J Korean Soc Food Sci Nutr
41(12), 1656~1662(2012)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.12.1656

고구마 품종별 잎과 잎자루의 성분특성과 항산화활성

Li Meishan[1] · 장귀영[1] · 이상훈[1] · 우관식[2] · 신현만[3] · 김홍식[4] · 이준수[1] · 정헌상[1†]

[1]충북대학교 식품공학과, [2]국립식량과학원 기능성잡곡과
[3]충북농업기술원 작물연구과, [4]충북대학교 식물자원학과

Chemical Compositions and Antioxidant Activities of Leaves and Stalks from Different Sweet Potato Cultivars

Meishan Li[1], Gwi Yeong Jang[1], Sang Hoon Lee[1], Koan Sik Woo[2], Hyun Man Sin[3], Hong Sig Kim[4], Junsoo Lee[1], and Heon Sang Jeong[1†]

[1]Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea
[2]Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Gyeongnam 627-803, Korea
[3]Dept. Crop Science, Chungbuk Agricultural Research and Extension Service, Chungbuk 363-880, Korea
[4]Dept. of Crop Science, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the vegetative value of sweet potato leaves and stalks by investigating their chemical composition and antioxidant activity. The major minerals were found to be Ca and K. The crude protein content of the leaves ranged from 15.57% in *Geonpungmi* to 20.34% in *Yeonhwangmi*, while that of stalks was between 3.71% in *Yulmi* and 5.97% in *Sinchunmi*. The total phenolics and flavonoids content of the leaves were about 3.0~4.0 times higher than those of stalks. The levels of polyphenols and flavonoids were high in *Geonpungmi* leaf and in *Sinchunmi* stalk. ABTS radical activities were high in *Geonpungmi* leaf (58.75 mg AA eq/g) and in *Daeyumi* stalk (14.95 mg AA eq/g). DPPH radical scavenging was high in *Geonpungmi* and *Jeungmi* leaves (IC_{50}, 0.11 mg/mL) and in *Sinchunmi* stalk (IC_{50}, 1.09 mg/mL).

Key words: sweet potato, leaf and stalk, chemical composition, antioxidant activity

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 전 세계적으로 보리와 쌀 등의 곡류와 함께 주요 식량자원으로 이용되어 왔으며, 천연의 β-카로틴과 안토시아닌, 무기물과 각종 비타민 그리고 양질의 식이섬유를 함유하고 있다(1-3). 특히 농약을 거의 사용하지 않고 재배가 가능한 저공해 건강식품으로서 그 영양성과 기능성이 확인되면서 편의식품, 기호식품 및 건강보조식품의 재료로 이용되고 있으며 환경적응성이 강하고, 생산단가 또한 높아 생산량이 증가하는 추세이다(4,5). 최근에는 고구마 잎과 잎자루가 항산화기능, 항균작용, 항고혈압작용 및 간보호 기능과 같은 생리활성이 있음이 보고되었으며(6), 천연 색소원으로 주목 받음과 더불어 건강식품으로서도 많은 관심을 끌고 있다(7). 또한 고구마는 뿌리를 비롯해 잎과 잎자루 등 식물체 전체를 식용할 수 있으며, 고구마에는 덩이뿌리나 잎, 잎자루, 줄기에 폴리페놀 화합물이 많이 존재하기 때문에 해외에서는 고구마의 덩이뿌리뿐만 아니라 잎이나 잎자루 그리고 줄기를 건조한 후 분말로 제조하여 빵의 반죽이나 아이스크림, 주스 및 차 등에 첨가하여 다양한 식품의 제조에 이용되고 있다(8).

아프리카와 중국, 일본 등지에서는 고구마 잎과 잎자루를 채소로 이용하고 있으며 다량의 단백질을 함유하고 있어 단백질 사료로의 가능성이 제기되기도 하였다(9,10). 또한 일본에서는 고구마 잎을 기능성 채소로 활용하기 위해 영양성분을 증가시킨 품종을 개발하여 고구마 잎으로 기능성 차 개발에 대한 연구가 진행되었다(11).

고구마는 품종과 재배시기에 관계없이 잎과 잎자루에 다량의 페놀성 화합물이 함유되어 있어 높은 항산화활성을 나타내고 있다. Islam 등(3)은 고구마 잎과 잎자루의 항산화활성을 다른 채소류와 비교한 결과, tocopherols와 BHT보다 높았고 콩나물이나 들깻잎, 시금치에 비해서도 높았으며, polyphenols가 일반 채소류보다 많이 함유되어 있었으며, 부위별로는 괴근에 비하여 잎과 끝순에 많은 양이 함유되어 있다 하였다. 이외에 아질산염 소거능 및 ACE 저해활성과 같은 생리활성도 높아 기능성 채소로 이용하기에 충분한 가치가 있다고 보고된바 있다(12). 고구마 관련 연구는 대부분

†Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

고구마의 괴근을 중심으로 연구되었는데 잎과 잎자루에 대해서는 이용도가 미흡하여 버려지거나 사료로만 이용되고 있을 뿐 영양성분을 품종별로 비교 연구한 결과는 찾아보기 어려운 실정이며, 산업적으로 이용하기 위해서는 잎과 잎자루의 활성성분에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 고구마 품종별 잎과 잎자루를 이용한 식품소재로의 활용 가능성을 살펴보기 위하여 잎과 잎자루에 함유된 일반성분과 무기성분 함량 그리고 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 등 항산화 효과에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

재료 및 추출물 조제

본 실험에 사용한 14품종의 고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 *'Yeonhwangmi'*, *'Geonpungmi'*, *'Daeyumi'*, *'Yulmi'*, *'Jinhongmi'*, *'Healthymi'*, *'Manami'*, *'Sinchunmi'*, *'Gunmi'*, *'Yeonmi'*, *'Andong'*, *'Singeonmi'*, *'Gogeonmi'* 및 *'Jeungmi'* 품종으로 2011년 9월 충북 청원에서 잎과 잎자루를 수확하여 사용하였다. 잎과 잎자루는 깨끗이 세척하고 50°C 열풍건조기(WFO-459PD, EYELA, Tokyo, Japan)로 건조한 후 분쇄기(Micro hammer cutter mill type-3, Culatti AG, Zurich, Switzerland)를 이용하여 80 mesh로 분쇄하고 진공포장한 후 -20°C의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 항산화 물질 함량 및 항산화활성을 측정하기 위하여 분말시료 5 g에 80% ethanol 100 mL를 가하여 30분 동안 초음파 추출한 후 감압여과 하였다. 동일한 방법으로 2회 반복 추출하여 불용성 물질을 제거하고 회전 진공농축기(N-1000, EYELA)를 이용하여 40°C에서 용매를 완전히 제거한 다음 메탄올에 녹여 100 mg/mL로 농도를 맞춰 항산화활성 분석에 사용하였다.

조단백 및 조회분 함량분석

고구마 잎과 잎자루의 조단백과 조회분은 AOAC 방법에 따라 측정하였다(13). 즉, 조단백질은 Semi-micro Kjeldhal 법으로 측정한 후 질소-단백질 환산계수를 이용하여 산출하였다. 조회분은 550°C 직접 회화법으로 측정하였고 무기성분 함량은 회분을 회화한 후 0.5 N HNO_3를 넣고 GF/C(90 mm, Cat No. 1822 090, Whatman International Ltd., Maidstone, England) 여과지로 여과한 다음 50 mL로 정용하여 inductively coupled plasma spectrometer(ICP, Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA)로 분석하였다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Lee 등(14)의 방법을 변형하여 사용하였으며 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 즉, 각 추출물 100 μL에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하였고 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL를 첨가 후 실온에서 30분 반응한 다음 spectrophotometer를 사용하여 750 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중의 mg gallic acid로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Choi 등(15)의 방법에 따라 추출물 250 μL에 증류수 1 mL와 5% $NaNO_2$ 75 μL를 가한 다음 5분 후 10% $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 150 μL를 가하여 6분간 방치하고 1 M NaOH 500 μL를 가하여 11분간 방치한 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였고, 표준물질로 (+)-catechin hydrate(Sigma)를 사용하여 standard 값을 구한 후 시료 g중의 mg catechin으로 나타내었다.

DPPH free radical에 의한 항산화 활성 측정

DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl, Sigma)는 분자내 free radical을 함유하고 있는데 이것이 다른 free radical들과 결합하여 안정한 복합체를 이룬다. 시료의 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Blois(16,17)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 추출물 0.2 mL에 2×10^{-4} M DPPH 용액 0.8 mL를 첨가하여 잘 혼합한 후 실온에서 30분간 방치하고 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. 각 시료의 농도에 따른 DPPH 라디칼을 소거하여 잔존하는 DPPH 라디칼을 50% 감소시키는 농도 IC_{50}(inhibitory concentration)을 각 시료의 농도로 표현하여 구하였다.

총 항산화활성 측정

총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(18)에 의하여 측정하였다. ABTS(2,2′-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 24시간 동안 암소에서 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 다음 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수($\varepsilon = 3.6\times10^4$ M^{-1} cm^{-1})를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma)를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/g)로 표현하였다.

통계분석

고구마 잎과 잎자루의 성분분석과 항산화력을 조사한 각 실험은 모두 3회 이상 반복 실시하였고 통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p<0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

Table 1. Proximate compositions of the leaf and stalk from different sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* L.)

