장, 신경퇴행성질환의 발생을 억제하였다고 보고되었다(46,47). Karlson 등(46)은 건강한 성인에게 안토시아닌을 3주간 매일 300 mg 씩 투여한 결과 NF- $\kappa$ B의 전사를 억제하고, 염증을 유도하는 사이토카인의 하나인 IL-4와 IL-13의 수준을 낮추는 효과를 보여 만성적인 염증질환을 예방 또는 치료에 도움을 줄 수 있을 것이라 하였다.

한편 본 연구결과 시료의 5-LOX 활성저해율과 COX-2 활성저해율이 서로 양의 상관관계( $r^2=0.9815$ ,  $p<0.01$ )를 보였으며, 이들은 각각 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 및 항산화효과와도 양의 상관관계를 보였기 때문에 고구마잎과 같이 phytochemical이 풍부한 식물을 다량 섭취하는 것이 체내의 산화적 스트레스를 감소시키고 알레르기 및 염증반응을 억제함으로써 여러 만성질환의 예방에 도움이 될 것으로 생각된다.

그러나 본 연구결과는 일부 제한적인 *in vitro* 시스템에서의 결과인 만큼 향후 다양한 시스템에서 추가적인 실험과 *in vivo* 실험을 통하여 그 결과를 재확인해야 할 필요가 있겠다.

## 요 약

고구마뿌리에 비하여 많은 양이 폐기되는 고구마 잎과 줄기의 이용을 활성화시키고 기능성식품 소재로의 가능성을 알아보기 위하여 잎이 달려 있는 보라색 고구마줄기를 재래시장에서 구입하여 고구마잎(SL), 고구마줄기(ST), 껍질 제거한 고구마줄기(PST)의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정하고, *in vitro* 시스템에서의 항산화효과, 항알레르기 및 항염증효과를 검색하고자 하였다. 고구마잎은 데치고, 고구마줄기는 생으로 동결건조한 후 에탄올 추출물을 얻어 실험하였다. 총 폴리페놀 함량은 SL(11.03 mg tannic acid/g) > ST(0.87 mg tannic acid/g) > PST(0.37 mg tannic acid/g)이었고, 총 플라보노이드 함량은 SL(9.01 mg rutin/g) > ST(0.50 mg rutin/g) > PST(0.25 mg rutin/g)이었다( $p<0.001$ ). DPPH 라디칼을 50% 제거시키는 에탄올 추출물의 농도(IC<sub>50</sub>)는 SL(43.6  $\mu$ g/mL) < ST(308.4  $\mu$ g/mL) <

