

## 우수자원 선발을 위한 고구마 유전자원의 주요 특성 평가

박원<sup>1</sup> · 이형운<sup>2</sup> · 고산<sup>2</sup> · 이임빈<sup>2</sup> · 남상식<sup>3</sup> · 정미남<sup>3</sup> · 유경단<sup>2</sup> · 황염지<sup>2</sup> · 이승용<sup>2</sup> · 박진천<sup>2</sup> · 나라안찬드라폴<sup>1</sup> · 한선경<sup>3,†</sup>

### Crop Characteristics of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) Germplasms for Optimizing the Selection of Resources

Won Park<sup>1</sup>, Hyeong-Un Lee<sup>2</sup>, San Goh<sup>2</sup>, Im Been Lee<sup>2</sup>, Sang-Sik Nam<sup>3</sup>, Mi Nam Chung<sup>3</sup>, Gyeong-Dan Yu<sup>2</sup>, Eom-Ji Hwang<sup>2</sup>, Seungyong Lee<sup>2</sup>, Jin Cheon Park<sup>2</sup>, Narayan Chandra Paul<sup>1</sup>, and Seon-Kyeong Han<sup>3,†</sup>

**ABSTRACT** This study was conducted to investigate the crop characteristics of 181 sweetpotato germplasms collected from Korea and overseas. The longest shoot vine length was observed in IT232211 (354.8 cm) and the shortest shoot vine length was observed in IT232185 (32 cm). The maximum numbers of shoot branches and nodes were produced by IT232091 (23.0) and IT232174 (67.8), respectively. Differences in Rapid Visco Analyser profiles were observed for pasting parameters such peak, trough, final, breakdown, and setback viscosities; and pasting temperature. The peak and breakdown viscosities were highest in IT232050 and IT232010, at 338.3 and 207.2 Rapid Visco Unit (RVU), respectively. The trough viscosity was lowest in IT232019 at 103.8 RVU. IT232101 had the highest final viscosity (284.6 RVU), and IT232192 had the highest setback viscosity (81.7 RVU). IT232197 had the highest pasting temperature at 86.8°C, and that of IT232134 was lowest at 72.7°C. To evaluate functional substance content, we analyzed 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity and total polyphenol content. The highest frequency proportion of starch was in the 10%-15% range (50.8% of the plants), followed by the 5%-10% range (38.1% of the germplasms). Sugar content ranged from 13.5 to 33.3% (23.2% on average); the highest frequency proportion of sugar was in the 20%-25% range (56.9% of the germplasms), followed by the 25%-30% range (25.4% of the germplasms). The highest frequency proportion of water was in the 70%-80% range (52.5% of the germplasms), followed by the 60%-70% range (44.2% of the germplasms). Our results provide basic data for the selection of useful resources and for the development of new sweetpotato varieties.

**Keywords** : crop characteristics, germplasm, pasting parameters, starch, sugar, sweetpotato

**고구마**(*Ipomoea batatas* L.)는 1965년에서 2014년 사이에 1억톤 이상의 지속적인 세계 생산량을 기록한(FAO) 이 질육배체( $2n = 6x = 90$ ) 식물로서, 인류를 위한 칼로리, 단백질, 비타민, 미네랄의 중요한 공급원이다(Bovell-Benjamin, 2007). 과거에는 대부분 주식용으로 재배 되었으나, 최근에는 간식으로 주로 이용되며 가공식품에도 이용된다(Lee *et*

*al.*, 2013). 녹말용으로 30% 정도 사용되고 엷·포도당·과자류·식용가공품·의약품·화장품 등 다방면으로 이용되고 있다. 또한 알코올·위스키·소주 등의 원료로도 사용되고 있다. 감자와 비슷한 용도로 쓰이지만 감자와는 달리 고구마는 순이나 줄기로 김치를 담그거나 반찬으로 먹기도 하며 요리의 딥핑소스로도 이용되고 있다. 이렇게 고구마의

<sup>1</sup>국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 박사후연구원 (Post-doctor, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Muan 58545, Korea)

<sup>2</sup>국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연수사 (RDA Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Muan 58545, Korea)

<sup>3</sup>국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구관 (RDA Senior Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Muan 58545, Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: Seon-Kyeong Han; (Phone) +82-61-450-0159; (E-mail) [skhan92@korea.kr](mailto:skhan92@korea.kr)

<Received 24 October, 2019; Revised 12 November, 2019; Accepted 16 November, 2019>

다양한 용도와 웰빙식품으로서 각광을 받고 있어서 앞으로 수요가 점점 더 늘어날 것으로 기대되고 있다. 고구마의 품질은 주요성분인 전분 특성에 따라 큰 영향을 받으며, 품종 및 토양뿐만 아니라 재배조건에 따라 큰 차이를 보인다고 하였고(Collins & Walter., 1986; Han *et al.*, 2014), 고구마의 품질 및 이용성 관련 연구는(Choi *et al.*, 2000; Choi *et al.*, 2011; Han *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2011; Shin *et al.*, 1987; Yukihiro *et al.*, 1997) 다수 보고되어 있으나, 고구마 유전자원 탐색 및 육종에 관련된 연구가 국외에 비하여 매우 부족한 실정으로 다양한 품종 육종 개발에 필요한 유전자원 수집 및 품질특성 조사 연구의 필요성이 대두되고 있다.

따라서 본 연구는 국내외에서 수집된 고구마 유전자원에 대한 작물학적 특성 및 품질특성을 구명하여 유전자원의 다양한 소재로서 유용자원의 선별, 신품종개발 및 재배생산의 기초자료로 활용코자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소에서 보유중인 고구마 유전자원 181점을 2018년 6월에 삼식을 위해, 시비량은 고구마 표준시비법(RDA, 2002)에 준하여 퇴비 1,000 kg/10a, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 5.5-6.3-15.6 kg/10a를 전량 기비로 사용한 후, 로터리 경운을 실시하였다. 비닐은 백색필름으로 피복하였으며 재식밀도는 휴간거리를 70 cm, 주간거리는 20 cm로 하여 시험구당 40주씩 삼식하였고, 시험구배치는 분 할구집구배치법 3반복으로 하였다. 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법(RDA, 2009)에 준하여 관행재배기간인 120일을 재배하고 수확한 후 지상부와 지하부 특성, 전분, 당도, 수분함량 및 전분 호화특성을 조사하였다. 본 시험에서 공시한 고구마 유전자원 181점은 Table 1과 같다.

### 고구마 전분의 분리 및 함량

고구마 전분의 분리 및 함량은 알칼리 침지법으로 분석하였다(Shin & Ahn, 1983). 고구마를 씻어 껍질을 벗기고 자른 후 100 g을 취하여 3배의 0.1% NaOH 용액 300 mL을 가하여 3분간 마쇄하고 100 mesh와 270 mesh에 차례로 통과시켰다. 실온에 정지하여 상층액은 버리고 얻어진 침전물에 0.1% NaOH 용액을 가하는 과정을 4회 반복한 후 증류수로 2회 세척 하였다. 세척된 침전물에 0.1 N HCl을 사용하여 pH 6.5-7로 중화한 후 40°C에서 20시간 건조시켜 무게를 측정하였다. 고구마 전분 함량은 고구마 생체 100 g당 건조 전분 무게를 측정하여 건물율에 대한 백분율

로 나타내었다.