(Unit: %, dry basis)

Varieties	Crude protein		Crude ash	
	Leaf	Stalk	Leaf	Stalk
Geonpungmi	15.57±0.26[1)][2)]	3.97±0.04[i]	10.32±0.25[fg]	10.78±0.47[hi]
Daeyumi	19.01±0.08[d]	3.98±0.06[i]	9.81±0.18[i]	10.17±0.36[j]
Yulmi	17.35±0.24[h]	3.71±0.08[j]	10.34±0.34[fg]	12.06±0.46[ef]
Jinhongmi	19.00±0.12[d]	4.88±0.06[c]	14.91±0.22[a]	11.31±0.12[gh]
Healthymi	19.06±0.19[d]	4.68±0.06[d]	11.65±0.16[cd]	14.49±0.04[bc]
Manami	18.68±0.19[e]	3.98±0.01[i]	13.44±0.11[fg]	14.12±0.30[c]
Sinchunmi	19.39±0.12[c]	5.97±0.00[a]	11.45±0.26[de]	13.02±0.27[d]
Yeonhwangmi	20.34±0.11[a]	5.33±0.04[b]	9.93±0.26[hi]	14.77±0.07[b]
Yeonmi	19.97±0.22[b]	4.56±0.03[e]	11.89±0.13[c]	14.45±0.29[bc]
Andong	17.88±0.21[g]	4.74±0.04[d]	11.41±0.17[de]	11.75±0.19[fg]
Singeonmi	18.20±0.28[f]	4.47±0.08[f]	11.12±0.27[e]	10.71±0.18[i]
Gunmi	16.88±0.16[i]	4.00±0.03[i]	11.25±0.06[e]	11.21±0.28[ghi]
Gogeonmi	18.35±0.02[f]	4.36±0.07[g]	10.21±0.07[gh]	15.39±0.42[a]
Jeungmi	16.05±0.02[k]	4.25±0.06[h]	11.71±0.20[cd]	12.51±0.55[de]

[1)]Each value expressed as the mean±standard deviation (n=3).
[2)]Means in the same column with the different are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

결과 및 고찰

잎과 잎자루의 일반성분

고구마 품종별 잎과 잎자루의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 고구마 잎의 조회분의 함량은 9.81%~14.91%로 진홍미가 가장 높았고 대유미 품종에서 가장 낮았다($p<0.05$). 조단백질 함량은 연황미에서 20.34%로 가장 높은 함량을 보였고 건풍미가 15.57%로 가장 낮은 함량을 보여 품종간로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p<0.05$). 잎자루의 조회분의 함량은 고건미에서 14.45%로 가장 많은 함량을 나타내었고, 대유미에서 10.17%로 가장 낮게 나타났다. 조단백질 함량은 3.71%~5.97% 범위로 신천미에서 가장 많은 함량을 나타내었고, 율미에서 가장 낮은 함량을 나타내어 품종 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p<0.05$). Ishida 등(19)의 연구에 의하면 고구마 부위별 일반성분을 분석한 결과, 잎에는 조회분이 1.53~1.88% 그리고 조단백질이 3.68~3.88% 범위라 하였으며, 잎자루는 조회분이 0.94~1.65% 그리고 조단백질이 0.50~0.70% 범위로 조단백질은 잎자루에서보다 잎에서 월등히 많은 함량을 보인다 하였는데 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 Li(20)는 동일한 재배조건으로 재배한 고구마 300 품종에 대하여 총 단백질을 조사한 결과, 12.1~25.7%로 품종 내 부위 간에는 많은 차이가 있었으며, 잎에서 가장 높았다고 하였는데 이러한 성분차이의 주요원인은 품종에 따른 유전적인 요인이라고 하였다(21,22). 또한 조단백질 및 조지방이 배추나 들깻잎보다 더 높게 나타났다고 하였다(23).

무기성분

고구마 품종별 잎과 잎자루의 무기성분 함량을 측정한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 잎에 함유되어 있는 주요 무기성분으로는 Ca과 K이었으며, 각각 16.30~31.34 및 12.54~15.47 mg/mL 범위를 나타내었다. K은 연미에서 가장 많은 함량을 나타내었고 신건미에서 가장 적게 나타났으며, Ca은 맛나미에서 가장 많은 함량을, 대유미에서 가장 적은 함량을 나타내었다. 잎자루의 무기성분 함량을 측정한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 주요 무기성분은 Ca과 K이었으며, 그 함량은 각각 23.04~40.75 및 11.58~18.55 mg/mL 범위로 K은 고건미에서 가장 많은 함량을 나타내었고 대유미에서 가장 적게 나타내었으며, Ca은 연미에서 가장 많은 함량을, 대유미에서 가장 적은 함량을 나타내었다. 그 밖에 Mg, Na, Al, Cu, Fe, Mn 및 Zn 등이 미량으로 검출되었다. Hamme(24)에 의하면 잎과 잎자루에는 무기성분이 풍부하게 함유되어 있으며, 특히 K과 Ca 함량이 높았다고 보고하였는데 본 연구에서도 유사한 경향을 나타내었다. 식물의 무기성분은 유전적인 고유특성도 있지만 재배 토양의 화학적 조성으로부터 영향을 많이 받기 때문에 특정성분의 함량이 많고 적음을 규정하기는 어렵지만 Scott와 Bouwkamp(25)도 건조된 잎 중의 무기성분으로 K이 3018, Ca이 1351, Mg이 432, P가 264 그리고 Fe이 20 mg/100 g 함유되어 있어 괴근보다 많이 함유되어 있다 보고하였으며, Pace 등(26)의 연구에서도 부위와 수확시기별로 Ca, Fe 및 Zn 등을 조사한 결과 괴근보다 끝순과 잎에 많이 함유되어 있다고 보고하였다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

