

황색감자로부터 제조된 감자가루의 페이스팅 특성에 대한 감자전분특성의 영향

전익조¹ · 김현석^{2,*}

¹국립안동대학교 원예육종학과, ²국립안동대학교 식품생명공학과

Influence of Starch Characteristics on the Pasting Properties of Potato Flours Prepared from Yellow-fleshed Potatoes

Ik-Jo Chun¹ and Hyun-Seok Kim^{2,*}

¹Department of Horticulture and Breeding, Andong National University

²Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

Abstract

The objective of this study was to determine the potato starch characteristics acting as major factors directly affecting the pasting viscosity characteristics of potato flours. Potato flours were prepared by freeze-drying, and in turn, pulverizing the whole-tissues from six varieties of yellow-fleshed potatoes, followed by the isolation of potato starches from potato flours. Potato flours were analyzed for proximate compositions, and pasting viscosities. Potato starches were investigated for chemical compositions (total starch, damaged starch, apparent amylose, phosphorus), average granule size, X-ray diffraction pattern, amylopectin branch-chain distribution, swelling factor, gelatinization, and pasting viscosity. The pasting viscosity characteristics of potato flours were correlated to potato starch characteristics using Pearson's correlation. Amylose contents from colorimetric and IPSEC methods were negatively correlated to the peak viscosity of potato flours. Both phosphorus content and swelling factors were strongly correlated to the trough, breakdown, final, and setback viscosities of potato flours. Also, the amylopectin short branch-chain distributions and final viscosities of potato starches were strongly correlated to the pasting viscosity characteristics of potato flours. Overall, the phosphorus content, amylopectin short branch-chain proportion, and final viscosity of potato starches could be major factors to estimate the pasting viscosity characteristics of yellow-fleshed potato flours.

Key words: Yellow-fleshed potato, potato flour, potato starch, pasting viscosity, physicochemical properties

서 론

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 가지과의 1년생 저온성 작물로서 다양한 토양환경에 적응성이 크며 생육기간이 짧고 단위면적당 생산량이 높아 전 세계적으로 재배되는 세계 4대 작물 중 하나이다(Kwon et al., 2008; Cheigh et al., 2012). 감자의 2011년 전 세계 생산량은 3.7억톤으로 중국, 러시아, 인도, 미국, 우크라이나 등 아시아, 북미, 유럽이 주요 생산지이며 전통적으로 미국과 유럽 등 서구에서는 주식으로 활용되고 있고 최근에는 아시아, 아프리카, 남미 지역에서 그 소비가 증가하고 있다(NPC, 2013). 우리

나라의 경우 감자 재배면적은 44,844 ha이며 2011년 약 88만톤 생산되었고 그 소비량은 해마다 증가하고 있다(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 2012). 감자는 곡류를 포함한 다른 작물에 비해 높은 수분 함량(75~84%)을 함유하지만 상대적으로 전분(14~25%)이 높고 리신, 메티오닌, 트립토판 등 필수아미노산 함량이 높은 양질의 단백질(1.4~2.5%)을 함유하고 있다(Kwon et al., 2008; Cheigh et al., 2012). 또한 비타민 C, B1, B6, pantothenic acid 등의 비타민류, 칼슘, 철, 칼륨 등의 무기질류, 생리활성 성분인 플라보노이드류를 풍부하게 함유하고 있는 것으로 알려져 있어 예로부터 우리나라에서 주식 및 주식대용으로 널리 이용되어 오고 있다(Cheigh et al., 2012).

감자 생산량의 약 90% 이상이 생식 및 조리용으로 활용되고 소량만이 전분, 가루 및 칩용으로 활용되고 있는 국내와는 달리 서구(미국, 유럽 등)에서는 총 감자 생산량의 약 26%만이 생식용으로 소비되며 대부분 다양한 가공식품

*Corresponding author: Hyun-Seok Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, 1375 Gyeongsangbuk 760-749, Korea
Tel: +82-54-820-5846; Fax: +82-54-820-6264
E-mail: khstone@andong.ac.kr
Received October 7, 2014; revised October 14, 2014; accepted October 14, 2014

