

## 국산 신품종 감자의 이화학적, 구조적 및 유변학적 특성

최문경<sup>1</sup> · 이준구<sup>1</sup> · 진용익<sup>2</sup> · 장동철<sup>2</sup> · 김미숙<sup>3</sup> · 이영승<sup>3</sup> · 장유희<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 식품영양학과  
<sup>2</sup>농촌진흥청 고령지농업연구소  
<sup>3</sup>단국대학교 식품영양학과

### Physicochemical, Structural, and Rheological Properties of New Domestic Potato Cultivars

Moonkyeung Choi<sup>1</sup>, Jungu Lee<sup>1</sup>, Yong-Ik Jin<sup>2</sup>, Dong-Chil Chang<sup>2</sup>,  
Misook Kim<sup>3</sup>, Youngseung Lee<sup>3</sup>, and Yoon Hyuk Chang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

<sup>2</sup>Highland Agriculture Research Institute, RDA

<sup>3</sup>Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

**ABSTRACT** The objective of this study was to evaluate the physicochemical, structural, and rheological properties of new domestic potato cultivars ('Goun', 'Sebong', and 'Jinsun') against the foreign potato cultivar 'Atlantic'. Based on the results obtained from scanning electron micrograph, X-ray, and Fourier transform infrared spectrum analyses, the structural properties of all potato flours were not considerably different. Rapid visco analyzer analyses showed that the setback viscosities of 'Goun', 'Sebong', and 'Jinsun' were significantly lower than that of 'Atlantic'. For steady shear rheological properties, potato flour dispersions showed shear-thinning behaviors ( $n=0.45\sim 0.49$ ) at 25°C. Apparent viscosity and consistency index of 'Atlantic' were similar to those of 'Sebong' and 'Jinsun'. For dynamic shear rheological properties, storage modulus ( $G'$ ) and loss modulus increased, whereas complex viscosity ( $\eta^*$ ) was reduced with increasing frequency from 0.63 to 62.8 rad/s.  $G'$  and  $\eta^*$  values of 'Jinsun' were significantly higher than those of the other potato cultivars.

**Key words:** new domestic potato cultivar, potato flour, physicochemical property, rheological property

## 서 론

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 남아메리카 안데스 중부 지역을 원산지로서 하는 가지과의 1년생 작물로서 밀, 쌀, 옥수수 등과 함께 세계 4대 작물 가운데 하나로 알려져 있다. 감자는 전분의 함량이 많고, 단백질과 비타민 C 등 영양소가 풍부하여 그 영양학적 가치가 높은 식품이다(1,2). 감자는 조선시대 말 중국을 통해 도입되어 주요 식량작물 또는 부식작물로 자리매김하였고, 최근에는 주로 식품 제조 시 가공원료로 이용되고 있다(3).

우리나라는 1990년대 이후 경제발전으로 인해 생감자로 만든 감자칩의 수요가 계속해서 증가하고 있으며(4), 국내 생감자칩 시장은 2013년 1,600억 원에서 2014년 1,700억 원, 2015년에는 2,500억 원으로 급등하는 모습을 보였다(5). 이처럼 가공용 감자의 소비량이 증가하고 있는 상황에

서 국내 감자산업이 외국산 감자와 경쟁하기 위해서는 국산 감자의 품질 특성에서 차별화가 필요할 것으로 생각한다.

현재 국내에서는 미국에서 도입된 '대서(Atlantic)' 품종이 주로 가공용으로 이용되고 있다. 국내 적응성이 뛰어난 '대서' 품종을 대체하기 위해 우리나라에서는 90년대부터 많은 감자 품종들을 육종하여 보급하기 시작하였다(6). 이러한 노력의 일환으로 농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소에서는 단휴면 가공용 감자 개발에 앞장서고 있다. 농촌진흥청은 국산 단휴면 가공용 감자의 개발과 보급을 통해 감자 가격 안정화와 농가 소득 증가 및 소비자 안전성 제고를 목적으로 신품종 감자를 개발하는 데 노력을 기울여 왔다.

최근까지의 국내산 신품종 감자의 품질 특성에 대한 연구를 살펴보면 국내산 신품종 감자의 영양성분 및 이화학적 특성(7), 품종별 품질특성 평가 및 용도 구분(6), 아미노산 및 단백질 조성(8) 등 단편적인 연구들이 추진되었으나, 신품종 감자의 구조적 및 유변학적 특성에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도입 품종인 '대서'보다 생육이 왕

Received 24 February 2017; Accepted 14 April 2017

Corresponding author: Yoon Hyuk Chang, Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 02447, Korea  
E-mail: yhchang@khu.ac.kr, Phone: +82-2-961-0552

성하고 병해충에 강하며 휴면기간이 짧은 국산 신품종 감자인 ‘고운(Goun)’, ‘새봉(Sebong)’, ‘진선(Jinsun)’(9-11)의 가공적성 규명과 가공식품 제조를 위한 기초자료를 마련하기 위하여 도입 품종인 ‘대서’와 국내 개발 신품종 가공용 감자인 ‘고운’, ‘새봉’, ‘진선’ 총 4품종의 감자의 이화학적, 구조적 및 유변학적 특성을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시료 제조방법

본 실험에서는 농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소에서 2016년에 재배된 도입 품종 감자인 ‘대서’와 신품종인 ‘고운’, ‘새봉’, ‘진선’을 사용하였다.

감자는 수확 직후부터 전처리 전까지 3일간 저온 저장고(4°C)에서 보관하였다. 선별대에서 이물질과 싹, 흠집을 제거한 감자를 세척한 후, 탈피기로 껍질을 제거하였다. 껍질이 제거된 감자는 0.05% sodium bisulfite(Poohung Photo-Chemical Co., Ltd., Ansan, Korea) 용액에 상온조건에서 3시간 동안 침지하였다. 침지가 끝난 감자는 절단기를 사용하여 2 mm 두께로 절단한 후 40°C 열풍건조기에서 12시간 동안 건조한 다음 분쇄하였다. 분쇄 후 100 mesh 표준체에 통과한 시료만 1 kg 단위로 폴리에틸렌백에 포장하고 -20°C에 저장하며 시료로 사용하였다.