PST(1,631.3  $\mu\text{g/mL}$ )로 고구마잎이 가장 우수한 효과를 나타내었다. 양성대조시약으로 사용한 BHA의  $\text{IC}_{50}$ 값은 8.30  $\mu\text{g/mL}$ 이었으며, 처리 농도 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서의 환원력은  $\text{SL}(59.72 \mu\text{g ascorbic acid eq./mL}) > \text{ST}(12.56 \mu\text{g ascorbic acid eq./mL}) > \text{PST}(2.18 \mu\text{g ascorbic acid eq./mL})$ 로 고구마잎이 가장 좋았다( $p < 0.001$ ). 한편 염증반응에 관여하는 xanthine oxidase(XO) 활성저해율을 측정된 결과 처리 농도 250  $\mu\text{g/mL}$ 에서  $\text{SL}(13.06\%) > \text{ST}(5.05\%) > \text{PST}(0.0\%)$ 로 고구마잎이 줄기에 비하여 우수하였으며( $p < 0.01$ ), 처리 농도 50  $\mu\text{g/mL}$ 에서의 5-lipoxygenase(LOX) 활성저해율은  $\text{SL}(91.16\%) > \text{ST}(33.38\%) > \text{PST}(14.93\%)$ 로( $p < 0.001$ ) 고구마잎의 효과는 양성대조시약인 EGCG의 저해율(94.42%)과 비슷한 정도로 매우 우수하였다. 또한 250  $\mu\text{g/mL}$  농도로 처리 시 cyclooxygenase(COX)-2 활성저해율은  $\text{SL}(55.34\%) > \text{ST}(2.18\%) > \text{PST}(0.0\%)$ 로 XO 활성저해율과 비슷한 패턴을 보였다( $p < 0.001$ ). 측정변수들 간의 상관관계를 분석해 본 결과 총 폴리페놀 함량은 플라보노이드 함량( $r^2 = 0.9988$ ,  $p < 0.001$ ), 환원력( $r^2 = 0.9982$ ,  $p < 0.001$ ), XO 활성저해율( $r^2 = 0.8322$ ,  $p < 0.05$ ), COX-2 활성저해율( $r^2 = 0.9950$ ,  $p < 0.001$ ), 5-LOX 활성저해율과 양의 상관관계( $r^2 = 0.9823$ ,  $p < 0.001$ )를 나타내었으며, 플라보노이드 함량은 환원력( $r^2 = 0.9946$ ,  $p < 0.001$ ), XO 활성저해율( $r^2 = 0.8392$ ,  $p < 0.05$ ), 5-LOX 활성저해율( $r^2 = 0.9749$ ,  $p < 0.01$ ), COX-2 활성저해율과 유의한 양의 상관관계( $r^2 = 0.9937$ ,  $p < 0.001$ )를 보였다. 또한, 환원력은 XO 활성저해율( $r^2 = 0.8384$ ,  $p < 0.05$ ), 5-LOX 활성저해율( $r^2 = 0.9883$ ,  $p < 0.001$ ) 및 COX-2 활성저해율과 유의한 양의 상관관계( $r^2 = 0.9954$ ,  $p < 0.001$ )를 나타내었으며, XO 활성저해율은 5-LOX 활성저해율과 유의한 양의 상관관계를 보였으나( $r^2 = 0.8786$ ,  $p < 0.05$ ) COX-2 활성저해율과는 상관성을 보이지 않았다. 5-LOX 활성저해율은 COX-2 활성저해율과 유의한 양의 상관관계( $r^2 = 0.9815$ ,  $p < 0.01$ )를 나타내었다. 이상의 결과들로부터 고구마잎은 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 매우 높았고 우수한 항산화효과를 보였으며, 알레르기 및 염증반응과 관련이 있는 효소인 XO, 5-LOX 및 COX-2의 활성도 모두 억제하는 효과도 우수하였지만 특히 5-LOX 활성 억제효과는 EGCG와 비슷한 정도로 매우 우수하였다. 따라서 건강을 위하여 고구마잎의 섭취를 증대시킬 수 있는 다양한 방안을 강구할 필요가 있으며, 고구마 줄기를 섭취할 경우에는 가능한 껍질을 모두 섭취하는 것이 좋겠다.

### 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 2011년 한식세계화응역연구사업(한식 우수성·기능성 연구)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 문헌

