한국산 8 품종 고구마분말의 특성

박선진 · 김지명 · 김정은 · 정소희 · 박경환 · 신말식[†]

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과

Characteristics of Sweet Potato Powders from Eight Korean Varieties

Sun Jin Park, Ji Myoung Kim, Jeong Eun Kim, So Hee Jeong,

Kyoung Hwan Park and Malshick Shin[†]

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University.

Abstract

Sweet potato powders made from eight Korean varieties, including purple-fleshed, orange-fleshed, and commercial dry type sweet potatoes, were investigated for physicochemical and pasting properties to develop processed food. Crude protein and lipid contents of Shinjami and Borami were higher than those of other varieties. The lightness value of raw sweet potato flesh was the highest value in Shinchunmi, and the lowest in Shinjami. Using the color difference (ΔE), color similarities compared to the white plate occurred in the following order; purple-fleshed > orange-fleshed > commercial dry type sweet potatoes. Total and damaged starch contents were significantly different ($p < 0.05$). Total starch content of sweet potatoes was higher in commercial dry sweet potatoes (61.89-70.46%), particularly Shinchunmi (70.46%) but lower in orange-fleshed sweet potato (48.87 and 49.53%, respectively). Water binding capacity of Yeonwhangmi, swelling power and solubility of Shinyulmi were the highest values (174.70, 25.54 and 87.49%, respectively) among them ($p < 0.05$). But oil absorptions of Shinyulmi and Shinchunmi showed lower values (97.08 and 97.54%, respectively). All sweet potato powders had an A type x-ray diffraction pattern. The initial pasting temperatures of sweet potato powders ranged from 69.50 to 75.95°C and the amylolytic enzyme in sweet potato powder lowered pasting viscosity.

Key words : sweet potato, powder, Korean variety, physicochemical properties, pasting properties

I. 서론

최근 안전한 건강관련 식품에 대한 관심이 증가하면서 친환경 농산물과 농약의 영향이 적은 뿌리와 땅속에서 얻는 식품의 선호도가 증가하고 있다. 특히 고구마(*Ipomoea*

batatas L.)는 전분질 식품으로 수분을 많이 함유하고 있어 같은 양을 섭취하였을 때 열량이 낮으며 감자보다 식이섬유 함량과 폴리페놀성 물질 함량이 높아 기능성을 갖는 웰빙 식품으로 알려져 있다(Reddy NN와 Sistrunk WA 1980).

고구마는 중요한 식량작물 중의 하나로 단위면적당 수확량도 많고 환경에 영향을 적게 받지만 수확 후 큐어링 과정을 거쳐야 저장성이 증가되며 5°C 이하에서는 냉해를 받으며 저장성이 낮은 것이 단점이라 할 수 있다.

우리나라의 고구마 품종은 크게 밤(분질)과 물(점질)고구

[†]Corresponding author: Malshick Shin, Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University
Tel: 82-62-530-1336
Fax: 82-62-530-1339
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr

마로 구분할 수 있으며(Shin MS과 Ahn SY 1987) 농촌진흥청 작물시험장에서 소비자가 선호하는 밤고구마 품종과 베타카로틴을 함유한 고구마 등 새로운 품종을 개발하면서 품종을 유지하고 있다. 현재는 전남 무안군 바이오에너지작물센터(구 목포시험장)에서만 육종과 품종유지가 이루어지고 있다. 베타카로틴이나 안토시아닌을 함유한 고구마가 개발되고 텍스처뿐만 아니라 생고구마의 당, 수분, 맛, 육질 및 표피 색, 크기, 모양, 폐놀성 물질, 효소함량, 갈색화 정도, 수지함량 등 다양한 고구마가 개발되면서 생과로 사용하는 것 외에 가공에 대한 연구도 지속적으로 이루어지고 있다(Greene JL과 Bovell-Benjamin AC 2004, Lee JS 등 2006, Kim KE 등 2010).

고구마는 오래전부터 전분을 분리하여 전분국수인 당면을 사용하여 왔고 전분은 양조, 물엿, 냉면, 식초, 조청 등에, 증숙 고구마는 베이커리제품, 앙금, 양갱 등으로 유색고구마는 분말로 떡, 한과 등에도 사용되면서 용도가 다양해지고 있다(Shin MS과 Ahn SY 1988, Zhang T와 Oates CG 1999, Tan HZ 등 2006, Walter WM 등 2000). 또한 고구마의 건강에 대한 연구는 색소물질인 안토시아닌, 폐놀성 물질, 베타카로틴 등으로 항산화, 항암효과, 심혈관질환 예방과 식이섬유의 비만억제, 변비예방 등이 연구되고 있다(Huang AS 등 1999, Lee JS 등 2007, Bovell-Benjamin AC 2007, Rumbaoa RGO 2009).

하지만 국내에서 유통되고 있는 고구마는 대부분 품종이 혼합되어 성분함량이나 특성이 다르고 품종 및 품질관리가 전혀 이루어지지 않고 있다. 시중에 호박고구마로 알려진 주황색고구마도 같은 지역에서 구입하여도 전혀 다른 맛과 품질을 가지고 있기 때문에 생과로 사용할 때는 물론 가공용으로 사용하기에는 많은 어려움이 있다. 이런 문제점은 지역에서 용도에 따라 품종이 혼입되지 않도록 관리해야 할 뿐만 아니라 용도에 맞는 품종을 제대로 보급해야 하기 때문에 품종에 따른 정확한 성분이나 특성을 조사 연구하여 지역에 따라 자체적인 품종유지로 품질관리가 이루어져야 미래의 고구마 산업이 성장할 것으로 생각한다.

