

고구마의 육질색 종류별 고구마 분말의 이화학적 특성

김경은¹ · 김성수² · 이영택^{1*}

¹경원대학교 식품생물공학과

²한국식품연구원

Physicochemical Properties of Flours Prepared from Sweet Potatoes with Different Flesh Colors

Kyung-Eun Kim¹, Sung-Soo Kim², and Young-Tack Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, Gyeonggi 461-701, Korea

²Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

Abstract

Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh color (white, yellow/orange and purple) were investigated. Sweet potatoes were soaked in solutions of antibrowning agents such as sodium metabisulfite and citric acid, and freeze or hot air-dried prior to grinding to produce sweet potato flours. Sweet potato flours with different flesh colors showed differences in chemical composition. Purple-fleshed sweet potato flour had higher protein, ash, and dietary fiber contents than white and yellow/orange-fleshed sweet potato flours. Average particle size of yellow/orange-fleshed sweet potato flour was higher than those of white/yellow or purple-fleshed sweet potato flour. Both water absorption index (WAI) and oil absorption capacity of flours prepared from sweet potatoes by hot-air drying were higher than those from sweet potatoes by freeze drying.

Key words: sweet potato, flour, flesh color, physicochemical properties

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* L.(Lam))는 전세계적으로 중요한 식량작물중의 하나로 95% 이상이 아시아와 아프리카 지역에서 생산되고 있다(1). 고구마는 다른 작물에 비하여 재배가 용이하고 열악한 환경조건에서도 잘 견디어 단위면적당 수확량이 많은 경제성이 높은 작물이다(2). 생고구마의 괴근은 수분이 70% 수준, 탄수화물이 25% 수준인데 이중 수분을 제외한 건조 고형물 중에는 탄수화물이 75% 이상을 함유하고 있어 식량자원으로서 그 효용가치가 높다. 고구마의 영양성분은 대부분 전분으로 이루어져 있으며 식이섬유, 무기질, β -carotene, 비타민 C 등 건강기능성 성분을 풍부히 함유하고 있다(3). 고구마는 괴근을 그대로 식용으로 하거나 전분, 분말, 주정, 물엿, 음료, 알코올 생산원료, 바이오플라스틱 등 다양한 용도로 이용되고 있다(4).

고구마는 피색, 육질색, 모양, 분질도, 당도 등이 주요한 형질이며 고구마를 육질색에 의해 구분할 경우 육질색이 흰색인 일반고구마와 자색 및 주황색을 띠는 유색고구마로 나눌 수 있다. 고구마 육질의 색이 신선한 오렌지색을 띠는 주황색고구마는 보통고구마에 비해 β -carotene 함량이 대

단히 높으며(5) 이는 색소로서의 기능 외에 항암작용, 항산화작용, 심혈관계의 질병 및 백내장 예방, 스트레스 예방 등의 생리화학적 기능성이 우수하다(6). 자색고구마는 표피층뿐만 아니라 육질전체가 진한 자색을 띠고 있는데, 이는 수용성 색소인 anthocyanin을 다량 함유하고 있기 때문이다(7-9).

고구마는 수분함량이 높아 다른 작물에 비해 저장성이 낮아 장기저장이 어려운 단점이 있다. 따라서 제과 및 제빵, 면류 등 다양한 고구마 가공식품의 개발을 위해서는 고구마를 건조분말 형태로 제조하여 보관하는 것이 저장성 및 가공의 편의성 측면에서 바람직한 방법이다. 고구마 분말은 열풍 건조, 동결건조 또는 드럼건조기술에 의해 만들어지며 건조 공정 중에 전분은 구조적 특징이 변화하여 분말의 기능적 성질에 영향을 미칠 수 있다(10).

본 연구에서는 육질색이 다른 고구마로부터 분말을 제조하여 고구마 분말의 이화학적 특성 차이를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 고구마는 일반고구마(white-fleshed

*Corresponding author. E-mail: ytlee@kyungwon.ac.kr
Phone: 82-31-750-5565, Fax: 82-31-750-5273

sweet potato)와 유색고구마인 주황색고구마(yellow/orange-fleshed sweet potato) 및 자색고구마(purple-fleshed sweet potato)를 시중에서 구입하여 사용하였다.

