

Effect of hot-air drying temperature on antioxidative activity of sweetpotato leaves

Da-Woon Jeong¹, Yang-Kyun Park¹, Sang-Sik Nam², Seon-Kyeong Han^{2*}

¹Department of Food Science and Technology, Mokpo National University, Muan 58554, Korea

²Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

열풍건조 온도에 따른 고구마 잎 메탄올 추출물의 항산화 효과

정다운¹ · 박양균¹ · 남상식² · 한선경^{2*}

¹목포대학교 공과대학 식품공학과, ²농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소

Abstract

To provide the basic data to dry vegetate the sweetpotato leaves, the total contents of tannin, flavonoid and polyphenol in the methanol extract from the hot- air dried sweetpotato leaves were analyzed and DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging ability, nitrite scavenging ability, and others were comparatively analyzed. The total tannin content was decreased from Shinmi of 10.87 mg/g at 40°C to 7.28 mg/g at 70°C and the total flavonoid was decreased from Hayanmi of 55.37 mg/g at 40°C to 39.63 mg/g at 70°C. That is, the low temperature drying contained more of these substances than in the high temperature drying. The DPPH radical scavenging activity was the highest in Shinmi and Hayanmi of 84.33% and 85.25% at 40°C, and the ABTS radical scavenging ability was a high value of over 80% in the treatment plot at 40°C. The nitrite scavenging ability was highest in Shinmi and Hayanmi of 76.15% and 73.74% at 40°C but low at 70°C. That is, the antioxidant effect of the hot-air dried sweetpotato leaves was high in the sample of 40°C and low in the sample of 70°C. Affected by the drying temperature, the high antioxidant effect is resulting from the little decrease of active ingredient when drying at low temperatures.

Key words : sweetpotato leaves, tannin contents, polyphenol, DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity

서 론

고구마 잎은 수용성 식이섬유가 풍부할뿐더러 다른 채소들에 비하여 단백질의 함량도 높고 질적으로도 우수하여 단백질이 높으며, 카로틴, 비타민 B2, C, E, 칼륨, 철 등이 풍부하고, 안토시아닌 폴리페놀, 플라보노이드 및 카페인산 유도체들을 비롯한 항산화 물질을 많이 함유하고 있다(1-3). 이외에도 아질산염 소거능 및 ACE 저해활성과 같은 생리활성도 높아 기능성 채소로 이용하기에 충분한 가치가

있다고 보고된 바 있다(4). 고구마는 뿌리를 비롯해 잎과 잎자루 등 식물체 전체를 식용할 수 있으며, 국내와 해외에서는 고구마의 덩이뿌리뿐만 아니라 잎이나 잎자루 그리고 줄기를 건조한 후 분말로 제조하여 빵의 반죽이나 아이스크림, 주스 등에 첨가하여 다양한 식품의 제조에 이용되고 있다(5,6). 일본에서는 고구마 잎을 기능성 채소로 활용하기 위하여 영양성분을 증가시킨 다양한 품종이 개발되었고 고구마 잎을 활용한 기능성 차 개발에 대한 연구가 진행되었다(7).

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

따라서 본 연구에서는 열풍건조한 고구마 잎의 메탄올

*Corresponding author. E-mail : skhan92@korea.kr
Phone : 82-61-450-0120, Fax : 82-61-453-0085
Received 18 May 2015; Revised 26 August 2015; Accepted 6 October 2015.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

추출물에 함유된 총 탄닌, 총 플라보노이드, 총 폴리페놀 함량을 분석하고, 항산화 효과로 DPPH 라디칼 소거활성, ABTS 라디칼 소거능, 아질산염 소거능 등을 분석 비교 검토하여 고구마 잎의 건조 채소화를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 추출물 조제

본 실험에 사용한 고구마는 농촌진흥청에서 육성한 품종으로 잎자루용으로 많이 이용되는 '신미'와 보라색을 띠고 있는 '하얀미' 품종을 사용하였다. 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오 에너지 작물연구소의 비닐하우스 육묘장에서 자란 고구마 잎을 2014년 8월에 수확하여 시료로 사용하였다.