따라서 본 연구에서는 바이오에너지작물센터로부터 생과나 가공용으로 개발하였을 때 우수한 품종 20개 중 예비조사를 통하여 선발한 8개 품종의 이화학적 특성을 조사하여 고구마 가공식품의 개발을 위한 기초 연구의 토대가 되고자

하였다. 8개 품종으로는 자색고구마인 신자미와 보라미, 주황색고구마인 주황미와 신황미, 일반 분질고구마인 신율미, 신천미, 연황미, 증미를 사용하였으며 동결건조한 고구마분말의 이화학적, 호화특성을 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

시료인 고구마는 전남 무안군 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터에서 2009년 수확한 고구마로 자색고구마인 신자미와 보라미, 주황색고구마인 주황미와 신황미, 일반 고구마인 신율미, 신천미, 증미와 연황미를 분양받아 시료로 사용하였다.

2. 고구마의 형태 관찰

물로 깨끗이 씻은 고구마를 물체와 거리를 조절하여 고정된 기구에 디지털 카메라(Kento, Canon, Tokyo, Japan)로 생고구마의 전체모양과 단면을 잘라 형태를 관찰하였다.

3. 고구마 분말의 제조

생고구마에 묻은 흙과 먼지를 제거하고 물로 깨끗이 씻은 다음 갈색반응을 방지하기 위하여 물에 담가 필러로 껍질을 제거하고 물에 담갔다(Ahmed M 등 2010). 이를 잘게 잘라 동결건조용 병에 담아 -80℃ 급속동결기(NIHON Freezer, JP/CLN-40U, Japan)로 급속 동결시키고 동결건조기(Freeze dryer, Ilshin Lab Co., Ltd. FD5510, Korea)로 건조하였다. 건조된 고구마는 분쇄하여 100 mesh 체를 통과시키고 실리카겔을 동봉하여 보관하면서 시료로 사용하였다.

4. 고구마의 일반 성분 측정

고구마분말의 일반성분 함량 분석은 AOAC 방법으로 측정하였다(AOAC 2000). 수분함량을 105℃ 오븐을 이용한 상압 가열법, 단백질함량은 고구마 분말을 시료로 미량 켈달법, 조지질 함량은 속시렛법, 회분은 550℃ 전기로를 이용한 직접 회화법으로 측정하였다.

5. 고구마의 색도 측정

고구마 육질의 색도는 생고구마의 단면을 잘라 색차계 (Chroma Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. Hunter의 L(lightness) 값, a(+redness/-greeness) 값 및 b(+yellowness/-blueness) 값을 5회 반복 측정하였고 기기는 L=96.54, a=0.07, b=1.90 인 표준 백색판(standard white plate)으로 보정하여 사용하였다. 색차(ΔE)는 백색판을 기준으로 $\Delta E=[(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2]^{1/2}$ 식에 의해 계산하였다.

6. X-선 회절도 분석

고구마 분말의 X-선 회절도에 의한 결정형과 결정강도는 X-선 회절기(D/Max-1200, Rigaku Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다, 이 때 사용한 기기조건은 target, Cu-K α ; filter, Ni; full scale range, 3000 cps; scanning speed, 8°/min; voltage, 40 kV; current, 20 mA로 회절각도(2θ) 40-5° 까지 회절시켜 비교하였다.

7. 주사전자현미경을 이용한 형태관찰

고구마 분말과 함유된 전분입자의 표면형태는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM, JEOL, JSM-7500F, Tokyo, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 아세톤으로 깨끗이 닦은 stub에 이중 테이프를 붙이고 고구마 분말을 붙여 금/백금으로 전도성을 갖도록 코팅한 다음 가속전압 20 kV, phototime 85초로 배율은 500배로 관찰하였다.

8. 이화학적 특성 측정

1) 총전분 함량

시료 고구마의 총 전분 함량은 고구마 분말을 이용하여 AACC 76-13의 방법에 따라 측정하였다(McCleary BV 등 1997). 시료 100 mg(건물당)과 80% 에탄올 0.2 mL를 시험관에 담고 vortex mixer로 잘 혼합하고 thermostable α -amylase solution(300 U/mL, MOPS 완충용액, pH 7.0) 3 mL를 첨가하여 끓는 물에서 흔들어주면서 6분간 반응시켰다. 반응 후 냉각하고 50℃의 항온수조에 넣어 200 mM sodium acetate buffer(pH 4.5)를 4 mL 더한 뒤, amyloglucosidase 0.1 mL(20

U)을 넣고 50℃에서 30분간 분산시켰다. 분산 후, 100 mL 용량 플라스크에 담아 정용한 뒤, 원심관에 25 mL씩 담아 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 원심 분리한 상정액과 glucose standard, blank로는 증류수 0.1 mL을 취하여 GOPOD reagent 3 mL을 더한 뒤 50℃에서 20분간 반응시켜 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

측정한 흡광도를 이용하여 다음의 식에 의해 총 전분의 함량을 계산하였다.

$$\text{Total starch (\%)} = \Delta A \times \frac{F}{W} \times FV \times 0.9$$

이때 ΔA 는 시료의 흡광도와 blank 흡광도의 차, F는 100(D-glucose의 μg)/100 μg glucose 흡광도, W는 시료의 무게(mg), FV는 최종 시료의 부피(100 mL)이었다.