고구마 분말의 제조

고구마를 세척하여 껍질을 벗기고 1 cm cube 모양으로 세절하였으며 고구마의 변색을 방지하기 위한 방법으로 NaHSO₃와 citric acid 용액에 침지처리를 하였다. 세절된 고구마는 70°C 건조기(JEIO-TECH Co., Daejeon, Korea)에서 열풍건조하거나 동결건조기(Ilshin Lab Co., Yangju, Korea)를 사용하여 48시간 동안 동결건조 하였다. 건조한 고구마는 0.5 mm 스크린을 장착한 Cyclotec 1093 Sample mill (Tecator Co., Hoganas, Sweden)을 사용하여 분쇄하여 분말로 제조하였다.

일반성분 분석

고구마 분말의 수분, 회분, 단백질 및 지방 함량은 AOAC 방법(11)에 따라 측정하였다.

전분 및 식이섬유 함량

고구마 분말의 전분 함량은 starch-glucosamylase 방법(12)에 의하여 측정하였다. 고구마 분말의 수용성 식이섬유(SDF), 불용성 식이섬유(IDF) 및 총 식이섬유(TDF) 함량은 Prosky 등(13)의 방법에 따라 측정하였다.

입도분석 및 미세구조

고구마 분말의 입도분석은 입도분석기(CILAS 1064, Orleans, France)를 사용하여 측정하였다. 고구마 분말의 미세구조는 백금으로 도금한 후 주사전자현미경(JSM-5400, JEOL Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 분석하였다.

색도

고구마 분말을 원통형용기(지름×높이, 4 cm×1 cm)에 담아 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness) 및 b(yellowness)값을 측정하였다.

수분흡수지수(WA), 수분용해도지수(WSI) 및 오일 흡수율

고구마 분말의 수분흡수지수와 수분용해도지수는 Anderson의 방법(14)에 의해 측정하였다. 고구마 분말 2.5 g과 30 mL 증류수를 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 분산시킨 후 가끔 흔들어주면서 30°C에서 30분간 방치한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 105°C에서 하룻밤 건조하여 남은 고형분량을 측정하여 2.5 g 시료에 대한 백분율로서 수분용해도지수를 산출하였다. 수분흡수지수는 원심분리 하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 계산하였다.

고구마 분말의 oil 흡수율은 시료 0.5 g과 corn oil(백설유, CJ) 5 mL를 원심분리 튜브에 넣고 실온에서 10분 간격으로 30초씩 저어주면서 30분간 유지한 후 10,000 rpm에서 25분

간 원심분리 하여 oil을 제거한 다음 무게를 측정하여 oil 흡수율(%)을 산출하였다.

결과 및 고찰

육질색 종류별 고구마 분말의 일반성분

육질색 종류별 고구마를 동결건조한 후 분쇄하여 제조한 고구마 분말의 일반성분을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 고구마 분말의 조단백질 함량은 자색고구마가 6.65%로 가장 높았으며 일반고구마와 주황색고구마 순으로 각각 4.86%, 3.94%로 나타났다. 조지방 함량은 일반고구마에 비해 유색고구마에서 다소 높았으며 주황색고구마가 2.33%로 가장 높게 나타났다. 이는 지용성 색소인 carotenoid 색소가 함께 추출되었기 때문인 것으로 보고한 Kim 등(15)의 결과와 유사한 것으로 나타났다. 회분 함량은 일반고구마와 주황색고구마가 각각 2.53, 2.35%로 유사한 결과를 보였고 자색고구마가 3.65%로 가장 높은 회분을 함유하는 것으로 분석되었다.