잎을 세척하고 40℃에서 8시간, 50℃에서 5.5시간, 60℃에서 3시간, 70℃에서 2시간 풍속 1 m/sec인 drying oven (DS-541, Kett Engineering, Tokyo, Japan)으로 열풍건조한 후 분쇄기(MCH-309, Dongyang Magic, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄하고, -20℃의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

항산화 물질 함량 및 항산화 활성을 측정하기 위하여 분말시료 4 g을 80% methanol 100 mL를 가하여 플라스크에 붓고 입구를 봉한 다음 진탕기(DS-300L, Dasol Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 상온에서 150 rpm 조건에서 24시간 추출하고, 원심분리기(Union 32R Plus, Hanil Science Industrial, Seoul, Korea)를 사용하여 3,000 rpm에서 30분간 원심분리한 다음 상등액을 취하여 실험에 사용하였다.

총 탄닌 함량 측정

총 탄닌 함량은 Urve 등(8)의 방법을 변형하여 측정하였다. 각 추출물 0.5 mL에 1% $K_3F_3(CN)_6$ 1 mL와 1% $FeCl_3$ 1 mL를 첨가한 다음 혼합하여 5분 후 720 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tannin acid(Samchun Pure Chemical Co., Pyeongtaek, Korea)를 표준물질로 검량선을 작성한 후 탄닌 함량을 정량하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

각 추출물 0.5 mL, diethylene glycol(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea) 5 mL, 1 N NaOH 0.5 mL를 첨가한 다음 혼합하여 30℃의 항온수조(WMB-311, Dahan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 1시간 반응시킨 후 spectrophotometer(CART-100 Conc, Varian, Australia)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다(9). Quercetin (Sigma Chemical Co, St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 검량선을 작성한 후 플라보노이드 함량을 정량하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

시료 1g과 80% methanol 24 mL를 플라스크에 붓고 입구를 봉한 다음 진탕기(DS-300L, Dasol Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 상온, 150 rpm 조건에서 24시간 추출하고, 원심분리기로 3,000 rpm에서 30분간 처리한 다음 상등액을 실험에 사용하였다. 총 폴리페놀함량 측정에는 Lee 등(10)의 방법을 변형하여 사용하였다. 추출물 100 μ L에 증류수 900 μ L, 2 N Folin-Dennis 500 μ L에 20% Na_2CO_3 2.5 mL를 가한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 후 실온에 20분 반응한 다음 spectrophotometer(CART-100 Conc, Varian)를 사용하여 735 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거 활성 측정

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거활성은 Blois(11)의 방법으로 측정하였다. 메탄올 시료 1 mL에 200 μ m DPPH 2.5 mL를 넣고, 실온에 10분간 방치 후 517 nm에서 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 시료 용액의 첨가군과 무첨가군 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = \left(1 - \frac{\text{첨가군 흡광도}}{\text{무첨가군 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Kriengsak 등(12)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS 용액에 2.6 mM potassium persulfate를 동량으로 혼합하여 암소에서 약 24시간 반응시킨 후 ABTS free radical이 생성된 ABTS 용액을 99.9% methanol로 희석하여 734 nm에서 흡광도 값이 1.5 ± 0.1 가 되도록 조절하였다. ABTS radical이 생성된 ABTS 용액 5 mL와 시료 0.1 mL를 혼합하여 7분간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과 값은 아래의 식에 의해 나타내었다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity(\%)} = \left(1 - \frac{\text{첨가군 흡광도}}{\text{무첨가군 흡광도}}\right) \times 100$$

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능은 Kato 등(13)의 방법을 변형하여 측정하였다. 1 mM $NaNO_2$ 용액 1 mL에 시료 1 mL를 가하고 0.1 N HCl로 반응용액을 pH 1.2로 조정한 후 전체량을 10 mL로 만들어 이 용액을 37℃에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응액 1 mL에 Griess 시약(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 mL, 2% acetic acid 5 mL를 혼합시켜 15분간 실온에 방치시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우를 백분율로 나타내었다.

$$\text{Nitrite scavenging ability(\%)} = \left(1 - \frac{\text{첨가균 흡광도}}{\text{무첨가균 흡광도}}\right) \times 100$$