(칩/스낵류, 통조림, 냉동식품) 및 가공식품원료(감자전분, 감자가루, 건조감자가공품)로 활용되며 있다(NPS, 2013). 특히 건조감자 가공품들(감자다이, 감자후레이크, 감자과립)은 다양한 감자기반 가공식품들(인스턴트 감자스프, 냉동 및 즉석 으깬감자, 샐러드용 건조감자, 인스턴트 냉동 프랜치프라이, 제빵류, 감자스낵 및 칩 등)의 원료로서 널리 활용되고 있다. 국내의 식품업체들에서도 감자 칩 제품을 제외한 감자스낵 제조에 이러한 건조감자 가공품을 수입하여 사용하고 있는 실정이다. 그러나 국내에서는 국내산 감자를 활용하여 전분 이외의 가공식품원료로 개발하려는 시도는 거의 없다. 건조감자가공 식품원료의 개발과 관련하여 Park and Kang(2002)이 원적외선 건조법을 이용한 감자가루 제조와 Youn et al.(2002)이 드럼건조기를 이용한 감자가루의 제조방법 확립 등 소수의 연구가 수행되었다. 또한 감자전분의 물리화학적 특성평가는 다수의 연구자들에 의해 수행되고 있지만(Vasanthan et al., 1999; Yusuph et al., 2003; Lee et al., 2009; Lee et al., 2010; Lu et al., 2011) 감자가루의 물리화학적 특성 및 가공적성에 대한 연구는 상대적으로 부족하다. 따라서 본 연구는 황색육질(yellow-fleshed)의 감자로부터 제조된 감자가루의 페이스팅 점도 특성과 이들의 감자전분의 물리화학적 특성을 조사하여 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 영향을 미치는 감자전분의 특성인자를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

미국 워싱턴주에서 2013년 수확한 6 품종(Yukon Gold, Gem, Victoria, Innovator, Setina, Sierra Gold)의 황색육질 감자들로부터 제조된 감자가루를 Dr. Kerry C. Huber (School of Food Science, University of Idaho, Moscow, USA)로부터 제공받아 연구에 사용하였다. 감자가루 제조를 위해 생감자들은 10%(w/v) NaCl 용액(비중 1.071, 25°C)에서 가라앉고 12%(w/v) NaCl 용액(비중 1.086, 25°C)에서 부유하는 것들로 선별하였다. 이들의 비중은 Reimann법에 준하여 Kleinschmidt et al.(1984)의 방법에 따라 측정되었으며 고형분 함량은 105°C에서 상압가열건조법에 의해 결정되었다. 선별·세척된 생감자들은 1 cm 두께로 세절하고 동결건조하여 분쇄한 것을 60 mesh 표준체망을 통과시켜 제조하였다.

감자분말의 성분분석

수분함량은 적외선수분측정기(LJ16, Mettler-Toledo AG, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 정량하였고, 조단백질 함량은 Kjeldahl법에 의해 총 질소 함량을 분석한 후 단백질 환산계수 6.25를 곱하여 계산하였다(AOAC, 2000). 조회분과 조지방 함량은 각각 AOAC법 923.03과 960.39에

따라 분석하였다(AOAC, 2000). 탄수화물 함량은 감자분말 건조중량 100 g에서 조단백질, 조지방과 조회분의 건조중량의 합을 차감하여 계산하였다. 감자분말의 총 전분 함량은 Total Starch Assay kit(Megazyme Int., Wicklow, Ireland)을 이용하여 AACC법 76-13에 준하여 분석하였다(AACC, 2000). 비전분성 탄수화물 함량은 탄수화물 함량에서 총 전분 함량을 차감하여 나타내었다.

감자분말로부터 감자전분의 추출

감자가루는 0.1%(w/v) sodium bisulphite 용액(1 L 용액 당 250 g 감자가루)과 혼합하여 30분간 상온에서 교반한 후 4°C에서 24시간 동안 정치하였다. 24시간 후 상등액을 제거하고 수화된 감자가루는 동량의 0.1%(w/v) sodium bisulphite 용액과 혼합하여 가정용 믹서기(HMF-3450S, Hanil Electric, Incheon, Korea)를 이용하여 2분간 분쇄하였다. 분쇄 중 발생한 거품을 제거한 감자가루 슬러리는 140 mesh(공극크기 106 µm) 시험용체(No. 140, Chunggye, Seoul, Korea)를 통과시켜 감자가루 잔류물과 전분유를 분리하였다. 이와 같은 동일한 조작은 감자가루 잔류물에 대하여 추가로 2회 반복 수행되었다. 전분을 분리하기 위해 회수한 전분유는 4°C에서 5시간 방치한 후 상등액을 제거하고 과량의 탈이온수를 가하여 침전물을 재분산시키고 다시 4°C에서 5시간 방치하였다. 전분의 회수 및 세척과정은 총 5회 반복 수행하였다. 최종적으로 회수된 감자전분은 무수에탄올에 분산시켜 30분간 교반한 후 감압여과하고 40°C에서 24시간 동안 건조하여 분석시료로 하였다.