2) 손상전분 함량

고구마 분말의 손상전분 함량은 AACC 방법 76-31에 따라 측정하였다(Evers AD와 Stevens DJ 1985). 시료 100 mg을 원심관에 담아 40℃의 항온수조에서 5분간 예열하였고, fungal α -amylase solution(50 U/mL)은 40℃에서 5분간 예열하였다. 각 시료 원심관에 예열된 fungal α -amylase solution(50 U/mL) 1.0 mL을 넣어 vortex mixer로 5초간 저어준 다음 40℃에서 10분간 반응시켰다. 정확히 10분 반응 후 0.2%(v/v) 황산 용액 8 mL을 넣어 반응을 정지시켰고, 1,000 $\times$ g로 5분간 원심분리 하였다. 원심 분리한 상정액 0.1 mL과 glucose standard 및 blank(증류수) 0.1 mL을 취해 0.1 mL의 amyloglucosidase solution(2 U)을 가하여 40℃ 항온수조에서 10분간 반응시켰다. 각 시험관에 GOPOD reagent 용액 4.0 mL을 넣고 40℃에서 20분간 반응시켜 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

측정한 흡광도를 이용하여 다음 식에 의해 손상전분 함량을 계산하였다.

$$\text{Starch damage (\%)} = \Delta E \times \frac{F}{W \text{ (mg)}} \times 8.1$$

이때 ΔE 는 blank와 시료의 흡광도 차, F는 150(μg of glucose)/glucose 150 μg 의 흡광도, W는 시료의 무게(mg)이

었다.

3) 물 결합력

물 결합력은 Medcalf F와 Gilles KA의 방법(1965)에 따라 50 mL 원심 관에 고구마분말 0.5 g(건물 당)과 증류수 20 mL을 가한 후 마그네틱 바($\phi 3.2 \times 13$ mm)를 넣어서 교반기를 이용하여 실온에서 1시간 동안 분산시킨 뒤, $2,730 \times g$ 에서 30분간 원심분리(원심분리기, Hanil Science Industrial Co., Ltd, Supra 22K Seoul, Korea)하여 계산하였다.

$$\text{물 결합력(\%)} = \frac{\text{침전된 시료의 무게(g)} - \text{처음 시료의 무게(g)}}{\text{처음 시료의 무게(g)}} \times 100$$

4) 팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도는 Schoch TJ의 방법(1964)을 이용하여 80℃에서 마그네틱 바를 넣어 가열한 다음 냉각하여 원심 분리한 다음 침전된 무게와 미리 항량하여 건조시킨 용기에 분리된 상징액을 부어 105℃에서 건조한 무게로부터 다음의 식을 이용하여 용해도를 계산하고 이로부터 팽윤력을 계산하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{상징액의 건조 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전된 쌀가루의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)} \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

9. 고구마 분말의 oil 흡수력 측정

고구마 분말의 oil 흡수력은 Lin MJ 등(1974)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 시료 0.5 g에 대두유(해표식용유, 사조해표) 5 mL를 원심분리용 시험관에 넣고 30분 동안 10분 간격으로 30초씩 저어준 후 10,000 rpm에서 25분간 원심분리 후 기름을 제거한 다음 무게를 측정하여 oil 흡수력을 %로 산출하였다.

10. 호화 특성 측정

품종이 다른 8종류 고구마 분말의 호화특성은 Rheometer(AR 1500ex, TA instrument, New Castle, DE, USA)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g(건량 기준)을 RVA용 canister에 담고 증류수를 가하여 0~1분간은 50℃, 1.0~4.45분은 95℃까지 상승, 4.45~7.15분은 95℃로 유지, 7.15~11.06분은 50℃까지 냉각, 11.06~12.30분은 50℃를 유지하면서 점도를 측정하였다. 신속 점도측정기의 측정치는 최고점도(peak viscosity, P), 최저점도(trough viscosity, T), 최종점도(final viscosity, F)를 나타냈고, setback(F-T)과 breakdown(P-T) viscosities를 계산하였다.

11. 통계처리

SPSS 12.0을 사용하여 ANOVA에 의해 분산분석을 실시하였고, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 고구마의 형태

생고구마의 전체 모양과 고구마의 가운데 부분의 단면을 잘라 관찰한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 유색미 품종인 주황색 고구마와 보라색 고구마의 색깔은 일반고구마인 신율미, 신천미, 연황미, 증미 품종과는 다르게 뚜렷한 주황색과 보라색을 띠고 있었다. 같은 주황색 고구마 품종이지만 주황미가 신황미보다 좀 더 밝고 진한 주황색을 띄었고, 자색 고구마 품종에서도 신자미 품종이 보라미 품종보다 더 어둡고 진한 색을 띄고 있음을 확인할 수 있었다. 일반 분질 고구마 중에서는 신천미가 더 하얗게 보였고 대부분은 미색을 띄고 있었다. 색소를 함유한 자색고구마와 주황색고구마는 색소원으로 나머지는 전분함량이 높은 가공용으로 사용할 수 있을 것으로 확인하였다.

Fig. 1. Whole and cross section of sweet potatoes with different Korean varieties.