### 일반성분 측정

감자가루의 일반성분은 AACC(12)의 방법에 따라 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량을 분석하였다.

### 총전분 함량 측정

품종별 감자가루의 총전분 함량은 total starch assay kit(Megazyme International Ireland Ltd., Bray, Ireland)을 이용하여 AACC(12)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 100 mg(dry basis)과 80% 에탄올 0.2 mL를 시험관에 담고 vortex mixer로 잘 혼합한 후, thermostable  $\alpha$ -amylase solution(300 U/mL, MOPS 완충용액, pH 7.0) 3 mL를 첨가하여 끓는 물에서 교반해주면서 6분간 반응시켰다. 반응 후 시료를 상온에서 냉각하여 200 mM sodium acetate buffer(pH 4.5)를 4 mL 첨가하고 amyloglucosidase 0.1 mL(20 U)를 첨가하여 50°C 항온수조에서 30분간 반응시켰다. 반응을 마친 시료는 100 mL 용량 플라스크에 담아 정용한 후, 각각 25 mL의 시료를 3,500 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리 한 상등액과 glucose standard, blank를 0.1 mL씩 취하여 GOPOD reagent 3 mL를 더한 후 50°C에서 20분간 반응시킨 다음 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 인 함량 측정

감자가루의 인 함량 측정은 Kahraman 등(13)의 방법을

변형하여 이용하였다. 감자가루 1 g을 700°C 회화로에서 16시간 동안 회화하고 냉각한 다음, 10 mL HCl(25%, v/v)와 1 mL HNO<sub>3</sub>(29%, v/v)을 각각의 도가니에 첨가하여 hot plate에서 가열 후 냉각하였다. 냉각 후 50 mL 용량 플라스크에 정용한 다음, 1 mL를 test tube에 옮겨 증류수 3 mL와 vanadate-molybdate 용액을 혼합하여 10분간 상온에서 반응시킨 후 400 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 곡선은 인 함량 0.1~0.6 mg/mL를 포함한 standard phosphate solution을 이용하여 샘플의 인 함량을 측정하였다.

### 미세구조

감자가루 입자 표면의 미세구조 관찰을 위해서 품종별 감자가루 시료를 gold-palladium으로 진공상태에서 60초간 코팅시킨 후 15 kV에서 주사전자현미경(S-4700, Hitachi Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 500배율에서 미세구조를 관찰하였다.

### X-선 회절도

감자가루의 결정형 분석은 X-선 회절계(D8 Advance, Bruker Co., Karlsruhe, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 기기조건은 회전각도(2 $\theta$ ) 5~50°까지 회절시키고 회절각도에 따른 피크의 위치로부터 결정형을 분석하였다.

### FT-IR 스펙트럼

품종별 감자가루의 화학적 구조 분석을 위해 Fourier transform infrared(FT-IR; Spectrum One System, Perkin-Elmer Co., Ltd., Waltham, MA, USA)를 이용하였으며, KBr-tablets을 background로 사용하였고 4,000~500 cm<sup>-1</sup> 범위에서 측정하였다.

### 페이스팅 특성

감자가루 분산액의 페이스팅 특성은 Rapid Visco Analyzer(RVA Model 4, Newport Scientific Inc., Warriewood, Australia)를 사용하여 Standard 2 profile 방법으로 측정하였다. 감자가루 분산액(5%, w/w)을 50°C에서 1분간 유지시킨 후 95°C까지 6°C/min의 속도로 가열하고 95°C에서 5분간 유지시킨 다음 다시 50°C까지 같은 속도로 냉각한 후 2분간 유지시키는 방법으로 측정하였다. 여기서 얻은 점도 변화로부터 pasting temperature, peak viscosity, trough viscosity, breakdown viscosity, final viscosity, setback viscosity가 측정되었다.

### 감자가루 분산액 제조

감자가루 분산액(5%, w/w)은 감자가루와 증류수를 혼합하여 제조하였다. 혼합물을 25°C로 설정한 자석교반기에서 30분간 교반하였고, 95°C 항온수조에서 30분 동안 가열하면서 교반 가열하였다. 교반 가열이 끝난 시료는 유변학적 특성을 측정하기 위해 즉시 rheometer plate로 옮겼다.

### 정상유동 특성

감자가루 분산액의 정상유동 특성은 25°C로 설정된 rheometer(MCR-102, Anton Paar, Graz, Austria)의 plate-plate system(직경 5 cm, 간격 500 μm)을 이용하여 측정하였다. 각 시료는 0.1~500 s<sup>-1</sup>의 전단속도( $\dot{\gamma}$ ) 범위에서 측정하였다. 시료의 정상유동 특성은 power law 모델식(식 1)을 적용하였다.

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \quad \text{식(1)}$$

여기서  $\sigma$ 는 전단응력(Pa),  $\dot{\gamma}$ 는 전단속도(s<sup>-1</sup>), K는 점조도 지수(consistency index, Pa·s<sup>n</sup>), n은 유동성 지수이다. Power law 모델식에 의하여 얻어진 유동성 지수(n)와 점조도 지수(K)로부터 전단속도 5 s<sup>-1</sup>에서의 겔보기 점도(apparent viscosity,  $\eta_{a,5}$ )를 계산하였다.

### 동적 점탄 특성

감자가루의 동적 점탄 특성 측정은 정상유동 특성 측정과 동일한 기기조건에서 수행되었다. 동적 점탄 특성은 1% strain 조건에서 진동수(frequency,  $\omega$ ) 0.63~62.8 rad/s 범위 내에서 저장 탄성률(storage modulus, G'), 손실 탄성률(loss modulus, G''), 복소 점도(complex viscosity,  $\eta^*$ ) 및  $\tan \delta(G''/G')$ 를 측정하였다.