고구마 육질색 종류별 고구마 분말의 전분 및 식이섬유 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 고구마 분말의 전분 함량은 주황색고구마 분말이 46.37%로 가장 높게 나타났으며 일반고구마 43.72%, 자색고구마 42.85% 순으로 크게 차이를 보이지 않았다. 고구마의 전분함량은 품종, 산지, 수확 시기 등에 따라 다양하여 40.3~76.8%(건물 기준)의 폭 넓은 분포를 보이는 것으로 분석된(16) 바 있다. 보통 고구마는 수확 후 저장중이나 가열조리 시에 당 성분은 증가하는 추세

Table 1. Proximate composition of flours from sweet potatoes with different flesh colors¹⁾

Content (%) ²⁾	Flesh color		
	White	Yellow/orange	Purple
Moisture	4.35±0.35 ^a	2.50±0.14 ^b	4.30±0.57 ^a
Crude protein	4.86±0.19 ^b	3.94±0.01 ^c	6.65±0.12 ^a
Crude fat	1.55±0.35 ^a	2.33±1.41 ^a	2.07±0.23 ^a
Ash	2.53±0.04 ^b	2.35±0.01 ^c	3.65±0.01 ^a

¹⁾Values are means of replications±standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at p<0.05 using Duncan's multiple range test.

²⁾Dry weight basis.

Table 2. Starch and dietary fiber contents of flours from sweet potatoes with different flesh colors¹⁾

Content (%) ²⁾	Flesh color		
	White	Yellow/orange	Purple
Starch	43.72±0.24 ^a	46.37±4.04 ^a	42.85±1.05 ^a
Dietary fiber			
Soluble	1.02±0.05 ^a	0.99±0.02 ^a	1.30±0.04 ^a
Insoluble	5.68±2.26 ^{ab}	2.58±0.01 ^b	7.97±0.28 ^a
Total	6.70±2.31 ^{ab}	3.57±0.02 ^b	9.27±0.33 ^a

¹⁾Values are means of replications±standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at p<0.05 using Duncan's multiple range test.

²⁾Dry weight basis.

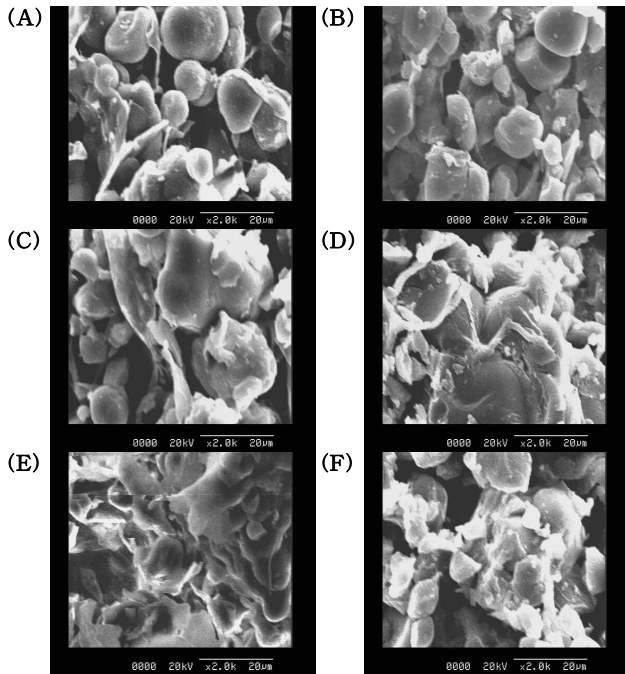


Fig. 1. Scanning electron micrographs (SEM) of sweet potato flours prepared by different drying methods ($\times 2,000$). A, white-fleshed (freeze dried); B, white-fleshed (hot-air dried); C, yellow/orange-fleshed (freeze dried); D, yellow/orange-fleshed (hot-air dried); E, purple-fleshed (freeze dried); F, purple-fleshed (hot-air dried).

인데, 이는 고구마에 포함되어 있는 α 또는 β -amylase의 작용에 의해 전분이 가수분해 되어 감소하게 되기 때문이며 (3,17,18), 이는 고구마 가공제품의 조직과 색깔 등에 크게 영향을 미칠 수 있다.