2. 고구마의 일반 성분

8가지 품종 고구마의 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 고구마의 일반성분은 품종에 따라 모두 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 동결건조한 고구마 분말은 수분함량이 매우 낮아 1.35~2.64%이었다. 조단백질 함량은 자색고구마인 보라미와 신자미 품종이 각각 5.90%와 5.52%로 가장 높았으며 신율미 품종이 2.72%로 가장 낮았다. 지질함량은 0.36~1.42%로 자색고구마인 신자미와 보라미가 각각 1.42%와 1.03%로

높은 값을 나타냈다. 회분 함량은 3.05~4.98%로 보라미 품종이 4.98%로 가장 높았고 신천미가 3.05%로 가장 낮은 값을 보였다. Kim KE 등(2010)의 연구에서 육질색에 따른 고구마 분말의 일반성분 함량이 차이를 보였는데 그 중 지질 함량 차이가 가장 컸으며 유의적인 차이는 없었지만 주황색 고구마가 높은 값을 보여 본 연구 결과와 차이를 보였다. 고구마는 품종뿐만 아니라 재배 토양에 의해서도 성질이 달라지고 현재 지역마다 품종간의 혼입에 의해 새로운 성질을 갖는 고구마가 만들어져 품질을 유지하기 위해서는 지역과 목적에 따라 동일품종을 재배하는 것이 가장 바람직하다고 생각되었다.

3. 고구마의 색도

생고구마의 색도는 Table 2와 같다. 고구마의 종류별로 육색이 다르기 때문에 L, a, b 값의 차이를 보였다. 명도인 L값은 자색고구마가 가장 낮고 다음 주황색고구마, 일반 분질 고구마가 가장 밝은 그룹에 속하였다. 그 중 육안으로 관찰하였을 때도 가장 하얗게 보인 신천미 품종이 높은 값을 나타내 가장 밝았고, 그 다음으로 신율미와 증미, 연황미 순이었다. 자색고구마는 L값이 24.89와 34.23으로 주황색고

Table 1. General composition of sweet potato powders with different Korean varieties

Sweet potato varieties	Moisture content (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
Orange-fleshed				
Juwhangmi	2.53±0.14 ¹⁾	4.44±0.05 ^d	0.73±0.03 ^c	4.02±0.04 ^c
Shinwhangmi	2.31±0.17 ^a	4.21±0.00 ^e	0.46±0.02 ^d	4.46±0.01 ^b
Purple-fleshed				
Shinjami	1.95±0.18 ^b	5.52±0.03 ^b	1.42±0.06 ^a	3.14±0.03 ^{de}
Borami	2.64±0.05 ^a	5.90±0.04 ^a	1.03±0.04 ^b	4.98±0.14 ^a
Dry type				
Shinyulmi	1.18±0.13 ^c	2.72±0.00 ^b	0.36±0.02 ^c	3.26±0.00 ^d
Shinchunmi	1.44±0.14 ^c	3.38±0.02 ^f	0.46±0.08 ^{de}	3.05±0.01 ^e
Yeonwhangmi	1.49±0.21 ^c	4.88±0.01 ^c	0.44±0.06 ^{de}	3.95±0.07 ^c
Jeungmi	1.35±0.03 ^c	3.15±0.02 ^g	0.37±0.02 ^c	3.06±0.07 ^c

¹⁾ Mean ± S.D.

^{a-h)} Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 2. Color values of raw sweet potatoes with different Korean varieties

Sweet potato varieties	Hunter Lab color values			
	L (lightness)	a (redness / greenness)	b (yellowness / blueness)	ΔE
Orange-fleshed				
Juwhangmi	71.06 $\pm$ 1.14 ^(d)	23.79 $\pm$ 1.70 ^c	43.03 $\pm$ 1.81 ^b	54.09
Shinwhangmi	71.13 $\pm$ 1.06 ^d	23.79 $\pm$ 1.66 ^c	45.36 $\pm$ 2.18 ^a	55.74
Purple-fleshed				
Shinjami	24.89 $\pm$ 0.29 ^f	32.41 $\pm$ 1.20 ^b	-2.48 $\pm$ 0.53 ^e	78.73
Borami	34.23 $\pm$ 1.30 ^e	41.93 $\pm$ 0.58 ^a	-4.69 $\pm$ 0.67 ^e	75.35
Dry type				
Shinyulmi	86.11 $\pm$ 0.43 ^b	-1.41 $\pm$ 0.76 ^d	40.86 $\pm$ 1.16 ^c	40.36
Shinchunmi	87.86 $\pm$ 0.76 ^a	-1.80 $\pm$ 0.47 ^d	24.47 $\pm$ 0.76 ^d	24.25
Yeonwhangmi	84.30 $\pm$ 0.50 ^c	-0.55 $\pm$ 0.49 ^d	39.37 $\pm$ 0.69 ^c	39.42
Jeungmi	86.23 $\pm$ 0.47 ^b	-1.32 $\pm$ 0.40 ^d	40.69 $\pm$ 0.72 ^c	40.17

¹⁾Mean $\pm$ S.D.^{a-f}Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{\frac{1}{2}}$$

구마의 71.06과 71.13보다 훨씬 낮았다. 색깔은 적색도와 황색도로 비교할 수 있는데 적색도를 나타내는 a값은 보라미, 신자미 품종, 주황색고구마 품종이 +값을 나타내었으나 일반 분질고구마는 모두 -값을 보였다. 노란색과 파란색을 나타내는 b값은 자색고구마만 -값을 보여 적색과 파란색에 의해 보라색이 나타남을 확인하였고 이는 안토시아닌 함량이 높기 때문이라고 생각하였다. 황색도를 나타내는 b값은 주황색을 띤 신황미가 45.36으로 가장 높고 그 다음은 주황미로 나타났다. 색차를 나타내는 ΔE 는 백색판을 기준으로 할 때의 색의 차이인데 신자미, 보라미, 주황색고구마, 일반 분질고구마 순이며 신천미가 백색판에 대해 가장 적은 차이를 보였다.

