재배지역에 따른 고구마(*Ipomoea batatas* (L.) Lam) 품종의 전분 특성 차이

한선경 · 송연상 · 이형운 · 안승현 · 양정욱 · 이준설 · 정미남 · 서세정¹ · 박근형^{2*}
농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터, ¹농촌진흥청 기술협력국 국제기술협력과,
²전남대학교 식품공학과 및 기능성식품연구센터

Difference of Starch Characteristics of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) by Cultivated Regions

Seon-Kyeong Han, Yeon-Sang Song, Hyeong-Un Lee, Seung-Hyun Ahn, Jung-Wook Yang,
Joon-Seol Lee, Mi-Nam Chung, Sae-Jung Suh¹, and Keun-Hyung Park^{2*}

Bioenergy Crop Research Center, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

¹International Technical Cooperation Center, Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration

²Department of Food Science & Technology, and Functional Food Research Center, Chonnam National University

Abstract We investigated out the effect of cultivation region on the physicochemical characteristics of starch in six sweetpotato cultivars. The following sweetpotato cultivars were analyzed: Daeyumi, Shingeonmi, Jinhongmi, Shinyulmi, Yulmi, and Yeonhwangmi. Samples were cultivated in Muan, Iksan, Nonsan, Boryeong and Hamyang. The soil texture was found to be sandy loam in Muan, Iksan, and Boryeong, sandy clay loam in Nonsan, and loam in Hamyang. The starch content of the sweetpotato was higher in Muan than in Hamyang. The amylose content was 22.3-30.9%, and the highest amylose content was found in samples from Iksan. Rapid viscosity analysis showed that the samples from Hamyang had the lowest values of pasting temperature, while samples of the Daeyumi cultivar had the highest values. Thermal analysis with a differential scanning calorimeter showed that the Muan samples had the highest values of onset temperature, maximum peak temperature, and completion temperature, and the samples from Hamyang had the lowest values. There was no difference between the cultivation regions or the cultivar in the X-ray pattern of the starch or its appearance in scanning electron micrographs. Therefore, the results of this study confirm that cultivation region and cultivar play an important role in determining the quality of sweetpotato and the physicochemical characteristics of sweetpotato starch.

Keywords: sweetpotato, cultivation region, starch characteristics, cultivar

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* (L.) Lam))는 메꽃과에 속하는 쌍떡잎 식물로 B.C. 3,000년경부터 멕시코 지역에서 처음으로 재배되기 시작하였으며 우리나라에는 조선 영조 39년(1763년) 10월, 일본에 통정사로 갔던 조엄 선생이 대마도에서 부산진으로 들어오면서 재배되기 시작하였다(1-3). 고구마가 구황작물으로써 국민들의 사랑을 받아왔던 것은 위도, 온도, 토성 등 다양한 생태환경에 적응성이 뛰어난 광지역적인 특성을 가지고 있기 때문이다. 그러나 1970년 후반, 녹색혁명을 통한 쌀 자급과 경제 성장의 달성으로 고구마의 소비가 급감하였으나 경제 발전과 서구식 식생활 진전 및 2000년대 웰빙 붐을 타면서 다시 소비가 증가하게 되었다.

고구마의 주요 성분은 수분이 68.5%로 대부분을 차지하고 있으며, 탄수화물 26.4%, 단백질 1.8%, 지방 0.6% 순으로 구성되어

있다. 탄수화물의 대부분을 차지하고 있는 전분은 접착력이 높아 당면 제조 시 타전분에 비하여 질적으로 유리하여 면류 생산에 주로 이용하고 있다. 그러나 최근 당면 생산에 있어 고구마 전분의 소비량이 감소하고 값싼 중국산이 수입되어 가격 경쟁력이 약한 국내 고구마 전분산업은 해마다 위축되고 있다. 최근 소비량이 감소하는 고구마 전분의 용도를 향상시키기 위하여 고구마 전분의 물리적 및 이화학적 특성에 중점을 두고 국내외의 다양한 연구들이 진행되고 있다. 고구마 전분의 이화학적 특성에 대한 연구로는 한국산 고구마 품종을 이용하여 전분의 이화학적 성질의 분석(4-8), 고구마 전분을 이용한 호화 특성의 측정(9-15), 고구마 부위에 따른 전분의 특성 분석(16), 고구마 생장단계 및 재배환경에 따른 전분의 물리화학적 특성(17-23) 등의 연구 결과가 보고되고 있다. 또한 쌀보리 전분의 입자 크기별 이화학적 성질(24), 발아 옥수수 전분의 이화학적 성질(25), 강낭콩 조전분 및 정제 전분의 특성(26), 울무전분의 조리과학적 특성 연구(27), 동부 전분의 분자구조적 성질(28), 녹두전분의 이화학적 특성(29) 등 작물별로 전분을 이용하기 위한 다양한 연구를 진행하였다. 또한 가열방법에 따른 고구마의 호화도 측정(30), 묵 형성 전분의 특성에 관한 연구(31) 등 고구마 전분의 특성을 활용하여 그 이용도 및 활용도를 높이기 위한 다양한 연구가 발표되어 고구마 전분이 새로운 식품소재로서 관심과 주목을 받고 있다. 현재 우리나라 여러 지역에서는 다양한 품종의 고구마들이 재배되고

*Corresponding author: Keun-Hyung Park, Department of Food Science & Technology, and Functional Food Research Center, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea
Tel: 82-62-530-2143
Fax: 82-62-530-2149

E-mail: khpark@chonnam.ac.kr

Received May 24, 2013; revised September 17, 2013;
accepted September 25, 2013

있다. 또한 같은 재배 포장 내에서도 여러 품종이 섞여 소비자에게 공급되고 있다. 이러한 재배방식은 균일한 고구마 제품 및 가공 원료를 얻는데 큰 장애로 작용하여 일정한 품질 규격의 유 지나 그 지역의 브랜드로서 특산화 시키는데 어려움이 많다. 따라서 본 논문은 국내에서 육성한 고구마 6품종을 재배 환경이 다른 5지역에서 각각 재배하여 재배지역에 따른 고구마 전분의 품질 및 호화특성을 파악하여 고구마 산업의 새로운 식품소재로서 그 활용 방안을 모색하기 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 이용한 고구마는 농촌진흥청에서 육성한 품종으로

‘대유미’, ‘신건미’, ‘진홍미’, ‘신율미’, ‘율미’, ‘연황미’ 등 6품종이었다. 실험 포장에 고구마를 삼식(썬뿌이)하기 위해 2010년 3월, 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터의 비닐하우스 육묘상에 각 품종별로 씨고구마를 파종하여 고구마 묘를 재배하였다. 재배지역은 무안, 익산, 논산, 보령, 함양 등 5지역이며 각 지역별 실험포장은 동일한 시비량인 요소 12.0 kg/10a, 용성인비 31.5 kg/10a, 황산가리 26.0 kg/10a을 전량 기비(밑거름)로 사용한 후, 비닐로 멀칭하였다. 고구마 묘의 삼식은 보통기 재배시기인 5월 하순경에 휴간 75 cm, 주간 20 cm, 난괴법 3반복으로 재배하였다. 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법(32)에 준하여 보통기 관행재배법으로 삼식 후 4개월(120일) 간 재배하고 수확하였다.

Fig. 1. Regional precipitation and average temperature during the growth period of sweetpotato in 2010 and normal year. A, Muan; B, Iksan; C, Nonsan; D, Boryeong; E, Hamyang. Period: F, the first 10 days; M, the middle 10 days; L, the last 10 days.

Fig. 1. Continued.