고구마 분말의 식이섬유 함량을 측정된 결과 수용성 식이섬유 함량은 1.0~1.3%로 유사한 수준이었으나 불용성 식이섬유는 자색고구마 7.97%, 일반고구마 5.68%, 주황색고구마 2.58%로 큰 차이를 보여주었다. 수용성 및 불용성 식이섬유의 합계인 총 식이섬유 함량은 자색고구마(9.27%) > 일반고구마(6.70%) > 주황색고구마(3.57%) 순으로 분석되었다. 이 결과는 Yadav 등(10)의 건조 방법에 따른 고구마 분말의 총 식이섬유 분석 결과인 17.2~17.6%보다 낮은 수치였으며, 일반고구마, 주황색고구마, 자색고구마의 총 식이섬유 함량을 각각 2.3~3.3%, 2.0~3.1%, 2.3~3.9%(생체 기준)로

보고한 Huang 등의 결과(19)와 그 순서가 일치하였다.

미세구조 및 입자크기

고구마 육질색 종류별 동결건조 또는 열풍건조 하여 제조한 고구마 분말을 주사전자현미경을 사용하여 확대 관찰한 미세구조는 Fig. 1과 같다. 각각의 고구마 분말에서 전분입자를 관찰할 수 있었으며 동결건조 하여 제조한 고구마 분말 뿐만 아니라 70°C에서 열풍건조 하여 제조한 분말에서도 고구마 전분이 그 입자 형태를 유지하고 있었다. 생고구마의 전분입자는 등골고, 6각형, 또는 구형의 모양으로 2~>60 μm 의 다양한 입자크기 분포를 하고 있으며(20-22), 평균 입자크기는 10~80 μm 로 보고한(20) 바 있다.

고구마 종류별 고구마 분말의 입자크기를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 고구마 분말의 평균 입자크기는 동결건조 하여 제조한 일반고구마와 자색고구마 분말이 각각 42.73, 42.91 μm 로 유사한 크기로 나타났고, 주황색고구마가 이보다 약간 큰 46.84 μm 로 측정되었다. 열풍건조 하여 제조한 고구마 분말의 경우 주황색고구마 분말의 입자크기가 90.77 μm 로 나타났으며, 일반고구마 32.49 μm , 자색고구마 36.58 μm 로 측정되어 두 가지 건조 방법에서 모두 주황색고구마 분말의 입자크기가 가장 큰 결과를 보여주었다. 고구마 분말의 입자크기는 고구마 분말 paste의 밀도와 점도에 큰 영향을 주어 고구마 분말을 함유한 식품 system의 텍스처 품질에 큰 영향을 미치는 것으로 보고(23)한 바 있다.

육질색 종류별 고구마 분말의 색도

고구마 육질색 종류별 고구마 분말의 색도를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 고구마의 분말화를 위한 가공처리에 있어 주된 문제점 중의 하나는 polyphenol oxidase에 의한 효소적 갈변으로 이러한 효소적 변색을 방지하기 위해 데치기, NaHSO_3 또는 유기산 용액에 침지처리 하는 방법이 사용되었다(24). 고구마의 갈변방지제로 NaHSO_3 와 citric acid를 사용하였으며, 갈변방지제 용액의 농도와 침지시간 등의 처리를 달리한 예비실험을 바탕으로 일반고구마와 주황색고구마는 0.3% NaHSO_3 용액에서 1분간 침지하였고 자색고구마는 0.3% NaHSO_3 +1.0% citric acid 복합처리 한 용액에서 1분간 침지처리 하였다. 일반고구마는 갈변방지제 처리 없이 열풍건조 하여 제조한 분말이 동결건조 하여 제조한 분말

Table 3. Particle size of sweet potato flours prepared by different drying methods¹⁾

Flesh color	Drying method	Particle size (μm)			
		Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	Mean diameter
White	Freeze dried	9.30	29.65	96.08	42.73
	Hot-air dried	6.18	22.57	74.05	32.49
Yellow/orange	Freeze dried	10.15	34.27	104.01	46.84
	Hot-air dried	8.56	42.34	284.93	90.77
Purple	Freeze dried	8.36	29.83	97.18	42.91
	Hot-air dried	5.34	24.77	84.22	36.58

¹⁾Values are means of two replications.

