

재배방법에 따른 고구마의 품질특성 및 화학성분 변화

우관식* · 고지연 · 김현영 · 이용환¹ · 정헌상²

국립식량과학원 기능성작물부, ¹국립식량과학원 작물환경과, ²충북대학교 식품공학과

Changes in Quality Characteristics and Chemical Components of Sweet Potatoes Cultivated using Different Methods

Koan Sik Woo*, Jee Yeon Ko, Hyun Young Kim, Yong Hwan Lee¹, and Heon Sang Jeong²

Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

¹Crop Environment Research Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

²Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

Abstract Effects of cultivation methods on quality characteristics, pasting characteristics, chemical components, and antioxidant activities of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) were determined. The Brix degree, hunter color value, pasting characteristics, moisture, protein, and mineral contents of the sweet potatoes showed significant differences from cultivation methods. The total polyphenol and flavonoid contents of the methanolic extracts of the sweet potato's pericarp were higher than sweet potato's sarcocarp. The 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of the sweet potato's pericarp on the conventional culture and successful cropped hairy vetch culture was 776.38 and 715.20 mg TE/100 g sample. The 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical scavenging activity of the sweet potato's pericarp on the conventional culture and successful cropped hairy vetch culture was 708.03 and 708.58 mg TE/100 g sample. Generally, there was a difference in antioxidant compound content and radical scavenging activity on the methanolic extract of sweet potato with cultivation methods.

Keywords: sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), chemical component, antioxidant activity

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* (L.) Lam)는 열대 및 아열대 지방에서 재배되는 메꽃과의 여러해살이 풀로(1,2), 다른 작물에 비해 척박한 땅에서도 잘 자라며 재배가 용이하고 단위면적당 수확량이 많고 수분을 제외한 대부분이 전분으로 쌀, 보리 등의 곡류와 함께 주요 식량자원으로 이용되어 왔다(3-5). 1763년 우리나라에 도입되어 식량이 부족할 때 주식량 또는 보조식량으로 중요한 역할을 해왔으나(6), 고도경제성장과 더불어 고구마의 재배면적과 소비가 지속적으로 감소되어 왔다(7). 고구마는 품종에 따라 그 색깔, 맛, 육질, 수확량, 수분, 전분 함량, 저장성, 가공적성 등이 다르게 나타나는 독특한 특성을 가지고 있으며 그에 따라 용도도 달라진다. 특히 가열 조리 후 조직특성의 변화에 따라 크게 분질 고구마와 점질 고구마로 나누어지는데 점질고구마는 비교적 전분이 적고 당분이 많으며, 식용보다는 전분 제조와 사료로 더 많이 이용되고 있다. 또한 분질 고구마는 전분이 많고 단맛이 있어 식용으로 적합하며 모양도 고르고 외피도 매끈한 편이다(8). 전

연 β-카로틴을 다량 함유한 황색고구마는 항암효과를 갖는 소제(9,10)와 레티놀의 공급원(11)으로서 크게 인식되고 있으며, 안토시아닌 성분이 함유된 자색고구마는 항돌연변이 및 항산화활성(12-14), 항균작용(13), 항고혈압작용 및 간보호 기능(15) 등이 발표되어 기능성 식품으로서도 많은 관심을 받고 있다(16).

고구마는 건조 고형물 중 75% 이상이 탄수화물로 식량자원으로 효용가치가 매우 높으며(17), 바이오에탄올(18), 소주(7), 간장, 된장, 의약품, 화학약품 등의 원료로 사용되기도 한다(19). 고구마는 천연 β-카로틴과 비타민, 무기성분, 식이섬유 등을 많이 함유한 알칼리성 식품군에 속하며(20), 항암 및 항산화작용, 성인병 예방 등 영양성 및 기능성이 확인되면서 기호식품 및 건강식품의 재료로 많이 이용되고 있어(1,2) 벼의 대체작물로서 농업인의 소득을 유지시켜 줄 수 있는 작목으로 각광받고 있어 재배면적과 생산량이 점차 증가하고 있다(7).

따라서 본 연구에서는 전보(21)와 같이 최근 각광받고 있는 친환경 재배기술의 하나인 녹비작물을 이용한 후작으로 고구마를 재배하고 수확된 고구마의 품질특성과 화학성분 및 항산화활성의 변화를 분석하여 고구마 친환경 재배에 적합한 녹비작물 설정의 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료의 재배조건

본 연구에 사용된 고구마 품종은 전보(21)와 동일한 신울미 품종을 사용하였고, 시험장소 또한 경남 통영 옥지도의 동일한 시

*Corresponding author: Koan Sik Woo, Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang, Gyeongnam 627-803, Korea
Tel: 82-55-350-1269
Fax: 82-55-352-3059
E-mail: wooks@korea.kr
Received March 8, 2013; revised April 12, 2013;
accepted April 19, 2013

협포장에서 재배하였다. 전작물로 사용한 녹비작물의 처리는 단일작물 사용구는 헤어리베치, 녹비보리를 각각 파종하였으며, 혼합작물 사용구는 헤어리베치와 녹비보리, 헤어리베치와 호밀을 혼파하였고, 대조구로 관행재배(고구마 표준 시비량(N-P-K): 5.5-6.3-15.6 kg/10a)와 무비구를 사용하였다. 고구마 재배를 위하여 2011년 9월 30일에 녹비작물을 파종하고 2012년 5월 28일에 녹비작물을 토양에 환원하였으며, 고구마 삼식은 2012년 6월 9일에 실시하였고, 10월 3일에 수확하여 분석용 시료로 사용하였다. 녹비작물 재배기간의 기상조건은 평균기온 9.59°C, 강수량 763.5 mm이었으며, 고구마 재배기간 동안의 평균기온과 강수량은 각각 10.16°C, 881.7 mm로 조사되었다.