재배지역의 기상 및 토양 환경

2010년 5월 하순부터 9월 하순까지의 무안, 익산, 논산, 보령, 함양지역의 평균온도, 강수량과 일조시간은 시험포장이 위치하고 있는 각 지역의 기상청 자료를 수집하여 분석하였다. 토양의 물리화학적 특성은 농촌진흥청 표준분석법(33)에 준하여 분석하였는데 재배 시험지의 각 시험구별로 10-20 cm 지점의 토양을 채취하여 그늘에서 건조, 분쇄 후 2 mm 체에 걸러 이물질을 제거, 토성은 비중계를 이용한 Hydrometer법, pH는 토양을 증류수와 1:5(w/v)로 혼합하여 60분간 진탕한 현탁액을 pH meter (Docu-pH meter, Sartorius, Goettingen, Germany)를 이용하여 측정하였다.

고구마 전분의 분리 및 함량

고구마 전분의 분리 및 함량은 알칼리 침지법으로 Shin과 Ahn(34)의 방법에 따라 분석하였다. 고구마를 씻어 껍질을 벗기고 자른 후 100 g을 취하여 3배의 0.1% NaOH 용액 300 mL를 가하여 3분간 마쇄하고 100 mesh와 270 mesh에 차례로 통과시켰다. 실온에 정치하여 상층액은 버리고 얻어진 침전물에 0.1% NaOH 용액을 가하는 과정을 4회 반복한 후 증류수로 2회 세척하였다. 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 g 당 건조 전분 무게를 측정하여 건물물에 대한 백분율로 나타내었다.

고구마 전분의 일반성분

일반성분은 AOAC(35) 방법에 의하여, 수분함량은 105°C로 상압가열 건조하여 측정하였고, 조단백질은 Kjeldahl법으로 측정하였는데, 분해촉진제로는 selenium reagent mixture (Gerhardt, Helev, Denmark)를 첨가하였으며 질소계수 6.25를 사용하여 환산하였다. 조지방 함량은 Soxhlet법, 조회분은 건식회화법으로 측정하였다.

고구마 전분의 아밀로스 함량

고구마 전분의 아밀로스 함량은 Williams 등(36)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 고구마 전분 20 mg을 담은 100 mL 플라스크에 0.5 N KOH 10 mL를 가하여 시료를 잘 분산시킨 다음 증류수를 가하여 100 mL로 희석하였다. 이 용액에서 10 mL를 취하여 0.1 N HCl로 중화시키고 0.2% 요오드액으로 반응시켜 680 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아밀로스 함량은 측정된 흡광도 값으로부터 아밀로스와 아밀로펙틴(from potato starch, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)으로 얻은 표준곡선을 이용하여 구하였다.

고구마 전분의 페이스팅 점도 특성과 호화 특성

전분의 호화 특성은 신속점도측정기(RVA Tecmaster, NEWPORT Scienific, Warriewood, NSW, Australia)로 sweet potato 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 temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 최종점도(final viscosity), 강하점도(break-down viscosity) 및 치반점도(setback viscosity)를 구하였다. 모든 결과는 RVA 단위(RVU)로 표시하였다.

고구마 전분의 열적 특성을 측정하기 위하여 밀봉된 빈 알루미늄 pan을 reference로 하여 주사시차열량계(differential scanning calorimeter (DSC), TA Q1000, TA instrument, New Castle, DE, USA)를 이용하였다. 약 20 mg의 건조된 시료를 알루미늄 팬에 담고 40 µL (1:2)의 증류수를 넣어 밀봉한 후 30°C에서 150°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였다. 이때 DSC thermogram상에 나타나

는 흡열곡선의 호화개시온도(T_o : onset temperature), 피크온도(T_p : maximum peak temperature), 종결온도(T_c : completion temperature)와 호화엔탈피(ΔH : crystal melting enthalpy)를 각각 구하였다.

고구마 전분의 미세구조

고구마 전분의 미세구조는 주사전자현미경(scanning electron microscope JP/TM-1000, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정 배율 2000배에서 관찰하였다.

고구마 전분의 입도

고구마 전분의 입자크기는 particle size analyzer (LS 13320, Beckman Coulter GmbH, Krefeld, Germany)를 이용하여 분석하였다. 분석용 시료의 수분함수로 인한 입자크기의 증가를 방지하기 위하여 분산용매로 에탄올을 사용하였다. 시료 약 0.2 g을 넣고 잘 혼합한 다음 10초 동안 ultra sonication하였다. 분산 상태를 유지한 상태에서 입자직경이 0.375-2000 μm 범위에서 분포비율, 평균입자 직경을 측정하였다.

통계분석

모든 실험은 SAS package (v. 8.01, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중범위 검정으로 시료간의 유의성을 검정하였고 데이터는 3반복의 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

고구마 재배지역의 기상 및 토양

고구마 재배기간인 5월 하순에서 9월 하순까지 재배지역별 평균온도는 무안지역이 16.7-27.7°C, 익산 18-28.2°C, 논산 17.3-28°C, 보령 17.1-28°C, 함양 16.9-27.2°C로 지역별 약간의 차이가 있었으나 고구마의 생육에는 적절한 온도 범위였다. 강수량은 고구마의 생육시기 및 단계별로 3부분으로 구분하여 나타내었다(Fig. 1). 즉 덩이뿌리 분화 및 형성기(삼식 후 약 45일까지, 6월 하순), 덩이뿌리 무게 증가기(7월), 덩이뿌리 무게 증가 최성기(8-9월)로 구분 하였을 때, 무안지역은 각각 146.4, 264.4, 470.9 mm이었으며

Fig. 2. Regional duration of sunshine during the growth period of sweetpotato in 2010 and normal year. A, Muan; B, Iksan; C, Nonsan; D, Boryeong; E, Hamyang.

Table 1. Starch and amylose contents of yellow sweetpotato cultivars

Cultivar	Region	Starch content (% dry basis)	Amylose content (%)
DYM	Muan	57.7±0.12 ^a	27.7±1.8 ^a
	Iksan	54.3±1.23 ^a	28.2±1.9 ^a
	Nonsan	57.1±0.01 ^a	27.8±2.9 ^a
	Boryeong	51.9±1.3 ^a	28.8±2.0 ^a
	Hamyang	54.2±2.4 ^a	26.8±2.8 ^a
	Mean	55.0±2.7	28.1±2.7
SGM	Muan	59.2±3.5 ^a	27.4±3.1 ^{ab}
	Iksan	54.1±4.8 ^{bc}	30.9±1.2 ^a
	Nonsan	56.0±0.3 ^{ab}	30.6±0.8 ^{ab}
	Boryeong	56.2±1.0 ^{ab}	27.5±3.1 ^{ab}
	Hamyang	53.8±0.7 ^c	27.2±1.1 ^b
	Mean	55.9±2.7	28.7±2.6
JHM	Muan	50.8±2.3 ^a	26.4±0.8 ^b
	Iksan	49.3±0.7 ^{bc}	29.9±1.2 ^a
	Nonsan	48.9±1.2 ^{ab}	29.1±0.8 ^{ab}
	Boryeong	46.4±1.5 ^d	26.5±0.7 ^b
	Hamyang	49.8±0.8 ^c	28.8±1.3 ^{ab}
	Mean	49.2±1.3	28.1±1.5
SYM	Muan	52.9±2.7 ^a	26.1±2.1 ^a
	Iksan	54.0±2.3 ^a	28.7±0.9 ^a
	Nonsan	55.5±3.1 ^a	28.3±0.6 ^a
	Boryeong	56.5±2.9 ^a	26.5±2.2 ^a
	Hamyang	54.2±4.1 ^a	26.8±2.9 ^a
	Mean	54.6±3.2	27.3±2.1
YM	Muan	51.1±7.2 ^{ab}	27.9±1.3 ^b
	Iksan	51.2±6.5 ^{ab}	30.2±2.2 ^a
	Nonsan	52.9±4.9 ^a	27.5±3.2 ^{ab}
	Boryeong	50.2±2.6 ^b	27.5±3.7 ^{ab}
	Hamyang	51.4±5.5 ^{ab}	27.0±3.2 ^b
	Mean	52.2±5.2	28.0±3.1
YHM	Muan	51.7±2.6 ^a	28.3±0.9 ^{ab}
	Iksan	51.7±2.9 ^a	30.3±1.3 ^a
	Nonsan	54.9±1.3 ^a	28.2±2.1 ^{ab}
	Boryeong	50.0±4.3 ^a	27.5±2.2 ^{ab}
	Hamyang	51.6±3.2 ^a	26.6±2.7 ^b
	Mean	51.9±3.2	28.2±2.1

DYM, Daeyumi; SGM, Shingeonmi; JHM, Jinhongmi; SYM, Shinyulmi; YM, Yulmi; YHM, Yeonhwangmi.