결과 및 고찰

총 탄닌 함량

탄닌은 차의 가장 중요한 성분의 하나로 차의 맛, 향기 및 색에 깊이 관여하며, 여러 가지 생리작용을 가지는 성분으로 알려져 있다(14). 열풍건조 온도에 따른 고구마 잎의 탄닌 함량 변화는 Table 1과 같다. 40°C에서 신미는 10.87 mg/g, 하얀미는 12.37 mg/g으로 높았고, 70°C에서 신미는 7.28 mg/g, 하얀미는 8.26 mg/g으로 감소하였다. 품종 간에는 하얀미에서 보다 높은 것으로 나타났다. 이는 시판녹차의 탄닌 함량이 106.4 mg/g 이라는 보고(15)와 일반 엽차의 평균 탄닌 함량이 128.8 mg/g 이라고 보고한(16) 결과 보다 낮은 함량이었으며, Lee 등(17)의 연구에서 열풍건조한 오미자의 탄닌 함량이 4.17 mg/g 보다는 높았다. Kim과 Kim(18)은 동결건조에 비해 열풍건조에서 탄닌 함량이 감소하였다. 이는 고온처리에 의하여 탄닌 성분의 변성이 일어난 것으로 생각된다고 하였다. 본 실험에서도 40°C에서 탄닌 함량이 가장 많았으며, 이는 고구마 잎에 의한 갈색화 반응으로 인하여 폴리페놀 화합물이 형성됨으로써 총 탄닌의 함량에 영향을 끼친 것으로 생각된다. 그러므로 열풍건조에서 가장 낮은 온도인 40°C가 적당한 것으로 판단된다.

Table 1. Total tannin, flavonoid, and phenolic contents of sweet potato leaves at various drying temperatures

Cultivars	Temp. (°C)	Total tannin (mg/g)	Flavonoids (mg/g)	Total phenolics (mg GAE/g)
Shinmi	40	10.87±0.10 ^{bi}	55.18±0.40 ^a	69.98±1.37 ^b
	50	9.62±0.26 ^d	42.01±1.12 ^c	51.53±1.09 ^c
	60	7.89±0.36 ^{fg}	30.67±0.06 ^e	31.19±1.12 ^f
	70	7.28±0.14 ^g	25.21±0.30 ^f	27.93±1.17 ^g
Hayanmi	40	12.37±0.57 ^a	55.37±1.10 ^a	85.10±0.72 ^a
	50	10.17±0.17 ^c	46.67±1.30 ^b	71.72±0.85 ^b
	60	9.00±0.30 ^{de}	40.73±0.44 ^{cd}	41.93±0.75 ^d
	70	8.26±0.45 ^{ef}	39.63±0.87 ^d	38.75±1.40 ^e

¹⁾Means±SD (n=3) in a row followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

총 플라보노이드 함량

천연물의 플라보노이드는 페놀성 물질의 함량에 비례하여 전자공여능 등의 항산화 활성이 증가한다는 많은 연구 보고에 따르면 페놀성 물질은 천연물의 항산화작용 효과 검증의 지표라고 할 수 있다(19). 건조온도에 따른 고구마 잎에 대한 총 플라보노이드 함량 측정 결과는 Table 1과

같다. 40°C에서 신미는 55.18 mg/g, 하얀미는 55.37 mg/g으로 많았으며, 70°C에서 신미는 25.21 mg/g, 하얀미는 39.63 mg/g으로 감소되었다. 품종 간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. Kwak 등(20)의 연구에 따르면 고구마 잎을 데친 후 동결건조하여 분석한 결과 44.55 mg/g 이었다고 보고하였다. 40°C와 50°C에서 높았으며, 60°C와 70°C에서는 이보다 낮았다. 본 연구에서는 열풍건조 시 낮은 온도인 40°C에서 총 플라보노이드 함량이 가장 높았다.

총 폴리페놀 함량

건조 온도에 따른 고구마 잎의 총 폴리페놀 함량 측정 결과는 Table 1과 같다. 총 폴리페놀 함량은 40°C에서 신미는 69.98 mg GAE/g, 하얀미는 85.10 mg GAE/g으로 가장 많았고, 70°C에서 신미는 27.93 mg GAE/g, 하얀미는 38.75 mg GAE/g로 가장 적었다. 품종 간에는 하얀미가 신미보다 함량이 많았다. Li(21)가 보고한 50°C에서 열풍건조한 14품종의 고구마 잎 총 폴리페놀 함량이 46.26-85.10 mg GAE/g과 유사한 결과를 보였다. 본 연구에서는 건조온도가 높을수록 총 폴리페놀 함량이 감소되었고 40°C에서 함량이 가장 많았다. 즉 낮은 온도에서 건조하는 방법이 페놀성 물질을 많이 함유하여 보다 효과적인 것으로 판단된다.

