

## 색깔이 다른 대서와 보라밸리 감자 전분의 이화학적 특성

이재순<sup>1</sup> · 최미경<sup>2</sup> · 문은영<sup>1</sup> · 강명화<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>호서대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>공주대학교 식품영양학과

## Physico-Chemical Properties of Starches from Atlantic and Bora Valley Potato Cultivar with Different Colors

Jae-Soon Lee<sup>1</sup>, Mi-Kyeong Choi<sup>2</sup>, Eun-Young Moon<sup>1</sup>, and Myung-Hwa Kang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science & Nutrition, Hoseo University, Chungnam 336-795, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food & Nutrition, Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea

### Abstract

Physico-chemical properties of starches from potato cultivars with different colors were investigated. White Atlantic potato had 10% higher starch yield than violet Bora Valley potato. It turned out that the shape and structure of Atlantic and Bora Valley potato starch were the same by mechanical analysis using X-ray and SEM. The ratio of 50  $\mu\text{m}$  particle in starches from Atlantic and Bora Valley potato was  $45.44 \pm 2.79\%$  and  $42.37 \pm 1.03\%$  respectively. The particle size of Atlantic potato starch was less than that of Bora Valley; however, there was no significant difference ( $p < 0.05$ ). As for moisture coupling, there was no difference ( $p < 0.05$ ) between the two potatoes. Swelling power showed a high increase from  $65^\circ\text{C}$  to  $80^\circ\text{C}$ . The swelling power of Atlantic starch was higher by about 0.3% than that of Bora Valley at  $90^\circ\text{C}$ . Since Atlantic has smaller starch particles than Bora Valley, more starch particles are contained in the same size, and hence a difference in swelling power. As a result of measuring the gelatinization of potato starches from Atlantic and Bora Valley, a higher gelatinization start, climax, and complete temperatures occurred at Bora Valley than Atlantic. As for gelatinization enthalpy, Bora Valley starch with a higher gelatinization temperature consumed more energy for gelatinization.

**Key words:** Bora Valley, starch, physicochemical properties, gelatinization

### 서 론

식물에서 탄수화물의 저장형태인 전분(澱粉, starch)은 자연에 가장 풍부하게 존재하는 물질 중 하나이다. 전분을 가장 많이 함유하고 있는 부위는 뿌리이며 가장 보편적인 공급원은 쌀, 밀, 옥수수 등의 곡류와 칩, 타피오카, 감자, 고구마 등의 근경, 괴경류와 여러 가지 콩 종류들이다(1,2).

감자는 단위면적당 생산량이 많을 뿐 아니라, 독일에서는 주식으로도 이용되고 있다. 감자는 옥수수, 고구마와 같이 전분으로 이용되는 자원이지만 감자로부터 전분 생산량은 총 전분 생산량의 0.3% 이하이다(3). 감자는 주로 포테이토 칩, 프렌치프라이 등의 기호식품의 주원료로 사용되고 전분 원으로는 저렴하고 구하기 쉬운 옥수수전분의 사용이 더 많다(4). 감자전분의 입자크기는 보통 15~100  $\mu\text{m}$  정도이며, 입자크기에 따라 성질도 다르다. 이는 입자에 함유되어 있는 인(P)의 함량 차이로 인하여 큰 입자가 아미로그래프의 최고점이 더 높은 것으로 알려져 있다(5). 식품산업에서 전분

은 그 자체로도 이용되지만 조리할 때 가공시 안정제, 결착제, 증진제로서 첨가된다(6-8). 또한 호화액이 투명하고 젤 형성이 잘 일어난다(6). 감자전분의 특성은 경작지와 경작시기에 따라 다르게 나타난다고 한다(9,10). 이러한 감자전분은 성장 시기에 따라 입자의 크기, 점도와 인 함량은 다르게 나타나지만 전분 중 아밀로오스 함량은 변하지 않는다고 한다(5).