Values with different letter in same column are significantly different ($p < 0.05$).

익산지역은 108.3, 211.2, 751.2 mm이었다. 논산지역은 177.7, 223.1, 626.9 mm이었으며 보령지역은 173.3, 396.5, 615.8 mm, 함양지역은 162.5, 580.6, 938.9 mm로 덩이뿌리 무게 증가기 및 덩이뿌리 무게 증가 최성기에는 함양지역이 무안지역에 비하여 2 배 이상 강수량이 많았다. 생육기간 중에 강수량이 많으면 토양의 수분이 지나치게 많아져 토양통기성이 나빠지고 일조부족과 기온저하를 초래하여 줄기가 웃자라며, 줄기마디에서 뿌리발생이 심하고 덩이뿌리의 비대감소를 유발하여 고구마의 건물생산 및 수량이 낮아진다고 하였는데(37), 함양지역의 많은 강수량은 고

구마의 생육 및 수량에 영향을 주었을 것으로 사료된다. 2010년의 재배기간 동안 일조시간을 분석한 결과(Fig. 2), 무안지역은 793.5, 익산 702.4, 논산 753.9, 보령 783.6, 함양 711.7 시간이었다. 전 지역에서 5-6월 초순까지는 평년(normal year)과 비슷한 수준이었으나 생육중인 7-9월에는 평년 대비 무안지역은 30, 익산 84, 논산 100, 보령 155, 함양 115시간이 각각 부족하였다. Jeong (37)은 토양이 과도하게 건조하지 않은 한 고구마 재배에는 일조가 많은 것이 좋다고 하였다. 고구마 묘를 심은 후에 비가 계속 내리거나 구름이 끼어 일조가 부족하면 덩이뿌리의 형성을 늦추고, 생육기에 일조가 부족하면 광합성이 감소할 뿐 아니라 지상부에서 생산된 물질이 지상부에 이용되고 덩이뿌리로 저장되는 양이 적기 때문에 지상부의 줄기와 잎 수량은 증가하나 고구마 수량은 크게 감소한다고 하였다(32). Imabuku(38)는 일장에 관한 연구에서 단일조건은 잎의 생장을 억제하고 덩이뿌리의 비대를 조장하는데 해의 길이가 10시간 50분 정도에서 최고 수량을 얻었다고 하였고, Kim(39)은 빛과 기온에 대한 상호작용에 관한 연구에서 16시간의 광주기가 덩이뿌리 형성을 촉진시킨 반면 8시간의 광주기는 오히려 저해한다고 하였다. 실험지역의 토양 분석 결과, 무안, 익산, 보령은 사양토, 논산은 사질식양토, 함양은 양토였다. 토양의 산도는 논산과 함양지역이 pH 5.5, 익산 pH 5.7, 보령 pH 6.0, 무안 pH 6.2로 무안이 다소 높고 논산과 함양지역이 낮게 나타났다.

고구마의 전분 및 아밀로스 함량

식용 및 가공용에 상관없이 고구마 이용의 모든 형태에 있어서 전분은 식미나 물성, 가공적성에 영향을 미친다. 고구마는 전분을 주성분으로 한다는 점에서 쌀이나 보리 등의 곡류와 비슷하지만 수분을 많이 함유하고 있다는 점에서는 이들과 차이가 있다. 생고구마 중에 함유되어 있는 전분의 중량비를 전분 함량이라고 하는데(32) 이를 건물중으로 환산하여 나타낸 결과(Table 1), 전분 함량은 46.4-59.2%의 범위로 지역에 따라 유의적인 차이가 인정되지 않았으나 대체로 무안지역에서 생산된 고구마가 전분 함량이 높고 함양지역에서 생산한 고구마가 낮았다. 전분의 아밀로스 함량은 26.1-30.9%의 범위로 '대유미'와 '신율미'는 지역간 차이가 인정되지 않았으나 그 밖에 품종에서는 익산지역이 높은 경향이었다. 또한 고구마의 전분 함량은 브라질 품종에서는 42.6-78.7%, 미국 품종에서는 33.2-72.9%로 나타난 기존의 결과(40-42)와 비교하였을 때 우리나라 품종도 다양한 전분 함량의 분포를 보이는 것을 알 수 있었다. 전분은 작물에 따라 물리적, 구조적 특성이 다르지만 그 특성을 물리, 화학적으로 잘 활용하면 전혀 다른 방법으로 이용할 수도 있다. 일반적으로 목을 제조하기 위한 전분은 아밀로스 함량이 높고 아밀로스의 분자량, 평균사슬길이, 사슬의 수가 많다. 이는 전분의 분자구조가 목 제조에 중요한 인자일 수 있다고 한 보고(31)에 비추어 볼 때 고구마 품종에 따라 전분 함량 및 아밀로스 함량을 분석함으로써 목 제조에 적합한 고구마 품종을 선정한다면 고구마 전분의 다양한 이용 가능성도 검토해 볼 수 있으리라 사료된다.

고구마 전분의 일반 성분

품종별 재배지역에 따라 수확한 고구마의 일반성분 함량은 Table 2에 나타내었다. 수분함량은 9.8-15.6%로 재배지역에 따른 일정한 경향은 보이지 않았으나 '신건미'가 지역평균 14.2%로 높게 나타나는 등 품종 간에 다소 차이가 있었다. 단백질 함량은 0.023-0.068%의 범위로 '신건미'를 제외하고는 익산지역의 모든 품종들이 높은 값을 보였다. 조지방 함량은 0.05-0.14%의 분포를

