

Research Note

## Cellulase 계열 효소를 이용한 감자의 전분 추출 효율 증진

서동호\* · 김미선 · 최현욱 · 성정민 · 최윤상 · 박천석<sup>1</sup> · 백무열<sup>1</sup> · 김현석<sup>2</sup>  
한국식품연구원, <sup>1</sup>경희대학교 식품생명공학과, <sup>2</sup>국립안동대학교 식품생명공학과

### Improvement of Starch Extraction Efficiency From Potato with Cellulase Family

Dong-Ho Seo\*, Mi-Seon Kim, Hyun-Wook Choi, Jung-Min Sung, Yun-Sang Choi, Cheon-Seok Park<sup>1</sup>, Moo-Yeol Baik<sup>1</sup>, and Hyun-Seok Kim<sup>2</sup>

Korea Food Research Institute

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Institute of Life Science & Resource, Kyung Hee University

<sup>2</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

#### Abstract

The objective of this study was to increase starch extraction efficiency from domestic potato by five kinds of food-grade cellulases (mixture of  $\beta$ -glucanases, pectinase, cellulase, hemicellulase, and  $\beta$ -glucosidase). Cellulase-treated potato had a maximum of 40% higher starch extraction yield than non-enzyme treated potato. It turned out that the shape and structure of cellulose-treated and nonenzyme-treated potatoes were the same. The average particle size of cellulose-treated potato starch was smaller than non-enzyme treated potato. Interestingly, the small starch granular (<10  $\mu$ m particle) was shown in extracted starch from cellulose-treated potato. Rapid viscosity analysis showed that starch from cellulase treated potato had lower pasting temperature than starch from nonenzyme-treated potato. The range of the gelatinization temperature (49-62°C) of starches from cellulose-treated potato was broader than that of starches from nonenzyme-treated potato. Therefore, the results of this study confirm that cellulase plays an important role in the extraction of starch from the potato and physicochemical characteristics of potato starch.

**Key words:** Potato, starch, cellulase, parenchyma cell, starch characteristics

## 서 론

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 탄수화물이 풍부하고 생육기간이 짧고, 재배단위 면적당 생산량이 많아 옥수수, 벼, 밀 다음으로 재배되는 세계 4대 작물 중의 하나이다. 국내에서는 사용 목적 및 재배 환경에 따라 다양한 품종이 재배되고 있다(Kwon et al., 2006; Choi et al., 2008). 국내에서는 전통적으로 감자는 봄, 여름, 가을에 재배되었으나, 80년대 이후 시설 재배가 확대되어 연중 신선한 감자가 공급되고 있다(Kim et al., 2013a). 감자는 수분(75-84%)을 제외하고 대부분 전분으로 이루어져 있으며 품종에 따라 전분의 함량이 9-23%로 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Singh & Kaur, 2009; Chun & Kim, 2014). 국내에서의 감자는 식용 이외에 전분, 가루 및 칩용으로 활용되고 있

으며, 특히 감자전분과 감자가루 같은 건조감자 소재들은 다양한 가공식품에 원료로 많이 사용되고 있다(Chun & Kim, 2014). 국내에서의 감자전분 사용량은 2014년도에 3.3만 톤으로 옥수수전분(8.9만 톤) 다음으로 가장 많이 사용되고 있으며, 원료 이용률도 옥수수전분 다음으로 가장 많이 이용되고 있다(KAFFTC, 2014).

일반적으로 국내에서는 감자전분은 감자를 세척 후 물과 함께 분쇄하여 체를 통과시킨 후, 세척과 건조를 통하여 얻어지게 된다. 감자의 전분은 감자 괴경(potato tuber)에 많이 존재하며, 괴경에서는 표피세포(epidermic cell), 유세포(parenchyma cell), 망상맥(reticulated vessels)의 조직들이 존재한다. 이중 유세포 내부에는 10-100  $\mu$ m의 크기의 전분입자가 존재하는 것으로 알려져 있다(Dufresne et al., 2000). 감자의 유세포는 감자전분들을 내포하고 있어 전분과 유사하게 페이스팅 및 열전이 특성이 나타나는 것으로 보고되었다(Chun & Kim, 2014; Kim & Kim, 2015a; Shin et al., 2015). 감자의 유세포는 열에 의하여 파괴되지 않으며, 유세포 내의 전분입자들은 외부로 방출되지 않고 유세포 내에서 호화가 이루어지는 것으로 관찰되었다