4. X선 회절도

고구마 종류별 고구마 분말의 X선 회절도 양상은 Fig. 2와 같다. 주황색 고구마, 자색고구마, 일반 분질 고구마 분말이 모두 유사한 회절 각도(2θ)인 15.0~15.4° 17.4~17.6° 22.7~23.03°에서 강한 피크를 보여 X선 회절도에 의한 고

Fig. 2. X-ray diffraction patterns of sweet potato powders with different Korean varieties.

A : Juwhangmi B : Shinwhangmi C : Shinjami D : Borami
E : Shinyulmi F : Shinchunmi G : Yeonwhangmi H : Jeungmi

구마 품종의 결정형은 A형임을 확인하였다. 8가지 품종 중에서 15.4와 23.0°의 피크가 약한 품종은 주황미, 신황미와 보라미로 A와 B의 혼합형 중에서 A형에 가까운 Ca으로 볼 수 있을 것 같다. X-선 회절도에 의한 전분의 결정형은 전분 분자구조의 차이로 나타나며 전분의 결정 피크 위치와 강도에 따라 A, B형으로 나누는데 곡류 전분은 A형의 결정형, 감자, 바나나와 고아밀로오스 옥수수전분은 B형의 결정형을 가지며 일부 전분은 A와 B의 혼합형으로 Ca, Cb, Cc로 구분하기도 한다(Kulp K와 Lorenz K 1981).

5. 주사전자현미경을 이용한 형태

주사전자현미경으로 관찰한 고구마 분말의 입자 형태를 500배율로 확대하여 본 결과는 Fig. 3과 같다. 그림에서 보는 것과 같이 고구마 분말에 고구마 전분입자가 존재함을 관찰할 수 있었다. 고구마의 전분입자는 대부분 둥글고, 타원형 모양을 하고 있었으며 일부 다면체 입자를 확인할 수 있었다. 고구마 품종에 따른 전분 함량이 차이를 보이는 것과 같이 분말에서 차지하는 전분입자의 비율도 차이를 보여 주황색고구마와 자색고구마에는 전분입자 외에 작은 조각들이 많이 분포하였다. 분말에는 전분입자를 함유하는 세포와 전분입자 세포물질들이 한꺼번에 관찰되었고 그 크기도 차이를 보여 신천미가 큰 입자형태로 구성됨을 알 수 있었다. 전분입자의 크기나 형태는 전분을 분리하여 확인하는 것이 더 확실하므로 전분 특성에 대한 연구를 지속될 예정이다. Madamba CSP 등(1975)은 일반적으로 고구마 전분의 입자는 7~24 μm 크기로 hilum이 중앙에 있으며 둥글거나 다

각형의 형태를 유지한다고 하였으며 Shin MS과 Ahn SY(1988)는 분질, 점질 고구마전분 모두 둥근형이며 11-17 μm 에 포함된다고 하였다.

6. 이화학적 특성

1) 총 전분 및 손상전분 함량

8가지 품종 고구마의 동결건조 분말의 총 전분과 손상전분 함량은 Table 3에 나타났다. 총 전분 함량은 일반분질 고구마는 61.89~70.46%로 높은 전분함량을 보였는데 그 중 신천미 품종이 70.46%로 가장 높았고 신율미 품종이 61.89%이었다. 자색고구마인 신자미와 보라미는 각각 59.31%와 50.50%로 중간, 주황색고구마인 주황미와 신황미는 각각 49.53%와 48.87%로 낮은 값을 보였다. 생고구마를 증숙하여 비교하면 주황색고구마는 점질성을 나타내었으며 일반 분질 고구마는 밤고구마와 같이 총전분이 영향을 줄을 알 수 있었다. 자색고구마 중 보라미 품종은 주황색고구마와 유사한 전분함량으로 텍스처나 전분의 결정형에서 주황색고구마와 유사한 경향을 보이고 있다. 분질 고구마가 알코올불용성 고형분과 전분함량이 높았다고 보고한 Lee KA 등(1985)과 Sistrunk WA(1971)의 결과와 일치하였다. 고구마의 전분함량은 품종, 산지, 수확시기 등에 따라 다양하며 40.3~76.8%의 폭 넓은 분포를 보인다는 연구도 보고되었다(Teow CC 등 2007).