Table 2. Proximate composition of yellow sweetpotato starch

Cultivar	Region	Components (%)			
		Moisture	Protein	Crude lipid	Ash
DYM	Muan	12.5±0.6 ^a	0.038±0.002 ^b	0.06	0.3±0.01 ^a
	Iksan	10.9±1.1 ^a	0.055±0.003 ^a	0.10	0.1±0.03 ^c
	Nonsan	11.6±0.9 ^a	0.044±0.001 ^b	0.09	0.1±0.01 ^c
	Boryeong	9.8±1.8 ^b	0.033±0.001 ^b	0.08	0.2±0.01 ^b
	Hamyang	11.6±0.6 ^a	0.044±0.002 ^b	0.09	0.2±0.02 ^b
	Mean	11.3±0.7	0.043±0.002	0.09	0.18±0.02
SGM	Muan	14.4±0.9 ^{ab}	0.068±0.001 ^a	0.05	0.2±0.03 ^a
	Iksan	13.3±0.7 ^b	0.044±0.001 ^{bc}	0.11	0.2±0.04 ^a
	Nonsan	13.9±1.1 ^{ab}	0.063±0.002 ^a	0.07	0.2±0.02 ^a
	Boryeong	15.6±0.9 ^a	0.038±0.001 ^c	0.08	0.2±0.02 ^a
	Hamyang	13.9±1.3 ^{ab}	0.032±0.001 ^{ab}	0.06	0.2±0.03 ^a
	Mean	14.2±1.2	0.049±0.001	0.07	0.2±0.02
JHM	Muan	12.9±0.5 ^a	0.041±0.003 ^{ab}	0.13	0.3±0.02 ^b
	Iksan	11.6±0.8 ^a	0.065±0.004 ^a	0.11	0.2±0.01 ^c
	Nonsan	12.6±0.1 ^a	0.044±0.004 ^{ab}	0.11	0.1±0.02 ^c
	Boryeong	11.7±0.9 ^a	0.040±0.003 ^b	0.08	0.4±0.01 ^a
	Hamyang	12.6±0.4 ^a	0.046±0.001 ^{ab}	0.10	0.2±0.01 ^b
	Mean	12.3±0.7	0.047±0.002	0.11	0.24±0.02
SYM	Muan	12.1±0.8 ^a	0.031±0.001 ^{bc}	0.12	0.3±0.02 ^a
	Iksan	11.6±0.9 ^a	0.046±0.001 ^a	0.14	0.2±0.01 ^b
	Nonsan	11.2±1.1 ^a	0.038±0.001 ^b	0.12	0.1±0.01 ^b
	Boryeong	10.9±0.2 ^b	0.023±0.002 ^{bc}	0.10	0.3±0.02 ^b
	Hamyang	12.5±0.6 ^a	0.018±0.001 ^c	0.10	0.2±0.02 ^b
	Mean	11.7±0.6	0.031±0.001	0.12	0.32±0.02
YM	Muan	12.6±1.7 ^a	0.030±0.001 ^b	0.11	0.3±0.01 ^a
	Iksan	10.9±1.6 ^a	0.065±0.003 ^a	0.10	0.2±0.01 ^a
	Nonsan	10.6±2.1 ^a	0.048±0.001 ^b	0.11	0.1±0.02 ^b
	Boryeong	12.9±0.9 ^a	0.056±0.002 ^{ab}	0.07	0.2±0.02 ^a
	Hamyang	11.7±2.1 ^a	0.056±0.002 ^{ab}	0.07	0.1±0.02 ^b
	Mean	11.7±1.8	0.051±0.002	0.09	0.18±0.02
YHM	Muan	11.5±0.9 ^a	0.048±0.001 ^b	0.05	0.3±0.02 ^a
	Iksan	12.3±0.1 ^a	0.059±0.001 ^a	0.09	0.2±0.02 ^b
	Nonsan	12.2±0.1 ^a	0.053±0.002 ^a	0.08	0.2±0.04 ^b
	Boryeong	12.7±0.3 ^a	0.033±0.002 ^c	0.06	0.1±0.04 ^c
	Hamyang	11.7±1.3 ^a	0.043±0.002 ^{ab}	0.06	0.3±0.02 ^a
	Mean	12.1±0.8	0.049±0.002	0.07	0.22±0.02

DYM, Daeyumi; SGM, Shingeonmi; JHM, Jinhongmi; SYM, Shinyulmi; YM, Yulmi; YHM, Yeonhwangmi. Values with different letter in same column are significantly different ($p<0.05$).

보였으나 일정한 경향을 나타내지는 않았다. 회분 함량은 0.1-0.4%의 범위로 무안지역이 약간 높은 경향이었으나 큰 차이를 보이지는 않았다. 한국산 고구마 6품종에서 추출한 전분의 단백질 함량은 0.2-1.1%, 지방 0.1-0.29%, 회분 0.3-1.1%의 범위를 보인다고 한 결과(6)와 비교해 보면, 회분과 지방 함량은 본 실험의 결과와 비슷하였으나 단백질 함량은 차이를 보였다. 지방은 소량이라도 아밀로스와 복합체를 형성하여 전분입자의 수화를 막아 팽윤을 억제하는 등 전분의 물성에 영향을 미친다(43,44). 또한 단백질은 전분의 수화를 억제하여 호화온도를 높이고 페이스팅 점도를 낮출 수 있다고 하였다(44). 본 실험의 경우 품종별, 지역별로 고구마의 단백질 및 조지방 함량에서 차이를 보이는데

이러한 성분 특성의 차이가 재배지역에 따른 고구마 전분의 호화 특성에 영향을 미칠 것이라 생각되었다.

고구마 전분의 페이스팅 점도 및 호화 특성

전분의 페이스팅 점도 및 호화 특성은 가공 식품과 산업 소재로의 이용 시 품질에 영향을 미치는 중요한 요인이다. 신속점도 측정기를 이용하여 고구마 품종별 전분의 아밀로그래프 특성을 분석한 결과(Table 3), 호화개시온도는 73.2-80.1°C의 범위로 품종간 지역별로 유의적인 차이를 보였다. ‘신건미’를 제외하고는 무안지역이 높고 함양지역이 낮았으며 품종으로는 ‘대유미’가 지역 평균 79.2°C로 가장 높았다. 호화개시온도는 전분입자의 구조가

Table 3. Pasting properties of yellow sweetpotato starch by rapid visco analysis

(Unit: RVU)