감자전분의 입도분포

감자전분 0.1 g(d.b)은 100 mL의 탈이온수와 혼합하여 20분간 상온에서 교반하고 전분 분산액 1 mL를 취하여 500 mL의 탈이온수에 가하여 입도분포 분석을 위한 시료를 제조하고 Accusizer(model 780, Particle Sizing Systems, Santa Barbara, CA, USA)를 이용하여 감자전분의 입도분포를 조사하였다(Kim & Huber, 2010). 감자전분의 입도분포의 간섭영역(background noise)을 제거하기 위해 공시험으로 탈이온수만을 동일하게 분석하여 감자전분의 것에서 차감하였다. 감자전분의 평균입도는 SW 788 software(Particle Sizing Systems, Santa Barbara, CA, USA)를 이용하여 계산하였다.

감자전분의 성분분석과 아밀로펙틴 분지사슬 분포

분리된 감자전분의 총 전분 함량은 Total Starch Assay kit(Megazyme Int., Wicklow, Ireland)을 이용하여 AACC법 76-13에 준하여 분석하였다(AACC, 2000). 손상전분 함량은 Starch Damage Assay kit(Megazyme Int., Wicklow, Ireland)을 이용하여 AACC법 76-31에 준하여 분석하였다(AACC, 2000). 겔보기 아밀로오스 함량은 요오드 용액을

이용한 비색법(Morrison & Laignelet, 1983)에 의해 결정되었고, 인 함량은 유도결합플라즈마 원자방출분광법(inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy)을 이용하여 정량하였다(Anderson, 1996). 아밀로펙틴 분지사슬 분포는 Kim and Huber(2010)의 방법에 따라 isoamylase에 의한 전분분자의 탈분지화 후 중압크기배제크로마토그래피(intermediate-pressure size exclusion chromatography; IPSEC)를 이용하여 조사되었다.

X선 회절 분석

감자전분들의 X선 회절도는 상온(~24°C)의 브로민화나트륨 포화용액을 포함하는 테시케이터에 고구마전분 시료들(약 2 g)을 넣어 전분 시료들 사이의 평형수분함량을 약 14.8%로 균일하게 한 후 X선 회절기(Siemens D5000, Madison, WI, USA)를 이용하여 조사하였다. X선 회절기는 40 kV와 30 mA에서 조작되었으며 X선 회절도는 0.3° 회절간격과 3°/min 회절속도로 4~30° 회절각도(2θ) 범위에서 X선 회절 패턴을 얻었다. 상대적 결정화도(relative crystallinity)는 Cheetham and Tao(1998)의 방법에 따라 총 X선 회절도의 면적에 대한 결정 피크 면적의 비율(%)로 나타내었다.

팽윤력(Swelling factor)

감자전분들의 팽윤력은 블루덱스트란 배제법(blue dextran exclusion method)에 따라 분석하였다(Tester & Morrison, 1990). 감자전분(200 mg, d.b)과 탈이온수(10 mL)을 50 mL 원심분리관 안에서 혼합하고 80°C의 항온수욕조에서 30분간(5분 간격으로 vortexing) 가열한 후 냉수욕조에서 20분간 냉각하였다. Blue dextran(M_w 2×10⁶) 용액(1.0 mL, 5 mg/mL)을 원심분리관에 가하고 아래위로 10 회 정도 뒤집어 혼합하여 25°C, 3,000 g에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 620 nm에서 흡광도(A_s)를 측정하였다. 대조군은 감자전분을 넣지 않은 탈이온수에 대해 동일한 처리를 한 후 측정된 흡광도(A_r)로 하였다. SF는 12% 수분함량으로 보정된 전분무게를 이용하였고, 팽윤된 전분과 탈이온수 혼합물의 밀도를 1.4 g/mL로 가정하였을 때 원심분리관 안의 자유수와 팽윤된 전분입자들 사이의 물(FW)은 식(1)과 같이 계산한다.

$$FW \text{ (mL)} = 5.5(A_r/A_s) - 0.5 \quad (1)$$

$$\text{최초 전분무게(W, mg)에 대한 전분의 초기 부피}(V_0) \text{는} \\ V_0 \text{ (mL)} = W/1,400 \quad (2)$$

$$\text{전분입자가 흡수한 물의 부피}(V_1) \text{은} \\ V_1 = 5.0 - FW \quad (3)$$

$$\text{팽윤된 전분입자의 부피}(V_2) \text{는} \\ V_2 = V_0 + V_1 \quad (4)$$

따라서 SF = V_2/V_0 (5)로 계산되며 (1)~(4)식들을 (5)번에 대입하여 정리한 아래 식에 의해 전분의 SF를 계산하였다.