Table 3. Total and damaged starch contents of eight different Korean sweet potatoes

Sweet potato varieties	Total starch content (%)	Damaged starch content (%)
Orange-fleshed		
Juwhangmi	49.53 $\pm$ 0.32 ^{6a1)}	1.51 $\pm$ 0.07 ^d
Shinwhangmi	48.87 $\pm$ 0.60 ⁸	2.61 $\pm$ 0.01 ^{bc}
Purple-fleshed		
Shinjami	59.31 $\pm$ 0.43 ^c	2.18 $\pm$ 0.37 ^c
Borami	50.50 $\pm$ 0.19 ^f	3.09 $\pm$ 0.29 ^a
Dry type		
Shinyulmi	61.89 $\pm$ 0.08 ^d	1.37 $\pm$ 0.06 ^d
Shinchunmi	70.46 $\pm$ 0.05 ^a	0.91 $\pm$ 0.22 ^e
Yeonwhangmi	66.14 $\pm$ 0.18 ^b	2.76 $\pm$ 0.14 ^{ab}
Jeungmi	63.68 $\pm$ 1.57 ^c	1.49 $\pm$ 0.01 ^d

¹⁾ Mean $\pm$ S.D.

^{a-g} Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test

Fig. 3. Scanning electron microphotographs of sweet potato powders with different Korean varieties. The magnification was used X500

Table 4. Physicochemical properties of sweet potato powders with different Korean varieties

Sweet potato varieties	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility at 80°C (%)	Oil absorption (%)
Orange-fleshed				
Juwhangmi	132.35±2.41 ^f	21.27±1.87 ^{abcd}	81.83±0.06 ^{cd}	126.03±4.96 ^c
Shinwhangmi	138.38±0.21 ^{ef}	22.24±0.50 ^{abc}	83.35±0.20 ^{bc}	149.25±0.75 ^a
Purple-fleshed				
Shinjami	144.23±5.05 ^{de}	18.96±0.68 ^{bcd}	80.03±0.37 ^d	132.59±3.68 ^b
Borami	159.82±0.76 ^b	17.38±0.91 ^d	71.81±1.62 ^e	143.49±0.37 ^a
Dry type				
Shinyulmi	150.93±1.25 ^{cd}	25.54±4.30 ^a	87.49±1.14 ^a	97.08±0.04 ^d
Shinchunmi	154.36±0.42 ^{bc}	18.20±0.51 ^{cd}	43.04±1.47 ^f	97.54±0.26 ^d
Yeonwhangmi	174.70±4.77 ^a	22.67±0.32 ^{ab}	85.32±0.31 ^{ab}	132.48±2.04 ^b
Jeungmi	167.18±3.44 ^a	22.34±0.34 ^{abc}	86.24±0.60 ^a	120.23±2.78 ^c

¹⁾Mean ± S.D.^{a-f}Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test

손상 전분 함량은 보라미 품종이 3.09%로 8가지 품종 중 가장 높았으며 신천미 품종이 0.91%로 가장 낮았다. 고구마는 그 자체에 전분을 분해할 수 있는 α -, β -아밀라아제 효소를 가지고 있어 생고구마 분말의 경우 손상전분에 작용할 수 있으며 가열 중에는 효소에 의해 호화전분이 영향을 받기 때문에 전분함량이나 손상전분이 가공과정 중에 품질에 많은 영향을 미칠 것으로 생각되어 중요한 요인임을 알 수 있었다(Shin MS과 Ahn SY 1986, Zhang T와 Oates CG 1999).

2) 물 결합력

8가지 품종의 고구마 분말의 물 결합력 결과는 Table 4에 나타낸 것과 같이 일반 분질 고구마 중 연황미 품종이 174.70%로 가장 높은 물 결합능력을 보인 반면 주황색 고구마인 주황미와 신황미 품종은 각각 132.35%와 138.38%로 낮은 물 결합력을 보였다. 물 결합력은 분말을 구성하는 입자의 크기와 물질의 물 흡수력에 영향을 받기 때문에 가공에 중요하지만 구성 전분 함량차이나 입자크기 차이로 인하므로 다른 성질을 함께 비교해야 할 것으로 생각되었다.

3) 팽윤력과 용해도

고구마 분말의 팽윤력과 용해도는 Table 4와 같이 일반분질 고구마인 신율미가 가장 높은 팽윤력(25.54)과 용해도(87.49%)를 보인 반면 팽윤력은 보라미(17.38%), 용해도는 신천미(43.04%)가 가장 낮은 값을 보였다. 분말의 세포와 전분의 결합력이나 전분입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주기 때문에 신율미 품종은 가열에 의해 전분 팽윤이 증가되어 물과 단단한 결합을 가지고 있을 것으로 보이며 보라미와 신천미는 낮은 결합력을 보인다고 할 수 있다. 낮은 결합력을 보이는 신천미와 보라미 품종의 용해도가 낮아 팽윤이 낮은 것이 전분입자가 호화될 때 아밀로오스와 같은 용해성 물질의 용출에 의한 것이 아님을 알 수 있었다. 이는 전분 구조적인 차이로 용출된 물질이 적기 때문이라고 생각되었다. 팽윤력과 용해도 양상은 가열 중의 전분입자내의 micellar network의 강도와 특성(Greenwood CT와 Machenzie S 1963), 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율 및 분자량 등(Leach HW 등 1959)에 의해 영향을 받기 때문이라 알려져 있다.