재배방법에 따른 고구마의 품질특성 분석

재배조건에 따른 고구마의 당도는 시료를 착즙하여 굴절당도계(PR-101α, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 착즙액의 당도를 측정하여 °Bx로 표시하였다. 색도는 고구마를 절단하여 절단면을 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도를 나타내는 L값(lightness), 적색도의 정도를 나타내는 a값(redness), 황색도의 정도를 나타내는 b값(yellowness)으로 나타내었으며, 사용한 표준판의 색도는 각각 98.90, -0.10 및 -0.36이었다. 고구마의 호화점도 특성은 Rapid Visco Analyzer (RVA, model 3D, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 동결건조하여 분쇄한 시료 3 g을 25 mL의 증류수에 분산시켜 처음 1분 동안 50°C까지 가열 후 분당 12°C씩 온도를 높여 95°C까지 상승시키고 95°C에서 2.5분 동안 유지하였다. 또한 50°C까지 분당 12°C씩 온도를 낮춰 2분 동안 유지하면서 점도를 측정하였다. 재배방법별 고구마의 호화 특성은 호화개시온도(pasting temperature), 호화개시시간(pasting time), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(breakdown viscosity), 최종점도(final viscosity), 치반점도(setback viscosity) 등을 측정하였다(22).

재배방법에 따른 고구마의 일반성분 및 무기성분 분석

재배방법에 따른 고구마의 수분함량은 적외선수분함량측정기(MX-50 moisture analyzer, AND, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 조단백질 함량 및 무기성분 함량을 분석하기 위하여 일정량의 시료를 취하여 습식분해한 후 100 mL로 정용하여 분석용 시료로 사용하였다. 조단백질 함량은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeltac Analyzer Unit, FOSS Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 정량하였으며, 무기성분은 Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS, Optima 3300DV, Perkin elmer, Norwalk, CT, USA)를 이용하여 분석하였다(23). 아밀로스 함량은 아밀로스가 그의 나선구조 속에 요오드 분자를 결합시켜 안정된 청자색 혼합물을 형성시키는 특성을 이용하여 아밀로스-요오드 혼합물의 청색을 가장 많이 흡수하는 적색파장에서의 흡광도를 비색계(Multiskan Spectrum, Thermo Fisher Scientific, Vantaa, Finland)를 이용하여 620 nm에서 측정하였으며, 표준품으로 pure potato amylose (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 정량하였다(24).

재배방법에 따른 고구마 추출 및 항산화성분 함량 분석

고구마를 세척하고 박피하여 과육(sarcocarp)과 과피(pericarp) 부분으로 분리하여 동결건조(FDT-8612, OPERON, Kimpo, Korea)하고 분쇄기(vibrating sample mill, CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 추출용 시료로 사용하였다. 분쇄된 시료 5 g을 취하여

80% 메탄올 50 mL을 첨가하여 24시간동안 진탕추출(SK-71 Shaker, JEIO Tech, Kimpo, Korea)을 2회 실시한 다음 여과하여 감압농축기(N-1000, Eyela, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 완전히 제거하였다. 여기에 80% 메탄올을 이용하여 재용해한 후 50 mL로 정용하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent (Sigma-Aldrich)가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(25). 추출물 50 μL에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 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 equivalent (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Jia 등(26)의 방법에 따라 추출물 250 μL에 증류수 1 mL와 5% NaNO₂ 75 μL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O 150 μL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 μL를 가하였다. 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg catechin equivalent (CE, dry basis)로 나타내었다.

메탄올 추출물의 항산화활성 측정

추출물에 대한 항산화활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma-Aldrich) 및 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid (ABTS, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 측정하였다(27). DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% 메탄올에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical의 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical의 소거활성은 mg (Trolox equivalent (TE) antioxidant capacity)/100 g sample로 표현하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean±SD로 표현하였다. 또한 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 각각의 변수에 대한 특성을 분석하였다.