$$\text{Swelling factor (SF)} = 1 + (7,700/W)[(A_s - A_r)/A_s]$$

호화 특성

감자전분의 호화특성은 시차주사열량계(DSC 2920, TA Instruments, Newcastle, DE, USA)를 이용하여 분석하였다(Kim & Huber, 2010). 감자전분(10 mg, d.b)을 알루미늄 팬에 직접 칭량하고 탈이온수(20 μL)를 가하여 밀폐한 후 상온에서 24시간 동안 방치하였다. DSC thermogram은 25°C부터 180°C까지 10°C/min의 속도로 가열하여 얻은 후 호화개시온도(T_g ; gelatinization onset temperature), 최대호화온도(T_p ; gelatinization peak temperature), 호화종결온도(T_c ; gelatinization completion temperature)와 호화엔탈피(ΔH ; gelatinization enthalpy)를 Universal Analysis Program (v. 1.9D, TA Instruments, Newcastle, DE, USA)에 의해 계산하였다.

페이스팅 점도 특성

감자가루와 감자전분의 페이스팅 점도 특성은 신속점도 분석기(RVA-4D, Newport Scientific, NSW, Australia)를 이용하여 조사하였다(Kim & Huber, 2010). 감자가루나 감자전분(2.5 g, d.b)을 알루미늄 용기에 직접 칭량하고 총 29 g이 되도록 탈이온수를 가한 후 spatula와 플라스틱 회전축을 이용하여 감자가루나 감자전분을 완전하게 분산시켜 분석시료를 제조하였다. 60°C로 조정된 신속점도분석기에서 2분간 교반한 다음, 7°C/min 속도로 95°C까지 가열하고 95°C에서 4분간 유지시킨 후 9°C/min의 속도로 50°C까지 냉각하고 50°C에서 4분간 유지시켜 페이스팅 점도 프로파일을 얻었다. 플라스틱 회전축은 최초 10초간 960 rpm으로 회전시킨 후 분석하는 동안 160 rpm으로 일정하게 회전시켰다. 감자가루와 감자전분의 페이스팅 점도 특성치들은 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 붕괴점도(breakdown viscosity), 최종점도(final viscosity)와 노화점도(setback viscosity)로 나타내었다.

통계분석

모든 분석과 측정은 최소 3회 이상 반복하였고, 측정된 특성치들은 one-way ANOVA 분석을 수행하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 평균값들 사이의 통계적 유의성은 95% 신뢰수준에서 최소유의차검정(least significance difference; LSD)을 통해 분석하였다. 또한 감자가루의 페이스팅 점도 특성치들과 감자전분의 물리화학적 특성치들 사이의 상관관계를 조사하기 위해 Pearson's correlation을 수행하였다. 모든 통계적 계산과 분석은 SAS version 9.1 for Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA)에 의해 수행되었다.

결과 및 고찰

황색육질 감자가루의 일반성분

6 품종의 황색육질의 감자를 동결건조하여 감자가루를 제

Table 1. Mean^A values for the chemical compositions and pasting viscosity characteristics of yellow-fleshed potato flours.