고구마 품종별 잎의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 건풍미 품종이 각각 85.10 mg GAE/g 및 68.37 mg CE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었고 율미 품종이 각각 46.26 mg GAE/g 및 40.25 mg CE/g으로 가장 적은 함량을 나타내었으며, 품종 간에 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.05$). 잎자루에 대한 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 신천미 품종이 37.93 mg GAE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었고 율미 품종이 14.60 mg GAE/g으로 가장 적은 함량을 나타내었다. 총 플라

Table 2. Mineral compositions of the leaf from different sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* L.) (Unit: mg/L, dry basis)

Varieties	K	Mg	Na	Ca	Al	Cu	Fe	Mn	Zn
Geonpungmi	13.18±0.16$^{1)cd2)}$	1.78±0.09^{a}	0.22±0.02^{ef}	21.49±2.02^{f}	0.55±0.12^{b}	0.010±0.001^{a}	0.291±0.054^{b}	0.070±0.003^{c}	0.069±0.010^{a}
Daeyumi	13.58±0.14^{bcd}	1.63±0.09^{abc}	0.27±0.03c^{de}	15.72±2.01^{g}	0.53±0.04^{b}	0.010±0.000^{a}	0.273±0.017^{bc}	0.075±0.001^{c}	0.080±0.006^{ab}
Yulmi	12.63±0.34^{d}	1.71±0.08^{ab}	0.20±0.00^{f}	26.85±1.73^{c}	0.57±0.04^{b}	0.014±0.002^{a}	0.250±0.005^{bcd}	0.088±0.008^{abc}	0.069±0.004^{ab}
Jinhongmi	14.12±0.30^{abc}	1.61±0.08^{abc}	0.29±0.01^{c}	22.82±3.41^{def}	1.71±0.24^{a}	0.017±0.002^{a}	0.696±0.129^{a}	0.084±0.008^{bc}	0.069±0.010^{ab}
Healthymi	14.35±0.90^{abc}	1.80±0.04^{a}	0.32±0.02^{c}	24.20±2.68^{cdef}	0.52±0.01^{b}	0.012±0.001^{a}	0.253±0.009^{bcd}	0.089±0.007^{abc}	0.070±0.007^{ab}
Manami	15.44±1.66^{a}	1.77±0.06^{a}	0.22±0.04^{def}	31.72±1.33^{a}	0.54±0.01^{b}	0.014±0.001^{a}	0.281±0.010^{bc}	0.086±0.004^{abc}	0.054±0.004^{b}
Sinchunmi	14.29±0.20^{abc}	1.78±0.09^{a}	0.46±0.02^{b}	27.71±1.05^{bc}	0.58±0.04^{b}	0.015±0.004^{a}	0.264±0.023^{bc}	0.081±0.012^{abc}	0.067±0.015^{ab}
Yeonhwangmi	13.43±0.36^{cd}	1.67±0.07^{abc}	0.20±0.02^{f}	20.59±0.20^{f}	0.60±0.05^{b}	0.019±0.000^{a}	0.265±0.015^{bc}	0.064±0.000^{c}	0.077±0.012^{ab}
Yeonmi	15.47±0.34^{a}	1.49±0.06^{c}	0.23±0.06^{def}	25.24±2.71^{cde}	0.52±0.01^{b}	0.015±0.000^{a}	0.284±0.003^{b}	0.114±0.013^{a}	0.065±0.009^{ab}
Andong	14.95±0.20^{ab}	1.69±0.09^{abc}	0.19±0.05^{f}	23.14±0.77^{def}	0.54±0.03^{b}	0.019±0.002^{a}	0.271±0.006^{bc}	0.104±0.002^{ab}	0.060±0.011^{ab}
Singeonmi	12.54±0.95^{d}	1.71±0.17^{ab}	0.60±0.06^{a}	30.77±2.28^{ab}	0.48±0.03^{bc}	0.017±0.006^{a}	0.231±0.019^{bcd}	0.081±0.016^{bc}	0.074±0.015^{ab}
Gunmi	15.01±0.91^{ab}	1.68±0.16^{abc}	0.28±0.04^{cd}	26.27±1.29^{cd}	0.48±0.06^{bc}	0.018±0.006^{a}	0.206±0.014^{cd}	0.068±0.024^{c}	0.069±0.020^{ab}
Gogeonmi	14.20±1.00^{abc}	1.66±0.16^{abc}	0.31±0.02^{c}	22.04±2.63^{ef}	0.35±0.05^{c}	0.017±0.005^{a}	0.186±0.023^{d}	0.071±0.023^{c}	0.081±0.022^{ab}
Jeungmi	14.89±1.11^{ab}	1.54±0.16^{bc}	0.32±0.02^{c}	27.16±0.31^{c}	0.51±0.04^{b}	0.018±0.007^{a}	0.251±0.007^{bcd}	0.086±0.031^{abc}	0.069±0.010^{ab}