### 고구마 전분의 호화 특성

전분의 호화 특성은 신속점도측정기(RVA tecmaster, Newport Scientific, Warriewood, Australia)로 sweetpotato 분석 program을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 즉, 알루미늄 용기에 고구마 전분(14% 수분함량기준) 2.5 g과 증류수 25 mL를 가한 다음 플라스틱 회전축을 이용하여 완전하게 교반시켜 시료액을 제조하였다. 50°C에서 1분간 빠른 속도로 교반한 다음, 분당 7.3°C씩 올리면서 95°C까지 가열하고 이 상태에서 6분간 유지시킨 후, 다시 분당 5°C씩 내리면서 50°C로 냉각시켜 10분간 유지하면서 호화개시온도(pasting temp.), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 최종점도(final viscosity), 강하점도(breakdown) 및 치반점도(setback)을 구하였다. 모든 결과는 RVA 단위(RVU)로 표시하였다.

### 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량 분석은 페놀성물질인 phosphomolybdic acid와 반응하면 청남색으로 변화하는 것을 이용한 Folin-Ciocalteu (Dewanto *et al.*, 2002) 방법을 변형하여 수행하였다. 분쇄시료 1 g에 80% methanol 24 ml를 가한 뒤 상온에서 24시간동안 200 rpm으로 shaking 한 후 3000 rpm 속도로 10분간 원심분리하여 상등액을 1/10로 희석하여 시료로 사용하였다. 시료 1000 µl에 1N-folin ciocalteu reagent (Sigma Co., USA) 500 µl를 가한 뒤 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Daejung, Korea) 2500 µl를 첨가하고, 3000 rpm으로 10분간 원심분리 후 25°C에서 20분간 반응을 시킨 다음 735 nm에서 흡광도를 측정(Biochrom, Libra S22, England) 하였다. 표준물질은 chlorogenic acid (Sigma Co., USA)를 사용하여 얻은 검량선으로 총 폴리페놀 함량을 계산하였다.

### DPPH 자유라디칼에 대한 전자 공여능 측정

전자공여능(EDA; electron donating ability) 측정은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)가 안정된 radical로 보라색을 띠고 있지만 항산화가 활성화 되면 노란색으로 변하는 것을 이용한 방법으로 수행하였다(Blois, 1958; Yoon *et al.*, 2016). 시료 전처리된 총폴리페놀 함량 분석과 동일하게 준비하였다. 시료 1000 µl에 200 µM의 DPPH용액(갈색 플라스크에 99% ethanol에 녹임, Sigma Co., USA) 2.5 ml를 가한 뒤 1분간 반응을 시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정(Biochrom, Libra S22, England)하였다. 표준물질은 L-ascorbic acid (Sigma Co., USA)를 사용하였으며, 전자공여능은 시

Table 1. Sweetpotato germplasms used in this study.

No.	IT. no	Name	No	IT no.	Name	No	IT no.	Name	No.	IT. no	Name
1	232005	Cheonmi	48	232063	Sugye75	95	232124	Sugye100	142	232183	Mokpo8
2	232006	Suwon118	49	232064	Sugye77	96	232125	Sugye101	143	232184	Mokpo9
3	232008	chungseung100	50	232066	Nonglim2	97	232126	Santo Amara	144	232185	Mokpo10
4	232009	Geumsi	51	232067	Nonglim3	98	232127	Jewel	145	232186	Mokpo11
5	232010	Wonssi	52	232068	Nonglim4	99	232128	Jasper	146	232187	Mokpo12
6	232011	Hogugjeo	53	232069	Nonglim7	100	232129	Suwon102	147	232188	Mokpo13
7	232012	Jangbin	54	232071	Nonglim13	101	232130	Suwon103	148	232189	Mokpo14
8	232013	Cheonyeob-jeog	55	232072	Nonglim15	102	232131	Suwon105	149	232190	Suwon121
9	232014	Banhyang	56	232073	Nonglim16	103	232132	AIS 209-3	150	232191	Suwon122
10	232015	Napaeog	57	232076	Nonglim21	104	232133	CI 478-9	151	232192	Manila
11	232016	Cheonlib	58	232077	Nonglim22	105	232134	Suwon106	152	232193	PNG 135
12	232018	Yusim	59	232078	Nonglim23	106	232135	Suwon107	153	232194	VSP 1
13	232019	Wongi	60	232079	Nonglim25	107	232136	BNAS-White	154	232195	VSP 2
14	232020	Chilbog	61	232081	Nonglim27	108	232137	BNAS-Red	155	232196	CIP VII-2
15	232021	Sugye1	62	232082	Nonglim28	109	232138	All Gold	156	232197	CIP VII-18
16	232022	Sugye4	63	232083	Nonglim31	110	232139	Australian Canner	157	232198	CIP VII-23
17	232023	Sugye5	64	232084	Nonglim14	111	232140	PuertoRico	158	232199	Pillib1
18	232024	Sugye6	65	232086	Nonglim48	112	232143	CI 1096-5	159	232200	Pillib7
19	232025	Sugye8	66	232085	Bageniazma	113	232145	HM 606	160	232201	Indo3
20	232026	Sugye9	67	232088	70 iljo	114	232146	Rose	161	232202	Papota
21	232027	Sugye10	68	232089	sacheonjong36	115	232147	Daenong51	162	232203	Guju12
22	232028	Sugye14	69	232090	Daenong3	116	232148	Daenong53	163	232205	Guju96
23	232029	Sugye16	70	232091	Daenong10	117	232150	Daenong55	164	232206	Mokpo15
24	232032	Sugye32	71	232093	Daenong25	118	232151	Daenong57	165	232210	Suwon125
25	232033	Sugye33	72	232094	Daenong31	119	232153	Daenong64	166	232211	Suwon126
26	232034	Sugye34	73	232095	Daenong32	120	232154	Suwon108	167	232212	Suwon127
27	232035	Sugye36	74	232096	Daenong44	121	232155	Suwon109	168	232213	W 154
28	232036	Sugye43	75	232097	Daenong48	122	232156	Suwon110	169	232215	Fanshul
29	232037	Sugye45	76	232098	White Star	123	232158	SIS 4265	170	232217	Pepa
30	232038	Sugye46	77	232099	Yellow Jersey	124	232159	SIS 4333	171	232218	Ivory
31	232039	Sugye47	78	232101	Gem	125	232160	SIS 5254	172	232219	IITA-TIBLL
32	232040	Sugye49	79	232102	Heart Gold	126	232161	SIS 5538	173	232220	NC 1582
33	232041	Sugye50	80	232103	Kandee	127	232162	SIS 5620	174	232221	Trivandrum2
34	232042	Sugye51	81	232104	Nema Gold	128	232163	Orian	175	232225	Jejujaelae
35	232043	Sugye52	82	232105	Nugget	129	232164	ITS-1225	176	232228	Danpung-2
36	232044	Sugye53	83	232106	Perican Processor	130	232165	Suwon111	177	232229	Su93
37	232045	Sugye54	84	232107	Red Cliff	131	232166	Suwon112	178	232230	Su94
38	232046	Sugye55	85	232110	Sugye90	132	232167	Suwon113	179	232232	Shirosatsuma
39	232047	Sugye56	86	232111	Sugye91	133	232168	Suwon115	180	232233	Satsumahikari
40	232049	Sugye58	87	232112	Sugye92	134	232172	Mokpo3	181	232237	Kainday
41	232050	Sugye59	88	232114	Sugye94	135	232173	Mokpo4			
42	232051	Sugye62	89	232117	China25	136	232174	Mokpo5			
43	232052	Sugye63	90	232119	China33	137	232176	Jersey Orange			
44	232054	Sugye65	91	232120	Sugye96	138	232177	Suwon117			
45	232057	Sugye68	92	232121	Sugye97	139	232178	Suwon119			
46	232061	Sugye73	93	232122	Sugye98	140	232179	Huinsun			
47	232062	Sugye74	94	232123	Sugye99	141	232182	Mokpo7			