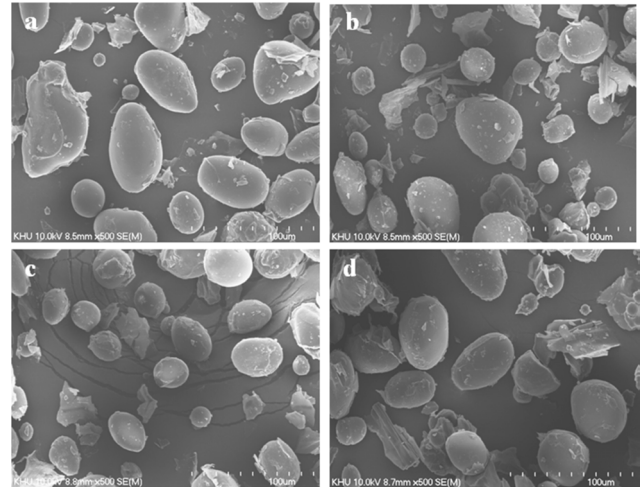
### 통계처리

모든 실험의 결과는 평균±표준편차로 나타내었고 SAS version 9.3(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA 분석과 Fisher's least significant differences에 의해 P<0.05 수준에서 시료 간의 유의성 검정을 시행하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 및 화학적 조성

본 실험에서 사용된 품종별 감자가루의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 품종별 감자가루의 일반성분 결과 수분 함량은 5.57~6.36%, 조단백질 함량은 6.36~7.26%, 조지방 함량은 0.31~0.56%, 조회분 함량은 1.96~2.48%로 나타났다. 감자가루의 총전분 함량은 70.84~73.34%, 인 함량은 1,787.48~2,249.94 ppm의 분포를 나타냈다. 이러한 결과는 Chung 등(14)의 연구 결과와 유사하였다. 감자



**Fig. 1.** Scanning electron micrographs of potato flours obtained from different cultivars. (a) Atlantic, (b) Goun, (c) Seborg, (d) Jinsun (500×).

가루의 총전분 함량은 '대서'에서 73.34±0.49%로 신품종 감자보다 유의적으로 높았고, 인 함량은 '새봉'에서 2,249.94±51.18 ppm으로 유의적으로 가장 높게 나타났다. Noda 등(15)에 의하면 감자의 인 함량은 아밀로펙틴 구조에 phosphate monoester 형태로 존재하는 인으로부터 기인하는 것으로, 이는 감자 페이스트의 peak viscosity에 영향을 미친다고 알려져 있다.

### 미세구조

주사전자현미경은 시료 표면에 전자선을 주사하여 시료의 입체구조를 관찰하는 측정 방법으로, 주사전자현미경을 사용하여 품종별 감자가루를 확대 관찰한 미세구조는 Fig. 1과 같다. '대서' 품종과 신품종 감자가루의 입자 형태를 비교해 보았을 때 품종과 관계없이 모든 감자가루 입자의 형태는 원형, 타원형과 다각형이 다양하게 혼합되어 있음을 관찰할 수 있었다. 또한, 미세구조에서 타원형의 매끈한 표면을 가진 전분 입자에 단백질 등의 비전분성 물질들이 결합하여 있는 것을 관찰할 수 있었다.

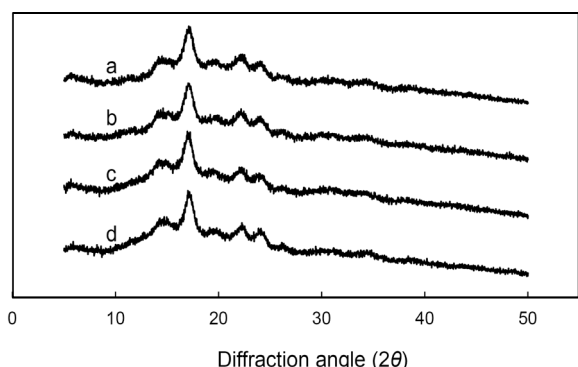
### X-선 회절도

X-선 회절도는 보통 전분의 결정형을 측정하는 방법으로 널리 사용되고 있다. 곡류 전분은 A형, 괴경, 과일, 줄기 전

**Table 1.** Chemical composition of potato flours obtained from different cultivars

Composition analysis	Cultivar			
	Atlantic	Goun	Seborg	Jinsun
Moisture (%)	5.57±0.15 <sup>b</sup>	6.36±0.19 <sup>a</sup>	5.59±0.15 <sup>b</sup>	5.64±0.14 <sup>b</sup>
Crude protein (%)	6.36±0.03 <sup>c</sup>	6.56±0.00 <sup>b</sup>	7.26±0.12 <sup>a</sup>	7.22±0.06 <sup>a</sup>
Crude fat (%)	0.52±0.13 <sup>a</sup>	0.56±0.21 <sup>a</sup>	0.31±0.02 <sup>a</sup>	0.33±0.15 <sup>a</sup>
Crude ash (%)	2.14±0.33 <sup>ab</sup>	2.28±0.09 <sup>ab</sup>	2.48±0.01 <sup>a</sup>	1.96±0.21 <sup>b</sup>
Total starch (%)	73.34±0.49 <sup>a</sup>	71.18±1.54 <sup>b</sup>	71.31±0.31 <sup>b</sup>	70.84±0.15 <sup>b</sup>
Phosphorus (ppm)	1,797.10±24.04 <sup>b</sup>	1,787.48±26.66 <sup>b</sup>	2,249.94±51.18 <sup>a</sup>	1,811.32±31.93 <sup>b</sup>

Values with different letters within the same row differ significantly ( $P<0.05$ ).