Variety ^B	Protein ^C	Lipid ^C	Ash ^C	Carbohydrate ^D			Pasting viscosity (RVU)				
				Total ^D	Starch ^E	NSC ^F	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
YKG	10.3±0.4 ^{ab}	0.7±0.1 ^{ab}	4.3±0.1 ^d	84.7±0.3 ^b	62.2±0.8 ^b	22.5±1.0 ^a	511.8±7.2 ^d	433.3±8.3 ^b	78.6±1.1 ^c	590.8±2.1 ^b	157.5±6.2 ^b
GEM	10.0±0.0 ^{ab}	0.6±0.0 ^{ab}	5.1±0.0 ^a	84.3±0.0 ^{bc}	62.0±0.4 ^b	22.3±0.4 ^a	446.2±0.9 ^e	445.1±1.8 ^a	1.2±0.8 ^d	641.5±0.6 ^a	196.5±1.1 ^a
VIC	7.8±0.4 ^{bc}	0.8±0.1 ^a	4.5±0.1 ^c	87.0±0.4 ^{ab}	63.3±0.4 ^b	23.7±0.9 ^a	531.4±3.7 ^c	321.0±1.0 ^e	210.4±2.8 ^b	406.1±2.9 ^e	85.1±1.8 ^d
INN	6.0±0.1 ^c	0.5±0.1 ^b	3.9±0.0 ^e	89.6±0.1 ^a	67.8±0.5 ^a	21.9±0.7 ^a	581.3±4.5 ^a	233.1±1.5 ^f	348.3±3.0 ^a	309.9±2.6 ^f	76.8±1.1 ^e
SET	7.7±3.3 ^{bc}	0.8±0.2 ^a	4.7±0.0 ^b	86.9±3.5 ^{ab}	59.0±0.8 ^b	27.9±4.2 ^a	393.0±2.4 ^f	390.5±0.6 ^e	2.6±1.8 ^d	520.9±0.6 ^e	130.4±0.1 ^c
SIG	13.1±0.0 ^a	0.6±0.1 ^{ab}	5.2±0.1 ^a	81.2±0.1 ^c	70.3±4.2 ^a	10.9±4.1 ^b	558.9±5.7 ^b	353.6±2.8 ^d	205.3±2.8 ^b	442.0±1.6 ^d	88.4±4.4 ^d

^A Mean value of two measurement; values within a column sharing a common letter are not significantly different ($p < 0.05$).

^B YKG; Yukon Gold, VIC; Victoria, INN; Innovator, SET; Setina, SIG; Sierra Gold.

^C g/100 g of potato flour (dry weight basis).

^D Determined as follows: 100 - (protein + lipid + ash).

^E Determined according to AACC method 76.13 using a Megazyme Total Starch Analysis kit.

^F Non-starch carbohydrate; calculated by subtracting starch content from the carbohydrate content.

조하고 이들의 성분학적 특성과 페이스팅 점도 특성을 조사하였다(Table 1). 조사된 감자가루의 단백질 함량은 6.0~13.1%의 범위에 있었으며 SIG(Sierra Gold)가 13.1%로 가장 높았으며 INN(Innovator)가 6.0%로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 지방질 함량은 0.5~0.8%의 범위를 나타내었으며, 회분 함량은 3.9~5.2%의 범위에 있었고 감자품종에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. 총 탄수화물 함량은 81.2~89.6%의 범위를 보였으며 감자품종에 따라 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으나 INN와 SIG가 각각 89.6%와 81.2%로 최고 및 최저 함량을 나타내었다. 이는 두 품종의 감자가루의 단백질 함량에 의한 차이 때문으로 판단된다. 한편 감자가루의 전분함량은 59.0~70.3%의 범위를 나타내었으며 INN과 SIG가 67.8~70.3%로 통계적으로 유사한 수준이었으며 다른 4종의 품종들은 59.0~63.3%로 통계적으로 유사하였다. 특히 총 탄수화물 함량에 있어 INN과 SIG는 각각 가장 높고 낮았으나 이들의 전분함량들은 통계적으로 유사하였으며 SIG가 70.3%로 가장 높은 수준을 나타내었다. 조사된 감자가루의 일반성분 및 전분 함량들은 감자품종에 따라 상이하였지만 일반적으로 문헌에서 보고되는 함량 범위 안에 있었다(Burlingame et al., 2009).

황색육질 감자가루의 성분학적 특성과 페이스팅 점도 특성의 관계

황색육질 감자가루의 페이스팅 점도 특성은 신속점도분석기를 이용하여 측정하였고 Table 1에 제시하였다. 감자가루의 페이스팅 점도 특성은 높은 최고점도와 낮은 최저점도로 높은 붕괴점도를 보이는 감자전분과는 달리 상대적으로 낮은 최고점도와 높은 최저점도로 낮은 붕괴점도를 나타내는 것으로 알려져 있다(Lu et al., 2011). 본 연구의 감자가루의 페이스팅 점도 특성(Table 1)은 감자품종에 따라 상이하였으나 문헌상에서 일반적으로 보고되는 페이스팅 점도 특성과 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같은 감자가루의 페이스팅 점도 특성은 감자조직 내의 다른 성분들(단

Table 2. Pearson's correlation coefficients between the chemical compositions and the pasting viscosities of yellow-fleshed potato flours.