\*Corresponding author: Dong-Ho Seo, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi, 13539, Korea  
Tel: +82-31-780-9385; Fax: +82-31-780-9036  
E-mail: sdh83@kfri.re.kr  
Received November 6, 2015; revised January 19, 2016; accepted December 29, 2015

(Aguilera et al., 2001). 최근 감자에 polygalacturonase를 처리하여 호화되지 않은 상태의 감자 전분을 포함한 유세포를 분리하고 이의 물리화학적 특성을 확인하여 건조감자 소재로써의 가능성을 확인하는 연구가 활발히 진행되고 있다 (Kim & Kim, 2015b; Shin et al., 2015). 비록 유세포를 분리하여 건조감자 소재로의 가능성이 확인되고 있지만, 국내에서는 건조감자 소재 중 감자전분이 산업적으로 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 유세포의 세포벽은 cellulose 계열, pectin 계열, xylan 계열로 이루어져 있으며 이는 mild한 조건에서 쉽게 파괴되지 않는 물질이다(Hoff & Castro, 1969; Xiao & Anderson, 2013). 또한, 유세포의 세포벽을 파괴하기 위하여 높은 열과 산 및 염기 처리 시 유세포 내부의 전분입자가 파괴되어 가공소재로써의 가치가 떨어지게 된다. 이에 본 연구는 mild한 조건에서 세포벽을 파괴할 수 있는 효소를 이용하여 유세포 세포벽을 파괴하여 감자전분의 추출 효율을 증진시키고자 하였다. 이때 사용한 효소는 식품용으로 사용하는 cellulase 계열 5종을 이용하여 감자의 전분 추출 효율을 확인하였으며, 추출된 전분의 입자크기, 페이스팅 특성, 호화특성 등의 물리화학적 특성을 비효소적 추출 감자전분과 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

연구에 사용된 감자는 국내에서 2014년에 재배된 수미 품종(Dangin, Korea)을 이용하였다. 상업적으로 사용되는 혼합 cellulase 계열 효소는 식품첨가물 등급으로 pectinase, cellulase, hemicellulase,  $\beta$ -glucanase,  $\beta$ -glucosidase가 주성분인 Laminex®BG2 (Danisco, Copenhagen, Denmark), Platase TCL (Bision Biochem, Sungnam, Korea), Rapidase C80Max (DSM Food Specialties, Delft, Netherlands), Rohament CL (AB Enzymes, Darmstadt, Germany), Sumizyme AC (Shin Nihon Chemicals, Anjyo, Japan) 등 총 5종의 혼합 cellulase를 구입하여 사용하였다. 이외 감자 전분의 분석 및 추출에 사용된 시약과 용매들은 ACS 등급 이상의 것을 사용하였다.

### Cellulase 효소를 이용한 감자의 전분 분리

감자를 세절 후, 1% sodium bisulfate에 침지하여 변색을 방지하였다. Cellulase 효소제를 감자 무게에 1% 첨가하여 40°C에서 3시간 동안 교반하여 반응하였다. 효소반응물을 twin-screw로 구성된 압착기(Angelia 8000S, Angel Juicer Co. Ltd., Busan, Korea)로 압착하여 감자 슬러지를 추출하였다. 추출된 감자 슬러지는 100 mesh와 140 mesh (Chunggye, Seoul, Korea)를 연속으로 통과시킨 후, 원심분리기로 전분을 분리하였다. 분리된 전분을 증류수로 세척

후, 동결건조 하였다. 추출된 전분의 순도는 AOAC방법의 amyloglucosidase/ $\alpha$ -amylase method를 이용한 kit (K-TSTA, Megazyme International Ireland Ltd., Bray, Ireland)를 사용하여 분석하였다. 순도를 측정한 후 수율의 계산은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

추출수율(%)=

$$\frac{\text{추출된 전분의 건물량}(\%) \times \text{추출된 전분의 전분 순도}(\%)}{\text{분쇄 감자의 건물량}(\%) \times \text{분쇄 감자의 전분 순도}(\%)} \times 100$$