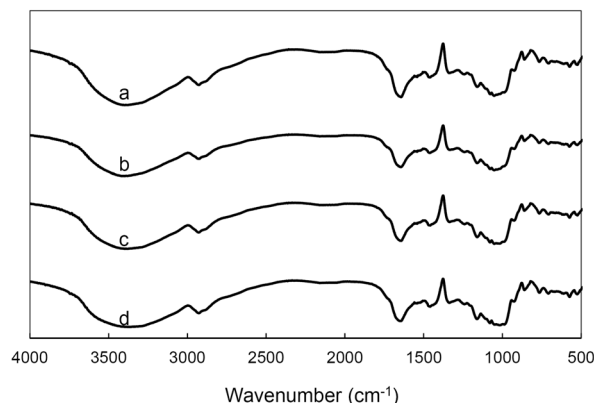


**Fig. 2.** X-ray diffraction patterns of potato flours obtained from different cultivars. (a) Atlantic, (b) Goun, (c) Sebong, (d) Jinsun.

분은 B형, 고구마전분은 A형과 B형의 혼합형인 C형으로 분류된다(16). 본 연구에서 X-선 회절도에 의한 품종에 따른 감자가루의 결정형은 Fig. 2와 같이 도입 품종인 ‘대서’와 국산 신품종 감자인 ‘고운’, ‘새봉’, ‘진선’ 모두에서 회절각도 (2θ) 5.5°, 14°, 17°, 22°, 24° 부근에서 강한 피크를 보였다. 본 연구에서 사용한 모든 품종의 감자가루 X-선 회절도 피크는 Liu 등(17)의 감자전분의 X-선 회절도 분석 결과와 위치, 강도가 유사하여 전형적인 B형 전분의 결정형을 나타내는 것을 알 수 있었다. 따라서 도입 품종인 ‘대서’와 신품종 감자 가루의 입자의 결정형은 감자가루의 조성에서 70.84~73.34%로 가장 큰 비율을 차지하는 감자 전분의 영향으로 생각되며, 이러한 X-선 회절도 측정 시 전분의 영향은 Kim 등(18)의 찹쌀과 찹쌀가루 및 찹쌀 전분의 X-선 회절도 측정 결과와 Jeong 등(19)의 멥쌀가루의 X-선 회절도 측정 결과에서도 관찰할 수 있었다.

**FT-IR 스펙트럼**

FT-IR 분석은 시료에 광원이 투과되어 나온 투과율을 이용하는 측정 방법으로, 모든 파장을 검출기에 도착하게 한 후 Fourier 변환을 거쳐 적외선 스펙트럼을 재구성하는 원리이다(20). 본 연구에서 품종별 감자가루의 4,000~500 cm<sup>-1</sup> 파장에서 측정된 FT-IR 스펙트럼 측정 결과는 Fig. 3과 같다. FT-IR 스펙트럼의 피크는 작용기에 따른 특이성을 나타내며, fingerprint region(1,400~625 cm<sup>-1</sup>)은 여러 가지 물질이 동일한 물질인지를 결정하는 데 이용 가능한 스펙트럼 영역으로 알려져 있다. 본 연구에서는 품종별 감자가루의 fingerprint region 내에서 3개의 특징적인 피크를 관찰할 수 있었다. 첫 번째 피크는 감자가루 입자 내부의 C-O bond stretch에 의한 1,070~943 cm<sup>-1</sup> 영역에서의 피크, 두 번째는 1,020 cm<sup>-1</sup>와 1,070 cm<sup>-1</sup>에서 관찰 가능한 anhydroglucose ring의 O-C stretch의 피크와 세 번째로는 1,057 cm<sup>-1</sup>에서 감자 전분 입자와 매우 단단히 연결된 물 분자에 의해 나타난 피크로 생각된다(21). 또한, 3,737~3,000 cm<sup>-1</sup>의 넓은 범위의 피크는 감자가루 구조의 complex vibrational stretch에 의해 나타났으며, 이는 감자가

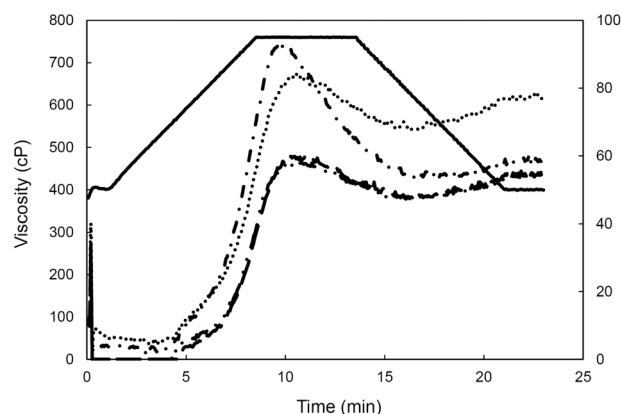


**Fig. 3.** FT-IR spectroscopy of potato flours obtained from different cultivars. (a) Atlantic, (b) Goun, (c) Sebong, (d) Jinsun.

루의 주요 구성성분인 전분 입자 내 외부에 결합되어 있거나 결합되지 않고 자유롭게 존재하는 전분을 구성하는 hydroxyl 그룹의 존재에 기인한 것으로 생각된다(22). FT-IR 스펙트럼 분석 결과, 도입 품종인 ‘대서’와 국산 신품종 감자의 스펙트럼에서 모두 유사한 위치에서 피크가 발생한 것을 확인함으로써 품종에 따른 감자가루의 구조에는 차이가 없는 것을 확인하였다.

**페이스팅 특성**

감자가루의 페이스팅 양상은 감자가루의 주성분인 전분의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열과 전단에 대한 안정성, 전분 입자의 크기와 모양, 입자의 배열과 결합력, 아밀로오스 함량 등에 의해 결정된다(23). Rapid Visco Analyzer를 이용하여 품종별 감자가루의 pasting temperature, peak viscosity, trough viscosity, breakdown viscosity, final viscosity와 setback viscosity를 측정한 결과는 Fig. 4와 같았고, 이로부터 얻은 각 특성치의 값은 Table 2에 나타내었다. 품종별 감자가루의 pasting temperature는 70.32~72.35°C로 Choi 등(24)의 국산 신품종 감자의 결과와 유사하였다. Peak viscosity는 heating과 holding cycle 동안



**Fig. 4.** Pasting properties of potato flours obtained from different cultivars. (.....) Atlantic, (---) Goun, (- - -) Sebong, (- · -) Jinsun.