결과 및 고찰

재배방법에 따른 고구마의 품질특성

녹비작물 재배 후 후작으로 재배한 고구마에 대한 당도 및 색도 등 품질을 분석한 결과 Table 1과 같이 수확된 고구마는 전작물에 따라 당도 및 색도가 유의적으로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 재배방법에 따른 고구마의 당도는 8.5-9.5°Bx로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 보리 후작으로 재배한 고구마(SP3)가 8.5°Bx를 나타내었고 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)와 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5)가 9.5°Bx를 나타내었다. 재배방법에 따른 고구마 과육(sarcocarp)의 색도를 측정한 결과 Table 1과 같이 명도(L-value)는 보리 후작으로 재배한 고구마(SP3)가 89.40으로 가장 높은 값을 보였으며, 헤

Table 1. Quality characteristics of sweet potato with the cultivated methods

Sample ¹⁾	Brix degree (°Bx)	Hunter color value		
		L-value	a-value	b-value
SP1	9.5±0.6 ^{2)ab3)}	87.58±0.33 ^c	0.80±0.14 ^c	40.56±0.31 ^c
SP2	9.0±0.0 ^{ab}	88.63±0.07 ^b	1.90±0.19 ^b	39.59±0.44 ^d
SP3	8.5±0.6 ^b	89.40±0.38 ^a	1.02±0.19 ^c	37.95±0.63 ^e
SP4	9.3±0.5 ^a	86.45±0.19 ^d	3.65±0.07 ^a	44.85±0.29 ^a
SP5	9.5±0.6 ^a	87.53±0.86 ^c	3.81±0.63 ^a	42.38±0.19 ^b
SP6	9.0±0.0 ^{ab}	87.69±0.23 ^c	3.65±0.17 ^a	42.68±0.55 ^b

¹⁾SP1: conventional culture, SP2: sweet potato culture after hairy vetch culture, SP3: sweet potato culture after barley cultivation, SP4: sweet potato culture after mix-seeding hairy vetch and barley, SP5: sweet potato culture after mix-seeding hairy vetch and rye, SP6: not fertilizer.

²⁾Each value is mean±SD (n=3).

³⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

어리베치와 보리 후작으로 재배한 고구마(SP4)가 86.45로 가장 낮은 값을 보여 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보였다. 적색도(a-value)는 헤어리베치와 보리 후작으로 재배한 고구마(SP4), 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5) 및 비료를 주지 않고 재배한 고구마(SP6)에서 각각 3.65, 3.81 및 3.65로 높은 값을 보였으며, 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 0.80으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 황색도(b-value)는 헤어리베치와 보리 후작으로 재배한 고구마(SP4)가 44.85로 유의적으로 높은 값을 보였고 보리 후작으로 재배한 고구마(SP3)가 37.95로 가장 낮은 값을 나타내었다.

재배방법을 달리하여 재배한 고구마를 동결건조하여 호화특성을 분석한 결과 Table 2와 같이 나타났다. 재배방법에 따른 고구마의 호화개시온도(pasting temperature)는 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 71.0°C로 낮은 호화온도를 보였고 나머지 처리에서는 77.7-79.4°C로 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 호화개시시간(pasting time)은 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 4.2분으로 가장 길었고 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 3.8분으로 유의적으로 짧았다. 최고점도(peak viscosity)는 비료를 주지 않고 재배한 고구마(SP6)가 1,697.0 RVU로 가장 높은 수치를 보였고 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)와 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 각각 660.3

및 646.0 RVU로 유의적으로 낮은 수치를 보였다. 최저점도(trough viscosity)는 비료를 주지 않고 재배한 고구마(SP6)가 718.7 RVU로 가장 높은 수치를 보였고 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 53.0 RVU로 가장 낮은 수치를 보였다. 최고점도와 최저점도 정도의 차이로서 아밀로스 함량과 음의 상관관계를 가지며, 가공 중의 열과 전단력에 대한 저항성과 높은 상관성을 보이는 (28) 강하점도(breakdown viscosity)는 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5)가 1,050.0 RVU로 가장 높게 나타났으며, 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 496.0 RVU로 가장 낮은 수치를 보였다. 최종점도(final viscosity)는 가열이 중지되고 cooling이 되는 단계에서 일어나는 과정이며, 이때 특히 아밀로스 와 같은 전분분자들이 다시 재결합하여 점도가 증가한다(29). 재배방법에 따른 고구마의 최종점도는 비료를 주지 않고 재배한 고구마(SP6)가 981.0 RVU로 가장 높은 수치를 보였고 관행재배방법으로 재배한 고구마(SP1)가 69.3 RVU로 가장 낮은 수치를 보였다. 전분의 노화 경향을 반영하는 치반점도(setback viscosity)는 값이 클수록 노화가 빠르게 진행되는 것을 의미하는데(22), 전체적으로 음의 값을 나타내어 노화에는 안정적인 것으로 보이며, 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5)와 보리 후작으로 재배한 고구마(SP3)가 각각 -889.0 및 -807.0 RVU로 유의적으로 노화에 더 안정적인 것으로 보인다.