료와 반응시킨 것과 반응시키지 않은 것의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

**당도 분석 및 수분함량 측정**

당도는 찢고구마 20 g에 80 ml의 물을 넣고 믹서기로 분쇄 후 상온에서 굴절당도계(PR-32a refractometer, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하고 희석배수 5를 곱하였다. 수분함량은 잘게 자른 생고구마 100 g을 80°C에서 예비 건조 한 다음 105°C에서 6시간 열풍 건조 한 후 건물 무게를 측정하여 100 g에서 뺀 값을 %로 나타내었다.

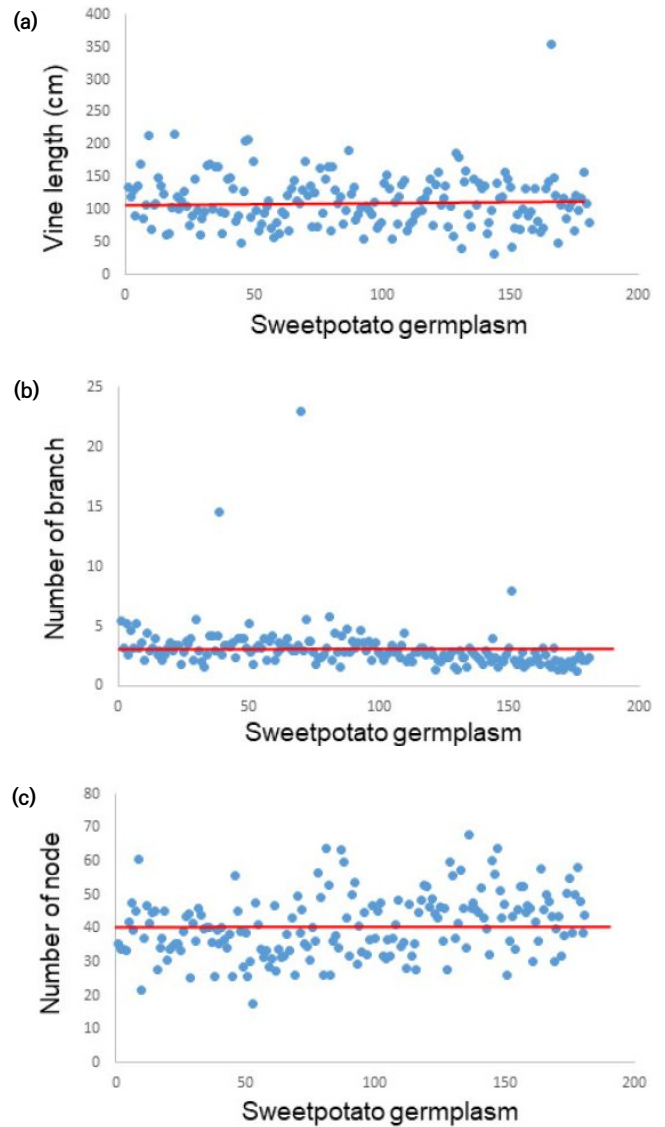
**통계분석**

모든 실험은 SPSS version 20 software (IBM, Chicago, IL, USA)를 이용하여 p<0.05 수준에서 Duncan의 다중범위 검정으로 시료간의 유의성을 검정하였고 데이터는 3반복의 평균값으로 나타내었다. 상관관계는 로그형 또는 선형 회귀분석을 실시하였다.