Cultivar	Region	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity	Trough viscosity	Final viscosity	Break down viscosity	Setback viscosity
DYM	Muan	80.1±2.5 ^a	256.8±10.3 ^a	127.2±20.3 ^a	170.0±30.1 ^a	129.6±40.4 ^a	42.8±2.1 ^a
	Iksan	79.0±4.1 ^a	283.6±20.1 ^a	121.5±27.7 ^a	176.1±28.9 ^a	162.1±25.6 ^a	54.6±0.8 ^a
	Nonsan	79.8±4.7 ^a	267.9±18.5 ^a	108.1±15.5 ^a	164.9±41.1 ^a	159.8±48.2 ^a	56.8±1.2 ^a
	Boryeong	80.0±2.1 ^a	258.4±26.3 ^a	125.7±7.8 ^a	172.3±28.8 ^a	132.7±61.2 ^a	46.6±7.1 ^a
	Hamyang	77.1±3.7 ^b	298.9±10.3 ^a	129.9±10.0 ^a	177.9±31.0 ^a	169.0±35.6 ^a	48.0±4.9 ^a
	Mean	79.2±3.1	273.1±20.6	122.5±7.8	172.2±31.5	150.6±38.9	49.8±5.1
SGM	Muan	77.0±1.2 ^{ab}	274.2±40.5 ^b	115.2±10.7 ^a	170.7±10.8 ^b	159.0±21.3 ^b	55.5±7.1 ^b
	Iksan	75.9±2.2 ^b	299.9±31.2 ^{ab}	117.1±21.9 ^a	188.3±5.7 ^{ab}	182.8±8.2 ^{ab}	71.2±0.9 ^b
	Nonsan	77.5±0.8 ^a	274.3±41.3 ^b	109.6±27.2 ^a	171.7±5.9 ^b	164.7±38.2 ^b	62.1±4.1 ^b
	Boryeong	77.0±2.3 ^{ab}	290.1±10.4 ^{ab}	118.2±19.5 ^a	181.8±12.3 ^{ab}	171.9±38.2 ^b	63.6±7.1 ^b
	Hamyang	73.3±3.1 ^c	318.2±15.3 ^a	119.9±20.0 ^a	196.6±7.2 ^a	198.3±10.7 ^a	76.7±1.0 ^a
	Mean	76.1±2.5	291.3±24.9	116.0±20.0	181.8±10.9	175.3±37.1	65.8±4.9
JHM	Muan	79.2±4.1 ^a	267.0±40.7 ^b	115.9±25.9 ^a	169.5±30.1 ^a	151.1±24.3 ^b	53.6±8.5 ^{ab}
	Iksan	78.7±2.9 ^a	262.7±41.6 ^b	123.1±14.9 ^a	162.8±27.8 ^a	139.6±40.2 ^b	39.7±19.8 ^{ab}
	Nonsan	78.4±3.6 ^a	272.1±35.5 ^b	111.9±12.5 ^a	168.9±29.9 ^a	160.2±14.5 ^{ab}	57.0±0.9 ^a
	Boryeong	78.2±3.6 ^a	249.7±50.2 ^b	122.4±10.9 ^a	162.8±24.6 ^a	127.3±45.5 ^b	40.4±4.4 ^b
	Hamyang	75.2±2.1 ^b	330.7±21.5 ^a	133.4±5.1 ^a	191.7±15.4 ^a	197.3±3.6 ^a	58.3±1.1 ^a
	Mean	77.9±3.5	276.4±35.9	121.3±10.3	171.1±30.2	155.1±27.9	49.8±4.3
SYM	Muan	78.8±2.8 ^a	251.2±39.9 ^b	93.2±5.2 ^c	151.7±42.3 ^c	158.0±20.5 ^a	58.5±10.8 ^c
	Iksan	76.2±0.2 ^c	297.4±14.2 ^{ab}	104.9±7.3 ^{abc}	177.2±16.9 ^{ab}	192.5±17.9 ^a	72.3±1.2 ^{ab}
	Nonsan	77.7±1.3 ^{ab}	260.4±40.3 ^b	99.3±15.5 ^{bc}	156.7±30.2 ^{bc}	161.1±30.6 ^a	57.4±5.3 ^{bc}
	Boryeong	77.4±2.3 ^b	285.7±27.8 ^{ab}	121.6±5.3 ^{ab}	182.0±28.9 ^a	164.1±47.1 ^a	60.4±4.1 ^c
	Hamyang	74.1±0.9 ^d	336.9±11.2 ^a	127.7±3.5 ^a	201.9±14.3 ^a	209.2±13.2 ^a	74.2±2.1 ^a
	Mean	76.8±2.3	286.3±30.8	109.3±20.3	173.9±31.2	176.9±30.8	64.6±5.9
YM	Muan	78.0±2.1 ^a	270.2±20.8 ^b	102.7±10.0 ^c	156.4±32.2 ^b	167.5±11.2 ^b	53.7±10.7 ^a
	Iksan	76.7±1.3 ^b	286.2±15.5 ^b	106.9±4.9 ^{bc}	172.1±30.2 ^b	179.3±10.8 ^b	65.2±7.2 ^a
	Nonsan	77.3±0.5 ^{ab}	265.1±19.9 ^b	98.2±15.2 ^c	163.8±41.3 ^b	166.9±25.2 ^b	65.6±7.3 ^a
	Boryeong	76.7±1.1 ^b	311.9±5.7 ^{ab}	119.3±10.3 ^{ab}	188.5±30.5 ^{ab}	192.6±10.9 ^{ab}	69.2±8.4 ^a
	Hamyang	73.4±2.1 ^c	360.6±12.3 ^a	124.8±2.8 ^a	218.4±12.2 ^a	235.8±4.2 ^a	93.6±0.1 ^a
	Mean	76.4±3.2	298.8±14.7	110.4±	179.8±40.1	188.4±15.3	65.9±5.1
YHM	Muan	77.5±1.5 ^a	248.6±21.1 ^b	103.7±10.8 ^c	157.9±20.3 ^b	144.9±27.7 ^a	54.2±24.0 ^a
	Iksan	75.4±2.1 ^b	297.5±14.6 ^{ab}	119.9±11.1 ^b	182.8±14.5 ^{ab}	177.6±14.5 ^a	62.9±8.4 ^a
	Nonsan	77.0±0.3 ^{ab}	282.7±12.0 ^b	100.0±12.8 ^c	162.9±38.9 ^b	182.7±8.9 ^a	62.0±10.5 ^a
	Boryeong	77.2±0.8 ^{ab}	268.2±15.5 ^b	119.6±2.3 ^b	178.7±20.8 ^b	148.6±29.4 ^a	59.1±18.2 ^a
	Hamyang	73.2±2.4 ^c	333.5±2.8 ^a	136.0±13.3 ^a	210.6±7.8 ^a	197.5±10.0 ^a	74.6±1.3 ^a
	Mean	76.1±1.3	286.1±30.2	115.8±2.3	178.6±28.8	170.3±21.3	63.6±7.9

DYM, Daeyumi; SGM, Shingeonmi; JHM, Jinhongmi; SYM, Shinyulmi; YM, Yulmi; YHM, Yeonhwangmi.

Values with different letter in same column are significantly different ($p<0.05$).

얼마나 치밀한지를 나타내는 척도로 분질고구마가 점질고구마보다 약간 높은 경향을 보인다고 하였는데(45) 본 시험에서도 중간질인 ‘연황미’ 보다 분질도가 높은 ‘대유미’나 ‘진홍미’의 호화계시온도가 높게 나타났다. 최종점도는 248.6-360.6 RVU의 범위로 ‘대유미’는 지역 간 차이가 인정되지 않았으나 나머지 품종에서는 함양지역이 높고 무안지역이 낮았다. 최저점도는 93.2-136.0 RVU 범위로 ‘대유미’, ‘신건미’, ‘진홍미’는 지역 간 차이가 인정되지 않았으나 ‘신율미’, ‘율미’, ‘연황미’는 함양지역이 높고 무안지역이 낮았다. 최종점도는 151.7-218.4 RVU의 범위로 ‘대유미’와 ‘진홍미’에서는 지역 간 차이가 인정되지 않았으나 나머지 품종에서는 함양지역이 높고 무안지역이 낮았다. Breakdown은 강하점도로 해석할 수 있는데 호화 중 열, 전단에 대한 저항성을

나타내는 척도로서 127.3-235.8 RVU의 범위를 보였다. ‘대유미’, ‘신율미’, ‘연황미’는 지역에 따라 유의적인 차이가 보이지 않았으나 ‘신건미’, ‘진홍미’, ‘율미’는 함양지역이 높고 무안지역이 낮았다. Setback은 치반점도로서 전분의 노화 현상에 대한 척도로 볼 수 있는데 39.7-76.7 RVU 범위로 ‘대유미’, ‘율미’, ‘연황미’에서는 지역 간 유의적 차이가 보이지 않았으나 ‘신건미’, ‘진홍미’, ‘신율미’에서는 함양지역이 높았다. 일반적으로 전분의 호화특성은 전분입자의 크기, 아밀로스와 지방 함량 및 아밀로펙틴의 구조에 의해 영향을 받는다고 알려져 있는데(46) 품종 및 재배지역에 따라 다양한 전분의 호화특성을 보이는 이유도 이런 여러 가지 요인들 때문으로 사료된다. 주사시차열량계를 이용한 재배지역에 따른 고구마 품종별 호화 특성을 분석한 결과(Table 4),

Table 4. Heat of gelatinization and endotherm characteristics of yellow sweetpotato starch