최근 기능성이 함유된 색깔이 진한 과일 및 채소가 건강에 좋다고 알려지면서 감자도 색깔을 띠는 품종이 개발되었다(9,10). 1999년에 국내에서 육성된 '자심' 품종을 선두로 비교적 진한정도가 강한 새로 육성된 보라밸리 품종이 개발되었다. Kwon 등(11)의 보고에 의하면 감자 과육의 보라색 정도가 진할수록 더 높은 항산화 활성을 나타내고 '자심' 품종보다는 '보라밸리' 품종의 활성이 높게 나타났다. 유색감자인 자심 품종에는 anthocyanin이 함유되어 있으며, 유기산의 함량이 높고, ascorbic acid의 함량이 적으며, 광도가 적을수록 anthocyanin이 파괴되는 정도가 적다고 하였다(12). Jeon 등(13)은 유색감자의 anthocyanin 함량이 100 g당 3.3~29.0 mg이며,

\*Corresponding author. E-mail: mhkang@hoseo.edu  
Phone: 82-41-540-7973, Fax: 82-41-548-0670

Rodriguez-Saona 등(14)은 2.4~40.3 mg이라고 하였다.

Choi 등(15)은 신품종인 구이벨리, 보라벨리 및 고구벨리 품종이 가공식품으로서 뛰어난 가공적성을 나타낸다고 보고하였고, 색이 진한 보라벨리가 흰 감자인 대서 품종과 비교해볼 때 보라벨리의 수분함량과 비타민 C 함량이 높았다(16). 그러나 유색감자인 보라벨리 전분의 이화학적 특성에 관한 연구는 전무한 실정이다. 비록 많은 연구에서 감자전분의 특성에 관하여 연구하였지만 색깔을 나타내는 유색감자와 흰 감자 전분의 이화학적 특성에 관한 비교연구는 수행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 짙은 자색을 띠는 신품종인 보라벨리와 대서 감자 전분의 이화학적 특성 분석을 통하여 가공 및 기능성식품 소재로서의 활용가치를 높이기 위한 기초 자료를 제공하고자 본 실험을 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 시료제조

본 실험에 사용한 감자는 2007년 (주)포테이토벨리(Kang-won, Korea)에서 수확한 대서와 보라벨리 품종을 제공받아 받는 즉시 전분을 분리하였고 분리한 전분을 -70°C의 냉동고에 보관하면서 각종 분석에 사용하였다. 감자 무게의 약 10배 정도의 물을 가한 후 잘 마쇄하여 형겅으로 걸러 감자 전분을 침지시켰다. 전분이 침지되면 윗물을 버리고 마쇄한 감자에 물을 가하면서 행구어 주는 과정을 3~4회 반복하였다. 전분이 더 이상 침전되지 않을 때까지 반복한 후 침전된 전분을 자연 건조시켜 각종 분석에 사용하였다.

#### 입도분석

감자 전분가루를 100 mesh로 마쇄한 후 particle size analyser(HELOS, Berlin, Germany)를 사용하여 분석하였다. Focal length: 100 mm, beam length: 2.2 mm의 조건으로 입도분석을 실시하였다.

#### Amylose, amylopectin 함량 측정

전분의 amylose, amylopectin 함량은 Williams 등(17)의 방법에 따라 전분 시료와 0.5 N KOH 용액을 완전히 혼합한 후 100 mL volumetric flask로 옮기고 증류수로 정용하였다. 이중 10 mL을 취하여 50 mL volumetric flask로 옮긴 후 0.1 N HCl 5 mL와 iodine 시약 0.5 mL를 혼합하고 증류수로 정용하였고 5분방치 후 625 nm에서 흡광도를 측정하였다. Amylose와 amylopectin을 사용하여 구한 표준곡선으로부터 각 시료의 amylose 함량을 산출하였다.

$$\text{Amylopectin (\%)} = 100 - \text{Amylose (\%)}$$

#### 팽윤력

Schoch(18)의 방법과 Leach 등(19)의 방법을 변형시켜 65°C, 70°C, 80°C 및 90°C의 온도에서 팽윤력을 측정하였다.