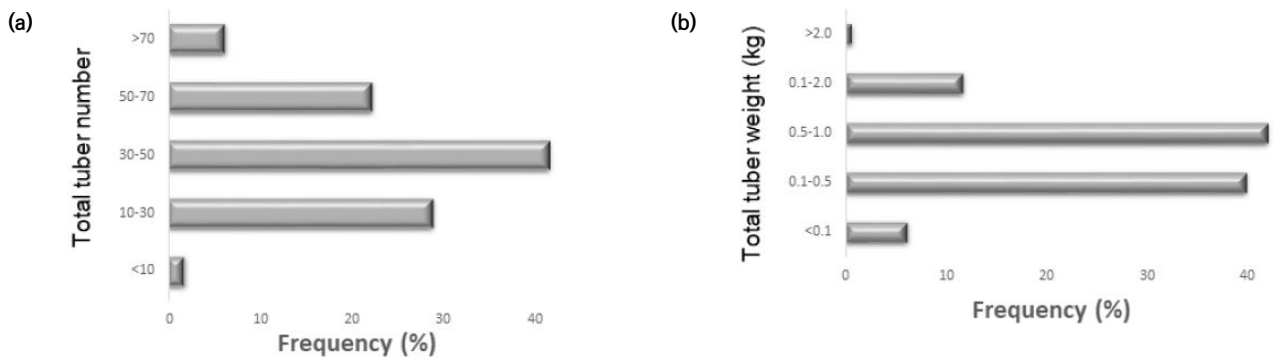
**결과 및 고찰**

**고구마 유전자원 지상부 및 지하부 생육 형질**

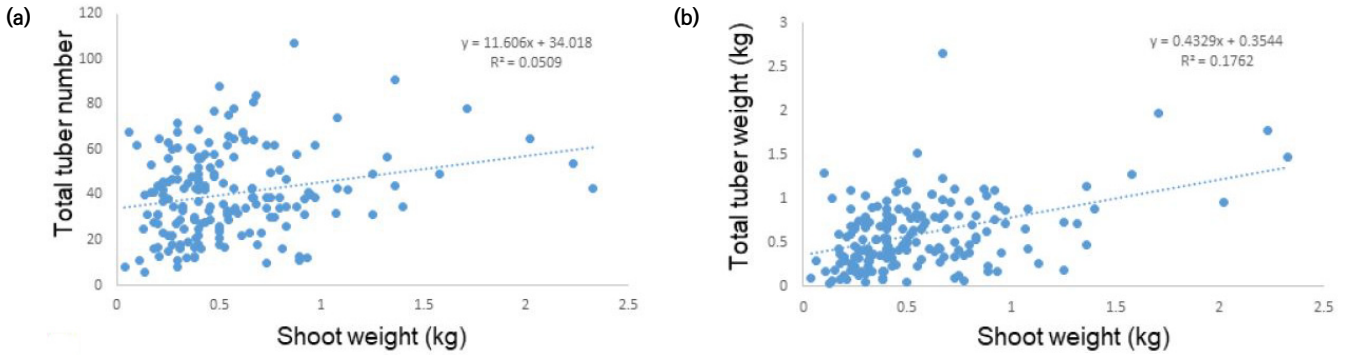
국내외 수집종 181개 고구마 유전자원의 생육조사를 정확기에 실시한 결과 지상부에서 만장은 IT232211가 354.8 cm로 가장 길었고 IT232185가 32 cm로 가장 짧았고 평균 길이는 112.3 cm였다(Fig. 1a). 분지수는 평균적으로 3.1개였으나 IT232091가 특이적으로 23.0개로 가장 많았다(Fig. 1b). 마디수는 17.4개에서부터 67.8개로 다양한 분포를 나타내었으며 평균개수는 40.7개로 나타내었고 IT232174가 67.8개로 가장 많았다(Fig. 1c). 지하부의 괴근수는 주당 30~50개 범위가 41.4% (75자원)로 가장 많았으며(Fig. 2a), 괴근 무게는 주당 0.5~1.0 kg 범위가 41.9% (76자원)으로



**Fig. 1.** Shoot growth characteristics of 181 sweetpotato germplasms. Vine lengths (a), and number of branches (b) and nodes (c).



**Fig. 2.** Storage root yield of 181 sweetpotato germplasms. Frequency of distribution of total tuber number (a) and total tuber weight (b).



**Fig. 3.** Correlation between total tuber number and shoot weight (a), and between total tuber weight and shoot weight (b) among 181 sweetpotato germplasms.

가장 많았다(Fig. 2b). 이들 자원 중 괴근수와 괴근 무게가 모두 상위 10%에 해당하는 자원은 총 5자원 IT232029, IT232062, IT232035, IT232114, IT232131 으로 나타내었다. 한편 고구마 유전자원을 전체적으로 지상부 생체중과 괴근수(Fig. 3a) 및 괴근 무게(Fig. 3b)와 상관관계분석을 실시한 결과 유의성은 인정 되지 않았다. 이는 지상부 무게가 괴근 무게 및 괴근수와 높은 양의 상관관계를 보인 결과와 다르게 나타났다(Lin *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2016). 이러한 차이는 고구마 유전자원 181점이 세계 각 국에서 수집된 것으로서 자원 특성이 서로 다르기 때문인 것으로 사료된다.

**고구마 유전자원별 전분의 호화 특성**

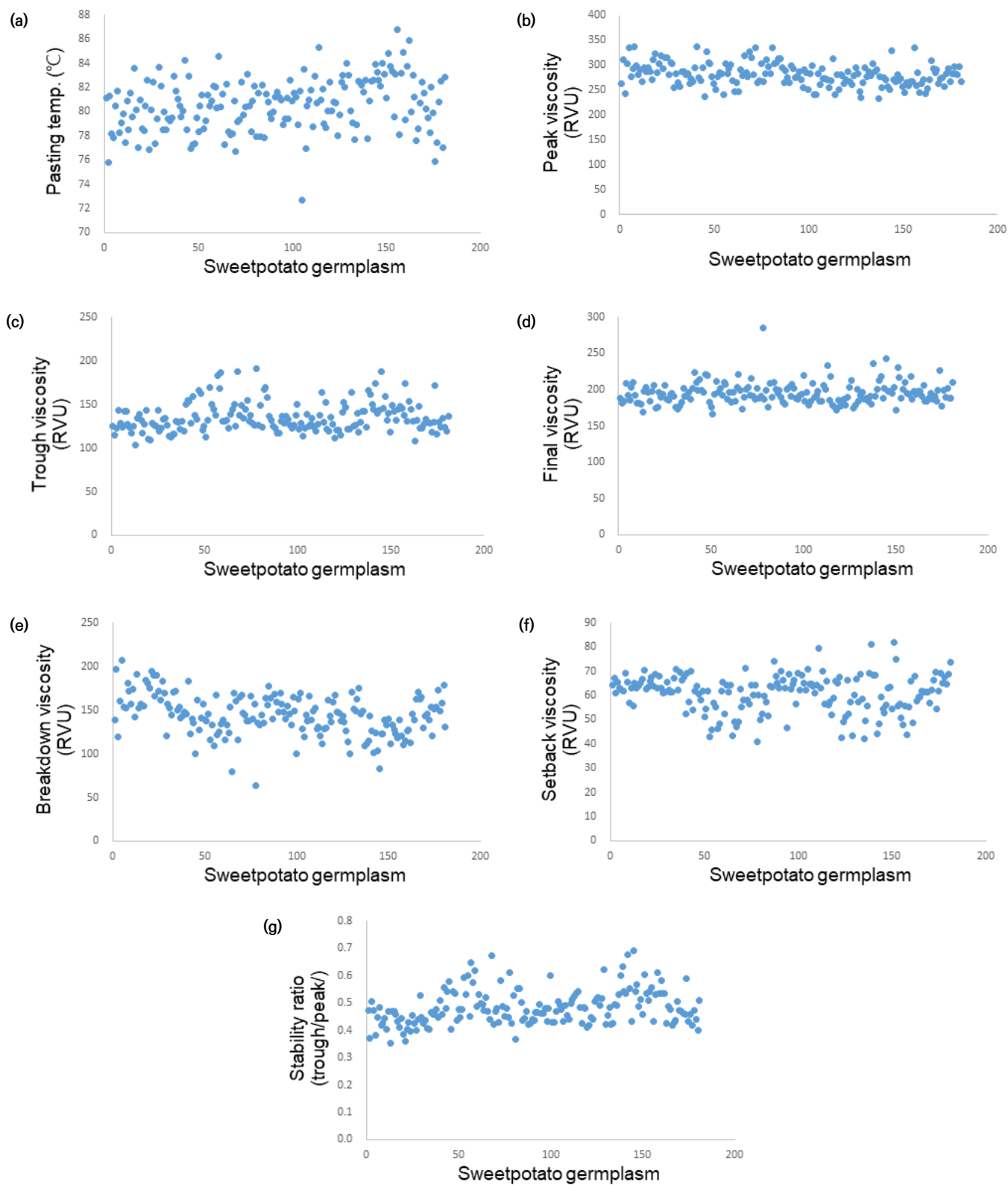
고구마 전분의 호화특성은 Rapid Visco Analyser를 이용하여 분석한 결과, 전분의 호화 개시온도, 최고, 최저, 강하점도 및 최종점도, 치반점도가 유전자원 별로 차이를 보여 주었다(Fig. 4). 전분의 호화개시온도(pasting temperature)는 전분입자 구조의 치밀도를 유출할 수 있는 정보 이용되고 있으며 분질고구마 전분이 점질고구마 전분보다 다소 높은 경향을 나타낸다(Oh & Hong, 2008; Han *et al.*, 2013). 본 연구에서 고구마 유전자원 중에 IT232197 86.8°C로 가장 높았으며, IT232134가 72.7°C로 가장 낮았다(Fig. 4a). 최고점도(peak)는 IT232050가 338.3 Rapid Visco Unit (RVU)로 가장 높게 나타났으며, IT232176가 233.3 RVU로 가장 낮았다(Fig. 4b). 최저점도(trough)는 IT232019가 103.8 RVU로 가장 낮게 나타났다(Fig. 4c). IT232101은 가장 높은 최종점도(284.6 RVU)를 나타냈다(Fig. 4d). 강하점도(break-down)는 IT232010가 207.2 RVU로 가장 높게 나타났으며, IT232101이 63.6 RVU로 가장 낮았다(Fig. 4e). 최종점도가 높고 강하점도가 작은 품종은 열과 전단력(shear force)에 대한 저항성이 커서 점도를 증가시키는 식품 첨가물로 사용이 적합한다(Park *et al.*, 1999), 고구마 유전자원 중에