Cultivar	Region	T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔT (°C)	ΔH (J/g)
DYM	Muan	79.6±1.5 ^a	86.9±2.4 ^a	101.9±1.0 ^{ab}	22.3±4.2 ^b	9.7±0.8 ^a
	Iksan	76.7±0.8 ^b	86.1±2.1 ^a	99.4±10.2 ^c	22.7±2.1 ^b	7.6±1.5 ^b
	Nonsan	78.8±2.8 ^a	86.2±1.8 ^a	102.1±1.9 ^a	23.3±3.1 ^b	10.0±0.1 ^a
	Boryeong	78.9±2.2 ^a	85.6±0.2 ^b	100.3±1.4 ^{bc}	21.4±4.1 ^b	10.1±0.2 ^a
	Hamyang	71.4±2.1 ^c	81.8±4.3 ^c	98.8±4.2 ^c	27.4±0.5 ^a	10.4±0.1 ^a
	Mean	77.1±3.4	85.3±4.2	100.5±4.2	23.4±4.0	9.6±0.9
SGM	Muan	73.7±5.5 ^{bc}	82.1±2.5 ^b	98.0±0.8 ^{ab}	24.3±4.7 ^b	9.5±0.8 ^b
	Iksan	71.8±3.8 ^c	81.6±4.3 ^b	97.0±1.2 ^b	25.2±4.3 ^b	8.3±1.5 ^c
	Nonsan	75.5±2.9 ^{ab}	83.6±1.5 ^a	99.7±1.9 ^a	24.2±0.8 ^b	9.4±1.8 ^b
	Boryeong	77.5±2.3 ^a	83.2±5.7 ^a	98.5±0.2 ^{ab}	21.1±0.5 ^c	9.3±4.3 ^b
	Hamyang	62.0±10.2 ^d	77.5±1.8 ^c	96.7±1.5 ^b	34.8±1.5 ^a	11.1±0.8 ^a
	Mean	72.1±5.8	81.6±1.8	97.9±2.1	25.9±2.8	9.5±4.3
JHM	Muan	78.2±4.1 ^a	84.8±3.8 ^b	100.4±0.9 ^a	22.2±3.8 ^a	9.3±1.8 ^{ab}
	Iksan	77.8±5.9 ^a	86.1±0.8 ^a	99.5±2.3 ^a	21.8±2.2 ^a	7.0±0.8 ^b
	Nonsan	78.6±3.2 ^a	85.1±0.5 ^a	101.3±0.8 ^a	22.7±0.5 ^a	9.1±1.5 ^{ab}
	Boryeong	77.6±3.6 ^a	83.4±0.8 ^b	99.0±2.3 ^a	21.4±2.3 ^a	11.1±2.2 ^a
	Hamyang	70.0±4.4 ^b	79.6±1.8 ^c	97.0±3.8 ^a	26.9±1.8 ^a	11.1±2.3 ^a
	Mean	76.4±4.4	83.8±1.3	99.4±3.8	23.0±4.5	9.5±2.1
SYM	Muan	77.9±4.1 ^a	83.6±5.7 ^a	98.7±0.5 ^b	20.9±2.2 ^c	9.7±0.5 ^b
	Iksan	74.4±2.3 ^c	82.9±2.2 ^b	97.4±2.2 ^{cd}	23.0±2.9 ^b	8.0±2.3 ^c
	Nonsan	77.6±5.1 ^a	84.1±3.8 ^a	99.8±4.3 ^a	22.1±4.5 ^{bc}	9.6±4.2 ^b
	Boryeong	76.5±2.2 ^b	82.5±4.3 ^b	98.4±3.8 ^{bc}	21.9±3.8 ^{bc}	10.2±1.5 ^b
	Hamyang	70.0±4.4 ^d	79.6±1.1 ^c	97.0±1.5 ^d	26.9±1.4 ^a	11.1±1.8 ^a
	Mean	75.3±2.3	82.5±1.8	98.3±2.9	22.9±3.2	9.7±4.2
YM	Muan	75.9±0.5 ^a	83.4±4.2 ^b	100.6±0.5 ^a	24.7±0.9 ^b	10.0±4.2 ^a
	Iksan	74.9±5.7 ^b	82.6±4.2 ^b	97.8±2.2 ^c	22.8±3.8 ^d	8.6±2.3 ^c
	Nonsan	76.7±3.8 ^a	88.5±2.2 ^a	99.8±2.2 ^b	23.1±5.7 ^{cd}	9.0±2.2 ^{bc}
	Boryeong	76.3±2.3 ^a	82.6±0.5 ^b	100.2±0.2 ^{ab}	23.9±1.5 ^{bc}	10.1±1.5 ^a
	Hamyang	67.9±4.3 ^c	78.2±1.5 ^c	95.7±5.1 ^d	27.8±2.1 ^a	9.3±5.7 ^b
	Mean	74.3±2.2	83.1±3.3	98.8±1.1	24.5±4.5	9.4±2.1
YHM	Muan	76.1±0.5 ^a	83.2±1.8 ^{ab}	98.7±2.8 ^{ab}	22.7±3.8 ^d	9.7±1.5 ^a
	Iksan	70.2±0.8 ^b	80.3±2.3 ^c	97.6±2.2 ^b	27.3±1.8 ^b	10.1±2.3 ^a
	Nonsan	77.2±2.3 ^a	84.0±4.2 ^a	101.7±5.7 ^a	24.5±2.2 ^c	9.9±5.7 ^a
	Boryeong	76.4±1.5 ^a	81.9±2.1 ^b	98.6±3.8 ^b	22.2±3.3 ^d	10.7±2.2 ^a
	Hamyang	67.2±2.2 ^c	78.3±2.2 ^d	98.0±3.8 ^b	30.8±1.8 ^a	9.9±0.5 ^a
	Mean	73.4±1.9	81.5±1.1	98.9±2.1	25.5±4.2	10.1±0.5

DYM, Daeyumi; SGM, Shingeonmi; JHM, Jinhongmi; SYM, Shinyulmi; YM, Yulmi; YHM, Yeonhwangmi.

Values with different letter in same column are significantly different ($p < 0.05$).

호화개시온도(T_o)는 62.0-79.6°C의 범위를 보였고 ‘신건미’를 제외한 품종들에서 무안지역이 높고 함양지역이 낮은 경향을 보였다. 특히 ‘대유미’가 지역평균 77.16°C로 가장 높았는데 이는 RVA를 이용한 호화개시온도 측정 결과와도 같은 경향이였다. 피크온도(T_p)는 77.5-88.56°C의 범위로 논산지역이 높고 함양지역이 낮았다. 호화종결온도(T_c)는 95.7-102.16°C의 범위로 논산지역이 높은 값을 보였다. 호화종결온도와 호화개시온도의 차(ΔT)는 20.9-34.8°C의 범위로 함양지역이 가장 높은 온도 차이를 보였다. 호화엔탈피(ΔH)는 7.0-11.1 J/g의 범위를 보였고 ‘대유미’와 ‘연황미’는 지역 간 차이가 인정되지 않았으나 나머지 품종은 함양지역이 높았다. 따라서 함양지역에서 생산된 고구마가 다른 지역에 비하여 전분이 호화하는데 높은 에너지가 필요함을 알 수 있었다. 전분

의 T_o , T_p , T_c 는 무안, 논산, 보령지역이 높고 ΔT 와 ΔH 는 함양지역이 높은 경향을 보였다.

고구마 전분의 X선 회절도

재배지역 및 품종별 고구마 전분의 X선 회절도 양상을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. X선 회절도는 일반적으로 전분입자의 결정형태와 결정화도를 비교하는데 이용하는 방법이다. A형의 X선 회절도는 옥수수, 쌀, 밀과 같은 곡류전분, B형은 감자 같은 근경류 전분에서, C형은 고구마, 칠파, 타피오카 등의 전분에서 나타난다. 고구마의 회절각도(2θ)는 15.1°-15.3°, 16.9°-17.7°, 22.9°-23.6°에서 강한 피크를 보여 고구마 품종의 결정형은 C형임을 확인할 수 있었다. 이는 고구마 생전분인 경우 회절각도(2θ) 14.9°, 17.0°,

Fig. 3. X-ray diffraction patterns of sweetpotato starch. A, Daeyumi; B, Jinhongmi; C, Shinyulmi.

17.4°, 22.9°에서 강한 peak를 갖는 C형의 회절양상을 보인다고 한 결과(47)와도 비슷한 양상이었다.