- Ishida H, Suzuno H, Sugiyama N, Innami S, Tadokoro T, Maekawa A. 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Poir). *Food Chem* 68: 359-367.
- Woo KS, Seo HI, Lee YH, Kim HY, Ko JY, Song SB, Lee JS, Jung KY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. 2012. Antioxidant compounds and antioxidant activities of sweet potatoes with cultivated conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 519-525.
- Huang DJ, Lin CD, Chen HJ, Lin YH. 2004. Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batata* [L.] Lam 'Tainong 57') constituents. *Bot Bull Acad Sin* 25: 179-186.
- Islam S. 2006. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf: Its potential effect on human health and nutrition. *J Food Sci* 71: R13-R21.
- Teow CC, Truong VD, McFeeters RF, Thompson RL, Pecota KV, Yencho GC. 2007. Antioxidant activities, phenolic and  $\beta$ -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem* 103: 829-838.
- Park JS, Chung BW, Bae JO, Lee JH, Jung MY, Choi DS. 2008. Effects of sweet potato cultivars and koji types on general properties and volatile flavor compounds in sweet potato soju. *Korean J Food Sci Technol* 42: 468-474.
- Woolfe JA. 1992. *Sweet potato: An untapped food resource*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. p 118-187.
- Islam MS, Yoshimoto M, Terahara N, Yamakawa O. 2002. Anthocyanin compositions in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *Biosci Biotechnol Biochem* 66: 2483-2486.
- Islam I, Shaikh AU, Shahidul IM. 2009. Antioxidative and antimutagenic potentials of phytochemicals from *Ipomoea batatas* (L) Lam. *Intl J Cancer Res* 5: 83-94.
- Johnson M, Pace RD. 2010. Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. *Nutr Rev* 68: 604-615.
- Sesso HD, Buring JE, Norkus EP, Gaziano JM. 2005. Plasma lycopene, other carotenoids, and retinol and the risk of cardiovascular disease in men. *Am J Clin Nutr* 81: 990-997.
- Vita JA. 2005. Polyphenols and cardiovascular disease: effects on endothelial and platelet function. *Am J Clin Nutr* 81: 292S-297S.
- van't Veer P, Jansen MC, Klerk M, Kok FJ. 2000. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. *Public Health Nutr* 3: 103-107.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymology* 299: 152-178.
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH. 2002. *Standard Food Analysis*. Jigu-Moonwha Sa, Seoul, Korea. p 381-382.
- Yildirim A, Mavi A, Kara AA. 2001. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *J Agric Food Chem* 49: 4083-4089.
- Yasushi S, Tsukasa N, Keiko S, Hiroe Y, Hisashi Y. 1999. Stopped-flow and spectrophotometric study on radical scavenging by tea catechins and model compounds. *Chem Pharm Bull* 47: 1369-1374.
- Owen PL, Johns T. 1999. Xanthine oxidase inhibitory activity of northeastern North American plant remedies used for gout. *J Ethnopharmacol* 64: 149-160.
- Coulibaly AY, Kiendrebeogo M, Kehoe PG, Sombie PA,