Table 4. Color values of sweet potato flours prepared by different drying methods

Flesh color	Drying method	Color ¹⁾		
		L	a	b
White	Freeze dried	86.52	-12.86	51.71
	Hot-air dried	85.80	-12.07	52.63
	Hot-air dried (antibrowning treatment ²⁾)	88.22	-14.48	51.99
Yellow/orange	Freeze dried	88.08	-8.82	55.45
	Hot-air dried	85.63	-9.74	56.40
	Hot-air dried (antibrowning treatment ²⁾)	86.72	-8.34	57.94
Purple	Freeze dried	54.86	9.81	19.90
	Hot-air dried	54.61	7.85	22.66
	Hot-air dried (antibrowning treatment ³⁾)	55.34	14.05	21.40

¹⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; +a=red; -a=green; +b=yellow; -b=blue.

²⁾NaHSO₃ (0.3%, w/v), 1 min soaking.

³⁾NaHSO₃ (0.1%, w/v)+citric acid (1.0%, w/v), 1 min soaking.

의 밝기인 L값에 비해 낮았으나 NaHSO₃(0.3%) 처리 후 열풍건조한 분말의 L값이 88.22로 증가하여 NaHSO₃ 처리에 의한 일반고구마의 갈변방지 효과를 볼 수 있었다.

주황색고구마 분말은 고구마 분말 중 b값(황색도)이 가장 높았으며 b값은 NaHSO₃ 처리한 후 열풍건조 하여 제조한 처리구가 무처리구에 비해 그 수치가 약간 높게 측정되었다. 일반고구마와 주황색고구마 분말은 a값이 (-)값으로 녹색도를 띠는 것으로 나타난 반면 자색고구마 분말은 적색도인 (+)a값을 보여주었다. 갈변방지제 처리 없이 동결 또는 열풍건조한 자색고구마 분말의 a값은 각각 9.81, 7.85로 열풍건조에 의해 a값이 낮아진 반면에 NaHSO₃와 citric acid의 복합 처리에 의해 a값이 14.05로 증가하여 갈변방지제 처리에 따라 그 차이가 큰 것으로 나타났다. 고구마는 종류별로 그 육질색이 다르기 때문에 고구마 분말 제조 시 고유의 색을 유지할 수 있는 갈변방지제의 선택 및 처리방법이 중요할 것으로 생각되었다.

수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 oil 흡수율

고구마 육질색 종류별 고구마 분말의 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 oil 흡수율은 Table 5와 같다. 수분흡수능(water absorption capacity)은 고구마 분말이 수분을 흡수하고 팽윤하여 식품에서 점도를 향상시킬 수 있는 능력이다. 일반고구마 분말의 수분흡수지수가 유색고구마에 비해 약간 높았으며, 이는 일반고구마 분말의 지질함량이 주황색고구마나 자색고구마 분말의 지질함량에 비해 낮은 것이 수분흡수율에 영향을 주는 요인의 하나로 작용하였기 때문으로 판단되었다. 열풍건조 하여 제조한 고구마 분말의 수분흡수지수가 동결건조한 분말보다 높게 나타났으며, 이는 동결건조 한 고구마 분말에서 전분 입자의 결합력이 더 크기 때문으로(10) 판단되었다. 또한 고구마가루의 팽윤력과 용해성의 증가는 구조적 붕괴정도와 열처리 과정 중에 전분의 분해정도에서 차이를 보이기 때문으로 설명(10)한바 있다.