고구마 전분의 입자 형태

무안지역에서 재배한 6가지 품종을 주사전자현미경으로 관찰한($\times 2000$) 고구마 전분의 입자형태를 Fig. 4에 나타내었다, 모든 품종에서 둥글고 타원형 모양을 하고 있었으며 일부 다면체 입자의 형태를 확인할 수 있었는데 같은 품종 내에서도 전분 입자의 모양이 비교적 다양하게 혼합되어 있는 독특한 형태를 갖고 있었다. Jung 등(10)은 옥수수 및 소맥의 전분 형태는 다면형과 둥근형을 나타내고 녹두 전분은 둥근형, 감자 전분은 계란형을 나타내는 등 작물별로 다양한 전분의 형태를 갖고 있다고 하였다. Lee와 Lee(43)는 고구마 전분입자는 일반적으로 7-24 μm 크기로 hilum이 중앙에 있으며, 둥글거나 다각형의 형태를 유지한다고 하였고, Shin과 Ahn(5)은 분질 및 점질 고구마 전분 모두 둥근형이며 11-17 μm 의 범위에 포함된다고 하였다. 따라서 재배

Fig. 4. Scanning electron micrographs of starch from sweetpotato cultivated in Muan country according to cultivars. A, Daeyumi; B, Shingeonmi; C, Jinhongmi; D, Shinyulmi; E, Yulmi; F, Yeonhwangmi.

지역과는 상관없이 고구마 전분 입자의 모양은 둥글고 타원형이며 일부 다각형의 입자형태를 가지고 있음을 알 수 있었다.

고구마 전분의 입도

재배지역에 따른 고구마 전분의 평균 입도크기를 살펴보면(Table 5), 1-1.2 μm , 13-15 μm 에서 각각 최대 피크를 보이고 있으며 같은 품종이라도 재배지역에 따라 다양한 전분 입자 크기가 관측되었다. 평균입도는 12.07-28.50 μm 의 범위를 보였는데 이는 시중에서 구입한 7가지 고구마 전분의 평균 입자 크기가 14.23-21.08 μm 이라는 Baek 등(9)의 보고와 비슷한 경향이었고 6가지 고구마 전분의 입자 크기가 10.4°-14.2° μm 이라는 Seog 등(4)의 결과 보다는 높은 값을 보였다. 또한 고구마 전분의 입자 크기는 2-40 μm 의 범위에 있고 평균 11.1°-19.4° μm 이라는 Kanefumi(48)의 결과와도 일치하였다. 무안지역의 '신진미'가 12.07 μm 로 가장 작은 평균입도를 보였고 익산지역의 '대유미'가 28.50 μm 로 가장 큰 평균입도를 보였다. 재배지역으로는 익산, 보령, 함양지역이 평균입도가 크고 무안지역이 작은 경향을 보였다.

요 약

재배지역에 따른 고구마 전분의 특성을 구명하여 고구마의 새로운 식품산업 소재로서 활용 방안을 모색하기 위한 기초자료로 이용하고자 실험한 결과는 다음과 같다. 고구마 재배기간의 평균 온도는 16.7-28.2°C, 강수량은 882(무안)-1,682 mm(함양)로 함양지역의 강수량이 많았으며, 일조시간은 702.4(익산)-793.5 시간(무안)으로 무안지역이 많았다. 지역별 시험구의 토성은 무안, 익산, 보령지역은 사양토, 논산지역은 사질식양토, 함양지역은 양토였으며 pH는 5.5-6.2 범위였다. 재배지역에 따른 전분 함량은 29.4-59.20%, 아밀로스 함량은 22.3-30.9%의 범위를 보였고 전분 함량은 무안지역이, 아밀로스 함량은 익산지역에서 높았다. 고구마 전분의 수분함량은 9.80-15.60%, 단백질 함량은 0.02-0.07%, 조지방 함량은 0.05-0.28%, 회분 함량은 0.10-0.30%의 범위였고 단백질

Table 5. Particle size distribution and mean diameter of yellow sweetpotato starch

Cultivar	Region	Diameter at 10% (μm)	Diameter at 50% (μm)	Diameter at 90% (μm)	Mean diameter (μm)
DYM	Muan	2.31	16.82	31.04	17.62
	Iksan	6.10	20.74	58.89	28.50
	Nonsan	3.29	18.53	32.25	18.84
	Boryeong	6.70	22.44	40.45	23.20
	Hamyang	4.22	19.00	40.54	21.96
	Mean	4.52	19.50	40.63	22.02
SGM	Muan	1.39	12.41	20.03	12.07
	Iksan	5.93	20.33	39.01	22.37
	Nonsan	2.67	18.47	32.47	19.48
	Boryeong	6.18	20.54	44.24	23.71
	Hamyang	5.08	18.66	38.33	20.58
	Mean	4.25	18.02	34.82	19.64
JHM	Muan	2.02	16.02	29.37	17.06
	Iksan	8.14	23.46	39.11	23.66
	Nonsan	4.78	18.41	37.18	21.08
	Boryeong	6.64	22.16	39.75	23.35
	Hamyang	5.17	20.41	43.02	23.33
	Mean	5.35	20.09	37.69	21.70
SYM	Muan	2.28	16.12	26.51	15.98
	Iksan	6.23	21.42	41.94	23.65
	Nonsan	3.91	17.91	32.32	18.49
	Boryeong	6.19	20.08	42.11	22.78
	Hamyang	4.77	18.42	44.07	22.62
	Mean	4.68	18.79	37.39	20.70
YM	Muan	3.20	18.26	36.24	19.66
	Iksan	5.29	20.08	35.23	20.43
	Nonsan	2.82	18.42	30.19	18.21
	Boryeong	5.73	20.56	33.45	20.34
	Hamyang	4.00	19.41	33.25	19.58
	Mean	4.21	19.35	33.67	19.64
YHM	Muan	1.92	15.14	29.71	16.27
	Iksan	5.16	18.62	49.91	24.71
	Nonsan	2.93	17.45	34.17	19.35
	Boryeong	5.37	19.07	38.02	21.15
	Hamyang	2.63	17.45	37.70	20.22
	Mean	3.60	17.55	37.90	20.34

DYM, Daeyumi; SGM, Shingeonmi; JHM, Jinhongmi; SYM, Shinyulmi; YM, Yulmi; YHM, Yeonhwangmi.

함량은 익산지역이 높았다. 호화개시온도는 무안지역이 높고 함양지역이 낮았으며 최고, 최저, 최종점도, breakdown, setback은 함양지역이 높고 무안지역이 낮았다. T_0 , T_p , T_c 는 무안, nonsan지역이 높고 함양지역이 낮았으나 ΔT 와 ΔH 는 함양지역이 높았다. 고구마의 회절각도는 15.08°-15.32°, 16.92°-17.72°, 22.90°-23.62°에서 강한 피크를 보여 전분의 결정화도 형태 중 C형에 속하였다. 고구마 전분의 입자 형태는 전 지역에서 대부분 둥글고 타원형 모양을 하고 있었으며 일부 다각형의 입자 형태를 포함하고 있었다. 전분의 입도분포는 같은 품종이라도 재배지역에 따라 차이가 있었다. 평균입도는 12.07-28.32 μm 의 범위로 무안지역이 작고 익산지역이 큰 경향이였다.

References

1. Woolfe JA. Sweet Potato: An Untapped Food Resource. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 1-13 (1992)
2. Collins WW, Walter WM. Fresh roots for human consumption. pp. 154-173. In: Sweet Potato Products: A Natural Resources for the Tropics. Bouwkamp JC (ed). CRC Press, Boca Ration, FL, USA (1986)
3. Bradbury JH, Holloway WD. Chemistry of tropical root crops significance for nutrition and agriculture in the Pacific. ACIAR. Monograph Ser. No.6. Canberra, Canada. p. 201 (1988)
4. Seog HM, Park YK, Nam YJ, Shin DH, Kim JP. Physicochemical properties of several sweet potato starches. J. Korean Agric.