재배방법에 따른 고구마의 일반성분 및 무기성분 함량

녹비작물 재배 후 후작으로 재배한 고구마를 과피(pericarp)와 과육(sarcocarp)으로 분리하여 일반성분 및 무기성분 함량을 분석한 결과 Table 3과 같이 나타났다. 수분함량은 62.5-80.6 g/100 g으로 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며 ($p<0.05$), 과피와 과육은 각각 70.2-80.6 및 62.5-70.3 g/100 g으로 과육보다는 과피 부위에 더 많은 수분이 있는 것으로 나타났다. 단백질 함량(2.6-3.9 g/100 g)도 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며($p<0.05$), 보리 후작으로 재배한 고구마(SP3) 과피와 헤어리베치와 보리 후작으로 재배한 고구마(SP4) 과피와 과육이 3.9 g/100 g이었고 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1) 과피와 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5) 과육이 2.6 g/100 g이었다. 아밀로스 함량은 보리 후작으로 재배한 고구마(SP3) 과피에서 18.2 g/100 g으로 가장 낮았고 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5) 과피에서 25.5 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내어 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났($p<0.05$). Oh와 Hong(30)은 밤고구마인 울미의 수분 및 단백질 함량이 각

Table 2. Pasting characteristics of sweet potato with the cultivated methods

Sample ¹⁾	Pasting temperature (°C)	Pasting time (min)	Peak viscosity (RVU ²⁾)	Trough viscosity (RVU)	Breakdown viscosity ³⁾ (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback viscosity ⁴⁾ (RVU)
SP1	71.0±6.1 ^{2)ab3)}	3.8±0.0 ^d	660.3±9.3 ^d	53.0±1.7 ^c	607.3±8.4 ^d	69.3±2.3 ^c	-591.0±10.8 ^b
SP2	78.1±0.5 ^a	4.2±0.0 ^a	646.0±8.2 ^d	150.0±1.7 ^d	496.0±8.0 ^e	205.7±4.2 ^d	-440.3±7.4 ^a
SP3	77.7±0.5 ^a	3.9±0.0 ^c	1,024.3±25.1 ^c	154.7±6.4 ^d	869.7±28.9 ^e	217.3±4.6 ^d	-807.0±23.9 ^d
SP4	79.4±0.6 ^a	4.0±0.0 ^b	1,495.0±5.6 ^b	594.0±6.2 ^b	901.0±11.5 ^e	784.0±22.6 ^b	-711.0±27.4 ^c
SP5	78.8±0.8 ^a	3.9±0.0 ^c	1,542.0±53.8 ^b	492.0±8.7 ^c	1,050.0±45.3 ^a	653.0±15.6 ^c	-889.0±38.3 ^c
SP6	79.2±0.6 ^a	4.0±0.0 ^b	1,697.0±69.5 ^a	718.7±5.9 ^a	978.3±70.8 ^b	981.0±10.8 ^a	-716.0±62.6 ^c

¹⁾See the Table 1.

²⁾Rapid Visco Units

³⁾Peak viscosity minus trough viscosity

⁴⁾Final viscosity minus peak viscosity

⁵⁾Each value is mean±SD (n=3).

⁶⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 3. Proximate compositions and minerals compositions of sweet potato with the cultivated methods

Sample ¹⁾	Proximate composition (g/100 g)			Minerals composition (mg/100 g)				
	Moisture	Protein	Amylose	K	Ca	Mg	Na	
Pericarp	SP1	77.1±1.54 ^{1)bc2)}	2.6±0.27 ^d	19.3±1.27 ^{cdef}	349.0±11.5 ^c	251.1±16.4 ^{cd}	43.9±2.92 ^{bc}	92.0±0.05 ^a
	SP2	79.0±1.65 ^{ab}	3.4±0.04 ^{ab}	18.5±2.32 ^{ef}	471.7±21.7 ^a	279.4±17.0 ^{bc}	55.6±7.73 ^a	62.9±0.11 ^d
	SP3	80.6±1.67 ^a	3.9±0.49 ^a	18.2±0.63 ^f	412.2±3.58 ^b	296.3±13.8 ^b	47.3±5.26 ^b	74.2±3.68 ^c
	SP4	70.9±1.42 ^c	3.9±0.35 ^a	22.3±0.71 ^{abcd}	249.5±4.90 ^c	251.1±27.2 ^{cd}	47.0±0.08 ^b	70.9±0.62 ^c
	SP5	71.8±0.72 ^c	3.3±0.13 ^{bc}	25.5±0.68 ^a	295.8±14.3 ^d	267.5±27.1 ^{bcd}	36.6±0.50 ^{cd}	73.4±4.82 ^c
	SP6	70.2±2.11 ^c	3.5±0.13 ^{ab}	24.7±0.98 ^{ab}	219.7±3.11 ^{fg}	376.8±8.56 ^a	57.8±6.20 ^a	82.4±1.15 ^b
Sarcocarp	SP1	64.6±2.58 ^{ef}	2.7±0.22 ^{cd}	24.9±0.66 ^{ab}	127.1±2.13 ⁱ	235.8±9.36 ^d	37.4±0.13 ^{cd}	62.8±1.34 ^d
	SP2	69.1±2.07 ^{cd}	3.4±0.13 ^{ab}	19.1±0.99 ^{def}	241.3±3.20 ^{ef}	106.2±8.76 ^f	26.9±0.09 ^e	30.9±0.51 ^g
	SP3	70.3±0.70 ^c	3.2±0.09 ^{bcd}	20.1±3.09 ^{cdef}	221.5±0.77 ^{fg}	121.4±23.4 ^{ef}	26.4±2.00 ^e	31.2±0.11 ^g
	SP4	66.5±1.38 ^{de}	3.9±0.35 ^a	21.7±0.75 ^{bcd}	206.7±6.39 ^g	150.4±12.4 ^e	36.1±0.69 ^{cd}	36.8±1.43 ^f
	SP5	62.5±0.96 ^f	2.6±0.18 ^d	22.6±1.68 ^{abc}	179.9±19.4 ^h	134.8±12.2 ^{ef}	32.6±4.08 ^{de}	47.3±3.58 ^c
	SP6	66.8±2.00 ^{de}	3.2±0.04 ^{bcd}	21.7±0.40 ^{bcd}	238.6±1.32 ^{ef}	119.9±13.6 ^{ef}	32.0±0.01 ^{de}	40.2±0.17 ^f