DPPH 라디칼 소거 활성

DPPH assay는 수소 공여체를 측정할 수 있는 방법으로 페놀성 화합물, 방향족 아민류 및 아스코르빈산 등에 의해 수소나 전자를 받아 환원되어 보라색이 탈색되는 원리를 이용한 방법으로 항산화 물질을 탐색하기 위해 많이 이용되며 비교적 간단하고 짧은 시간 내에 항산화 활성을 측정할 수 있어 널리 사용되고 있다(22). 건조온도에 따른 고구마 잎에 대한 DPPH 라디칼 소거활성에 의한 항산화활성을 측정된 결과는 Table 2와 같다. Fig. 1과 같이 40°C에서 신미는 84.33%, 하얀미는 85.25%로 높았고, 70°C에서 신미는

Table 2. Antioxidative activity of sweet potato leaves at various drying temperatures

Cultivars	Temp. (°C)	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical scavenging activity (%)	Nitrite scavenging ability (%)
Shinmi	40	84.33±0.23 ^{bi}	90.86±1.10 ^b	76.15±0.35 ^b
	50	83.65±0.70 ^b	86.75±1.02 ^c	73.74±0.76 ^c
	60	78.34±0.82 ^d	81.33±0.54 ^d	69.14±0.78 ^c
	70	70.70±2.33 ^e	64.42±1.10 ^e	67.14±1.77 ^c
Hayanmi	40	85.25±0.35 ^a	96.12±1.10 ^a	84.78±0.60 ^a
	50	83.82±0.71 ^b	92.16±0.80 ^b	76.38±0.80 ^b
	60	81.19±1.04 ^c	86.66±1.26 ^c	72.18±1.03 ^c
	70	80.22±0.30 ^c	82.80±0.94 ^d	71.05±0.14 ^d

¹⁾Means±SD (n=3) in a row followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

70.70%, 하얀미는 80.22%로 감소하였다. 특히 신미에서 온도별 차이가 크게 나타났으며, 하얀미가 신미보다 높게 나타났다. Chang과 Kim(23)은 항산화활성은 가열처리했을 경우 비타민 C와 같이 열에 약한 항산화물질이 파괴됨으로써 일반적으로 그 효능이 감소된다고 하였는데, 본 실험에서도 건조온도가 높을수록 항산화 활성이 상대적으로 낮은 결과를 보였다. 즉 항산화활성 측면에서도 40°C가 적당한 것으로 판단된다.

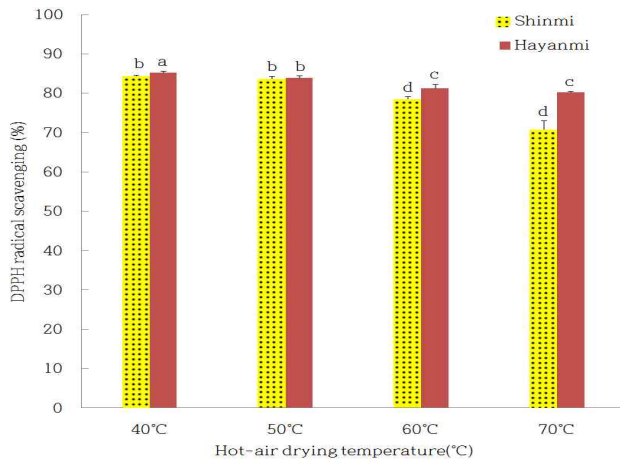


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of sweet potato leaves at various drying temperatures.

Means±SD (n=3) in a row followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 유리기 소거법은 극성과 비극성 시료의 소거 활성을 모두 측정할 수 있으므로 DPPH 유리기 소거법보다 적용 범위가 넓다(24). 또한 DPPH는 free radical, ABTS는 cation 유리기이므로 기질의 특성이 서로 다르다. 건조온도에 따른 고구마 잎에 대한 ABTS 라디칼 소거능 측정 결과는 Table 2와 같다. Fig. 2와 같이 40°C에서 신미는 90.86%, 하얀미는 96.12%로 높았으며, 70°C에서 신미는 64.42%, 하얀미는 82.80%로 감소하였다. 신미보다 하얀미가 더 높은 것으로 나타났다. 본 연구 결과 낮은 온도에서 DPPH 및 ABTS radical 소거능이 높은 것을 알 수 있었다. 이는 열풍건조 과정에서 장시간 동안 열을 받으면서 유효성분이 파괴되어 나타나는 현상이라 판단된다. Jeong 등(25)의 연구에서도 가시오가피의 DPPH 유리 라디칼 소거활성은 열풍건조보다 동결 건조방식이 우수하였고 건조온도에 따라 유효성분 함량 및 항산화능에 직접적인 영향을 끼친다고 하여 본 연구와 비슷한 연구 결과를 보였다. 이는 온도에 의해 영향을 받는 것으로 생각되어지며 본 연구에서는 40°C가 ABTS 라디칼 소거능이 높은 것을 보아 40°C가 가장 적당한 것으로 판단된다.