### 추출된 감자 전분의 물리화학적 특성 확인

전분의 입도분포는 입도분석기(laser particle size analyzer, CILAS 1190 Liquid, Cilas, Madaion, France)를 이용하여 분석하였다. 전분의 호화특성을 AACC Method 61-02에 의하여 RVA (Rapid Visco Analyzer, Newport Scientific, RVA-Super 4, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 각 시료는 건물 기준으로 14% 수분함량이 되도록 제조하였으며, 측정온도는 1분간 50°C를 유지하고 95°C까지 12°C/min의 속도로 온도를 상승시킨 후 2분 30초 동안 95°C를 유지, 12°C/min의 속도로 50°C까지 온도를 하강시킨 후 50°C에서 2분간 유지하여 점도곡선을 얻었다. 얻어진 점도 곡선으로부터 호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(minimum viscosity), 최종점도(final viscosity)를 측정하고 이들 측정치로부터 breakdown, setback 값을 구하였다. 각 시료의 미세구조는 주사전자현미경(SEM, Scanning electron microscope, JSM7800, JEOL, Tokyo, Japan)을 사용하여 검경하였다. 각각의 전분은 -72°C에서 동결하여 동결건조기(Freeze Dryer, Ilsin lab Co., Suwon, Korea)에서 48시간 동안 건조한 것을 gold-palladium으로 ion sputter (C1010 Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 도금한 후, 가속전압 20 kV에서 전분의 미세구조를 각각 250배 및 1,000배의 배율로 관찰하였다. 전분의 열전이(thermal transition)은 시차주사열량계(DSC 4000, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 전분(10 mg, d.b)을 알루미늄 팬에 직접 칭량하고 탈이온수(20  $\mu$ L)를 가하여 밀폐한 후 상온에서 24시간 동안 방치하였다. DSC thermogram은 25°C부터 120°C까지 10°C/min의 속도로 가열하여 얻은 후 용융온도(onset temperature), 피크온도(peak temperature), 종료온도(end temperature)와 용융엔탈피( $\Delta H$ ; gelatinization enthalpy)를 Pyris software version 11.1.0.04.88 (PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)에 의해 계산하였다.

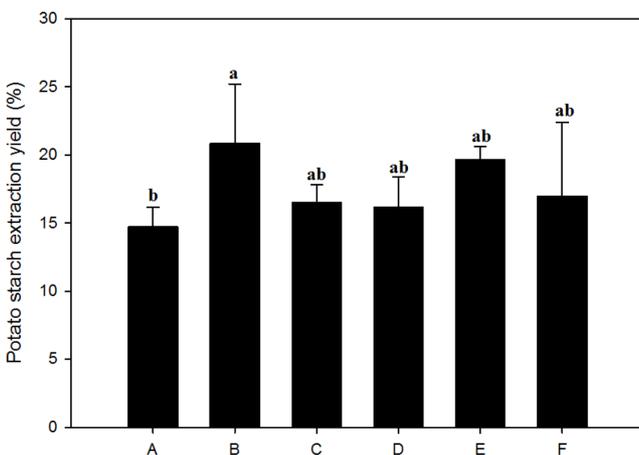
모든 실험결과는 SPSS 통계프로그램(SPSS 20.0 for window, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 *t*-test와 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 Duncan's multiple range test에 의해 평균값의 유의차( $p < 0.05$ )를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### Cellulase 효소를 이용한 감자의 전분 추출 효율 확인

감자의 유세포(parenchyma cell)에는 다양한 전분관련 물질이 존재하며, 유세포에서 전분질 물질을 추출하는 것이 감자 전분의 추출 효율을 증진시키는 방법 중 하나이다. 이에 전분 자체에 영향을 주지 않으며 세포 조직을 연화시키거나 파괴시킬 수 있는 cellulase 효소들을 이용하여 유세포의 세포벽을 부드럽게 제거하여 감자추출 효율을 증진시키고자 하였다. 본 실험에 사용한 효소들은 cellulase, pectinase,  $\beta$ -glucanase,  $\beta$ -glucosidase가 복합적으로 구성된 복합효소물이며 곰팡이와 미생물에서 유래된 것을 사용하였다. 일부 cellulase의 반응 최적 온도가 70-80°C이지만, 그 온도에서는 감자 전분의 호화가 일어날 수 있으므로 효소적 활성은 유지하면서 호화가 일어나지 않는 40°C에서 3시간동안 반응을 수행하였다. Cellulase 효소들의 최적 pH는 산성이지만, pH에 의한 전분의 변형과 분해를 배제하기 위하여 중성 조건(증류수)에서 효소반응을 수행하였다. 사용한 효소들은 감자 투입량의 1%에 해당하는 효소량을 첨가하여 반응하였다. 반응 후 얻은 cellulase 계열 효소에 의한 감자 전분의 추출 효율은 Fig. 1과 같다.