15 mL 튜브에 감자 전분 가루 100 mg을 취하고 증류수를 가해 10 mL로 현탁시킨 다음 H<sub>2</sub>O bath를 이용하여 30°C에서부터 각각의 온도까지 1°C/min 상승시키고 각 온도에서 30분간 유지시켰다. 내용물은 실온이 될 때까지 채빨리 얼음물로 냉각시키고, 침전물의 부피와 침전물의 무게로부터 팽윤력을 측정하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{팽윤력(mL/g)} = \frac{\text{침전물의 부피(mL)}}{\text{침전물의 무게(g)}}$$

#### 수분결합능

감자전분의 수분결합능력은 Medcalf와 Gilles(20)의 방법에 따라 다음과 같이 실험하였다. 감자 전분가루 2 g을 칭량하여 비커에 취한 후 증류수 30 mL를 가한 다음 1시간 동안 교반하였다. 현탁액을 항량한 튜브에 옮기고 증류수로 비커를 세정하면서 50 mL로 정용하여 원심분리(1000 rpm, 30 min) 후 상징액은 제거하고 거꾸로 세워 1분 정도 유지시켰다. 침전된 감자 전분의 무게를 측정하여 감자 전분과의 중량비로부터 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{수분결합능력(\%)} = \frac{\{\text{침전된 감자 전분의 무게(g)} - \text{시료의 무게(g)}\}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

#### DSC(Differential scanning calorimetry)

감자 분말과 증류수를 1:2의 비율로 하여 시차주사열량계(DSC7, Perkin-Elmer Co., Waltham, MA, USA)를 이용하여 열적 특성을 조사하였다. 이때 온도는 30°C부터 130°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였으며, reference는 빈 시료팬을 사용하였다. 얻어진 흡열피크로부터 호화엔탈피를 구하였고, 호화개시온도(T<sub>o</sub>)와 호화정점온도(T<sub>p</sub>), 호화종결온도(T<sub>c</sub>)를 분석하였다.

#### 주사전자현미경(Scanning electron microscopy, SEM)

감자 전분을 100 mesh로 마쇄한 후 150 Å 두께로 금도금을 한 후 주사전자현미경(SEM, S-2380N, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 15 kV에서 200배로 관찰하였다.

#### X-ray 측정

감자 전분을 300 mesh로 마쇄한 후 Owusu-Ansah 등(21)의 방법에 따라 X-ray diffraction meter(D/MAX-2500PC, Rigaku Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 target: Cu-Kα, filter: Ni, scanning speed: 5.0°/min의 조건으로 회전각도: 5°부터 40°까지 회전시켜 회절각도에 따른 피크의 위치로부터 결정형을 분석하였다.

#### 통계처리

본 연구의 결과는 평균±표준편차로 나타내었고, 각 실험군 간의 비교분석은 SAS system(22)을 이용하여 ANOVA 분석 후 α=0.05에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

Table 1. Starch yield of Atlantic and Bora Valley potato

Cultivars	Yield (%)
Atlantic	17.5±0.06 <sup>a</sup>
Bora Valley	7.9±0.05 <sup>b</sup>

Each value is mean±SD. Different alphabets in each values of a column show statistically difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 2. Particle size distribution of Atlantic and Bora Valley potato starches

Potato starch	Ratio of particle size (%)		
	<10.0 μm	<50.0 μm	<90.0 μm
Atlantic	22.80±1.45 <sup>NS</sup>	45.44±2.79 <sup>NS</sup>	78.22±7.45 <sup>NS</sup>
Bora Valley	20.16±1.17	42.37±1.03	71.07±1.68

Each value is mean±SD. NS represents not significant.