¹⁾See the Table 1.²⁾Each value is mean±SD (n=3).³⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

각 71.02 및 1.98%로 보고하였고 Shin 등(31)은 주황미의 수분 및 단백질 함량이 각각 66.87 및 0.13%로 보고하였으며, 또한 호박고구마의 밤고구마의 수분은 66.87 및 60.78%, 단백질은 0.13 및 1.26%로 보고하였다(32). 또한 Kim 등(33)의 연구에서 울미 품종의 수분 및 단백질 함량은 70.12 및 1.98%로 보고하였다. 전보(21)의 경우 재배조건에 따라 수분함량은 63.6-56.6 g/100 g, 단백질은 3.1-2.4 g/100 g으로 보고하여 수분함량은 약간의 차이를 보였으나 단백질 함량은 유사한 수치를 보였다. 본 연구 결과 기존 보고와 일반성분의 함량이 차이를 보이는 것은 재배시기의 기상, 토양의 상태, 품종, 재배지역 등의 영향에 의한 것으로 생각된다.

고구마의 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등 무기성분 함량을 분석한 결과 Table 3과 같이 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며($p<0.05$), 전체적으로 과육보다는 과피에 더 많은 무기성분이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 고구마 과피의 경우 칼륨 함량은 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 471.7 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 칼슘과 마그네슘 함량은 비료를 주지 않고 재배한 고구마(SP6)가 각각 376.8 및 57.8 mg/100 g, 나트륨 함량은 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 92.0 mg/100 g으로 유의적으로 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 고구마 과육의 경우 칼륨 함량은 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)와 비료를 주지 않고 재배한 고구마(SP6)가 각각 241.3 및 238.6 mg/100 g으로 유의적으로 높았고 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 127.1 mg/100 g으로 가장 낮았다. 칼슘 함량은 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 235.8 mg/100 g으로 높았고 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 106.2 mg/100 g으로 가장 낮았다. 마그네슘과 나트륨은 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 각각 37.4 및 62.8 mg/100 g으로 높은 함량을 보였고 헤어리베치(SP2) 및 보리 후작으로 재배한 고구마(SP3)가 유의적으로 낮은 함량을 보였다. Lee 등(34)의 보고에 의하면 '하얀미' 품종을 동결건조하여 무기성분의 함량을 분석한 결과 칼륨, 칼슘, 나트륨, 마그네슘 함량이 각각 1,421, 67, 25 및 40 mg/100 g으로 보고하였고 전보(21)의 경우 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 함량은 155.1-307.8, 15.4-29.1, 23.3-31.5 및 36.0-92.8 mg/100 g의 함량을 보이는 것으로 보고하

였는데, 이러한 무기성분 함량의 차이는 일반성분과 마찬가지로 재배시기의 기상, 통양조건, 품종 등의 영향으로 생각된다.

재배방법에 따른 고구마의 항산화성분 함량

식물성 식품 속에 함유되어 있는 많은 생리활성 물질 중 페놀 화합물은 phenolic hydroxyl 그룹 때문에 단백질 또는 효소 단백질, 기타 거대 분자들과 결합하는 성질, 2가 금속이온과의 결합력, 높은 항산화활성을 가지는 것으로 알려져 있다(35). 재배방법을 달리하여 재배한 고구마를 과피와 과육으로 구분하여 80% 메탄올로 추출하여 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 분석한 결과 Fig. 1과 같이 과육보다는 과피에 많이 함유된 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량(Fig. 1A)은 과피의 경우 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 9.38 mg GAE/g sample로 유의적으로 가장 높은 함량을 보였고($p<0.05$) 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2) 또한 8.47 mg GAE/g sample로 높은 함량을 보였으며, 헤어리베치와 보리 후작으로 재배한 고구마(SP4)가 5.81 mg GAE/g sample로 낮은 함량을 보였다. 과육의 경우는 2.61-3.59 mg GAE/g sample의 범위에서 유의적인 차이를 보였다. 총 플라보노이드(Fig. 1B) 또한 과피에서 과육보다 높은 함량을 보였으며, 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1) 과피에서 5.57 mg CE/g sample로 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고($p<0.05$) 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2) 또한 4.22 mg CE/g sample로 높은 함량을 보였으며, 헤어리베치와 보리 후작으로 재배한 고구마(SP4)가 2.24 mg CE/g sample로 낮은 함량을 보였고 과육의 경우 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 0.58 mg CE/g sample로 다른 처리(0.12-0.28 mg CE/g sample)에 비해 유의적으로 높았다. 자색고구마의 총 페놀화합물 함량은 증류수 추출물의 경우 44.25 mg/g, 메탄올 추출물에서 13.1 mg/g이라고 보고하였으며(36,37), 신울미는 gallic acid, chlorogenic acid, caffeic acid 등의 페놀화합물이 함유되어 있다고 하였고(12), 울미의 과피 부분의 70% 메탄올 추출물에서 caffeic acid와 chlorogenic acid 함량이 각각 68.4 및 67.4 mg%, 과육이 각각 2.8 및 1.0 mg%로 보고하여 고구마의 폴리페놀 성분이 대부분 과피에 존재하는 것으로 알려져 있다(38). 전보(21)의 경우 총 폴리페놀 함량은 과피와 과육에서 각각 3.93-5.05 및 1.58-1.97 mg GAE/g sample, 총 플라보