7. Oil 흡수력

고구마 분말의 oil 흡수력은 주황색 고구마인 신황미와 보라색 고구마인 보라미가 각각 149.25%와 143.49%로 높은 흡수력을 보였고, 신율미와 신천미 분말이 97.08과 97.54%로 oil 흡수력이 낮았다. 김 등(2010)의 결과에서 보면 고구마 분말의 oil 흡수력은 고구마의 건조방법에 따라 차이를 나타내 모든 육질색 종류의 고구마에서 동결건조 한 분말보다 열풍건조 한 분말의 oil 흡수력이 유의적으로 높게 나타났다고 보고하였고, 동결건조 한 분말 중 주황색 고구마 분말이 가장 높은 수치를 보였다고 하였다. 고구마분말이나 고구마를 기름을 이용하여 가공처리할 때 신천미와 신율미가 oil 흡수력이 낮아 건강에 도움을 줄 수 있으며 주황색 고구마의 베타 카로틴의 흡수는 oil 흡수력이 높은 것이 도움을 줄 것으로 생각되었다. 즉 고구마는 육질색이나 품종에 따라 그 특성이 달라지므로 가공 목적으로 사용할 때 특성을 고려하여 가공 조건에 맞는 품종을 선발하는 것이 품질유지와 관리에 중요할 것으로 생각되었다.

8. 호화 특성

신속점도 측정기를 이용하여 고구마의 분말의 호화양상을 측정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 고구마 분말에는

50~70%의 전분을 함유하고 있기 때문에 전분과 유사한 호화양상을 보일 것으로 생각되었으나 Table 5와 같이 매우 낮은 점도를 나타내었다. 초기 전분이 호화되기 시작하는 호화개시온도는 69.50~75.95℃ 범위에서 나타났으며 전체적으로 점도 상승이 되지 않고 신천미와 연황미를 제외하고는 최고점도도 10 RVU에 미치지 못하였다. 낮은 호화점도를 보이는 고구마 분말도 품종에 따라 차이를 보여($p<0.05$) 주황색 고구마는 더 낮은 최고 점도와 breakdown viscosity를 나타냈다. 고구마 분말의 RVA에 의한 호화 양상이 고구마 전분과는 완전히 다른 양상을 보이고 있는데 이를 확인하기 위해 자색, 주황색, 일반 분질 고구마 중에서 한 가지씩 분리된 전분의 호화양상을 검토해본 결과 신자미, 신황미와 신율미전분의 최고 점도는 각각 437.9, 441.7과 424.1 RVU로 고구마 분말의 8.62, 7.44와 8.78 RVU와는 큰 차이를 보임을 확인하였다. 또한 고구마 전분에 신자미 분말을 5와 10% 첨가시 각각 170.0와 110.0 RVU를 나타내어 고구마 분말의 전분분해효소가 가열 중에 호화된 전분에 작용하여 점도를 낮추는 것을 확인하였다. 이는 고구마에 함유된 α , β -amylase의 작용에 의해 고구마 전분이 가수분해되어 점도가 낮아진 것으로 생각되었다. 식품산업에 적용하는 경우, 고구마분말의 상태 즉 생고구마분말을 첨가하면 전분을 함유한 식품에 첨가하였을 때 가열에 의해 호화액의 점도가 떨어지

Table 5. Pasting characteristics of sweet potato powders with different Korean varieties

Sample	Initial pasting temperature (°C)	Viscosity(RVU)				
		Peak(P)	Trough(T)	Final(F)	Breakdown (P–T)	Setback (F–T)
Orange-fleshed						
Juwhangmi	69.50±0.00 ^{e1)}	6.08±0.17 ^c	4.60±0.08 ^{bc}	5.28±0.11 ^{bc}	1.48±0.09 ^d	0.68±0.03 ^c
Shinwhangmi	73.00±0.28 ^c	7.44±0.02d ^e	5.15±0.04 ^b	6.06±0.03 ^b	2.29±0.06 ^d	0.91±0.01 ^{bc}
Purple-fleshed						
Shinjami	73.80±0.28 ^c	8.62±0.12 ^{cd}	4.38±0.00 ^{cd}	5.16±0.01 ^{bc}	4.24±0.12 ^c	0.78±0.01 ^c
Borami	69.90±0.28 ^c	10.22±0.06 ^c	4.91±0.02 ^{bc}	6.12±0.04 ^b	5.31±0.08 ^c	1.12±0.02 ^b
Dry type						
Shinyulmi	75.95±0.78 ^a	8.78±0.71 ^{cd}	3.44±0.10 ^c	4.14±0.17 ^d	5.35±0.61 ^c	0.70±0.07 ^c
Shinchunmi	73.70±0.00 ^c	26.23±2.09 ^a	6.28±0.54 ^a	7.99±0.92 ^a	19.95±1.54 ^a	1.72±0.37 ^a
Yeonwhangmi	72.05±0.49 ^d	14.07±1.84 ^b	4.76±0.46 ^{bc}	5.65±0.61 ^b	9.94±1.38 ^b	0.89±0.15 ^{bc}
Jeungmi	74.90±0.00 ^b	8.98±0.05 ^{cd}	3.87±0.04 ^{de}	4.59±0.05 ^{cd}	5.11±0.00 ^c	0.72±0.01 ^c

¹⁾Each value represents mean±SD.

^{a-e}Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

고 당이 증가하게 되지만 호화고구마분말을 사용하면 초기 물성이 다르지만 가열 중의 변화는 적을 것으로 생각되어 고구마분말을 사용할 때 품질관리에 중요한 점을 확인할 수 있었다. 또한 고구마분말을 이용하여 천연색소용 소재를 제조할 때도 이 점을 고려하여 만드는 것이 중요하다고 생각되었다.