IT232101이 이러한 조건을 충족하였다. 한편 50°C 냉각점도와 가열시의 점도 차이를 보여주는 치반점도는 노화 정도를 나타낼 수 있다(Baek & Shin, 1995; Choi *et al.*, 2000). 고구마 유전자원의 치반점도는 최대 81.7 RVU (IT232192)에서 최소 40.8 RVU (IT232101)의 범위로 나타났다(Fig. 4f). 전분의 노화 정도는 재배 환경 요인보다는 품종 특성에 더 영향을 받는 경향이 있다(Lee *et al.*, 2016). 전분의 노화 정도의 고저에 따라 적합한 가공식품이 있기 때문에 (Katayama *et al.*, 1999), 본 실험에서 얻은 고구마 유전자원 전분의 치반점도 결과는 전분의 노화 경향 정보를 제공해 줌으로서 고구마 전분을 이용한 가공식품별로 적절한 고구마 품종 선택에 도움이 될 것으로 사료 된다. 마지막으로 전분 점도의 안정성(stability ratio)은 최저점도를 최고점도로 나누어 구하였다(Park *et al.*, 1999.). 그 결과, 전분의 안정성은 IT232186가 0.69로 가장 높았으며 IT232019가 0.35으로 가장 낮게 나타났으며, 평균 수치는 0.51이었다(Fig. 4g).

전분의 호화특성에 영향을 미치는 주요 인자로는 전분입자의 크기, 아밀로스와 지방 함량 및 아밀로펙틴의 구조 등이 있다(Kim & Ahn, 1992). 이러한 요인들의 차이가 고구마 유전자원별로 다양한 전분의 호화특성을 나타낸 것으로 보인다. 종합적으로 본 고구마 유전자원의 전분 호화 특성 자료는 가공 식품과 산업 소재로의 이용 시 유용한 정보를 제공 할 수 있을 것이다.

**총 폴리페놀 함량 및 전자공여능 측정**

고구마 유전자원별로 기능성물질이면서 항산화 성분으로 알려진 폴리페놀함량 및 항산화능력을 비교하기 위한 DPPH 라디칼 소거능의 차이를 알아보았다(Middleton *et al.*, 1997). 먼저 총 폴리페놀 함량이 가장 높게 나타난 자원 IT232197 (858.3 μg/g)을 포함하여 유전자원들 중 상위 20위 까지 리스트를 Table 2에 보여주었다. DPPH 라디칼 소거능은 또



**Fig. 4.** Pasting properties of starch of 181 sweetpotato germplasms. Pating temperature (a), Peak (b), and trough (c), Breakdown (d), Final (e), Setback (f) and Stavility ratio (g).

**Table 2.** Top 20 of 181 sweetpotato germplasms, as ranked by total polyphenol content in tubers.

IT. no	Name	Content (µg/g)	IT. no	Name	Content (µg/g)
232197	CIP VII-18	858.3±97.2 a	232237	Kainday	464.0±44.1 d
232177	Suwon117	780.4±74.0 a	232069	Nonglim7	458.5±42.1 d
232221	Trivandrum2	631.2±37.5 b	232164	ITS-1225	458.2±15.4 de
232186	Mokpo11	577.6±59.4 bc	232225	Jejujaelae	442.7±61.6 de
232178	Suwon119	560.7±8.2 c	232106	Perican Processor	441.9±28.7 de
232213	W154	547.3±63.7 c	232025	Sugye8	441.3±83.3 de
232105	Nugget	542.4±5.0 c	232137	BNAS-Red	437.3±8.7 e
232027	Sugye10	493.9±15.8 d	232077	Nonglim22	427.8±28.7 e
232182	Mokpo7	477.1±47.6 d	232199	Pillib 1	422.3±47.7 e
232174	Mokpo5	465.4±60.8 d	232047	Sugye56	419.2±56.5 e

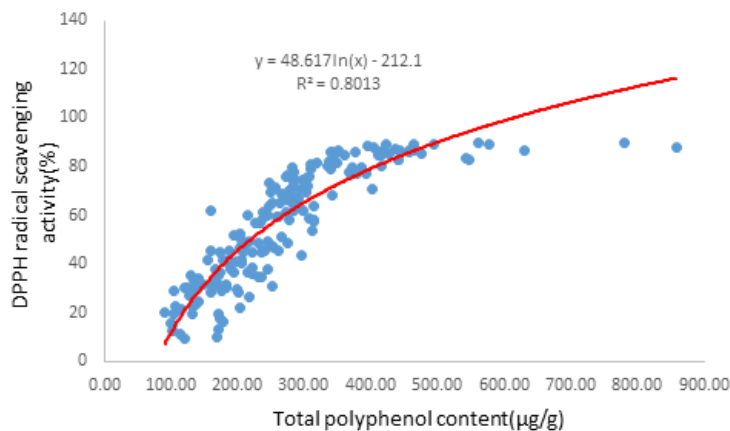
\*Values(Mean±SD) with different letters in the same column are significantly different (p < 0.05).

**Table 3.** Top 20 of 181 sweetpotato germplasms, as ranked by DPPH radical scavenging activity in tubers.

IT. no	Name	EDA (%)	IT. no	Name	EDA (%)
232177	Suwon117	89.8±0.2 a	232221	Trivandrum2	86.8±0.5 b
232178	Suwon119	89.8±0.4 a	232164	ITS-1225	86.8±0.3 b
232237	Kainday	89.4±0.5 a	232187	Mokpo12	86.6±0.6 b
232027	Sugye10	89.4±3.2 a	232174	Mokpo5	86.4±0.9 b
232186	Mokpo11	89.3±2.2 a	232047	Sugye56	86.4±1.1 b
232199	Pillib1	89.1±0.6 a	232225	Jejujaelae	86.3±0.7 b
232188	Mokpo13	88.2±0.9 a	232045	Sugye54	86.1±1.0 b
232054	Sugye65	87.9±0.8 ab	232069	Nonglim7	86.0±0.5 b
232197	CIP VII-18	87.6±0.9 ab	232049	Sugye58	85.9±2.0 b
232137	BNAS-Red	87.5±1.2 ab	232112	Sugye92	85.8±1.6 b

\*EDA: electron donating ability

\*Values (Mean ± SD) with different letters in the same column are significantly different (p < 0.05).