[1)]Each value expressed as the mean±standard deviation (n=3).
[2)]Means in the same column with the different are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 3. Mineral compositions of the stalk from different sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* L.) (Unit: mg/L, dry basis)

Varieties	K	Mg	Na	Ca	Al	Cu	Fe	Mn	Zn
Geonpungmi	13.56±0.08$^{1)fg2)}$	1.71±0.08^{bc}	0.16±0.02^{gh}	26.49±1.11^{cde}	0.16±0.03^{b}	0.007±0.000^{d}	0.074±0.006^{c}	0.023±0.001^{g}	0.063±0.001^{bc}
Daeyumi	13.01±0.49^{g}	1.77±0.10^{abc}	0.25±0.02^{cdef}	22.38±2.31^{e}	0.14±0.03^{b}	0.009±0.001^{cd}	0.060±0.006^{c}	0.028±0.002^{fg}	0.089±0.011^{a}
Yulmi	14.57±0.22^{defg}	1.76±0.09^{abc}	0.15±0.03^{h}	33.74±3.51^{b}	0.15±0.04^{b}	0.008±0.001^{d}	0.059±0.001^{c}	0.032±0.001^{efg}	0.068±0.013^{bc}
Jinhongmi	15.21±0.27^{cdef}	1.77±0.01^{abc}	0.37±0.04^{b}	26.5±1.54^{cde}	0.23±0.05^{a}	0.009±0.001^{cd}	0.107±0.021^{a}	0.044±0.001^{bc}	0.064±0.005^{bc}
Healthymi	16.54±0.42^{bcd}	1.84±0.10^{abc}	0.23±0.02^{ef}	34.14±0.85^{b}	0.15±0.01^{b}	0.011±0.001^{bcd}	0.070±0.001^{c}	0.038±0.003^{cde}	0.066±0.009^{bc}
Manami	16.57±1.55^{bcd}	1.77±0.12^{abc}	0.25±0.03^{cdef}	30.34±2.35^{bc}	0.12±0.00^{b}	0.016±0.000^{bc}	0.063±0.002^{c}	0.043±0.000^{bcd}	0.070±0.011a^{bc}
Sinchunmi	17.25±0.26^{ab}	1.66±0.08^{bc}	0.22±0.05^{ef}	29.11±2.92^{bcd}	0.23±0.05^{a}	0.018±0.000^{b}	0.097±0.011^{ab}	0.048±0.002^{ab}	0.050±0.009^{c}
Yeonhwangmi	13.66±0.52^{fg}	1.95±0.01^{a}	0.30±0.06^{c}	40.59±3.03^{a}	0.16±0.03^{b}	0.007±0.000^{bcd}	0.062±0.001^{c}	0.036±0.002c^{def}	0.062±0.009^{bc}
Yeonmi	16.99±0.27^{abc}	1.79±0.10^{abc}	0.22±0.04^{efg}	41.07±1.10^{a}	0.13±0.02^{b}	0.012±0.000^{bc}	0.068±0.003^{c}	0.055±0.002^{a}	0.057±0.008^{bc}
Andong	16.31±0.06^{bcd}	1.87±0.09^{ab}	0.19±0.02^{fgh}	23.19±2.43^{de}	0.18±0.04^{b}	0.029±0.004^{a}	0.091±0.014^{b}	0.030±0.000^{efg}	0.066±0.006^{bc}
Singeonmi	14.25±1.37^{efg}	1.64±0.18^{c}	0.44±0.01^{a}	26.34±2.19^{cde}	0.17±0.02^{b}	0.014±0.003^{bcd}	0.066±0.001^{c}	0.028±0.003^{efg}	0.076±0.020a^{b}
Gunmi	15.52±2.97^{bcdef}	1.80±0.15^{abc}	0.29±0.04^{cd}	31.61±6.90^{bc}	0.16±0.01^{b}	0.013±0.006^{bcd}	0.073±0.004^{c}	0.033±0.005^{ef}	0.060±0.004^{bc}
Gogeonmi	18.55±0.51^{a}	1.75±0.13^{abc}	0.24±0.00^{def}	33.31±7.15^{b}	0.16±0.01^{b}	0.010±0.003^{cd}	0.074±0.012^{c}	0.034±0.001^{def}	0.077±0.003^{ab}
Jeungmi	16.13±1.14^{bcde}	1.82±0.17^{abc}	0.27±0.04^{cde}	28.05±1.15^{bcde}	0.14±0.01^{b}	0.010±0.002^{cd}	0.074±0.013^{c}	0.045±0.005^{bc}	0.070±0.015^{abc}