IV. 요약 및 결론

자색, 주황색 및 일반 분질고구마를 이용한 가공식품을 개발하기 위하여 한국산고구마 8개 품종을 선별하여 그 분말의 이화학적, 호화특성을 조사하였다. 조단백질과 조지질 함량은 자색고구마인 신자미와 보라미품종이 다른 품종들보다 높았다. 생고구마 육질의 명도(L)는 일반분질 고구마인 신천미 품종이 가장 큰 값을 나타내었고, 자색고구마인 신자미 품종이 가장 낮았다. 백색판을 기준으로 한 색차(ΔE)는 자색고구마가 가장 크고 주황색고구마, 일반분질고구마 순이었다. 총 전분과 손상전분 함량은 품종에 따라 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). 총 전분 함량은 일반 분질고구마 (61.89-70.46%)가 크고 그 중 신천미가 70.46%로 가장 컸으며 주황색고구마는 48.87%와 49.53%로 낮았다. 물 결합능력은 연황미 분말이 가장 높고 팽윤력과 용해도는 신율미 분말이 가장 높은 값을 보였다(각각 174.7%, 25.54%와 87.49%). 그러나 oil 흡수력은 일반 분질고구마 중 신율미와 신천미가 낮아서 97.08%와 97.54%를 보였다. 모든 고구마 분말의 X-선 회절도 양상 결과 모두 A형과 A형에 가까운 Ca형을 보였다. 고구마분말의 호화개시온도는 69.50~75.95℃의 범위에서 나타났으며 모두 낮은 호화점도를 보였는데 그 중 신천미 품종의 최고점도가 가장 높았으며 유색고구마 분말이 일반분질고구마분말보다 호화점도가 낮았다.

한국산 8개 품종의 고구마분말은 육질색 뿐 만 아니라 각각의 이화학적 및 호화특성이 차이가 있음을 확인하였고, 특히 고구마 분말의 가열 중의 점도변화는 고구마에 함유된 전분분해효소에 의해 가수분해 되어 감소됨을 확인하였다. 고구마분말을 색소용이나 혼합 원료로 전분함유식품에 사용할 때와 고구마분말 자체를 가열 조리 및 가공할 때 가열 중에 물성과 당의 변화가 나타나기 때문에 이를 고려하여 선택하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

V. 감사의 글

본 연구는 2009년 농림수산식품부의 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association Cereal Chemists, 10th ed., The Association, St. Paul, MN, USA
- Ahmed M, Akter MS, Eun JB. 2010. Peeling, drying temperatures, and sulfite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. Food Chem 121:112-118
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA, Method 991.43
- Bovell-Benjamin AC. 2007. Sweet potato: A review of its past, present, and future role in human nutrition. Advances in Food Nutri Res 52:1-59
- Evers AD, Stevens DJ. 1985. Starch damage in advances in cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists Inc. Vol. II pp 321-349
- Greene JL, Bovell-Benjamin AC. 2004. Macroscopic and sensory evaluation of bread supplemented with sweet-potato flour. J Food Sci 69(4):SNQ167-173
- Greenwood CT, Machenzie S. 1963. An investigation of the starch of the fruit of the potato (*Solanum tuberosum*). Starch/Stärke 15:251-255
- Huang AS, Tanudjaja L, Lum D. 1999. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. J Food Compos Anal 12:147-151
- Kim KE, Kim SS, Lee YT. 2010. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(10):1476-1480
- Kulp K, Lorenz K. 1981. Heat-moisture treatment of starches I. Physico-chemical properties. Cereal Chem 58:46-52
- Lee KA, Shin MS, Ahn SY. 1985. The changes of pectic substances in sweet potato cultivars during baking. Korean J Food Sci Technol 17:421-425
- Lin MJ, Humbert ES, Sosulski FW. 1974. Certain functional properties

- of sunflower meal products, J Food Sci 39:368-370
- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches, Cereal Chem 36:534-544.
- Madamba LSP, Bustrillos AR, San pedro EL. 1975. Sweet potato starch: physicochemical properties of the whole starch, Philippine Agriculturist 58:338-350
- McCleary BV, Gibson TS, Mugford DC. 1997. Collaborative evaluation of a simplified assay for total starch in cereal products, Cereal Foods World 42:476-480
- Medcalf F, Gilles KA. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties, Cereal Chem 42:558-568
- 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
- Rumbaoa RGO, Comago DF, Geronimo IM. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties, Food Chem 113:1133-1138
- Schoch TJ, Leach W. 1964. Whole starches and modified starches, In: Methods in Carbohydrate Chemistry Vol. II pp 106-108, Whistler RL, (ed). Academic Press, NY, USA
- Shin MS, Ahn SY. 1986. Action of crude amylolytic enzyme extracted from sweet potatoes and amylolytic enzymes on the sweet potato starches, Korean J Food Sci Technol 18(6):431-436
- Shin MS, Ahn SY. 1987. Textural properties of dry and moist type sweet potatoes, J Korean Agric Chem Soc 30(4):315-322
- Shin MS, Ahn SY. 1988. Characteristics of dry and moist type sweet potato starches, Korean J Food Sci Technol 20(3):412-418
- Sistrunk WA. 1971. Carbohydrate transformations, color and firmness of canned sweet potatoes as influenced by variety storage pH and treatment, J Food Sci 36:39-42
- 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
- Walter WM, Troung 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
- Zhang T, Oates CG. 1999. Relationship between α -amylase degradation and physico-chemical properties of sweet potato starches, Food Chem 65:157-163