- Lamien CE, Millogo JF, Nacoulma OG. 2011. Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Scoparia dulcis* L. *J Med Food* 14: 1576-1582.
20. Yoo KH, Jeong JM. 2009. Antioxidative and antiallergic effect of persimmon leaf extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1691-1698.
21. Middleton E Jr, Kandaswami C, Theoharides TC. 2000. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacol Rev* 52: 673-751.
22. Surh Y. 1999. Molecular mechanism of chemopreventive effects of selected dietary and medicinal phenolic substances. *Mutat Res* 428: 305-327.
23. Nakayama T, Niimi T, Osawa T, Kawakishi S. 1992. The protective role of polyphenols in cytotoxicity of hydrogen peroxide. *Mutat Res* 281: 77-80.
24. Toda M, Okubo S, Hiyoshi R, Shimamura T. 1989. The bactericidal activity of tea and coffee. *Letter Appl Microbiol* 8: 123-125.
25. Islam MS, Yoshimoto M, Yahara S, Okuno S, Ishiguro K, Yamakawa O. 2002. Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. *J Agric Food Chem* 50: 3718-3722.
26. Shahrzed S, Bitsch I. 1996. Determination of some pharmacologically active phenolic acids in juices by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr A* 741: 223-231.
27. Truong VD, McFeeters RF, Thompson RT, Dean LL, Shofran B. 2007. Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweetpotato (*Ipomoea batata* L.) cultivars in the United States. *J Food Sci* 72: C343-C349.
28. Kaul A, Khanduja KL. 1998. Polyphenols inhibit promotional phase of tumorigenesis: relevance of superoxide radicals. *Nutr Cancer* 32: 81-85.
29. Yoshino M, Murakami K. 1998. Interaction of iron with polyphenolic compounds: application to antioxidant characterization. *Anal Biochem* 257: 40-44.
30. Sahgal G, Ramanathan S, Sasidharan S, Mordi MN, Ismail S, Mansor SM. 2009. *In vitro* antioxidant and xanthine oxidase inhibitory activities of methanolic *Swietenia mahagoni* seed extract. *Molecules* 14: 4476-4485.
31. Luqman S, Srivastava S, Kumar R, Maurya AK, Chanda D. 2012. Experimental assessment of *Moringa oleifera* leaf and fruit for its antistress, antioxidant, and scavenging potential using *in vitro* and *in vivo* assays. *Evid Based Complement Alternat Med* doi:10.1155/2012/519084.
32. Nagai M, Tani M, Kishimoto Y, Iizuka M, Saita E, Toyozaki M, Kamiya T, Ikeguchi 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.
33. Chang WH, Hu SP, Huang YF, Yeh TS, Liu JF. 2010. Effect of purple sweet potato leaves consumption on exercise-induced oxidative stress and IL-6 and HSP72 levels. *J Appl Physiol* 109: 1710-1715.
34. Chiang HC, Chen YY. 1993. Xanthine oxidase inhibitors from the roots of eggplant (*Solanum melongena* L.). *J Enzyme Inhib Med Chem* 7: 225-235.
35. Chang WS, Chiang HC. 1995. Structure-activity relationship of coumarins in xanthine oxidase inhibition. *Anticancer Res* 15: 1969-1973.
36. Lin CC, Huang PC, Lin JM. 2000. Antioxidant and hepatoprotective effects of *Anoectochilus formosanus* and *Gynostemma pentaphyllum*. *Am J Chin Med* 28: 87-96.
37. Nathan C. 2002. Points of control in inflammation. *Nature* 420: 846-852.
38. Wang MT, Honn KV, Nie D. 2007. Cyclooxygenase, prostanooids and tumor progression. *Cancer Metastasis Res* 26: 525-534.
39. Tinker AC, Wallace AV. 2006. Selective inhibitors of inducible nitric oxide synthase: potential agents for the treatment of inflammatory diseases? *Curr Top Med Chem* 6: 77-92.
40. Higuchi M, Higashi N, Taki H, Osawa T. 1990. Cytolytic mechanism of activated macrophages. Tumor necrosis factor and L-arginine-dependent mechanism act synergistically as the major cytolytic mechanism of activated macrophages. *J Immunol* 144: 1425-1431.
41. Kubes P. 2000. Inducible nitric oxide synthase: a little bit of good in all of us. *Gut* 47: 6-9.
42. Henderson WR Jr. 1994. Role of leukotrienes in asthma. *Ann Allergy* 72: 272-278.
43. Reddy CM, Bhat VB, Kiranmai G, Reddy MN, Reddanna P, Madyastha KM. 2000. Selective inhibition of cyclooxygenase-2 by C-phycoyanin, a biliprotein from *Spirulina platensis*. *Biochem Biophys Res Commun* 277: 599-603.
44. Martel-Pelletier J, Lajeunesse D, Reboul P, Pelletier JP. 2007. Therapeutic role of dual inhibitors of 5-LOX and COX, selective and non-selective non-steroidal anti-inflammatory drugs. *Annul Rheum Dis* 62: 501-509.
45. Shih PH, Yeh CT, Yen GC. 2007. Anthocyanins induce the activation of phase II enzymes through the antioxidant response element pathway against oxidative stress-induced apoptosis. *J Agric Food Chem* 55: 9427-9435.
46. Karlsen A, Retterstøl L, Laake P, Paur I, Kjølrsrud-Bøhn S, Sandvik L, Blomhoff R. 2007. Anthocyanins inhibit nuclear factor- $\kappa$ B activation in monocytes and reduce plasma concentrations of pro-inflammatory mediators in healthy adults. *J Nutr* 137: 1951-1954.
47. Kolosova NG, Lebedev PA, Dikalova AE. 2004. Comparison of antioxidants in the ability to prevent cataract in prematurely aging OXYS rats. *Bull Exp Biol Med* 137: 249-251.

(2012년 11월 15일 접수; 2013년 1월 23일 채택)