## 결과 및 고찰

### 전분수율

대서와 보라밸리의 전분수율 측정된 결과는 Table 1과 같다. 대서의 전분수율은 17.5%였고 보라밸리는 7.9%였다. Kim과 Ahn(23)은 전분함량을 측정된 결과 감자 17%, 두류 14~15% 그리고 곡류가 12~13%인 것으로 보고하여 대서 감자와 비슷한 함량으로 나타났다. 전분의 함량은 그 작물이 함유하는 수분함량과 큰 상관관계를 나타내는데, Lee 등(16)의 연구에 의하면 대서감자의 수분함량이 80.1%, 보라밸리가 87.7%로 보고되어 상대적으로 수분함량이 더 많았던 보라밸리의 전분 양이 대서보다 낮게 나타났다.

### 입도분석

대서와 보라밸리에서 분리한 전분의 입자를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 대서감자 전분의 평균 입자 크기는 50 μm 안에 포함되는 입자 크기가 45.44±2.79%이며, 보라밸리는 42.37±1.03%이었다. 색깔이 다른 감자 전분의 입자 크기는 큰 차이는 보이지 않았지만 보라밸리보다 대서감자 전분 입자크기가 더 작은 경향이였다. 입자의 크기는 이화학적 특성을 변화시켜 제품의 품질에 영향을 미치므로, 입자의 크기를 정확하게 파악하는 것이 가공과정에 있어서 매우 중요하다고 보고되었다(24,25). 입자의 크기는 용해도 그리고 안정성을 포함한 생물학적 그리고 물리적 특성을 향상시키기 위해 중요한 요소이다(26).

### Amylose, amylopectin 함량

대서와 보라밸리의 감자 전분의 amylose와 amylopectin 함량을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 대서 전분의 amylose는 56.92±0.07%, amylopectin은 43.12±0.03%이었다. 보라밸리의 amylose 함량은 57.97±0.09%, amylopectin 함량은 42.15±0.05%이었다. 감자의 성질은 amylose와 amylopectin의 함량 비에 따라 다르게 나타나는데 amylopectin의 함량이 많을수록 감자의 찰진 정도가 강하며, amylose의 함량

Table 3. Amylose and amylopectin contents of Atlantic and Bora Valley potato starches

Cultivars	Amylose (%)	Amylopectin (%)
Atlantic	56.92±0.07 <sup>b</sup>	43.12±0.03 <sup>a</sup>
Bora Valley	57.97±0.09 <sup>a</sup>	42.15±0.05 <sup>b</sup>

Each value is mean±SD. Different alphabets in each values of a column show statistically difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 4. Swelling power of Atlantic and Bora Valley potato starches

Temp.	Swelling power (%)	
	Atlantic starch	Bora Valley starch
65°C	0.59±0.10 <sup>d</sup>	0.55±0.03 <sup>c</sup>
70°C	0.80±0.10 <sup>c</sup>	0.56±0.09 <sup>c</sup>
80°C	1.03±0.02 <sup>b</sup>	0.80±0.11 <sup>b</sup>
90°C	1.31±0.09 <sup>a</sup>	1.01±0.01 <sup>a</sup>

Each value is mean±SD. Different alphabets in each values of a column show statistically difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

이 많을수록 감자의 성질은 찰진 정도가 떨어져 부서지기 쉬운 성질을 갖게 된다. 감자 중 amylose의 함량이 7~20% 일 때 저 amylose 함량, 20~25%일 때 중 amylose 함량, 25% 이상일 때 고 amylose 함량이라고 한다(27).

### 팽윤력

대서와 보라밸리 감자 전분의 팽윤력 측정 결과는 Table 4와 같다. 대서와 보라밸리 감자 전분의 65°C에서 팽윤력이 대서는 0.59±0.10%에서 시작하고 보라밸리 전분은 0.55±0.03%에서 시작하였다. 80°C일 때 대서는 1.03±0.02%, 보라밸리는 0.80±0.11%로 급격히 높아졌으며, 90°C에서 대서는 1.31±0.09%, 보라밸리는 1.01±0.01%로 나타났다.