총 5종의 cellulases 계열 효소 중, Laminex®BG2 효소가 20.85±4.35%로 가장 높은 감자 전분 추출 효율이 나타났다. 이 효소는 cellulase 분해 능력이 뛰어난 *Trichoderma reesei* 유래  $\beta$ -glucanases 계열의 효소이다. Endo-형태로 분해하며 cellulose와 xylan을 분해하여 glucose와 xylose를 생산하는 능력이 뛰어나 맥주발효에 사용되는 효소제이다 (Bhat, 2000). 감자의 세포벽 부분은 대부분의 유세포로 이루어져 있으며 이는 cellulose, pectin polysaccharide, xyloglucan, heteromannans, heteroxyylan으로 구성되어 있다(Hoff &



**Fig. 1.** Effect of various cellulases on starch extraction from potato (A: non-enzyme, B: Laminex®BG2, C: Rohament CL, D: Sumizyme AC, E: Platase TCL, F: Rapidase C80Max). Values are Mean±S.D. <sup>ab</sup>The different letters within potato starch extraction yield are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Castro, 1969; Xiao & Anderson, 2013). Laminex®BG2는 유세포의 cellulose, xyloglucan, heteroxyylan를 분해하여 유세포의 구조를 파괴하여 내부의 전분이 수월하게 용출될 수 있게 만든 것으로 사료된다. 비효소처리 대조구에 비하여 유의적으로 추출 효율이 상승한 Plantase TCL과 Rapidase C80Max 또한 유세포의 구성 요소를 분해할 수 있는 효소제들로 구성되어 있으며, 이를 통하여 감자 전분의 추출 효율 증가는 감자의 유세포가 연화되거나 파괴되어서 작은 충격에도 쉽게 유세포 내부의 전분이 추출된 것으로 생각할 수 있다. 경제적인 측면(효소의 생산단가)를 고려하여 보았을때, Laminex®BG2가 감자 전분 추출에 적합한 식품용 cellulase라고 판단된다.

### Cellulase를 이용하여 추출된 감자 전분의 물리화학적 특성 확인

Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분과 비 효소처리를 이용하여 추출한 전분의 이화학적 특성을 비교하였다. 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM)을 이용하여 추출된 전분의 입자 구조를 확인하였다(Fig. 2). 추출된 감자의 입자는 비 효소처리와 Laminex®BG2 처리 모두 타원형의 매끈한 형태로 나타났으며, 유세포가 파괴된 형태가 Laminex®BG2 처리 샘플에서 대조구에 비하여 많이 발견됨을 확인할 수 있었다. 또한 Laminex®BG2처리 샘플 전분의 크기는 다양하였으며 대조구보다 작은 형태의 전분 입자가 관찰되었다. 따라서 비 효소처리와 Laminex®BG2 처리 추출 감자 전분의 입도분포를 입도 분석기를 이용하여 확인하였다(Table 1).

Laminex®BG2를 처리하여 추출한 전분 입자의 평균 크기는 36.79±0.09  $\mu$ m로 비 효소처리 추출 전분의 평균 입자 크기인 47.97±0.54  $\mu$ m보다 유의적으로 작게 나타났다. 또한 Laminex®BG2를 처리하여 추출한 전분에서는 10  $\mu$ m보다 작은 입자들도 쉽게 관찰되었다. 감자의 입자 크기는 품종, 재배조건 등의 영향을 받으며 5-100  $\mu$ m로 보고되었다(Swinkels, 1985). 일반적으로 비 효소적 처리에 의하여 추출된 전분의 입자 크기는 15-100  $\mu$ m로 알려져 있다(Lee et al., 2010). 하지만 유세포 안의 전분 입자를 주사전자현미경으로 관찰하면 15  $\mu$ m보다 작은 전분의 입자가 관찰된다(Dufresne et al., 2000; Aguilera et al., 2001). Laminex®BG2를 처리하여 추출한 전분에서 15  $\mu$ m보다 작은 입자들이 관찰되는 것은 물리적 처리에 의해서 파괴되지 않는 감자 유세포내의 작은 전분 입자가 효소처리에 의하여 감자 유세포가 연화되거나 파괴되면서 내부의 작은 전분질 물질이 용출되는 것으로 생각된다.