**Table 2.** Pasting properties of potato flours obtained from different cultivars

Cultivar	Pasting temp. (°C)	Viscosity (cP)				
		Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
Atlantic	71.52±0.40 <sup>b</sup>	649.00±23.07 <sup>b</sup>	524.67±16.07 <sup>a</sup>	124.33±8.96 <sup>b</sup>	596.67±19.14 <sup>a</sup>	72.00±3.61 <sup>a</sup>
Goun	72.35±0.38 <sup>a</sup>	498.00±24.58 <sup>c</sup>	395.00±19.97 <sup>c</sup>	103.00±5.00 <sup>bc</sup>	442.33±15.31 <sup>b</sup>	47.33±5.03 <sup>bc</sup>
Sebong	70.32±0.32 <sup>c</sup>	725.00±24.64 <sup>a</sup>	427.67±18.56 <sup>b</sup>	297.33±37.23 <sup>a</sup>	466.33±19.73 <sup>b</sup>	38.67±6.66 <sup>c</sup>
Jinsun	70.72±0.29 <sup>c</sup>	464.67±9.45 <sup>c</sup>	380.00±3.61 <sup>c</sup>	84.67±8.50 <sup>c</sup>	436.00±7.00 <sup>b</sup>	56.00±6.93 <sup>b</sup>

Values with different letters within the same column differ significantly ( $P<0.05$ ).

측정되는 최고 점도로 ‘대서’ 649.00±23.07 cP, ‘고운’ 498.00±24.58 cP, ‘새봉’ 725.00±24.64 cP, ‘진선’ 464.67±9.45 cP로 나타나 ‘새봉’이 유의적으로 높았다. Trough viscosity는 최저 점도로 ‘대서’에서 524.67±16.07 cP로 가장 높게 나타났다. Breakdown viscosity는 가열 과정 중 팽윤된 전분 입자 간 마찰로 인해 전분 입자가 파괴되는 현상으로부터 기인하는 것으로 알려져 있으며, 이때 용해된 전분은 냉각 과정 중 재결합하여 setback viscosity에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(25). 감자가루의 final viscosity는 ‘대서’가 596.67±19.14 cP로 가장 높은 값을 나타냈으며 ‘진선’에서 436.00±7.00 cP로 가장 낮은 값을 나타내었다. Setback viscosity는 냉각이 끝났을 때의 final viscosity에서 trough viscosity를 뺀 값으로 전분의 노화 특성과 밀접한 상관성을 나타내는 지표로서 신품종 감자인 ‘고운’, ‘새봉’, ‘진선’의 setback viscosity가 도입 품종인 ‘대서’보다 낮게 나타나 신품종 감자의 노화 안정성이 도입 품종인 ‘대서’보다 더 우수한 것으로 나타났다.

### 정상유동 특성

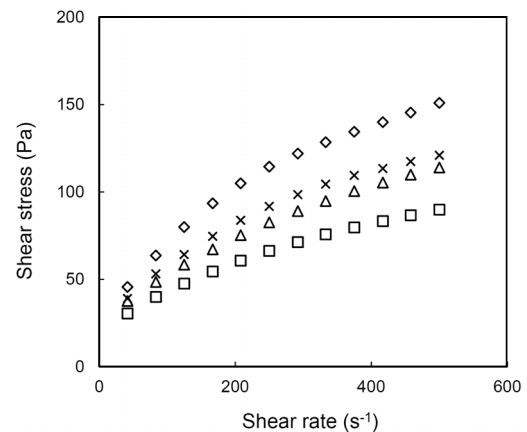
일반적으로 가루 분산액의 유변학적 특성에 관한 연구는 가루를 기초로 한 식품의 품질관리, 텍스처, 관능평가, 구조에 대한 이해, 가공 특성에 대한 정보를 얻기 위해 매우 중요하다(26). 감자가루 분산액의 겔화는 감자가루의 전분 입자가 수분을 흡수하고 가열에 의해 초기 크기의 몇 배로 팽창하고 파괴되어 아밀로오스가 입자 내부로 침출되는 과정이다. 이렇게 침출된 아밀로오스에 의해 감자가루 분산액의 3차원 네트워크가 형성된다(27-29).

품종을 달리하여 제조한 감자가루 분산액(5%, w/w)의 전단속도( $\dot{\gamma}$ )에 대한 전단응력( $\sigma$ )의 측정 결과는 Fig. 5와 같고, Table 3에 품종별 감자가루 분산액의 유동성 지수( $n$ ), 점조도 지수( $K$ ), 겔보기 점도( $\eta_{a,5}$ ) 값을 나타내었다.

$n$  값은 비뉴턴유체의 거동을 나타내는 지수로, 본 실험에

사용된 모든 품종의 감자가루 분산액은 1보다 낮은 0.45~0.49 범위를 나타내었다. 이를 통해 감자가루 분산액이 전단속도가 증가함에 따라 전단응력이 증가하는 속도가 감소하는 특성을 나타내는 pseudoplastic 유체임을 확인할 수 있었고, shear-thinning 거동을 보임을 확인할 수 있었다. 이러한 전단담화 현상은 전단속도가 증가함에 따라 서로 얽혀 있는 다당류 분자의 그물 구조가 파괴되면서 나타나는 현상으로 전단속도가 증가함에 따라 이러한 다당류 구조가 파괴되는 속도가 구조가 재형성되는 시간보다 빠르기 때문에 나타나는 거동으로 알려져 있다(30). 품종별 감자가루의  $n$  값을 비교하였을 때 품종에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

품종별 감자가루의 점조도 지수와 겔보기 점도는 ‘대서’가 각각 7.63±1.10 Pa·s<sup>n</sup>, 3.33±0.39 Pa·s로 가장 높은 값을 나타냈으나, 신품종 감자 중 ‘새봉’과 ‘진선’과는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이로써 신품종 감자인 ‘새봉’과 ‘진선’의 점성적 성질이 도입 품종인 ‘대서’만큼 우수하다



**Fig. 5.** Shear stress-shear rate plots for potato flour dispersions obtained from different cultivars at 25°C. (◇) Atlantic, (□) Goun, (×) Sebong, (△) Jinsun.