Variables	Pasting viscosity				
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
Protein	0.065	0.506	-0.256	0.414	0.230
Lipid	-0.460	0.455	-0.500	0.392	0.257
Ash	-0.405	0.572	-0.539	0.515	0.382
Carbohydrate	0.028	-0.555	0.333	-0.463	-0.274
Total starch	0.828 ^{**}	-0.541	0.741 ^{**}	-0.578 [*]	-0.593 [*]
NSC	-0.592 ^{**}	0.108	-0.370	0.183	0.292

^{**} $p < 0.01$, ^{*} $p < 0.05$

백질, 비전분성 탄수화물, 회분, 지방 등)에 의한 영향 때문인 것으로 알려져 있다(Higley et al., 2003; Shi & BeMiller, 2002). 그래서 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 영향을 미치는 감자가루 성분들의 영향을 조사하기 위해 감자가루의 성분학적 특성과 페이스팅 점도 특성 사이의 상관관계를 분석하였다(Table 2). 감자가루의 총탄수화물, 단백질, 지방, 및 회분 함량들은 감자가루의 페이스팅 점도 특성과 상관관계가 없었다. 반면에 감자가루의 총 전분 함량은 최고점도($r=0.828$, $p < 0.01$) 및 붕괴점도($r=0.741$, $p < 0.01$)와 양의 상관관계를 나타내었으며 최종점도($r=-0.578$, $p < 0.05$) 및 노화점도($r=-0.593$, $p < 0.05$)들과는 음의 상관관계를 나타내었다. 따라서 감자가루의 페이스팅 점도 특성은 감자가루의 전분함량에 의해 직접적인 영향을 받는 것으로 판단된다. 한편 감자가루의 비전분성 탄수화물 함량은 단지 감자가루의 최고점도를 감소시키는 요인으로 분석되었다($r=-0.592$, $p < 0.01$)를 나타내었다. Shi and BeMiller (2002)은 감자전분은 음이온성 이온이나 고분자를 함유한 용액 안에서 팽윤이 억제되어 최고점도가 감소한다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 관찰된 결과는 감자가루가 함유하고 있는 비전분성 탄수화물들(cellulose, hemicellulose, pectic

Table 3. Mean^A values for the average granule size and the total starch, damaged starch, apparent amylose, and phosphorus contents of potato starches isolated from yellow-fleshed potato flours.

Variety ^B	Average granule size (μm)	Total starch (% d.b)	Damaged starch (% s.b ^C)	Apparent Amylose ^D (% s.b ^C)	Phosphorus (ppm) ^E
YKG	41.8±0.7 ^b	94.5±0.5 ^a	0.4±0.1 ^a	24.2±0.2 ^c	870.0±0.0 ^e
GEM	43.9±0.3 ^{ab}	93.8±0.7 ^a	0.1±0.0 ^b	27.8±0.1 ^a	1150.0±70.7 ^a
VIC	36.5±0.3 ^c	94.8±0.3 ^a	0.2±0.1 ^{ab}	27.2±0.4 ^b	620.0±0.0 ^d
INN	44.4±2.4 ^{ab}	92.9±0.8 ^b	0.1±0.0 ^b	24.3±0.1 ^c	525.0±7.1 ^e
SET	34.5±0.6 ^c	93.5±0.3 ^{ab}	0.3±0.0 ^a	28.1±0.1 ^a	805.0±21.2 ^c
SIG	44.8±0.9 ^a	94.9±0.3 ^a	0.2±0.0 ^{ab}	26.9±0.1 ^b	985.0±7.1 ^b

^A Mean value of two measurements; values within a column sharing a common letter are not significantly different ($p < 0.05$).

^B YKG; Yukon Gold, VIC; Victoria, INN; Innovator, SET; Setina, SIG; Sierra Gold.

^C dry starch weight.

^D Determined using the colorimetric method of Morrison and Laignelet (1983).

^E Determined via inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES) (Anderson, 1996).

substance) 중 음 이온성을 나타내는 펙틴성 물질들의 존재 때문으로 판단된다.

황색육질 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 대한 감자전분 특성의 영향

황색육질 감자가루의 페이스팅 점도 특성은 감자가루의 총 전분 함량과 밀접한 관계를 가지고 있었다. 따라서 감자전분의 물리화학적 특성이 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 황색육질 감자가루로부터 분리된 감자전분의 총 전분과 손상전분 함량들은 각각 92.9~94.9%와 0.1~0.4%의 범위를 나타내었으며 감자품종 사이에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다 (Table 3). 이는 생 감자로부터 추출·정제된 감자전분들의 것과 유사하였으며 (Lu et al., 2011), 본 연구에서 채택된 감자가루로부터 전분의 회수·정제법에 의해 유효한 감자전분이 제조되어 분석시료로 사용되었다는 점을 나타낸다. 감자전분의 평균입도는 34.5~44.8 μm 의 범위에 있었으며, SET(Setina)가 34.5 μm 로 가장 작았고 SIG가 44.8 μm 로 가장 큰 평균입도를 나타내었다 (Table 3). 감자전분의 입도