Rapid visco analyzer (RAV)를 통하여 Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분과 비 효소처리를 이용하여 추출한 전분의 호화특성을 확인하였다(Table 2). Laminex®BG2를 처리하여 추출한 감자 전분의 호화개시온도(pasting

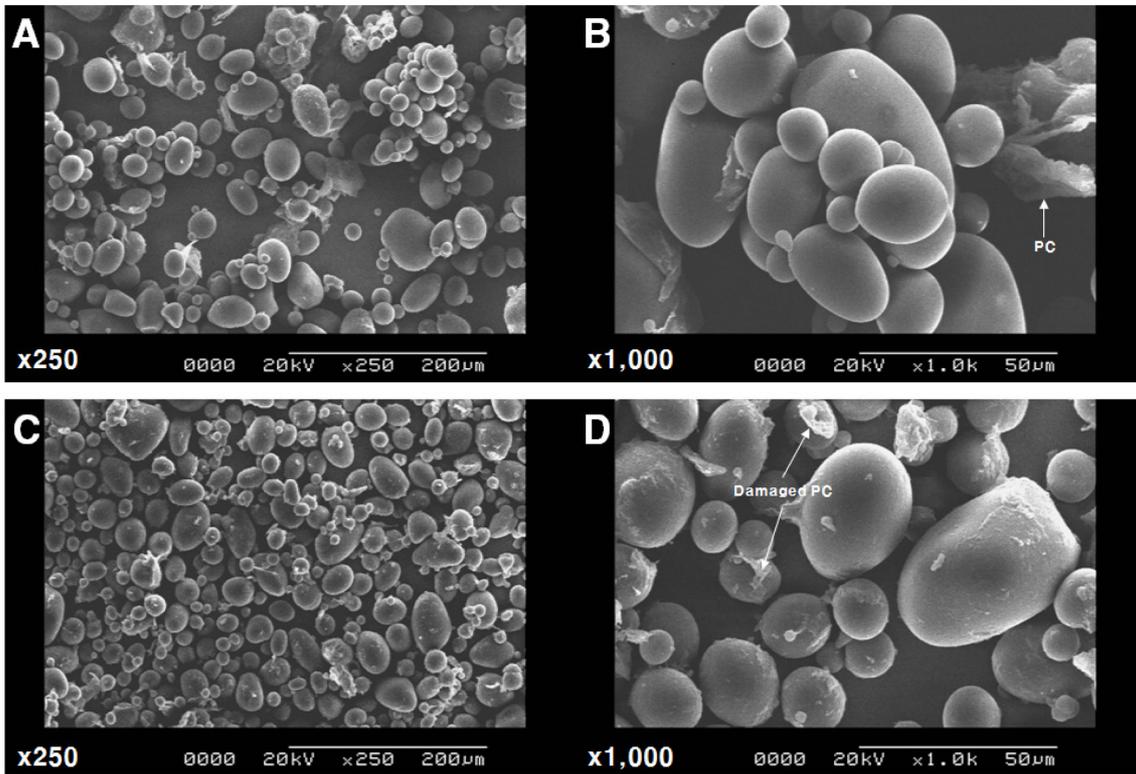


Fig. 2. Scanning electron microscope micrographs of potato starch by non-enzyme treatment (A,B) and Laminex®BG2 treatment (C,D) (PC: parenchyma cell).

Table 1. Particle size distributions for starches from non-enzyme treated potato and Laminex®BG2 treated potato

Sample	Particle size ( $\mu\text{m}$ )			Mean Diameter
	Diameter at 10.00 %	Diameter at 50.00 %	Diameter at 90.00 %	
Non-enzyme	16.61 $\pm$ 0.01*	43.98 $\pm$ 0.36*	84.49 $\pm$ 1.36*	47.97 $\pm$ 0.54*
Laminex®BG2	9.93 $\pm$ 0.05	36.40 $\pm$ 0.08	61.69 $\pm$ 0.21	36.79 $\pm$ 0.09

\*Differences of starch between non-enzyme and Laminex®BG2 are significantly by t-test ( $p < 0.05$ ).