대서와 보라밸리 전분의 팽윤력은 65°C에서 시작하여 80°C에서 급격히 증가하였다. 90°C에서는 대서의 팽윤력이 보라밸리의 팽윤력보다 약 0.3% 정도 높았는데 이는 입도분석에서 대서가 보라밸리보다 전분입자가 작아 팽윤력이 더 높게 나타난 것으로 사료된다. Sandhya와 Bhattacharya (28)는 저 amylose 전분 과립은 비교적 견고하지 못하여 가열과정 중 자유롭게 팽윤되는 반면 amylopectin 함량이 높으면 입자가 단단하여 팽윤에 제한을 받는다고 하였다. 또한 전분의 팽윤력은 amylopectin과 관계가 있고 amylose 전분이 팽윤력에 영향을 받을 가능성이 크다고 하였는데(29) 본 연구결과 두 감자간 amylose와 amylopectin 함량에 큰 차이가 없어 팽윤력 간에도 큰 차이는 나타나지 않은 것으로 사료된다.

### 수분결합능력

대서와 보라밸리 감자 전분의 수분결합능을 시험한 결과는 Table 5와 같다. 대서 전분은 60.47±12.14%, 보라밸리는 60.34±12.14%로 대서와 보라밸리 전분의 수분결합능에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 5. H<sub>2</sub>O binding capacity of Atlantic and Bora Valley potato starches

H <sub>2</sub> O binding capacity (%)	
Atlantic starch	Bora Valley starch
60.47±12.14 <sup>NS</sup>	60.34±12.14

Each value is mean±SD. NS represents not significant.

수분결합능력은 전분입자 간 수분흡수 정도를 나타내는 것으로 전분입자 내에 분자들이 관여하는 정도를 나타내고 같은 종류의 전분은 비슷한 수분결합능을 갖는다고 한다(19). Amylopectin이 수분흡수력이 크기 때문에 찰전분의 수분결합능력이 크며, 수분결합능력은 전분입자의 결정질 부분과 비결정질 부분의 비율에 따라 결정된다고 보고되었다(30). 전분입자의 비결정질부분이 많이 포함되면 더 많은 수분을 흡수할 수 있기 때문에 수분흡수율이 크다는 연구 결과가 있다(31).

호화도(DSC)

미세구조의 이화학적 특성을 파악하는 또 하나의 방법으로 DSC 분석을 통한 전분-물-열의 작용을 검증하는 것이다. 즉, 전분분자의 미세구조가 붕괴되기 시작하는 시점을 호화개시 온도로서 나타내며, 전분분자의 미세구조를 붕괴시키는데 필요한 에너지를 호화엔탈피로써 표현할 수 있다(32,33). 대서와 보라밸리 전분의 호화도를 측정한 결과는 Table 6과 같다. 대서 전분의 호화개시온도는 40.23°C이었고 보라밸리 전분의 호화개시는 이보다 11°C 정도 높은 51.66°C이었다. 호화가 개시되어 정점이 되는 온도는 대서 전분 93.87°C, 보라밸리 101.63°C이며, 대서와 보라밸리 전분의 호화 종결온도는 139.57°C와 146.32°C이었다. 호화엔탈피는 DSC thermogram peak의 면적으로 나타내는데, peak의 면적이 클수록 호화될 때 많은 열량이 소모되는 것을 의미한다. 호화엔탈피(ΔH(J/g))는 대서 전분이 -395.05 J/g, 보라밸리 전분은 -518.17 J/g로 보라밸리 전분보다 대서 전분의 호화에 열을 더 많이 필요로 하였다. 호화엔탈피는 전분이 호화되기 위해 필요한 열의 소모량을 나타낸다. Donovan(34)은 호화엔탈피의 경우 적은 수분함량에서는 전분 crystallite melting, 많은 수분함량에서는 입자팽윤, crystallite melting, 전분분자의 수화를 고려한 값을 나타낸다고 하였다.