**Fig. 5.** Correlation between total polyphenol content and DPPH radical scavenging activity among 181 sweetpotato germplasms.

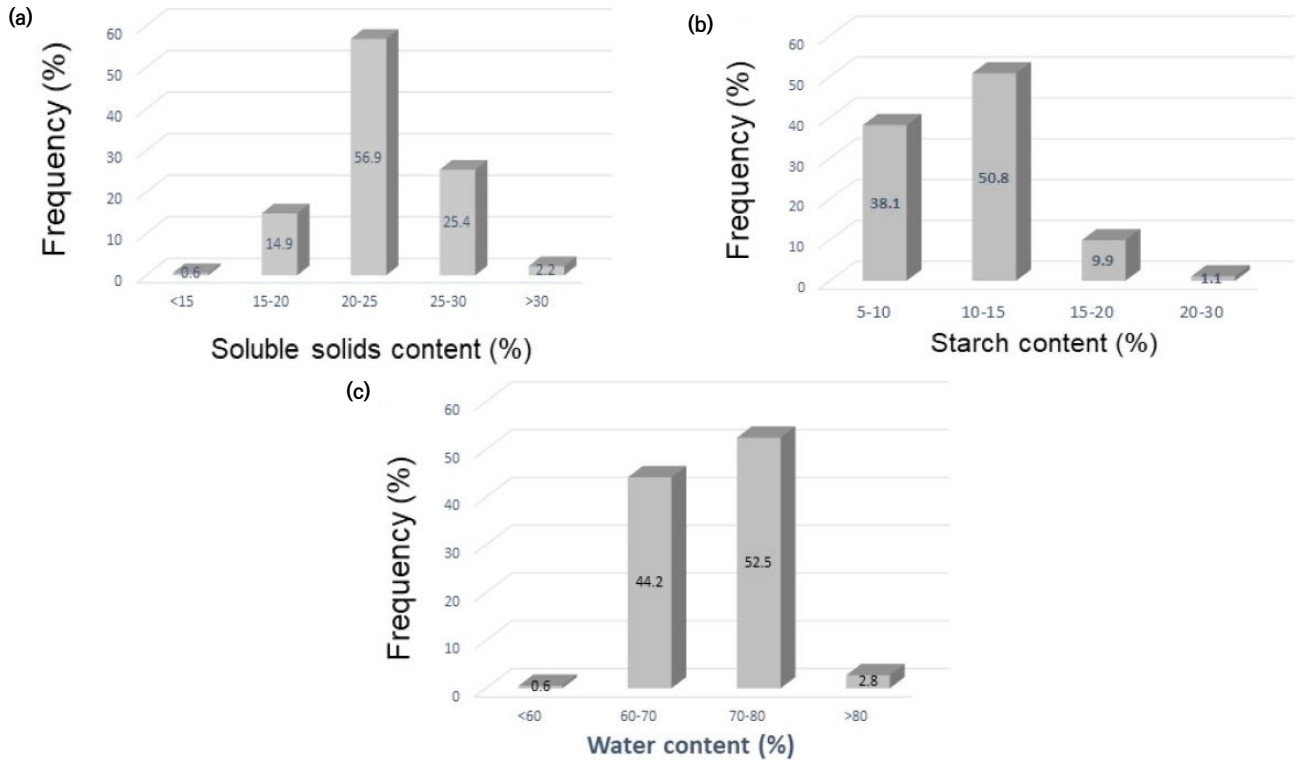


Fig. 6. Frequency of distribution of soluble solids content (a) starch content (a), starch content (b) and water content (c) among sweetpotato germplasms.

Table 4. Top 20 of 181 sweetpotato germplasms, as ranked by soluble solids content in tubers.

IT. no	Name	Content (µg/g)	IT. no	Name	Content (µg/g)
232225	Jejujaelae	33.3±0.8 a	232158	SIS 4265	28.0±1.8 bc
232069	Nonglim7	30.2±0.6 b	232049	Sugye58	27.8±0.6 bc
232210	Suwon125	30.2±0.6 b	232016	Cheonlib	27.5±1.8 bc
232191	Suwon122	30.0±0.5 b	232101	Gem	27.5±2.2 bc
232212	Suwon127	29.3±1.6 bc	232176	Jersey Orange	27.5±1.3 c
232229	Su 93	29.0±2.6 bc	232211	Suwon126	27.5±1.3 c
232010	Wonssi	28.7±0.3 bc	232228	Danpung-2	27.3±1.0 c
232205	Guju96	28.7±1.8 bc	232179	Huinsun	27.2±1.0 c
232066	Nonglim2	28.3±1.8 bc	232006	Suwon 118	27.0±2.0 c
232138	All Gold	28.2±1.8 bc	232097	Daenong48	27.0±1.5 c

\*Values (Mean ± SD) with different letters in the same column are significantly different (p < 0.05).

한 IT232177 (89.8%)을 포함하여 상위 20위까지 리스트를 Table 3에 나타내었다. 총 폴리페놀함량과 DPPH 라디칼 소거능의 상관관계 로그회귀분석 한 결과 99.9% 수준으로 R<sup>2</sup>=0.8013의 높은 상관관계가 나타나 총 폴리페놀함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가함을 알 수 있었다 (Fig. 5). Tables 2과 3에 표시된 자원들 중 IT232188 등 5 자원을 제외하고 총 폴리페놀함량과 DPPH 라디칼 소거능

이 모두 상위 20위 안으로 나타났다. 이는 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능이 비례하는 경향을 나타낸 다른 작물의 기존 연구 결과와 유사하였다(Yoon *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2018).