[1)]Each value expressed as the mean±standard deviation (n=3).
[2)]Means in the same column with the different are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 4. Total phenolics and flavonoid contents, and antioxidant activities of the leaf from different sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* L.)

Varieties	Total phenolics (mg GAE/g)	Flavonoids (mg CE/g)	AEAC[3] (mg AA eq/g)	DPPH radical scavenging activity (IC_{50}, mg/mL)
Geonpungmi	85.10±0.97[1)a2)]	68.37±0.93[a]	58.75±0.21[a]	0.109±0.000[i]
Daeyumi	74.55±1.12[de]	62.59±0.77[b]	51.32±0.89[b]	0.132±0.001[d]
Yulmi	46.26±0.34[j]	40.25±0.32[h]	30.72±0.26[j]	0.168±0.001[a]
Jinhongmi	52.80±0.68i	47.29±0.49[f]	35.31±0.49[i]	0.147±0.001[b]
Healthymi	66.36±1.29[g]	57.37±0.31[c]	44.51±0.44[g]	0.127±0.000[e]
Manami	55.52±1.59[h]	48.98±0.27[e]	38.52±0.04[h]	0.146±0.002[b]
Sinchunmi	72.93±0.72[e]	50.71±0.18[d]	46.03±0.14[e]	0.115±0.001[g]
Yeonhwangmi	76.52±0.51[c]	50.89±0.08[d]	49.20±0.31[c]	0.115±0.001[g]
Yeonmi	75.34±1.49[cd]	45.96±0.49[g]	47.12±0.11[d]	0.125±0.001[f]
Andong	73.25±0.08[e]	45.56±0.85[g]	47.55±0.29[d]	0.129±0.000[e]
Singeonmi	68.30±1.89[f]	45.29±1.00[g]	45.54±0.04[ef]	0.134±0.001[c]
Gunmi	74.30±0.13[de]	46.27±0.09[g]	45.86±0.07[e]	0.131±0.001[d]
Gogeonmi	73.06±1.10[e]	47.50±0.33[f]	45.12±0.13[f]	0.113±0.001[h]
Jeungmi	78.53±0.13[b]	56.59±0.34[c]	51.20±0.05[b]	0.109±0.001[i]
Ascorbic acid	–	–	–	0.035±0.000
Trolox	–	–	–	0.021±0.000

[1)]Each value expressed as the mean±standard deviation (n=3).
[2)]Means in the same column with the different are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.
[3)]AEAC, L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity; GAE, gallic acid equivalent; CE, catechin equivalent.

보노이드 함량은 신천미 품종이 22.48 mg CE/g으로 가장 높았고, 안동 품종이 10.18 mg CE/g으로 가장 적게 나타났으며, 품종 간에 유의적인 차이가 있었다($p<0.05$). Yoshimoto 등(27)의 연구에 의하면 총 폴리페놀 함량은 잎에는 61.9 mg/g, 잎자루에는 18.8 mg/g 함유되어 있다 하였는데 본 연구결과와 유사하였다. 또한 대부분의 식물체에서도 잎의 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량이 잎자루에 비하여 많이 함유되어 있다 보고하였는데 본 연구에서도 잎이 잎자루에 비하여 많은 함량을 나타내었다(28).

항산화활성

고구마 잎과 잎자루에 대한 항산화물질 함량을 비교하고 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성에 의한 항산화활성을 측정하였다. 고구마 잎에 대한 DPPH 라디칼 소거활성을 50%로 감소시키는 농도인 IC_{50}값을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 고구마 잎의 DPPH 라디칼 소거활성은 건풍미와 증미에서 IC_{50}값이 0.109 mg/mL로 가장 강한 활성을 보였고 율미에서 0.168 mg/mL로 가장 약한 활성을 보였다. 고구마 잎자루에 대해서는 신천미가 0.448 mg/mL로 가장 강한 활성을 보였고, 율미가 1.094 mg/mL로 가장 약한 활성을 보였다. Liao 등(29)의 연구에 의하면 4가지 고구마 품종에 대한 잎의 DPPH 라디칼 소거활성을 분석한 결과 IC_{50}값이 0.19~0.41 mg/mL 범위라 하였는데 본 연구 결과보다는 낮게

Table 5. Total phenolics and flavonoid contents, and antioxidant activities of the stalk from different sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* L.)