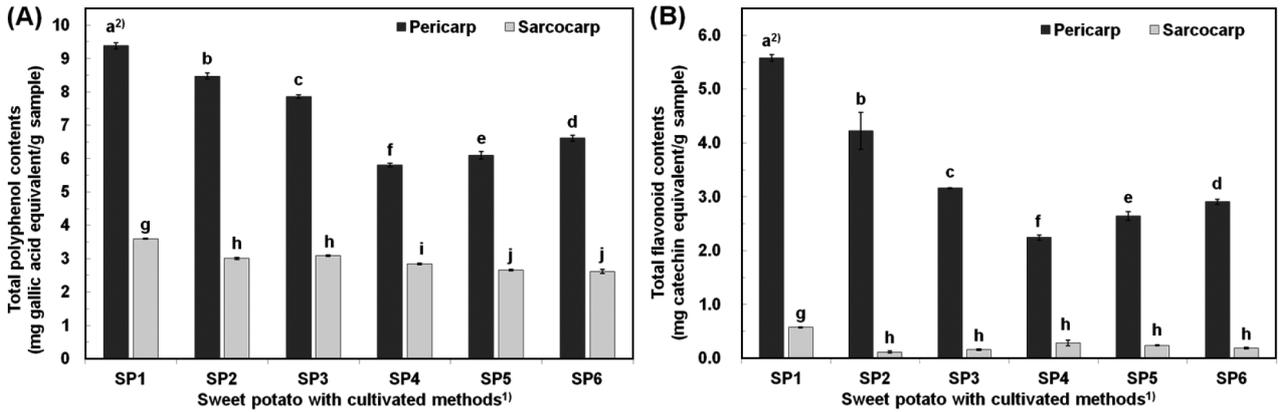


Fig. 1. Total polyphenol (A) and flavonoid (B) contents of sweet potato with the cultivated methods. ¹⁾See the Table 1. ²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

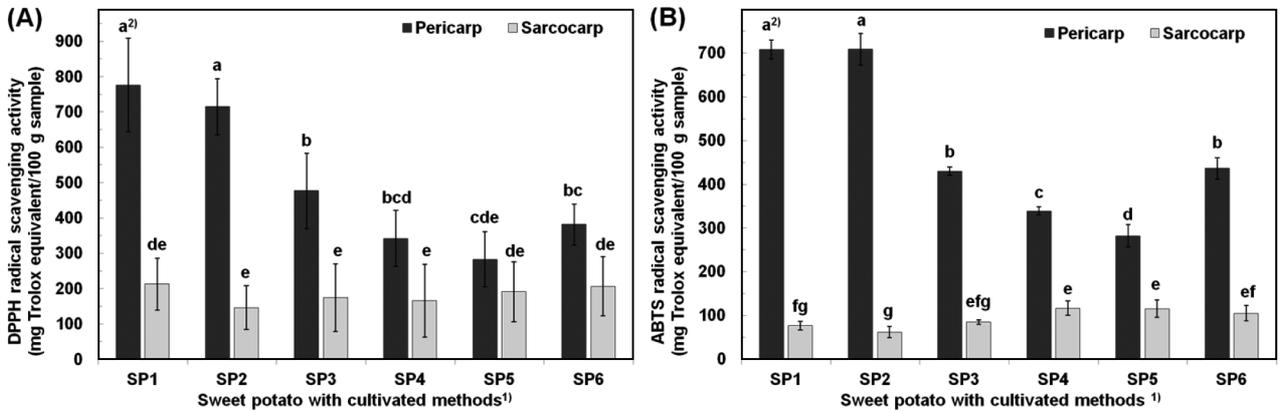


Fig. 2. DPPH (A) and ABTS (B) radical scavenging activity on methanolic extracts of sweet potato with the cultivated methods. ¹⁾See the Table 1. ²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

노이드 함량은 각각 2.41-3.86 및 0.47-0.75 mg CE/g sample으로 약간의 차이를 보였는데, 이는 시료의 재배환경, 품종 등의 실험재료의 재배조건 차이와 추출물 제조 과정에 있어 추출용매와 추출방법 등의 차이에 의한 것으로 생각된다.