아질산염 소거능

아질산염 소거작용은 체내외에서 효소작용에 의해 환원

된 nitrite가 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성하여 각종 중독을 유발하는 것으로 알려진 nitrite를 제거하여 발암을 억제하는 작용이다(26). 건조온도에 따른 고구마 잎에 대한 아질산염 소거능 측정 결과는 Table 2와 같다. Fig. 3과 같이 40°C에서 신미는 76.15%, 하얀미는 84.78%로 높았고, 70°C에서 신미는 67.14%, 하얀미는 71.05%로 감소하였다. 품종 간에는 하얀미가 신미보다 높게 나타났다. 식품의 가공, 저장 및 조리 중에 용이하게 생성되는 Maillard 반응 생성물은 아질산염 소거능을 나타내는 것으로 알려져 있는데(27), Kato 등(7)의 연구에서는 Maillard 반응 생성물인 melanoidin이 nitrosamine의 생성을 저해하는데 효과가 있는 것으로 보고한 바 있다. 본 실험에서도 갈변반응이 일어나기 쉬운 열풍건조에서 건조시간이

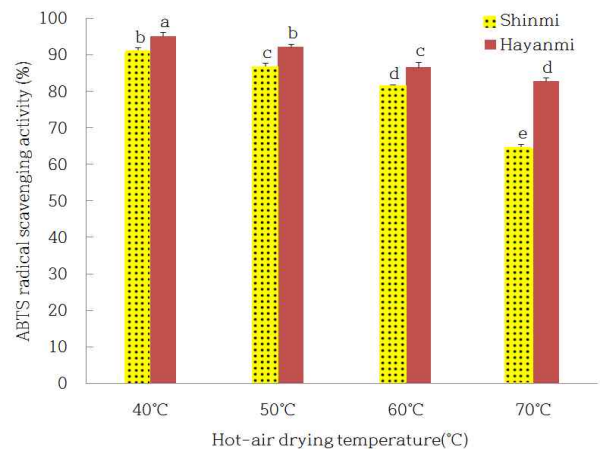


Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of sweet potato leaves at various drying temperatures.

Means±SD (n=3) in a row followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

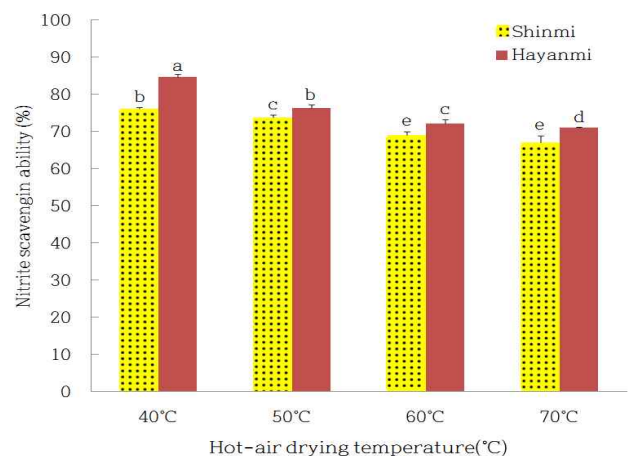


Fig. 3. Nitrite scavenging ability of sweet potato leaves at various drying temperatures.

Means±SD (n=3) in a row followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

더 길었던 낮은 온도에서 갈변화 반응이 더 많이 일어나고 아질산염 소거능이 더 높게 나타난 것으로 사료된다.

요 약

고구마 잎을 건조 채소화 하기 위한 기초자료를 제공하기 위해서 열풍건조한 고구마 잎 메탄올 추출물에 함유된 총 탄닌, 총 플라보노이드, 총 폴리페놀 함량을 분석하고, 항산화 효과로 DPPH 라디칼 소거활성, ABTS 라디칼 소거능, 아질산염 소거능 등을 분석 비교 검토하였다. 총 탄닌 함량은 신미 40℃에서 10.87 mg/g, 70℃에서 7.28 mg/g으로 감소되었고, 총 플라보노이드는 하얀미 40℃에서 55.37 mg/g, 70℃에서 39.63 mg/g으로 감소되었다. 즉 저온건조가 고온건조보다 이들 물질의 함량이 많았다. DPPH 라디칼 소거 활성은 신미와 하얀미 40℃에서 84.33%와 85.25%로 가장 높았으며, ABTS 라디칼 소거능도 40℃ 처리구에서 80%가 넘는 높은 값이었다. 아질산염 소거능은 신미와 하얀미가 40℃에서 76.15%와 73.74%로 가장 높았고 70℃에서는 낮았다. 품종 간에는 하얀미가 신미보다 페놀성 물질과 항산화 물질이 더 많은 것으로 나타났다. 즉 건조한 고구마 잎의 항산화 효과는 품종간의 차이는 있었으나, 40℃ 시료에서 높고, 70℃ 시료에서 낮았다. 이는 건조온도에 의해 영향을 받는 것으로서 낮은 온도에서 건조하는 것이 유효성분의 감소가 적어 항산화 능력이 높은 결과이었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호 : PJ008716052015)의 지원에 의해 이루어진 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