**Table 3.** Steady shear rheological properties of potato flour dispersions obtained from different cultivars at 25°C

Cultivar	Apparent viscosity	Consistency index	Flow behavior index
	$\eta_{a,5}$ (Pa·s)	$K$ (Pa·s <sup>n</sup> )	$n$ (-)
Atlantic	3.33±0.39 <sup>a</sup>	7.63±1.10 <sup>a</sup>	0.49±0.02 <sup>a</sup>
Goun	2.31±0.06 <sup>b</sup>	5.64±0.11 <sup>b</sup>	0.45±0.00 <sup>a</sup>
Sebong	2.91±0.21 <sup>ab</sup>	6.88±0.70 <sup>ab</sup>	0.47±0.02 <sup>a</sup>
Jinsun	2.72±0.16 <sup>ab</sup>	6.49±0.14 <sup>ab</sup>	0.46±0.02 <sup>a</sup>

Values with different letters within the same column differ significantly ( $P<0.05$ ).

는 것을 확인할 수 있었다.

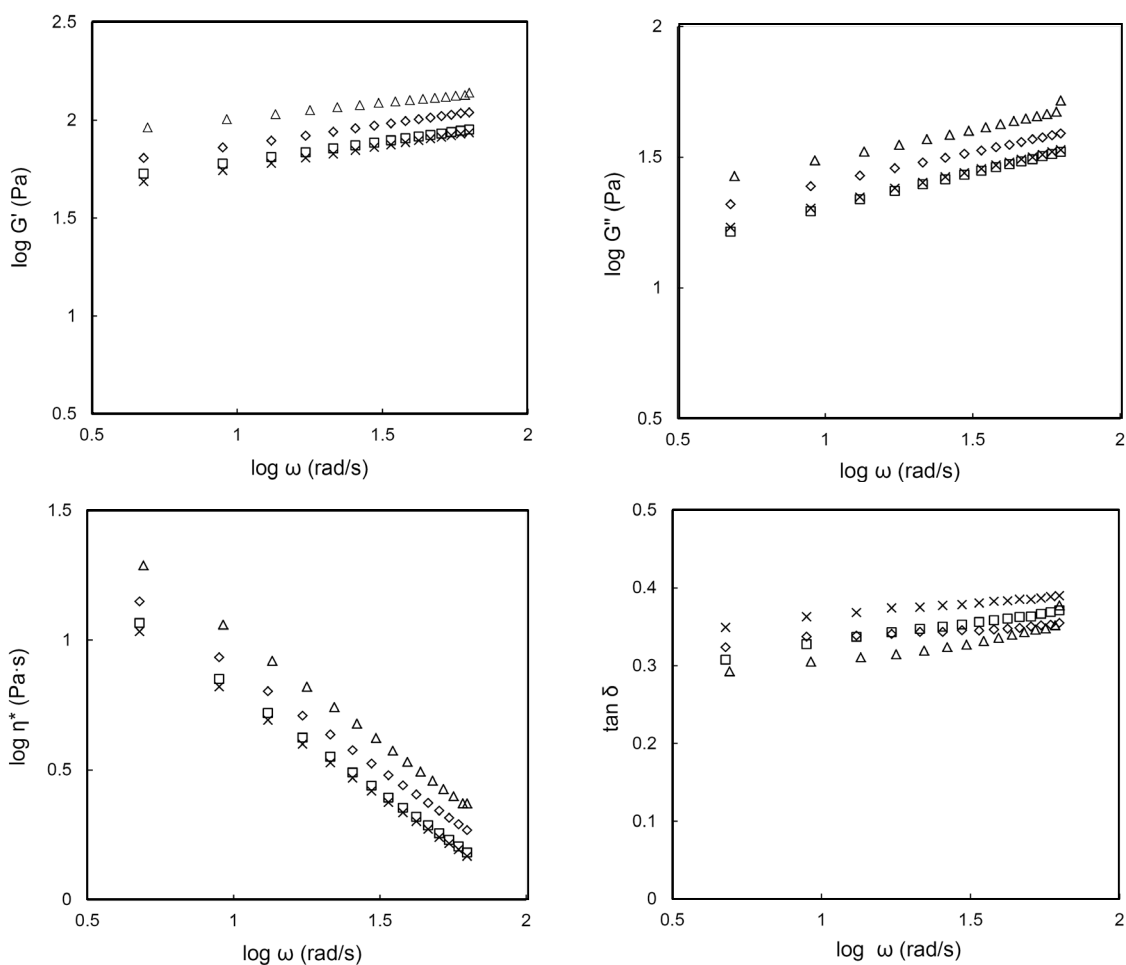
**동적 점탄 특성**

동적 점탄 특성의 측정은 소진폭 진동전단(small amplitude oscillatory shear)에 의해 저장 탄성률( $G'$ )과 손실 탄성률( $G''$ )로부터 점성과 탄성을 결정하는 데 사용되어 왔으며, 이들 측정방법은 시료의 구조를 파괴하지 않고 측정하기 때문에 생고분자(biopolymer)의 구조분석을 위한 물리적 수단으로 사용되고 있다(31). Fig. 6은 품종별 감자가루 분산액의 진동수( $\omega$ )의 증가에 따른 저장 탄성률, 손실 탄성률, 복소 점도( $\eta^*$ ) 및  $\tan \delta$ 의 변화를 보여주고 있다. 이러한 지표는 선형회귀에 적용하여 얻어졌으며, 본 연구에서 수행된 모든 품종의 감자가루 분산액의  $G'$ 과  $G''$  값은 적용된 진동수 범위(0.63~62.8 rad/s) 내에서 진동수가 증가함에 따라 증가하였으며,  $G'$ 값이  $G''$  값보다 높은 값을 나타내었다. 따라서 감자가루 분산액은 점성적 성질(액체적 성질)보다 탄성적 성질(고체적 성질)이 강하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한, 감자가루 분산액의 복소 점도는 진동수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내어 감자가루 분산액은

shear-thinning 거동을 나타냄을 알 수 있었다. 이러한 결과는 정상유동 특성에서 power-law 모델식의  $n$  값으로부터 확인한 전단담화 거동과 일치한다.