Table 6. Differential scanning calorimetry thermogram of Atlantic and Bora Valley potato starches

Potato starch	Thermal characteristics			
	T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH (J/g)
Atlantic	40.23±0.10 <sup>b</sup>	93.87±0.02 <sup>b</sup>	139.57±0.05 <sup>b</sup>	-395.05±0.05 <sup>a</sup>
Bora Valley	51.66±0.05 <sup>a</sup>	101.63±0.06 <sup>a</sup>	146.32±0.03 <sup>a</sup>	-518.17±0.04 <sup>b</sup>

Each value is mean±SD. Different alphabets in each values of a column show statistically difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

T<sub>o</sub>: onset temperature. T<sub>p</sub>: peak temperature. T<sub>c</sub>: conclusion temperature.

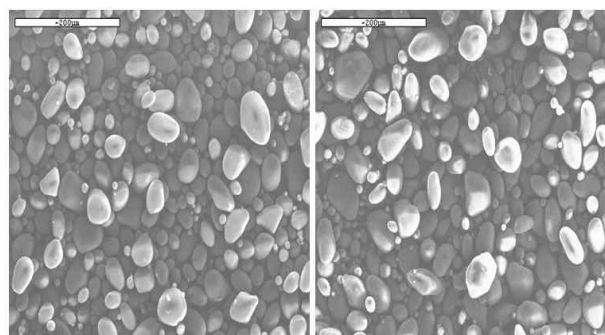


Fig. 1. Scanning electron microphotographs of Atlantic and Bora Valley potato starches.

주사전자현미경

대서와 보라밸리의 전분 입자형태를 촬영한 주사전자현미경의 결과는 Fig. 1과 같다. 대서와 보라밸리 전분의 입자형태를 촬영한 주사전자현미경은 200배의 비율로 측정하였다. 전분입자가 동글동글하면서 타원형의 형태를 하고 있는 것으로 나타났고 대서와 보라밸리 전분입자 크기의 차이나 입자분포도의 차이는 없었다. 또한, 전분의 입자들이 깨지거나 손상된 모양을 한 형태도 발견할 수 없었으며 전분의 입자 표면이 매끈하였고, 대서와 보라밸리 전분입자 크기가 비교적 균일하였다. 전분의 입자형태는 채소의 종류에 따라 다르다. 고구마의 경우 동글거나 다각형의 모양을 띠는 것이 특징이며, 감자의 경우 타원형을 띠는 것이 일반적이다(35).

X-ray 회절도

대서와 보라밸리 전분의 X-ray 회절도는 Fig. 2에 나타내었다. X-ray 회절도는 피크의 위치와 높이에 따라서 결정과 결정형의 강도가 다르게 나타난다. X-ray 회절도 전분의 결정형을 측정하는 방법으로 널리 사용되고 있다. 곡류전분은 A형, 피(tuber), 과일(fruit), 줄기(stem) 전분은 B형, 고구마 전분은 A와 B형의 혼합형인 C형으로 분류된다(36). A형은 결정형의 구조가 치밀하고 수분이 적은 구조이며, B형은 결정구조 내에 공간이 있어 12 anhydrous glucose unit과 단위 세포당 36개의 물 분자가 결합되어 있는 구조로 되어 있다. C형은 amylose를 80% 이상의 상대습도와 85~90°C 범위에 유지하면 A형 amylose, 실온에 유지하면 B형 amylose가 얻어진다고 하였다(37). 본 연구결과 대서와 보라밸리 전분의

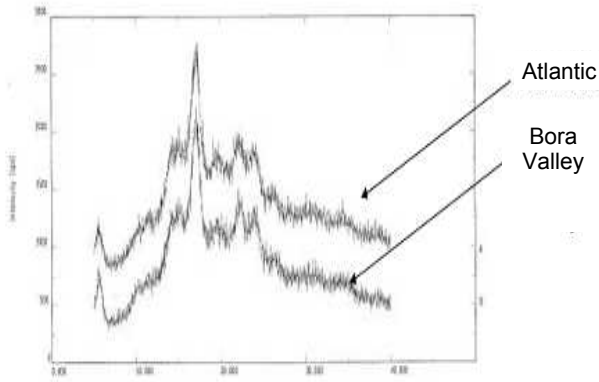


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of Atlantic and Bora Valley potato starches.