수분용해도지수는 열풍건조 하여 제조한 주황색고구마 분말이 29~31%로 가장 높은 수치를 보여준 반면 동결건조한 주황색고구마 분말에서는 약 21%로 낮게 나타났다. 일반고구마와 자색고구마 분말의 수분용해도지수는 평균적으로 각각 16.75, 24.72%로 나타나 일반고구마 분말의 수분용해도지수가 가장 낮았으며 두 가지 건조방법에 따른 차이는 크지 않았다. 본 실험의 결과는 일반고구마의 수분용해도지수 18.2~21.5%, 주황색고구마는 22.8~26.5%로 분석한 Shih 등의 결과(25)와 같이 주황색고구마에서 높았으며 유사한 육질색 고구마에서도 사용된 고구마의 품종에 따른 차이가 있을 것으로 생각되었다.

고구마 분말의 oil 흡수율은 동결건조 하여 제조한 분말 중 주황색고구마 분말이 91.92%로 가장 높고, 일반고구마 분말이 74.39%로 가장 낮은 수치를 주었다. 고구마 분말의 oil 흡수율은 고구마의 건조방법에 따라 차이를 나타내 모든 육질색 종류의 고구마에서 동결건조 한 분말보다 열풍건조한 분말의 oil 흡수율이 유의적으로 높게 나타났다. 고구마

Table 5. WAI, WSI and oil absorption of sweet potato flours prepared by different drying methods¹⁾

Flesh color	Drying method	WAI (g/g)	WSI (%)	Oil absorption capacity (%)
White	Freeze dried	1.53±0.01 ^b	16.86±0.08 ^a	74.39±5.38 ^b
	Hot-air dried	1.70±0.01 ^a	16.52±0.00 ^b	113.00±3.58 ^a
	Hot-air dried (antibrowning treatment ²⁾)	1.64±0.07 ^{ab}	16.88±0.01 ^a	105.38±9.93 ^a
Yellow/orange	Freeze dried	1.50±0.03 ^b	20.64±0.40 ^c	91.92±8.07 ^b
	Hot-air dried	1.43±0.03 ^b	28.65±0.11 ^b	107.00±6.59 ^a
	Hot-air dried (antibrowning treatment ²⁾)	1.66±0.03 ^a	30.65±0.27 ^a	109.46±9.07 ^a
Purple	Freeze dried	1.25±0.03 ^b	25.60±0.16 ^a	84.19±4.93 ^b
	Hot-air dried	1.59±0.11 ^a	24.28±0.06 ^b	105.13±13.02 ^a
	Hot-air dried (antibrowning treatment ³⁾)	1.55±0.07 ^a	24.28±0.63 ^b	110.38±11.79 ^a

¹⁾Values are means of replications±standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at p<0.05 using Duncan's multiple range test.

²⁾NaHSO₃ (0.3%, w/v), 1 min soaking.

³⁾NaHSO₃ (0.1%, w/v)+citric acid (1.0%, w/v), 1 min soaking.

분말의 oil 흡수율의 차이는 유당제품과 같은 고구마 가공제품의 특성에 차이를 줄 수 있을 것으로 사료되었다.