크기는 감자전분의 화학적 특성, 팽윤력, 호화특성, 및 페이스팅 점도 특성들에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Noda et al., 2005; Simkov et al., 2013). 그러나 본 연구의 감자전분 입도크기는 감자가루의 페이스팅 점도 특성과 상관관계를 보이지 않았다 (Table 6). 또한 감자전분의 상대적 결정화도 (Table 4)와 호화특성 (Table 5)은 감자 품종에 따라 상이하였으나 이들은 감자가루의 페이스팅 점도 특성과 상관성을 보이지 않았다 (Table 6). 따라서 전분 입자의 형태학적, 과립구조적, 및 열적 특성들은 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

감자전분의 아밀로오스 함량은 24.3~28.1%의 범위를 나타내었으며 감자품종 사이에서 통계적으로 유의적인 차이를 보였으며 SET가 28.1%로 가장 높았으며 YKG가 24.2%로 가장 낮은 함량을 나타내었다 (Table 3). 전분의 페이스팅 특성에 있어 아밀로오스는 전분입자의 팽윤을 억제하여 (Tester & Morrison, 1990) 최고점도를 낮추며, 팽윤된 전분입자의 외부 저항에 대한 안전성을 향상시켜 팽윤된 전분입자들의 붕괴를 지연 및 억제하고, 아밀로오스 분자들

Table 4. Mean^a values for IPSEC fraction proportion, relative crystallinity, and swelling factor of potato starches isolated from yellow-fleshed potato flours.

Variety ^b	IPSEC fraction proportion (%) ^c			Relative crystallinity ^e (%)	Swelling factor ^f	
	Amylose	Amylopectin branch-chains				
		F1 ^d (DP _n >72)	F2 ^d (DP _n 25-72)			F3 ^d (DP _n <25)
YKG	20.5±0.5 ^c	12.1±0.6 ^b	22.5±0.1 ^{ab}	44.9±0.2 ^b	32.1±1.6 ^a	14.9±0.0 ^c
GEM	22.1±0.1 ^b	14.7±0.2 ^a	22.0±0.3 ^{ab}	41.2±0.3 ^c	31.7±1.3 ^{ab}	17.5±0.7 ^a
VIC	23.1±0.1 ^a	10.4±0.2 ^c	21.8±0.6 ^b	44.8±0.4 ^b	31.7±0.1 ^{ab}	12.6±0.0 ^e
INN	20.4±0.1 ^c	9.5±0.0 ^d	22.2±0.3 ^{ab}	48.0±0.2 ^a	35.0±2.4 ^a	11.7±0.1 ^f
SET	22.8±0.1 ^{ab}	12.4±0.1 ^b	22.7±0.1 ^a	42.2±0.3 ^d	26.5±2.1 ^c	14.3±0.2 ^d
SIG	21.0±0.6 ^c	14.0±0.5 ^a	22.0±0.2 ^{ab}	43.1±0.3 ^c	27.9±1.1 ^{bc}	16.0±0.1 ^b

^a Mean value of two measurements; values within a column sharing a common letter are not significantly different ($p < 0.05$).

^b YKG; Yukon Gold, VIC; Victoria, INN; Innovator, SET; Setina, SIG; Sierra Gold.

^c Defined as the percent ratio of each fraction area to the total area of the chromatogram.

^d F1; DP_n>72, F2; DP_n 25-72, F3; DP_n<25.

^e Defined as the percent ratio (%) of the total area of the crystalline regions to that of total diffractogram (crystalline + amorphous regions).

^f Determined at 80°C using a blue dextran exclusion method (Tester and Morrison, 1990).

Table 5. Mean^a values for gelatinization parameters and pasting characteristics of potato starches isolated from yellow-fleshed potato varieties.