재배방법에 따른 고구마의 항산화활성

천연물의 항산화활성은 활성 radical에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(39). 재배방법을 달리하여 재배한 고구마를 과피와 과육으로 구분하여 DPPH 및 ABTS radical 소거활성을 측정 한 결과 Fig. 2와 같이 과육 추출물보다 과피 추출물의 활성이 높은 것으로 나타났다. DPPH radical 소거활성(Fig. 2A)은 과피의 경우 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 776.38 mg TE/100 g sample로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였고($p < 0.05$) 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2) 또한 715.20 mg TE/100 g sample로 높은 활성을 보였으며, 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5)가 283.30 mg TE/100 g sample로 낮은 활성을 보였고 과육의 경우는 146.48-213.11 mg TE/100 g sample의 범위에서 유의적인 차이를 보였다. ABTS radical 소거활성(Fig. 2B) 또한 과피 추출물에서 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)와 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 708.03 및 708.58 mg

TE/100 g sample로 유의적으로 높았고($p < 0.05$), 헤어리베치와 호밀 후작으로 재배한 고구마(SP5)가 282.06 mg TE/100 g sample로 낮은 활성을 보였으며, 과육의 경우는 61.89-116.90 mg TE/100 g sample의 범위에서 유의적인 차이를 보였다. 고구마에는 페놀계 화합물로 caffeic acid와 quinic acid의 에스테르 결합 형태인 chlorogenic acid, isochlorogenic acid 등이 다량 함유되어 있어(40) 이들 성분에 의해 항산화활성, 간독성회복작용, 암발생 억제, 항미생물 및 항돌연변이 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(41). Song 등(37)은 황색고구마의 DPPH 활성이 57.1-21.8%(시료농도 1%)로 보고하였으며, Lee 등(12)은 신울미 80% 에탄올 추출물의 전자공여능이 chloroform, ethyl acetate 및 butanol 층에서 각각 3.0, 69.3 및 26.5%로 보고하였다. 전보(21)의 경우 DPPH radical 소거활성은 과피와 과육에서 각각 546.47-958.81 및 132.01-189.83 mg TE/100 g, ABTS radical 소거활성은 각각 438.08-663.53 및 139.43-201.02 mg TE/100 g으로 보고하였는데, 기존의 보고와 차이를 보이는 것은 실험재료 및 추출조건 등의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

요 약

재배방법을 달리하여 재배한 고구마의 품질특성과 화학성분 및 항산화활성의 변화를 분석하여 고구마 친환경재배에 적합한 농비작물 설정의 기초자료로 활용하고자 하였다. 농비작물 재배 후

후작으로 재배한 고구마에 대한 당도 및 색도 등의 품질특성과 호화특성을 분석한 결과 전작물에 따라 유의적으로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 수확된 고구마를 과피와 과육으로 분리하여 수분(62.5-80.6 g/100 g), 단백질(2.6-3.9 g/100 g) 등의 일반성분과 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등의 무기성분 함량을 분석한 결과 전작물에 따라 유의적으로 차이를 보였다. 재배방법을 달리하여 재배한 고구마를 과피와 과육으로 구분하여 매탄올로 추출하여 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량을 분석한 결과 과육보다 과피 추출물이 유의적으로 높은 함량을 보였다($p < 0.05$). 가장 높은 함량을 보인 처리구는 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)로서 과피 추출물에서 각각 9.38 mg GAE/g sample 및 5.57 mg CE/g sample으로 유의적으로 가장 높았다($p < 0.05$). DPPH 및 ABTS radical 소거활성 또한 항산화성분과 마찬가지로 과육보다 과피 추출물이 유의적으로 높은 활성을 보였으며($p < 0.05$), 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1) 과피 추출물이 각각 776.38 및 708.03 mg TE/100 g sample로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였고, 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 각각 715.20 및 708.58 mg TE/100 g sample로 비교적 높은 활성을 보였다. 이상의 결과에서 관행재배 방법으로 재배한 고구마(SP1)가 높은 항산화성을 보였으며, 헤어리베치 후작으로 재배한 고구마(SP2)가 그 다음의 항산화성을 보여 다른 작물에 비해 유리할 것으로 판단된다.