X-ray 회절도 분석결과는 B형으로 나타났다.

## 요 약

색깔이 다른 대서와 보라벨리 감자로부터 전분을 추출하여 수율, amylose, amylopectin 함량비, 팽윤력, 수분결합능 및 X-ray 전분 구조와 같은 전분의 이화학적 특성을 측정하였다. 두 감자간의 amylose와 amylopectin의 함량 비에는 유의적인 차이( $p < 0.05$ )가 나타났고 두 감자 모두에서 amylose 함량이 높아 찰성이라기보다는 매성으로 나타났다. X-ray와 주사전자현미경을 통해 입자를 관찰한 결과 대서와 보라벨리의 모양의 차이와 전분 구조의 차이는 보이지 않았다. 대서와 보라벨리 전분의 입도분석 결과, 50  $\mu\text{m}$  안에 포함되는 전분입자 크기가 대서는  $45.44 \pm 2.79\%$ 이며, 보라벨리는  $42.37 \pm 1.03\%$ 의 분포였다. 대서와 보라벨리 전분의 수분결합능력의 차이는 보이지 않았다. 반면, 팽윤력은 65°C에서 시작하여 80°C에서 높은 증가를 보였으며, 90°C에서 보라벨리 전분의 팽윤력보다 대서의 팽윤력이 약 0.3% 정도 높았다. 대서와 보라벨리 전분의 소화도를 측정된 결과 소화개시온도, 소화절정온도, 소화종결온도에서 대서보다 보라벨리가 높은 온도를 보였다.