Table 2. Pasting characteristics for starches from non-enzyme treated potato and Laminex®BG2 treated potato

Sample	Pasting Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Viscosity (cP)				Setback Viscosity
		Peak Viscosity	Trough Viscosity	Break down Viscosity	Final Viscosity	
Non-enzyme	68.55 $\pm$ 0.00*	659.00 $\pm$ 11.75*	537.62 $\pm$ 19.80	122.50 $\pm$ 4.95*	724.55 $\pm$ 28.99	187.55 $\pm$ 1.58
Laminex®BG2	65.30 $\pm$ 0.04	877.33 $\pm$ 129.52	440.00 $\pm$ 111.37	437.33 $\pm$ 29.02	591.33 $\pm$ 148.50	151.33 $\pm$ 37.17

\*Differences of starch between non-enzyme and Laminex®BG2 are significantly by t-test ( $p < 0.05$ ).

temperature)는 65.30 $^{\circ}\text{C}$ 로 비 효소처리 추출 감자 전분의 호화개시온도인 68.55 $^{\circ}\text{C}$ 보다 3 $^{\circ}\text{C}$  정도 낮게 나타났다. RVA에 의한 호화양상은 전분입자의 배열과 결합력, 입자 크기, amylose와 amylopectin의 구성비 및 구조차이 등에 의해 결정된다(Choi et al., 2008). 감자 전분을 입도별로 분류 하였을 때 입도 크기에 의한 호화특성이 큰 차이를 나타나지 않았지만, 기존 연구에서는 효소처리를 통하여 유세포 내부의 작은 전분입자가 포함이 되지 않은 15-100

$\mu\text{m}$  입자 크기의 전분들에 관한 결과이다(Kang et al., 1989). 전분 입자의 크기는 전분의 이화학적 성질과 호화 특성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Park et al., 1999). 고구마 전분 중 입자작은 금오간유 품종은 다른 고구마 전분에 비하여 호화개시온도가 3 $^{\circ}\text{C}$  높게 나타났고 이는 전분 입자의 차이에 기인한 것으로 보고된 바 있다(Park et al., 1999). Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분은 비 효소처리 전분에 비하여 breakdown 값이 높게

**Table 3. Gelatinization profiles for starches from non-enzyme treated potato and Laminex®BG2 treated potato**

Sample	Onset temperature (°C)	Peak temperature (°C)	End temperature (°C)	Gelatinization enthalpy (mJ/mg)
Non-enzyme	52.51±4.33	55.10±0.66	62.78±1.70	8.99±1.09
Laminex®BG2	49.02±0.24	54.68±0.07	62.05±0.32	7.84±0.27

\*Differences of starch between non-enzyme and Laminex®BG2 are significantly by t-test ( $p < 0.05$ ).

나타났다. 이는 팽윤된 전분입자가 shearing에 의해 급격하게 분해되는 것에 기인하는 것으로 생각되어지며, 비교적 낮은 setback은 전분의 재결합이 쉽게 일어나지 않는다는 것을 의미하고 볼 수 있다. Laminex®BG2를 처리한 시료의 경우 감자세포 내에서 유출된 작은 입자의 전분에 의하여 비 효소처리 감자 전분과 여러 가지 분석에서 특성 차이가 나타나는 것으로 판단된다. 점도의 변화로 계산된 전분 페이스트의 안정성(stability ratio=through viscosity/peak viscosity)은 Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분이 0.5로 일반적인 감자의 전분 페이스트의 안정성과 동일하였다(Wiesenborn et al., 1994).

Differential scanning calorimetry (DSC)를 이용하여 분석한 Laminex®BG2를 처리하여 추출한 감자 전분과 비 효소처리 방법을 이용하여 추출한 전분의 열전이(thermal transition) 결과는 Table 3과 같다. Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분과 비 효소처리를 이용하여 추출한 전분의 피크 온도(peak temperature), 종료 온도(end temperature) 및 용융엔탈피(gelatinization enthalpy) 값의 차이는 나타나지 않았지만, 용융 온도(Onset temperature)는 Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분이 3°C 낮게 나타났다. 이는 RVA를 분석을 통한 호화개시온도의 경우도 Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분이 3°C 낮게 나타난 결과와 일치한다. 하지만 DSC상에서 높은 전분 농도로 측정된 호화개시온도는 페이스트점도(RVA)로 측정된 호화개시온도와 일치하지 않는다. Laminex®BG2를 이용하여 추출한 감자 전분의 용융 온도 범위는 49-62°C로 비 효소처리 추출 전분에 비하여 넓게 나타났다. 이는 유세포 및 감자 조직 내에 존재하는 입자 크기가 작은 전분 입자에 의하여 나타나는 특성으로 생각된다.