Varieties	Total phenolics (mg GAE/g)	Flavonoids (mg CE/g)	AEAC[3] (mg AA eq/g)	DPPH radical scavenging activity (IC_{50}, mg/mL)
Geonpungmi	24.06±0.17[1)e2)]	17.72±0.08[d]	13.76±0.03[c]	0.707±0.002[h]
Daeyumi	26.42±0.20[d]	19.91±0.18[b]	14.95±0.03[a]	0.807±0.003[f]
Yulmi	14.60±0.25[j]	12.40±0.12[g]	8.02±0.04[l]	1.094±0.002[a]
Jinhongmi	22.90±0.14[g]	18.82±0.40[c]	12.75±0.04[f]	0.710±0.002[h]
Healthymi	23.43±0.21[f]	22.22±0.13[a]	13.10±0.01[d]	0.570±0.001[j]
Manami	24.16±0.08[e]	19.97±0.03[b]	14.07±0.02[b]	0.691±0.002[i]
Sinchunmi	37.93±0.13[a]	22.48±0.04[a]	12.96±0.03[e]	0.448±0.003[m]
Yeonhwangmi	18.79±0.23[i]	11.38±0.12[h]	9.21±0.02[j]	0.900±0.002[e]
Yeonmi	18.76±0.38[i]	11.02±0.19[j]	10.93±0.25[h]	0.938±0.001[c]
Andong	19.57±0.06[h]	10.18±0.06[j]	8.29±0.04[k]	0.993±0.002[b]
Singeonmi	23.18±0.19[fg]	13.28±0.10[f]	11.16±0.05[g]	0.794±0.004[g]
Gunmi	19.35±0.03[h]	13.40±0.06[f]	10.56±0.04[i]	0.926±0.006[d]
Gogeonmi	32.01±0.15[b]	16.70±0.25[e]	12.88±0.03[e]	0.499±0.000[k]
Jeungmi	28.38±0.09[c]	18.62±0.28[c]	13.98±0.03[b]	0.485±0.001[l]
Ascorbic acid	–	–	–	0.035±0.000
Trolox	–	–	–	0.021±0.000

[1)]Each value expressed as the mean±standard deviation (n=3).
[2)]Means in the same column with the different are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.
[3)]AEAC, L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity; GAE, gallic acid equivalent; CE, catechin equivalent.

나타났으며, 품종 간의 차이가 있었는데 이는 고구마의 품종 및 생육조건에 따른 차이인 것으로 보고하였다.

총 항산화력(ABTS)은 잎의 경우 건풍미에서 58.75 mg AA eq/g으로 가장 높은 총 항산화력을 보였으며 율미에서 30.72 mg AA eq/g으로 가장 낮게 나타났다. 잎자루의 경우 8.02~14.95 mg AA eq/g 범위로 대유미에서 가장 높았고 율미에서 가장 낮았다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 모두 잎이 잎자루보다 높게 나타났는데 이러한 결과는 보통 식물체의 잎이 잎자루 및 기타 부위에 비해 높게 나타난다는 보고(30)와 유사한 결과로 항산화활성이 높은 잎과 잎자루를 이용해 식품소재로서 활용할 수 있는 기초자료로서 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

고구마 잎과 잎자루에 대한 식품소재로서의 활용 가능성을 알아보기 위하여 14 품종의 고구마에 대한 일반성분, 무기질 및 항산화활성에 대해 조사하였다. 무기질 함량은 K과 Ca 함량이 가장 높았으며, 단백질 함량은 잎에서 15.57~20.34% 범위로 연황미 가장 높게 나타났고 잎자루에서는 3.71~5.97% 범위로 신천미에서 가장 높게 나타났다. 잎의 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량은 각각 46.26~85.10 mg/g 및 40.25~68.37 mg/g 범위로 건풍미에서 가장 높았으며, 잎자루는 각각 14.60~37.93 mg/g 및 10.18~22.48 mg/g으로 신천미에서 가장 높았다. DPPH 라디칼 소거활성은 잎의 경우 건풍미와 증미에서 IC_{50}값이 0.109 mg/mL로 가장 높았으며, 잎자루는 신천미가 0.448 mg/mL로 가장 높았다. 총 항산화력은 잎의 경우 건풍미가 58.75 mg AA eq/g으로 가장 높았고 잎자루는 대유미가 14.95 mg AA eq/g으로 가장 높았다. 이상의 결과로부터 고구마 잎이 잎자루보다 항산화활성 뿐만 아니라 단백질함량과 무기질함량이 풍부해 식품소재로써 활용가능성이 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지역전략작목산학연협력사업 특화작목연구개발사업(과제번호: PJ0087862012)으로 추진된 연구의 일부로 연구비를 지원해 주신 농촌진흥청에 감사를 드립니다.