References

- 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* L.). *Food Chem*, 68, 359-367
- 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
- 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
- Islam S (2006) Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf : its potential effect on human health and nutrition. *J Food Sci*, 71, 13-121
- Ko N (2015) Quality characteristic and antioxidant activity of cookies applying with sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf powder. MS Thesis. Sejong University, Korea
- Ishiguro K, Toyama J, Islam MS, Yoshimoto M, Kumagai T, Kai Y, Nakazawa Y, Yamakawa O (2004) A new sweet potato cultivar for utilization in vegetable greens. *Acta Hort*, 637, 339-345
- Paaver U, Matto V, Raal A (2010) Total tannin content in distinct *Quercus robur* L. galls. *J Med Plants Res*, 4, 702-705
- NFRI (1990) Manuals of quality characteristic analysis for food quality evaluation. National Food Research Institute, Japan, 61
- 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
- Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH (2006) Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Comp Anal*, 19, 669-675
- Kato H, Lee IE, Chyuen NV, Kim SB, Hayase F (1987) Inhibitory of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem*, 51, 1333-1338
- Nakagawa M, Amano I (1974) Evaluation method of green tea grade by nitrogen analysis. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 21, 57-63
- Kim DY, Jung GH, Kim K, Ree CO, Park KH (1979) Studies on the special components of the Korean tea-leaves, *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 22, 97-103
- Kim CM, Cho, JH, Oh SK (1983) Chemical changes of major tea constituents during tea manufacture, *Korean J Food Nutr*, 12, 99-104
- Lee S, Moon HK, Lee SW, Moon JN, Kim JK (2014) Effects of drying methods on quality characteristics and antioxidative effects of Omija (*Schizandra chinensis*

- Baillon), Korean J Food Preserv, 21, 341-349
18. Kim NM, Kim DH (2000) Quality change of cinnamon extract prepared with various drying methods. Korean J Food Nutr, 13, 152-157
 19. Kang YH, Park YK, Lee GD (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean J Food Sci Technol, 28, 232-239
 20. Kwak CS, Lee KJ, Chang JH, Park JH, Cho JH, Park JH, Kim KM, Lee MS (2013) *In vitro* antioxidant, anti-allergic and anti-inflammatory effects of ethanol extracts from Korean sweet potato leaves and stalks. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 369-377
 21. Li M (2013) Physicochemical characteristics and optimization of functional components extraction in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and stalks. MS Thesis. Chungbuk National University, Cheongju, Korea
 22. Park HS, Shin HC, Kim BS, Lee KY, Choi WS, Shin JA, Nam YD, Bae SP, Que F, Mao L, Zhu C, Xie G (2006) Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate, and volatiles. LWT-Food Sci Technol, 39, 111-117
 23. Chang Y, Kim J (2011) Effects of pretreatment and drying methods on the quality and physiological activities of garlic powders. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 1680-1687
 24. Roberty R, Anna P, Anna P, Catherine RE, Min P, Icoletta P (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Bio Med, 26, 1231-1237
 25. Jeong HN, Lim SH, Kim HY, Kim KD, Park YH, Ham HJ, Lee KJ, Kim KH, Ahn YS (2010) Quality changes in *Eleutherococcus senticosus* cortex processed by different pretreatment and drying method. J Korean Medicinal Crop Sci, 18, 98-104
 26. Peter FS (1975) The toxicology of nitrate and N-nitroso compounds. J Sci Food Agric, 26, 1761-1770
 27. Kim SB, Do JR, Lee YW, Gu YS, Kim CN, Park YH (1990) Nitrite-scavenging effects of roasted-barley extracts according to processing conditions. Korean J Food Sci Technol, 22, 748-752