- Chem. Soc. 30: 179-185 (1987)
5. Shin MS, Ahn SY. Characteristics of dry and moist type sweet potato starches. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 412-418 (1998)
 6. Park JY, Ahn YS, Shin DH, Lim ST. Physicochemical properties of Korean sweet potato starches. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1-8 (1999)
 7. Park SJ, Kim JM, Kim JE, Jeong SH, Park KH, Shin MS. Characteristics of sweet potato powders from eight Korean varieties. Korean J. Food Cookery Sci. 27: 19-29 (2011)
 8. Kim SR, An SY. Characterization of amylopectins isolated from dry and moist type sweetpotato starch. J. Korean Agric. Chem. Soc. 34: 26-31 (1991)
 9. Baek MH, Cha DS, Park HJ, Lim ST. Physicochemical properties of commercial sweet potato starches. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 755-762 (2000)
 10. Jung SH, Shin GJ, Choi CU. Comparison of physicochemical properties of corn, sweet potato, potato, wheat and mungbean starches. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 272-275 (1991)
 11. Takeda C, Hizukuri S. Characterization of the heat dependent pasting behavior of starches. Nippon Nogei Kagaku Kaishi 48: 663-669 (1974)
 12. Madamba LSP, Bustrillos AR, Sanpedro EL. Sweetpotato starch, physicochemical properties of the whole starch. Philipp. Agric. Sci. 58: 338-350 (1975)
 13. Kanefumi K, Yoshihiro O, Shin-ichi M, Toshihiko S, Tomonori N. Physico-chemical properties of starches from sweet potatoes varieties. J. Appl. Glycosci. 43: 59-66 (1996)
 14. Hur BK, Lee KS, Choi KS. The soil improvement and plant growth on the newly-reclaimed sloped land VIII. Annual changes of soil physico-chemical properties and sweet potato yield. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 27: 189-194 (1994)
 15. Takahiro N, Yasuhiro T, Tetsuo S, Hiroki I, Hideyuki M. Physicochemical properties of starches from purple and orange fleshed sweet potato roots at two levels of fertilizer. Starch-Strke 48: 395-399 (1996)
 16. Takahiro N, Yasuhiro T, Nagata T. Properties of sweet potato starches from different tissue zones. Starch-Strke 44: 365-368 (1992)
 17. Takahiro N, Yasuhiro T, Tetsuo S, Makoto H, Tetsuya Y. Physicochemical properties of starches extracted from sweet potato roots differing in physiological age. J. Agr. Food Chem. 43: 3016-3020 (1995)
 18. Noda T, Takahata Y, Nagata T. Developmental changes in properties of sweet potato starches. Starch-Strke 44: 405-409 (1992)
 19. Noda T, Takahata Y, Sato T, Ikoma H, Mochida H. Combined effects of planting and harvesting date on starch properties of sweet potato roots. Carbohydr. Polym. 33: 169-176 (1997)
 20. Matsuura E, Katsuichi S, Wickramasinghe H, Arachichige M, Akihiro H, Yasuyuki S, Hiroaki Y. The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. Food Chem. 86: 119 - 125 (2004)
 21. Noda T, Kobayashi T, Suda I. Effect of soil temperature on starch properties of sweet potatoes. Carbohydr. Polym. 44: 239-246 (2001)
 22. Katayama K, Komaki K, Tamiya S, Takayanagi K. Varietal and geographical differences in amylose content in sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Jpn. J. Trop. Agr. 42: 288-295 (1998)
 23. Baba T, Nakama H, Tamaru Y, Kono T. Changes in sugar and starch contents during storage of new type sweet potato (Low β -amylase activity in roots). Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 34: 249-253 (1987)
 24. Song E, Shin MS. Physicochemical properties of naked barley starches. J. Korean Agric. Chem. Soc. 34: 94-101 (1991)
 25. Yank YK, Lee SY, Choi KC. Physicochemical properties of germinated corn starch. J. Korean Agric. Chem. Soc. 29: 333-338 (1986)
 26. Rhee JY, Ahn SY, Rhee HS. A study on the gelation of starch. Korean J. Sod. Food Sci. 3: 47-53 (1987)
 27. Shin MJ, Ahn MS. A study on food scientific characteristics of the Job's tears flour. Korean J. Soc. Food Sci. 3: 59-67 (1987)
 28. Kim HS. Molecular properties of cowpea starch (I). Korean J. Human Ecology 1: 79-83 (1992)
 29. Kim WS, Rhee HS, Kim SK. Characterization of mungbean (*Phaseolus aureus* L.) starch. J. Korean Agric. Chem. Soc. 23: 166-172 (1980)
 30. Shin MS, Anh SY. Degree of gelatinization of cooked sweet potatoes by different cooking methods. J. Korean Agric. Chem. Soc. 29: 372-374 (1986)
 31. Kweon MR, Kim SR, Lim KS, Ahn SY. Characterization of mook (starch-gel food) forming starches. J. Korean Agric. Chem. Soc. 35: 92-98 (1992)
 32. Rural Development Administration. Sweetpotato Cultivation. 1st ed. Hansung print, Suwon, Korea. pp. 106-159 (2009)
 33. National Institute of Agricultural Science & Technology. Analysis of soil and plant. Rural Development Administration, Suwon, Korea. pp. 29-130 (2000)
 34. Shin MS, Ahn SY. Studies on physicochemical properties of starches from sweet potato of Korea cultivars. J. Korean Agric. Chem. Soc. 26: 137-142 (1983)
 35. AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed. Method 777.780.788. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (2000)
 36. Williams PC, Kuzina FD, Hynka I. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chem. 58: 411-420 (1970)
 37. Jeong BC. Development of early spring production system in sweetpotato by using polyethylene film mulching. PhD thesis, Mokpo National University, Mokpo, Korea (2003)
 38. Imabuku T. The formation study of sweetpotatoes root. Hort. Res. (Japan). 13: 954-964 (1938)
 39. Kim YC. Effect of thermopeoid in the tuber formation in *Ipomoea batatas* under controlled condition. Plant Physiol. 36: 680-684 (1961)
 40. Matsuki J, Yasui T, Kohyama K, Sasaki T. Effects of environmental temperature on structure and galatinization properties of wheat starch. Cereal Chem. 80: 476-480 (2003)
 41. Biermann CJ, Marlett JA. Simple sugar, oligosaccharides and starch determination in raw and cooked sweet potato. J. Agr. Food Chem. 34: 421-425 (1986)
 42. Lineback DR. Current concepts of starch structure and its impact on properties. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 33: 80-88 (1986)
 43. Lee KY, Lee SR. A Study on the systematic analysis of lipids from sweet potatoes. Korean J. Food Sci. Technol. 4: 309-316 (1972)
 44. Hamaker BR, Griffin VK. Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption. Cereal Chem. 67: 261-264 (1990)
 45. Oh HE, Hong JS. Quality characteristics of sulgidduk added with fresh sweet potato. Korean J. Food Cookery Sci. 24: 501-510 (2008)
 46. Song J. Starch structure, gelatinization and retrogradation properties of different rice cultivars. PhD thesis, Chungnam National University, Daejeon, Korea (2008)
 47. Shin MS, Ahn SY. Action of crude amylolytic enzymes extracted from sweet potatoes and amylolytic enzymes on the sweet potato starches. Korean J. Food Sci. Technol. 18: 431-436 (1986)
 48. Kanefumi K. Study on organ-specific starch properties of sweetpotato. J. Appl. Glycosci. 52: 45-50 (2005)