문 헌

1. FAO. 1997. *FAO production yearbook of 1997.* Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. Vol 51.
2. Jin S, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J Crop Sci* 50: 141-146.
3. Islam MS, Yoshimoto M, Terahara N, Yamakawa O. 2002. Anthocyanin compositions in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *Biosci Biotechnol Biochem* 66: 2483-2486.
4. Yoshimoto M. 2001. New trends of processing and use of sweet potato in Japan. *Farming Jpn* 35: 22-28.
5. Han KH, Lee JC, Lee GS, Kim JH, Lee JS. 2002. Manufacture and physiological functionally of Korean traditional liquor by using purple-fleshed sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 34: 673-677.
6. Lee JS, Shin MJ, Park YK, Ahn YS, Chung MN, Kim HS, Kim JM. 2007. Antibacterial and antimutagenic effects of sweetpotato tips extract. *Korean J Crop Sci* 52: 303-310.
7. Yoshimoto M, Okuno S, Yamaguchi M, Yamakawa O. 2001. Antimutagenicity of deacylated anthocyanins in purple-fleshed sweetpotato. *Biosci Biotechnol Biochem* 65: 1652-1655.
8. Islam S. 2006. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf: its potential effect on human health and nutrition. *J Food Sci* 71: R13-R121.
9. Van AL, Hong TT, Ogle B, Lindverg JE. 2005. Utilization of ensiled sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) leaves as a protein supplement in diets for growing pigs. *Trop Anim Health Prod* 37: 77-88.
10. 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.
11. Ishiguro K, Toyama J, Islam MS, Yoshimoto M, Kumagai T, Kai Y, Nakazawa Y, Yamakawa O. 2004. Suioh, a new sweet potato cultivar for utilization in vegetable greens. *Acta Hortic* 637: 339-345.
12. Lee JS, Park YK, Ahn YH, Kim HS, Chung MN, Jeong BC, Bang JK. 2007. Antioxidative and biological activities of extracts of sweetpotato tips. *Korean J Crop Sci* 52: 411-420.
13. AOAC. 2000. *Oficial methods of analysis.* 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. Method 991.43
14. 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.
15. Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
16. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
17. Okawa M, Kinjo J, Nohara T, Ono M. 2001. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging activity of flavonoids obtained from some medicinal plants. *Biol Pharm Bull* 24: 1202-1205.
18. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
19. 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.
20. Li L. 1974. Variation in protein content and its relation to other characters in sweet potatoes (*Ipomoea bataas* L.). *Chinese J Agric Assoc* 88: 17-22.
21. Anonymous. 1985. Composition of the edible fiber in sweet potato tips. AVRDC Progress report. Tainan, Taiwan. p 310-313.
22. Woolfe JA. 1992. *Sweet potato.* Cambridage University Press, New York, NY, USA. p 118-187.
23. Jung IC, Kang SJ, Kim JK, Hyon JS, Kim MS, Moon YH. 2003. Effects of addition of perilla leaf powder and carcass

grade on the quality and palatability of pork sausage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 350-355.
24. Hamme LK. 1984. Influence of N source, N rate, and K rate on the yield mineral concentration of sweet potato. *J Am Soc Hort Sci* 109: 294-298.
25. Scott LE, Bouwkamp JC. 1974. Seasonal mineral accumulation by the sweet potato. *J Am Soc Hort Sci* 9: 233-235.
26. Pace RD, Sibiya TE, Phills BR, Dull GG. 1985. Ca, Fe and Zn content of 'Jewel' sweet potato greens as affected by harvesting practices. *J Food Sci* 50: 940-941.
27. Yoshimoto M, Kurata R, Okuno S, Ishiguro K, Yamakawa O, Tsubata M, Mori S, Takagaki K. 2006. Nutritional value and physiological functions of sweetpotato leaves. *Acta Hort* 703: 107-116.
28. Beom HJ, Kang DJ, Lee BD, Shon J, Im S, Eun JB. 2007. Physicochemical characteristics of powder from hot air and freeze dried and roots of *Acorous calamus* L. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1451-1457.
29. Liao WC, Lai YC, Yuan MC, Hsu YL, Chan CF. 2011. Antioxidative activity of water extract of sweet potato leaves in Taiwan. *Food Chem* 127: 1224-1228.
30. Choi SR, You DH, Kim JY, Park CB, Ryu J, Kim DH, Eun JS. 2008. Antioxidant and antimicrobial activities of *Artemisia capillaris* Thunberg. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16: 112-117.

(2012년 8월 16일 접수; 2012년 9월 25일 채택)