## 요 약

감자의 전분 추출 효율을 증진시키기 위하여 cellulase 계열의 5종 식품용 효소제를 이용하여 감자 전분 추출 효율을 탐색하였다. 5종의 cellulase 효소 중  $\beta$ -glucanase 계열의 효소인 Laminex®BG2는 다른 cellulase 효소제에 비하여 가격 경쟁력이 높고 감자 세포 내의 유세포 등을 파괴하여 입자가 작은 전분을 용출시켰으며, 전분의 추출 효율이 비 효소처리 공정보다 40% 증가됨을 확인되었다. Laminex®BG2를 이용하여 추출된 전분은 용출된 작은 입

자의 영향으로 호화개시온도가 낮아진 것 이외에 화학적 특성은 거의 대부분 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 감자 전분의 추출 시, 식품용 cellulase 효소인 Laminex®BG2를 이용하면 기존의 방법보다 추출 효율을 효과적으로 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가식품기술개발사업(과제 번호: 314041-3)에 의해 이루어진 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Aguilera JM, Cadoche L, López C, Gutierrez G. 2001. Microstructural changes of potato cells and starch granules heated in oil. *Food Res. Int.* 34: 939-947.
- Bhat MK. 2000. Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotechnol. Adv.* 18: 355-383.
- Choi HD, Lee HC, Kim SS, Kim YS, Lim HT, Ryu GH. 2008. Nutrient components and physicochemical properties of new domestic potato cultivars. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 382-388.
- Chun IJ, Kim HS. 2014. Influence of starch characteristics on the pasting properties of potato flours prepared from yellow-fleshed potatoes. *Food Eng. Prog.* 18: 398-405.
- Dufresne A, Dupeyre D, Vignon MR. 2000. Cellulose microfibrils from potato tuber cells: Processing and characterization of starch-cellulose microfibril composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 76: 2080-2092.
- Hoff JE, Castro MD. 1969. Chemical composition of potato cell wall. *J. Agr. Food Chem.* 17: 1328-1331.
- KAFFTC. 2014. A survey of raw materials consumption in food industry by 2014. ed: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea.
- Kang KJ, Kim K, Kim SK, Park YK, Han JG. 1989. Properties of large and small starch granules of potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 528-535.
- Kim BR, Chai SH, Kang JW, Kwon YD, Seok TM, Cho CW, Lee MS, Kang SJ, Kang MY, Woo JM. 2013a. Strategies for enhancing competitiveness of regional agricultural products under free trade agreements: Korea Rural Economic Institute. pp. 1-192.
- Kim EJ, Kim HS. 2015a. Influence of pectinase treatment on the physicochemical properties of potato flours. *Food Chem.* 167: 425-432.

- Kim EJ, Kim HS. 2015b. Physicochemical properties of dehydrated potato parenchyma cells with ungelatinized and gelatinized starches. *Carbohydr. Polym.* 117: 845-852.
- Kim KM, Jung SY, Kim JS, Kim GC, Jang YE, Kwon OK. 2013b. Nutrient components and physicochemical properties of 23 Korean potato cultivars. *Food Eng. Prog.* 17: 346-354.
- 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.
- Lee JS, Choi MK, Moon EY, Kang MH. 2010. Physico-chemical properties of starches from atlantic and bora valley potato cultivar with different colors. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 542-547.
- Park JY, Ahn YS, Shin DH, Lim ST. 1999. Physicochemical properties of Korean sweet potato starches. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 1-8.
- Shin EH, Baik MY, Kim HS. 2015. Comparison of physicochemical properties of starches and parenchyma cells isolated from potatoes cultivated in Korea. *Food Sci. Biotechnol.* 24: 955-963.
- Singh J, Kaur L. 2009. *Advances in potato chemistry and technology*: Academic press.
- Swinkels JJM. 1985. Composition and properties of commercial native starches. *Starch* 37: 1-5.
- Wiesenborn DP, Orr PH, Casper HH, Tacke BK. 1994. Potato starch paste behavior as related to some physical/chemical properties. *J. Food Sci.* 59: 644-648.
- Xiao C, Anderson CT. 2013. Roles of pectin in biomass yield and processing for biofuels. *Front. Plant Sci.* 4.