요 약

육질색에 따른 일반고구마, 주황색고구마 및 자색고구마로부터 갈변방지제 처리와 건조방법을 달리하여 분말을 제조한 후 고구마 분말의 이화학적 특성을 분석하였다. 고구마 분말의 조단백질, 회분 및 식이섬유 함량은 자색고구마에서 가장 높았고 조지방과 전분 함량은 주황색고구마에서 가장 높게 나타났다. 고구마 분말의 평균 입자크기는 주황색고구마 분말에서 가장 크게 나타났으며 각각의 고구마 분말에서 둥근형 또는 다각형의 전분입자 형태를 관찰할 수 있었다. 고구마 분말의 수분흡수지수 및 oil 흡수율은 열풍건조방법으로 제조한 분말이 동결건조에 의한 분말보다 높은 경향을 주었다. 고구마 분말의 수분용해도지수는 일반고구마와 자색고구마의 경우 건조조건에 따른 차이가 크지 않은 반면, 주황색고구마의 경우 열풍건조 한 분말에서 수분용해도지수가 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업의 연구비 지원과 2010년도 경원대학교 지원에 의한 결과로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Woolfe JA. 1992. Sweet potato—past and present. An Untapped Food Resource; Cambridge University Press, Cambridge, UK.
2. Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru SB. 1995. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *J Agric Food Chem* 43: 2646-2651.
3. Reddy NN, Sistrunk WA. 1980. Effect of cultivar, size, storage, and cooking method on carbohydrates and some nutrients of sweet potatoes. *J Food Sci* 45: 682-684.
4. Lee JS, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Jeong BC. 2006. Making techniques of high quality powder in sweet potato. *Korean J Crop Sci* 51: 198-203.
5. Teow CC, Truong V, McFeeters RF, Thompson RL, Pecoto KV, Yencho GC. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem* 103: 829-838.
6. Krinsky NI. 1993. Actions of carotenoids in biological systems. *Annual Rev Nutr* 13: 561-587.
7. Odake K, Terahara N, Saito N, Toki K, Honda T. 1992. Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas*. *Phytochemistry* 31: 2127-2130.
8. Shi Z, Bassa IA, Gabriel SL, Francis FJ. 1992. Anthocyanin of sweet potatoes: *Ipomoea batatas*. *J Food Sci* 57: 755-760.
9. Lee LS, Kim SJ, Rhim JW. 2000. Analysis of anthocyanin pigments from purple-fleshed sweet potato. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 555-560.
10. Yadav AR, Guha M, Tharanathan RN, Ramteke RS. 2006. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. *LWT-Food Sci Technol* 39: 20-26.
11. AOAC. 2000. *Official methods of analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. Method 991.43.
12. AACC. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 76-11.
13. Prosky L, Asp N, Sweizer TF, Devries J, Furda I. 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products, Interlaboratory study. *JAOAC* 71: 1017-1023.
14. Anderson RA. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. *Cereal Chem* 59: 265-271.
15. Kim SJ, Rhim JW, Jung ST, Ahn YS, Oh YB. 1997. Carotenoid contents of yellow sweet potatoes. *Korean J Food Sci Technol* 29: 218-222.
16. Rynolds LB, Rosa N, McKeown AW. 1993. Effects of harvest date on certain chemical and physical characteristics of sweet potato grown in south western Ontario. *Canadian J Plant Sci* 74: 603.
17. Suh HJ, Chung SH, Choi YM, Bae SH, Kim YS. 1998. Changes in sugar content of sweet potato by different cooking methods. *Korean J Soc Food Sci* 14: 182-187.
18. Zhang Z, Wheatley CC, Corke H. 2002. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. *Postharvest Biol Technol* 24: 317-325.
19. Huang AS, Tanudjaja L, Lum D. 1999. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. *J Food Compost Anal* 12: 147-151.
20. Tian SJ, Richard JE, Blanshard JMV. 1991. Physicochemical properties of sweet potato starch. *J Sci Food Agric* 57: 459-491.
21. Walter WM, Truong VD, Wiesenborn DP, Carvajal P. 2000. Rheological and physicochemical properties of starches from moist- and dry-type sweet potatoes. *J Agric Food Chem* 48: 2937-2942.
22. Yadav AR, Mahadevamma S, Tharanathan RN, Ramteke RS. 2007. Characteristics of acetylated and enzyme-modified potato and sweet potato flours. *Food Chem* 103: 1119-1126.
23. Iwuoha CI, Nwakanma MI. 1998. Density and viscosity of cold flour pastes of cassave (*Manihot esculenta* Grantz), sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) and white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) tubers as affected by concentration and particle size. *Carbohydr Polymers* 37: 97-101.
24. Krishnan JG, Padamaja G, Moorthy SN, Suja G, Sajeew MS. 2010. Effect of pre-soaking treatments on the nutritional profile and browning index of sweet potato and yam flours. *Innovat Food Sci Emerg Technol* 11: 387-393.
25. Shih MC, Kuo CC, Chiang W. 2009. Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes. *Food Chem* 117: 114-121.

(2010년 6월 21일 접수; 2010년 10월 1일 채택)