**당도, 전분 및 수분 함량 분석**

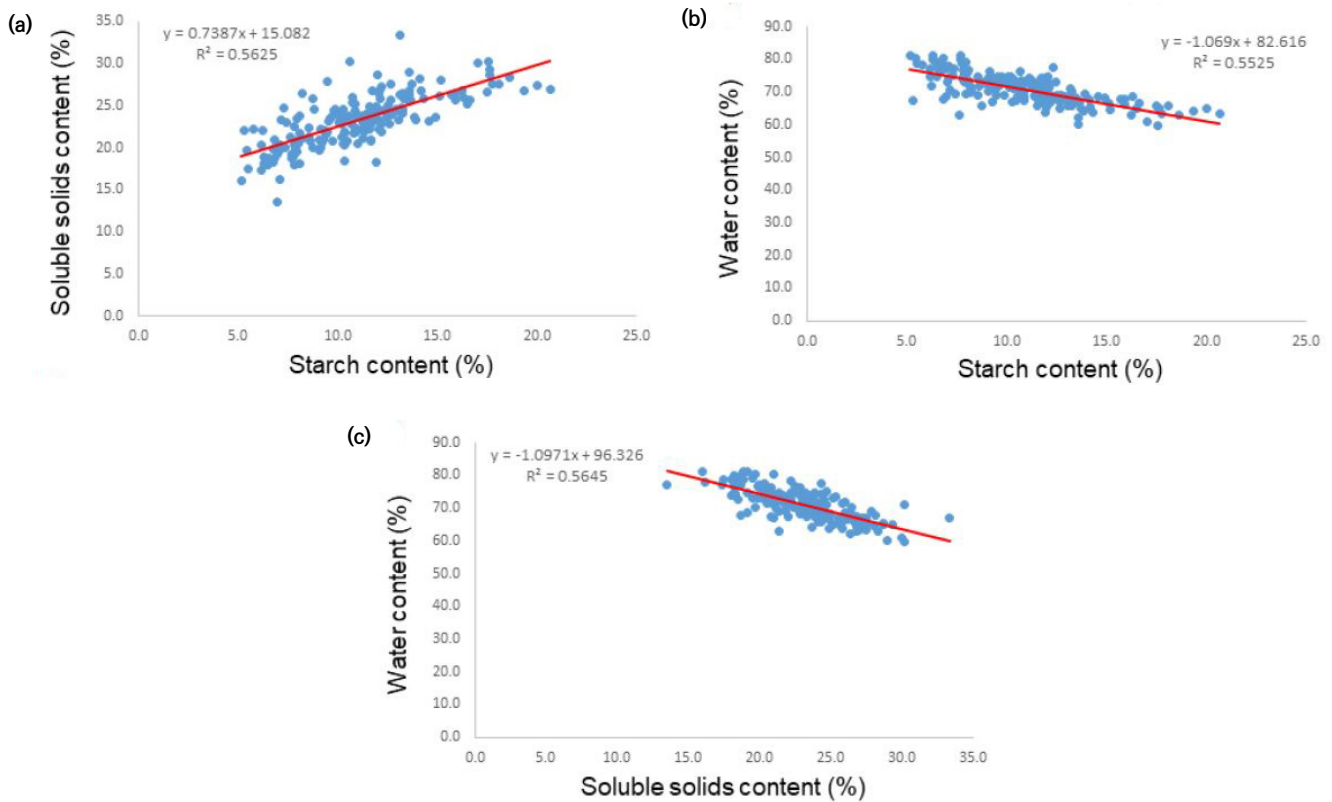
고구마 181유전자원의 당도 범위는 최대 33.3 °Bx에서



**Table 5.** Top 20 of 181 sweetpotato germplasms, as ranked by starch content in tubers.

IT. no	Name	Content (μg/g)	IT. no	Name	Content (μg/g)
232006	Suwon 118	20.7±0.3 a	232191	Suwon122	17.0±2.2 bc
232228	Danpung-2	20.0±1.5 ab	232233	Satsumahikari	16.6±0.6 c
232011	Hogugjeo	19.4±1.1 ab	232168	Suwon115	16.5±1.0 c
232066	Nonglim2	18.6±0.7 b	232162	SIS 5620	16.3±0.9 c
232211	Suwon126	18.1±0.6 bc	232072	Nonglim15	16.3±0.1 c
232176	Jersey Orange	17.8±2.0 bc	232119	China33	15.9±0.8 c
232212	Suwon127	17.7±1.5 bc	232151	Daenong57	15.9±1.0 c
232010	Wonssi	17.6±1.2 bc	232018	Yusim	15.7±1.5 c
232069	Nonglim7	17.5±1.4 bc	232158	SIS 4265	15.2±1.5 c
232232	Shirosatsuma	17.5±1.6 bc	232159	SIS 4333	15.1±0.8 c

\*Values (Mean ± SD) with different letters in the same column are significantly different (p < 0.05).



**Fig. 7.** Correlation between soluble solids content and starch content (a), between water content and starch content (b), and between water content and soluble solids content (c) of 181 sweetpotato germplasms.

최소 13.5°Bx로 나타났으며, 평균 23.2°Bx의 당도를 나타냈다. 20~25°Bx의 당도를 나타내는 고구마 유전자원이 56.9% (103자원)로 가장 많은 빈도를 보여주었으며 다음으로는 25~30°Bx 범위가 25.4%로 총 46자원이 속하였다(Fig. 6a). 당도가 가장 높게 나타난 자원 IT232225을 포함하여 유전자원들 중 상위 20위까지 리스트를 Table 4에 보여주었다.

전분 함량은 최대 20.7%에서 최소 5.2%로 나타났으며, 평균 11%의 전분 함량을 나타냈다. 10~15%의 전분 함량을 나타내는 고구마 유전자원이 50.8% (92자원)로 가장 많은 빈도를 보여주었으며 다음으로는 5~10% 범위가 38.1%로 총 69자원이 속하였다(Fig. 6b). 전분을 가장 많이 함유하고 있는 자원 IT232006을 포함하여 유전자원들 중 상위 20

위까지 리스트를 Table 5에 보여주었다. 수분함량은 70~80% 범위가 52.5%로 가장 높은 빈도수를 보여 주었으며 다음으로 60~70%의 수분함량이 44.2%의 빈도를 나타내었다(Fig. 6c). 고구마 유전자원들의 수분함량은 전분함량 및 당도와 유의한 부의 상관관계를 나타내어 수분함량이 높을수록 전분함량 및 당도가 낮아짐을 알 수 있었다. 한편 전분함량은 당도와 정의 상관관계를 나타내어 당도가 높을수록 전분함량이 높다는 것을 알 수 있었다(Fig. 7).