Table 4는 6.28 rad/s에서 감자가루 분산액의  $G'$ ,  $G''$ ,  $\eta^*$  및  $\tan \delta$  값을 나타내고 있다. 모든 품종에서  $G'$  값(51.64~95.79 Pa)이  $G''$  값(17.84~28.21 Pa)보다 크게 나타나, 감자가루 분산액은 강한 겔 거동을 나타냄을 알 수 있었다. 품종별 감자가루 분산액의  $G'$ ,  $G''$ ,  $\eta^*$  값은 '진선'에서 각각  $95.79 \pm 4.62$  Pa,  $28.21 \pm 3.73$  Pa,  $15.86 \pm 0.87$  Pa·s로 도입 품종인 '대서'를 포함한 모든 품종 중에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 이는 소진폭 진동전단 조건에서 '진선' 분산액의 탄성적 성질과 점성적 성질이 도입 품종인 '대서'를 비롯한 다른 품종과 비교하였을 때 가장 우수하다는 것을 의미한다. 따라서 '진선'이 도입 품종인 '대서'를 대체해 가공용 감자로 활용될 가능성이 매우 크다고 판단된다.

시료의 점탄성을 평가하는 또 다른 측정 지표로  $G''$ 과  $G'$ 의 비율로 표현되는 손실요인인  $\tan \delta(G''/G')$ 가 있다.  $\tan \delta$ 가 1보다 작으면 점탄성 물질에 대해 탄성적 거동이 더욱 크다는 의미이고,  $\tan \delta$ 가 1보다 크면 점성적 거동이 크다는



**Fig. 6.** Plots of  $\log G'$ ,  $\log G''$ ,  $\log \eta^*$ , and  $\tan \delta$  versus  $\log \omega$  for potato flour dispersions obtained from different cultivars at 25°C. ( $\diamond$ ) Atlantic, ( $\square$ ) Goun, ( $\times$ ) Seborg, ( $\triangle$ ) Jinsun.

**Table 4.** Storage modulus ( $G'$ ), loss modulus ( $G''$ ), complex viscosity ( $\eta^*$ ), and  $\tan \delta$  at 6.28 rad/s of potato flour dispersions obtained from different cultivars

Cultivar	$G'$ (Pa)	$G''$ (Pa)	$\eta^*$ (Pa·s)	$\tan \delta$
Atlantic	67.60±2.88 <sup>b</sup>	22.49±0.71 <sup>ab</sup>	11.31±0.47 <sup>b</sup>	0.34±0.01 <sup>ab</sup>
Goun	56.03±2.31 <sup>bc</sup>	17.84±0.55 <sup>b</sup>	9.34±0.37 <sup>bc</sup>	0.32±0.00 <sup>bc</sup>
Sebong	51.64±7.21 <sup>c</sup>	18.42±1.74 <sup>b</sup>	8.70±1.17 <sup>c</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>
Jinsun	95.79±4.62 <sup>a</sup>	28.21±3.73 <sup>a</sup>	15.86±0.87 <sup>a</sup>	0.30±0.02 <sup>c</sup>

Values with different letters within the same column differ significantly ( $P < 0.05$ ).

것을 의미한다(31). 본 실험에서 모든 품종의 감자가루 분산액의  $\tan \delta$  값(0.30~0.36)은 모두 1보다 낮게 나타났으며 이로써 ‘대서’와 신품종 감자가루 분산액 모두 액체적 성질보다 고체적 성질이 우세하게 나타남을 확인할 수 있었다.

## 요 약

본 연구는 국산 신품종 감자인 ‘고운’, ‘새봉’, ‘진선’의 이화학적, 구조적 및 유변학적 특성을 도입 품종인 ‘대서’와 비교하여 측정함으로써 신품종 감자의 가공적성 규명과 가공식품 제조를 위한 기초자료를 마련하기 위해 수행되었다. 감자가루의 총전분 함량은 도입 품종인 ‘대서’에서 73.34%로 유의적으로 가장 높게 나타났다. 품종별 감자가루의 인 함량은 ‘새봉’에서 2,249.94 ppm으로 가장 높게 나타났다. 신품종 감자가루의 구조분석 결과 전분 입자에 비전분성 물질이 결합 혹은 자유롭게 존재하는 미세구조를 나타내었고, X-선 회절도 분석에서 B형 전분의 결정형 피크를 나타내었다. FT-IR 분석 결과 지문영역에서 품종 간에 차이가 나타나지 않아 ‘대서’와 신품종 감자의 구조적인 특성에는 차이가 없는 것으로 나타났다. Rapid Visco Analyzer에 의한 페이스팅 특성은 ‘새봉’ 품종의 peak viscosity가 유의적으로 높게 나타났으며, setback viscosity는 신품종 감자(38.67~56.00 cP)가 ‘대서’(72.00 cP)보다 낮게 나타났다. 정상유동 특성은 ‘대서’의 점조도 지수와 겔보기 점도가 가장 높게 나타났으며, 동적 점탄 특성에서는 진동수가 증가함에 따라 저장 탄성률( $G'$ )과 손실 탄성률( $G''$ ) 값이 증가하는 경향을 나타내었으며, ‘진선’의  $G'$ ,  $G''$ 과 복소 점도 값이 가장 높게 나타났다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01123903 2017)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