## 문 헌

- Madsen MH, Christensen DH. 1996. Changes in viscosity properties of potato starch during growth. *Starch* 48: 245-249.
- Singh N, Singh J, Kaur L, Singh SN, Singh GB. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem* 81: 219-231.
- 구천서. 1985. 전분당 공업에 관한 단국대학교 부설 식량개발 연구소, 서울. p 93.
- Rutenberg MU, Solarek D. 1984. Starch derivatives production and uses. In *Starch and Technology*. Academic press, New York, USA. p 324.
- Christensen DH, Madsen MH. 1996. Changes in potato starch quality during growth. *Potato Research* 39: 43-50.
- Mitch EL. 1984. Potato starch: production and uses. In *Starch: Chemistry and technology*. Whistler RL, BeMiller JN, Paschall EF, eds. Academic Press, New York, USA. p 479-490.
- Baek MH, Cha DS, Park HJ, Lim ST. 2000. Physicochemical properties of commercial sweet potato starches. *Korean J Food Sci Technol* 32: 755-762.
- Wiesborn DP, Orr PH, Casper HH, Tacke BK. 1994. Potato starch paste behaviour as related to some physical/chemical properties. *J Food Sci* 59: 644-648.
- Lin Q, Weber E, Currie V, Yada R. 2003. Physicochemical properties of starches during potato growth. *Carbohydr Polym* 51: 213-221.
- Lisinska G, Leszczynski W. 1989. *Potato science and technology*. Elsevier Applied Science, London, UK. p 16-43.
- Kwon OY, Kim HJ, Oh SH, Lee JH, Kim HC, Yoon WK, Kim HM, Park CS, Kim MR. 2006. Nutrient composition of domestic potato cultivars. *J East Asian Soc Dietary Life* 16: 740-746.
- Rhim JW, Kim SJ. 1999. Characteristics and stability of anthocyanidin pigment extracted from purple-fleshed potato. *Korean J Food Sci Technol* 31: 348-355.
- Jeon TW, Cho YS, Lee SH, Cho SM, Cho HM, Chang KS, Park HJ. 2005. Studies on the biological activities and physicochemical characteristics of pigments extracts extracted from Korean purple-fleshed potato. *Korean J Food Sci Technol* 37: 247-254.
- Rodriguez-Saona LE, Giusti MM, Wrolstad RE. 1998. Anthocyanidin pigment composition of red-fleshed potatoes. *Food Technol* 63: 458-465.
- Choi HD, Lee HC, Kim SS, Kim YS, Lim HT, Ryu GH. 2008. Nutrient components and physicochemical properties of new cosmetic potato cultivars. *Korean J Food Sci Technol* 40: 382-388.
- Lee JS, Park SJ, Kim JS, Choi MK, Lim HT, Kang MH. 2009. Physico-chemical characteristics of Atlantic and Bora valley potatoes. *Korean J Food Nutr* 22: 92-96.
- Williams PC, Kuzine FD, Hylanka I. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem* 47: 411-419.
- Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granules starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Academic Press, New York, USA. p 106-108.
- 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.
- Medcalf DG, Gilles KA. 1965. Wheat starches comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42: 558-568.
- Owusu-Ansah J, van de Voort FR, Stanley DW. 1982. Determination of starch gelatinization by X-ray diffractometry. *Cereal Chem* 59: 167-171.
- SAS. 2000. *User's Guide*. SAS institute, Cary, NC, USA.
- Kim HS, Ahn SY. 1994. Gelatinization properties of legume, cereal and potato starches. *Korean J Soc Food Sci* 10: 80-85.
- Lee HY, Kum JS. 1999. The effect of the varieties and particle size on the properties of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1542-1548.
- Rasenack N, Muller BW. 2004. Micron-size drug particles; common and novel micronization technique. *Pharm Dev Technol* 9: 1-13.
- Lee JE, Jun JY, Kang WS, Lim JD, Kim DE, Lee KY, Ko SH. 2008. Effect of particle size on the solubility and dispersibility of endosperm, bran, and husk powders of rice. *Food Sci Biotechnol* 17: 833-838.

27. Sandhya RMR, Bhattacharya KR. 1995. Microscopy of rice starch granules during cooking. *Starch* 47: 334-337.
28. Sandhya RMR, Bhattacharya KR. 1989. Rheology of rice flour pastes: effects of variety, concentration, and temperature, and time of cooking. *J Text Studies* 20: 127-137.
29. Tester RF, Morrison WR. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem* 67: 551-557.
30. Kim HS, Kang OJ, Yoon KS. 1983. Physicochemical properties of waxy rice starches prepared from three different cultivars. *Korean J Agric Chem Soc* 2: 211-216.
31. Beleina A, Varriano-Marston E, Hosney RC. 1980. Characteristics of starch from pearl millets. *Cereal Chem* 57: 300-303.
32. Hizukuri S. 1985. Relationship between the distribution of the chain-length of amylopectin and the crystalline-structure of starch granules. *Carbohydr Res* 141: 295-306.
33. Hongsheng L, Long Y, Fengwei X, Ling C. 2006. Gelatinization of cornstarch with different amylose/amylopectin content. *Carbohydr Polym* 65: 357-363.
34. Donovan JW. 1979. Phase transitions of the starch water system. *Biopolymers* 18: 263-267.
35. Choi CR, Rhim JW, Park YK. 2000. Physicochemical properties of purple-fleshed sweet potato starch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 1-5.
36. Zobel HF. 1964. X-ray analysis of starch granules. In *Methods in carbohydrate chemistry*. Academic Press, New York, USA. Vol 4, p 109-113.
37. Imberty A, Pere S. 1988. A revisit to the three-dimensional structure of B-type starch. *Biopolymers* 27: 1205-1209.

(2009년 12월 2일 접수; 2010년 3월 25일 채택)