## 적 요

최근 식용 위주에서 가공으로 용도가 다양화 되고 있어 괴근 수량 및 기능성 물질 등 괴근 품질 특성차이를 조사하여 용도별 고구마 품종 개발 및 가공 연구 등에 활용할 수 있는 기초자료를 얻고자 국내외에서 수집된 고구마 181유전자원을 공시하여 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 만장은 최대 354.8 cm, 최소 32 cm, 평균길이는 112.3 cm 였다. 분지수는 평균 3.1개였으나 IT232091가 특이적으로 23.0개로 가장 많았다. 마디수는 17.4에서 67.8개로 다양한 분포를 나타내었으며 평균 40.7개였다. 괴근수는 주당 30~50개 범위가 75자원로 가장 많았으며, 괴근 무게는 주당 0.5~1.0 kg 범위가 76자원으로 가장 많았다.
2. 전분의 호화개시온도는 IT232197가 가장 높았으며, IT 232134가 가장 낮았다. 최고점도는 IT232050가 가장 높게 나타났으며, IT232176가 가장 낮았다. 강하점도는 IT 232101가 가장 높게 나타났으며, IT232101이 가장 낮았다. 최저점도는 IT232019가 가장 낮게 나타났다. IT232101는 가장 높은 최종점도(284.6 RVU)를 나타냈다. 치반 점도는 최대 81.7 RVU (IT232192)에서 최소 40.8 RVU (IT232101)의 범위로 나타났다. 전분의 안정성은 IT232101가 0.65로 가장 높았으며 IT232019가 0.20으로 가장 낮게 나타났다.
3. 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능이 높은 고구마를 각각 20자원씩 선발하였으며 그 중 IT232197을 포함하여 15자원이 중복된 자원임을 알게 되었다. 상관관계 분석 결과 폴리페놀함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가함을 알 수 있었다.
4. 당도 범위는 최대 33.3 °Bx에서 최소 13.5°Bx로 나타났으며, 평균 23.2°Bx의 당도를 나타냈다. 전분 함량은 최대 20.7%에서 최소 5.2%로 나타났으며, 평균 11%의 전분 함량을 나타냈다. 수분함량은 70~80%범위가 52.5%, 60~70%의 수분함량이 44.2%의 빈도를 나타내었다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청(과제번호: PJ01256203) 과제 연구비 지원에 의해 수행된 결과이며 연구비지원에 감사드립니다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Baek, M. H. and M. S. Shin. 1995. Effect of water activity on the physicochemical properties of sweet potato starch during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27(4) : 532-536.
- Bovell-Benjamin, A. C. 2007. Sweet potato: A review of its past, present, and future role in human nutrition. *Adv. Food Nutr. Res.* 52 : 1-59.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26 : 1199-1200.
- Choi, C. R., J. W. Rhim, and Y. K. Park. 2000. Physicochemical properties of purple-fleshed sweet potato starch. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29(1) : 1-5.
- Choi, J. H., J. S. Kim, B. S. Jo, J. H. Kim, H. J. Park, B. J. An, M. U. Kim, and Y. J. Cho. 2011. Biological activity in functional cosmetic of purple sweet potato extracts. *Kor. J. Food Preservation.* 18(3) : 414-422.
- Collins, W. W. and W. M. Walter Jr. 1986. Fresh roots for human consumption. In *sweetpotato products: A natural Resources for the Tropics.* J. C. Bouwkamp (de.) CRC Press, Inc., Boca Ration, Florida. pp. 154-173.
- Dewanto, V., X. Wu, K. K. Adom, and R. H. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidative activity. *J. Agric. Food Chem.* 50 : 3010-3015.
- Lee, H.-U., J.-S. Lee, J.-W. Yang, S.-K. Han, S.-S. Nam, J.-M. Kim, S.-H. Ahn, M.-N. Chung, Y. S. Song, E.-J. Hwang, and K.-B. Lee. 2016. Effects of Transplanting and Harvesting Dates on Characteristics of Yield and Quality of Storage Roots of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *J. Korean Soc. Int. Agric.* 28(2): 205-214.
- Han, S.-K., Y.-Sang Song, S.-H. Ahn, H.-U. Lee, J.-S. Lee, M.-N. Chung, and K.-G. Park. 2012. Difference of Growth and Root Characteristics of Sweetpotato by Cultivated Region. *Korean J. Crop Sci.* 57(3) : 262-270.
- Han, S.-K., Y.-S. Song, H.-U. Lee, S.-H. Ahn, J.-W. Yang, J.-S. Lee, M.-N. Chung, S.-J. Suh, and K.-H. Park. 2013. Difference of Starch Characteristics of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) by Cultivated Regions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45(6) : 682-692.
- Katayama, K., K. Komaki, S. Tamiya, and K. Takayanagi. 1998. Varietal and Annual Variations in Pasting Properties of Sweet Potato Starch. *Breeding Sci.* 49 : 173-178.
- Kim, S. R. and S. Y. Ahn. 1992. Physicochemical and structural properties of linerized starches from sweet potato. *J. Korean*

- Agric. Chem. Soc. 35 : 196-201.
- Lee, H.-U., J.-S. Lee, J.-W. Yang, S.-K. Han, S.-S. Nam, J.-M. Kim, S.-H. Ahn, M.-N. Chung, Y. S. Song, E.-J. Hwang, and K.-B. Lee. 2016. Effects of Transplanting and Harvesting Dates on Characteristics of Yield and Quality of Storage Roots of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). J. Korean Soc. Int. Agric. 28(2) : 205-214.
- Lee, J. H., Y. Son, B.-K. Lee, B. Lee, H.-J. Kim, J.-Y. Park, H. S. Lee, J. S. Kim, H.-H. Park, O.-K. Han, S. Y. Han, and Y. Lee. 2018. Analysis of total polyphenol content and antioxidant activity in puffed oats. Korean J. Food Sci. Technol. 50(1) : 117-121.
- Lee, J. S., M. N. Chung, Y. S. Ahn, H. S. Kim, Y. S. Song, H. K. Shim, S. K. Han, J. M. Kim, S. J. Suh, J. J. Kim, K. H. Jeong, and J. S. Choi. 2013. A Sweet potato Cultivar 'Jeonmi' for Starch Processing. Kor. J. Breed. Sci. 45 : 440-444.
- Lin, K. H., Y. C. Lai, K. Y. Chang, Y. F. Chen, S. Y. Hwang, and H.F. Lo. 2007. Improving breeding efficiency for quality and yield of sweet potato. Botanical Studies. 48 : 283-292.
- Lee, S. M. and G. S. Park. 2011. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweetpotato. Kor. J. Food Cookery Sci. 27(4) : 1-16.
- Middleton, E. and C. Kandaswami. 1997. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol. 48 : 115-119.
- Oh, H. E. and J. S. Hong. 2008. Quality characteristics of sulgidduk added with fresh sweet potato. Korean J. Food Cookery Sci. 24 : 501-510.
- Park, J. Y., Y. S. Ahn, D. H. Shin, and S. T. Lim. 1999. Physicochemical Properties of Korean Sweet potato Starches. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28(1) : 1-8.
- Rural Development Administration. 2002. Proper method of fertilizer application. Suwon, Korea. p. 184.
- Rural Development Administration. 2009. Sweetpotato Cultivation. 1<sup>st</sup> ed. Hansung print, Suwon, Korea. p. 106-159.
- Shin, M. S. and S. Y. Ahn. 1983. Studies on physicochemical properties of starches from sweet potato of Korea cultivars. J. Korean Agric. Chem. Soc. 26 : 137-142.
- Shin, M. S. and S. Y. Ahn. 1987. Textural properties of dry and moist type sweetpotatoes. J Kor. Agric. Chem. Soc. 30(4) : 315-322.
- Yoon, S.-T., I.-H. Jeong, T.-K. Han, Y.-J. Kim, J.-B. Yu, G. Yang M.-H. Ye, S.-W. Baek, and K.-W. Kim 2016. Evaluation of Crop Characteristics of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Germplasm for the Selection of Excellent Resources. Korean J. Plant Res. 29(4) : 479-494.
- Yukihiro G., T. Shimizu, Y. Kato, M. Nakamura, T. Maitani, T. Yamada, N. Terahara, and M. Yamaguchi. 1997. Two acylated anthocyanins from purple sweetpotato. Phytochemistry. 44(1) : 183-186.