- Hawkes JG. 1988. The evolution of cultivated potatoes and their tuber-bearing wild relatives. *Die Kulturpflanze* 36: 189-208.
- McCay CM, McCay JB, Smith O. 1987. The nutritive value of potatoes. In *Potato Processing*. 4th ed. Talbert WF, Smith O, eds. AVI Book, Westport, CT, USA. p 287-331.
- Cho HM, Park YE, Cho JH, Kim SY. 2003. Historical review of land race potatoes in Korea. *J Korean Soc Hortic Sci* 44: 838-845.
- Cho JH, Park YE, Cho HM, Seo HW, Yi JY, Cheon CK, Chae WB, Kim TG, Kim JS, Lee YG, Chang DC, Kim SY, Hong SY. 2013. A new double cropping potato cultivar ‘Goun’ for potato chip processing with short dormancy. *Korean J Breed* 45: 262-267.
- AC Nielsen. 2015. Korean Fast Moving Consumer Goods trends report 2014. <http://www.nielsen.com/kr/ko/insights/2014/local-fmcg-report-20142h.html/> (accessed Feb 2017).
- Lee YJ, Jeong JC, Yoon YH, Hong SY, Kim SJ, Jin YI, Nam JH, Kwon OK. 2012. Evaluation of quality characteristics and definition of utilization category in Korean potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Korean J Crop Sci* 57: 271-279.
- 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.
- Kwon OY, Kim MY, Son CW, Liu XW, Kim HC, Yoon WK, Kim HM, Kim MR. 2008. Protein and amino acid composition of domestic potato cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 117-123.
- Cho JH, Cheon CK, Chang DC, Im JS, Jin YI, Park YE, Kim DU, Yu HS. 2012. Potato yield and chip quality by planting and harvest periods in spring season. *Korean J Hortic Sci Technol* 30(S2): 56-57.
- Cho JH, Park YE, Cho HM, Seo HW, Yi JY, Cheon CK, Chae WB, Kim TG, Kim JS, Lee YG, Chang DC, Kim SY, Hong SY. 2013. A new double cropping potato cultivar ‘Goun’ for potato chip processing with short dormancy. *Korean J Breed Sci* 45: 262-267.
- Cho JH, Cheon CK, Lee YG, Han SK, Lee HU, Kim SY, Kim TK, Cho KS, Im JS, Chang DC, Jin YI, Yu HS, Yang SC, Park YE, Cho HM, Jeong JC, Cho HY, Park MK. 2016. New potato variety ‘Namsum’ with short dormancy for potato chip processing. *J Korean Soc Hortic Sci* 34: 116.
- AACC International. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 08-01, 30-10, 44-15A, 46-13, 76-13.01.
- Kahraman K, Koksel H, Ng PK. 2015. Optimisation of the reaction conditions for the production of cross-linked starch with high resistant starch content. *Food Chem* 174: 173-179.
- Chung HJ, Li XQ, Kalinga D, Lim ST, Yada R, Liu Q. 2014. Physicochemical properties of dry matter and isolated starch from potatoes grown in different locations in Canada. *Food Res Int* 57: 89-94.
- Noda T, Tsuda S, Mori M, Takigawa S, Endo CM, Hashimoto N, Yamauchi H. 2004. Properties of starches from potato varieties grown in Hokkaido. *J Appl Glycosci* 51: 241-246.
- Zobel HF. 1964. X-ray analysis of starch granules. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Academic Press, New York,

- NY, USA. Vol 4, p 109-113.
17. Liu Q, Weber E, Currie V, Yada R. 2003. Physicochemical properties of starches during potato growth. *Carbohydr Polym* 51: 213-221.
  18. Kim SW, Kim DS, Kim BY, Baik MY. 2008. Physicochemical properties of waxy rice, waxy rice flour and waxy rice starch during steeping. *J Appl Biol Chem* 51: 277-284.
  19. Jeong SH, Kang WS, Shin MS. 2011. Physicochemical properties of high yielding non-waxy rice flours extruded with different moisture contents. *Korean J Food Cook Sci* 27: 745-754.
  20. Ahn CK, Cho BK, Kang JS, Lee KJ. 2012. Study on non-destructive sorting technique for lettuce (*Lactuca sativa* L) seed using fourier transform near-infrared spectrometer. *Korean J Agric Sci* 39: 111-116.
  21. Fang JM, Fowler PA, Tomkinson J, Hill CAS. 2002. The preparation and characterisation of a series of chemically modified potato starches. *Carbohydr Polym* 47: 245-252.
  22. Hong J, Chen R, Zeng XA, Han Z. 2016. Effect of pulsed electric fields assisted acetylation on morphological, structural and functional characteristics of potato starch. *Food Chem* 192: 15-24.
  23. Baek MH, Shin MS. 1995. Effect of water activity on the physicochemical properties of sweet potato starch during storage. *Korean J Food Sci Technol* 27: 532-536.
  24. 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.
  25. Higley JS, Love SL, Price WJ, Nelson JE, Huber KC. 2003. The Rapid Visco Analyzer (RVA) as a tool for differentiating potato cultivars on the basis of flour pasting properties. *Am J Potato Res* 80: 195-206.
  26. Kim WW, Yoo B. 2009. Rheological behaviour of acorn starch dispersions: Effects of concentration and temperature. *Int J Food Sci Technol* 44: 503-509.
  27. Eliasson AC. 1985. Retrogradation of starch as measured by differential scanning calorimetry. In *New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates*. Hill RD, Munch L, eds. Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands. p 93-98.
  28. Henning HJ, Lechert H, Goemanr W. 1976. Examination of swelling mechanism of starch by pulsed NMR method. *Starch* 28: 10-13.
  29. Tester RF, Morrison WR. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. II. Waxy rice starches. *Cereal Chem* 67: 558-563.
  30. Morris ER. 1989. Polysaccharide solution properties: origin, rheological characterization and implications for food system. In *Frontiers Carbohydrate Research 1: Food Applications*. Millane RP, BeMiller JN, Chandrasekaran R, eds. Elsevier Applied Science, New York, NY, USA. p 132-163.
  31. Cho SA, Yoo BS. 2008. Rheological properties of sweet potato starch-sucrose composite. *Korean J Food Sci Technol* 40: 184-189.