References

- Han JS. Preparation of mixed beverages for breakfast made primarily with the hydrolysate of sweet potato and its quality characteristics. *Korean J. Food Cookery Sci.* 20: 271-278 (2004)
- Lee HJ, Lee MK, Park IS. Characterization of mushroom tyrosinase inhibitor in sweet potato. *J. Life Sci.* 16: 396-399 (2006)
- Park IS, Lee HJ, Lee MK, Park IS. Characterization of mushroom tyrosinase inhibitor in sweet potato. *J. Life Sci.* 16: 396-399 (2006)
- Jung ST, Rhim JW, Kang SG. Quality properties and carotenoid pigments of yellow sweet potato puree. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 596-602 (1998)
- Kim JS. Preparation of sweet potato drinks and its quality characteristics. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 24: 943-947 (1995)
- Mok IG, Zhao DL, Kwak SS. Genetic resource of sweet potato for industrial use. *J. Plant Biotechnol.* 36: 202-206 (2009)
- Park JS, Chung BW, Bae JO, Lee JH, Jung MY, Choi DS. 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 (2008)
- Cheon SH, Eun JB. The physical properties of puffed snacks (*ppeongtuigi*) added with sweet potato flours. *J. Appl. Biol. Chem.* 54: 147-152 (2011)
- Peto R, Coll R, Buckley JD, Sporn MB. Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates? *Nature* 290: 201-208 (1984)
- Kim SJ, Rhim JW, Jung ST, Ahn YS, Oh YB. Carotenoid contents of yellow sweet potatoes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 218-222 (1997)
- Almeida LB, Pentead MVC. Carotenoids and pro-vitamin A value of white fleshed Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.). *J. Food Compos. Anal.* 4: 341-352 (1988)
- Lee JS, Ahn YS, Chung MN, Kim HS. Biological activity of varieties, isolation and purification of antioxidants components in sweet potato. *Kor. J. Breed. Sci.* 39: 296-301 (2007)
- Lee HH, Kang SG, Rhim JW. Characteristics of antioxidative and antimicrobial activities of various cultivars of sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1090-1095 (1999)
- Jackman RL, Yada RY, Jung MA. Separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. *J. Food Biochem.* 11: 279-308 (1987)
- Cho YJ, Kim HA, Bang MA, Oh YB, Jeong BC, Moon YH, Jeong WJ. Protective effect of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) on hepatotoxicity rats induced by carbon tetrachloride. *Korean J. Food Culture* 18: 202-210 (2003)
- Lee JS, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Jeong BC. Making techniques of high quality powder in sweetpotato. *Korean J. Crop Sci.* 51: 198-203 (2006)
- Kim SY, Ryu CH. Studies on the nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 819-825 (1995)
- Ziska LH, Runion GB, Tomecek M, Prior SA, Torbet HA, Sicher R. An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland. *Biomass Bioenerg.* 33: 1503-1508 (2009)
- Park JS, Bae JO, Choi GH, Chung BW, Choi DS. Antimutagenicity of Korean sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 37-46 (2011)
- Shin MY, Lee WY. Optimization of the cold-air-drying condition for a steamed pumpkin-sweet potato slab. *Korean J. Food Preserv.* 18: 488-496 (2011)
- Woo KS, Seo HI, Lee YH, Kim HY, Ko JY, Song SB, Lee JS, Jung KY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. Antioxidant compounds and antioxidant activities of sweet potatoes with cultivated conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 519-525 (2012)
- Chun AR, Song J, Hong HC, Son JR. Improvement of cooking properties by milling and blending in rice cultivar Goami2. *Korean J. Crop Sci.* 50: 88-93 (2005)
- Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong JH, Jeong HS, Seo MC. Physicochemical characteristics of vinegars fermented from cereal crops with *Incalgynun*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1171-1178 (2010)
- Jeong EG, Kim KJ, Cheon AR, Lee CK, Kim SL, Brar DS, Son JR. Characterization of grain quality under lodging time and grade at ripening. *Korean J. Crop Sci.* 37: 440-444 (2006)
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
- Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 64: 555-559 (1999)
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* 99: 381-387 (2006)
- Lee JS, Woo KS, Chun A, Na JY, Kim KJ. Waxy rice variety-dependent variations in physicochemical characteristics of *sogokju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J. Crop Sci.* 54: 172-180 (2009)
- Kim HR, Kwon YH, Kim JH, Ahn BH. Quality analysis of diverse rice species for rice products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 142-148 (2011)
- Oh HE, Hong JS. Quality characteristics of *sulgidduk* added with fresh sweet potato. *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 501-510 (2008)
- Shin MY, Youn KS, Lee SW, Moon HK, Lee WY. Optimization of vacuum drying conditions for a steamed (pumpkin-) sweet potato slab by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1314-1320 (2011)
- Shin MY, Lee WY. Physical properties and preference of a steamed sweet potato slab after mild hot air drying. *Korean J. Food Cookery Sci.* 27: 73-81 (2011)
- Kim SJ, Rhim JW, Jung ST, Ahn YS, Oh YB. Carotenoid contents of yellow sweet potatoes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 218-222 (1997)
- Lee JS, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Boo HO. Proximate composition and minerals, phenolics, anthocyanins pigment characteristics on the parts of sweet potato. *Korean J. Intl. Agr.* 19: 196-204 (2007)
- Shin SJ, Kwon SK, Lee KH, Sung ND, Chio WY. Extraction and characterization of antibacterial components from the roots of evening primrose (*Oenothera odorata* Jacquin). *CNU J. Agr. Sci.* 21: 54-59 (1994)

36. Kwak JH, Choi GN, Park JH, Kim JH, Jeong HR, Jeong CH, Heo HJ. Antioxidant and neuronal cell protective effect of purple sweet potato extract. *J. Agr. Life Sci.* 44: 57-66 (2010)
37. Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J. Crop Sci.* 50: 141-146 (2005)
38. Lee GH, Kwon BK, Yim SY, Oh MJ. Phenolic compounds in sweet potatoes and their antioxidative activity. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 7: 331-336 (2000)
39. Kim SM, Cho YS, Sung SK. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 626-632 (2001)
40. Fumitaka H, Hiromichi K. Antioxidative components of sweet potatoes. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 30: 37-46 (1984)
41. Konczak-Islam I, Yoshimoto M, Hou DX, Terahara N, Yamakawa O. Potential chemopreventive properties anthocyanin-rich aqueous extract from *in vitro* produced tissue of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *J. Agr. Food Chem.* 51: 5916-5922 (2003)