Variety ^b	Gelatinization				Pasting viscosity (RVA)				
	T _o ^c	T _p ^c	T _c ^c	ΔH ^c	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
YKG	62.8±0.5 ^a	66.6±0.3 ^{ab}	75.3±0.4 ^b	20.0±0.1 ^c	1136.0±15.9 ^c	123.3±4.6 ^{cd}	1012.7±20.5 ^c	319.9±3.0 ^{bc}	196.7±7.6 ^b
GEM	62.7±0.1 ^a	66.1±0.1 ^{bc}	75.0±0.1 ^b	20.4±0.2 ^b	1550.6±27.5 ^a	143.6±6.6 ^c	1407.0±34.2 ^a	396.6±13.1 ^a	252.9±6.4 ^a
VIC	58.6±0.1 ^d	62.6±0.1 ^e	72.7±0.0 ^c	20.0±0.2 ^c	1027.7±0.1 ^d	231.2±3.9 ^b	796.6±3.7 ^c	299.6±5.2 ^{cd}	68.4±9.1 ^d
INN	61.4±0.4 ^b	65.7±0.4 ^{cd}	74.7±0.6 ^b	20.7±0.1 ^b	983.0±18.7 ^c	102.5±10.9 ^d	880.5±30.0 ^d	282.3±4.2 ^d	179.9±6.6 ^b
SET	60.6±0.1 ^c	65.2±0.1 ^d	75.1±0.1 ^b	19.5±0.0 ^d	1138.9±3.8 ^c	299.3± 4.2 ^a	839.7±8.0 ^{de}	394.1±2.0 ^a	94.9±6.2 ^c
SIG	63.0±0.0 ^b	67.2±0.2 ^a	76.4±0.3 ^a	21.8±0.1 ^a	1351.4±9.4 ^b	133.3±19.3 ^c	1218.1±9.9 ^b	325.7±14.8 ^b	192.4±4.5 ^b

^A Mean value of two measurements; values within a column sharing a common letter are not significantly different ($p < 0.05$).

^B YKG; Yukon Gold, VIC; Victoria, INN; Innovator, SET; Setina, SIG; Sierra Gold.

^C Gelatinization onset, peak, and completion temperatures are denoted by T_o, T_p, and T_c, respectively; gelatinization enthalpy is abbreviated by ΔH.

사이의 비공유적 다중 회합을 통해 최종점도를 상승시키는 것으로 알려져 있다(Kim & Huber, 2010). 이로 인해 아밀로오스를 함유한 전분들은 그렇지 못한 전분들에 비해 낮은 붕괴점도와 높은 노화점도를 나타내는 특성을 보인다(Kim & Huber, 2010). 그러나 본 연구에서는 감자전분의 아밀로오스 함량은 단지 감자가루의 최고점도와 음의 상관성($r = -0.640, p < 0.05$)을 나타내었으며 다른 페이스팅 점도 특성들과는 유의적인 상관관계를 나타내지 않았다. 이와 같은 결과는 감자가루는 전분의 팽윤, 팽윤된 감자전분의 붕괴, 및 아밀로오스 분자들의 비공유적 회합을 제한하거나 억제할 수 있는 펙틴성 물질과 같은 고분자성 성분들을 함유(Table 1)하고 있기 때문으로 생각된다(Shi & BeMiller, 2002).

감자전분들의 인 함량은 525.0~1150.0 ppm의 범위에 있으며 GEM이 1150.0 ppm으로 가장 높고, INN가 525.0 ppm으로 가장 낮은 수준을 나타내었다(Table 3). 인 함량은 감자전분의 수화 및 팽윤을 상승시켜 페이스팅 점도의 급격한 상승을 유발하여 높은 최고점도를 달성시키고 이로 인해 다른 곡류 전분들에 비해 상대적으로 높은 수준의 붕괴점도를 발생시키는 등(Table 5) 감자전분의 페이스팅 점도 특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 알려져 있다(Noda et al., 2005; Lu et al., 2011). 본 연구에서 감자전분의 인 함량은 다른 문헌들에서 보고되는 것처럼 감자전분의 최고점도($r = 0.955, p < 0.01$), 붕괴점도($r = 0.890, p < 0.01$), 최종점도($r = 0.697, p < 0.05$), 및 노화점도($r = 0.632, p < 0.05$)들과 높은 상관성을 나타내었다(Lu et al., 2011; Noda et al., 2005; Simkov et al., 2013). 그러나 감자가루의 페이스팅 점도 특성과의 상관관계를 분석하였을 때, 감자전분의 인 함량은 감자가루의 최고점도와 상관성이 존재하지 않았으며, 최저점도($r = 0.823, p < 0.01$), 최종점도($r = 0.819, p < 0.01$), 및 노화점도($r = 0.748, p < 0.01$)는 양의 상관관계를 나타내었으나 붕괴점도($r = -0.700, p < 0.05$)는 음의 상관관계를 나타내었다(Table 6). 특히 감자가루의 붕괴점도와 감자전분의 인 함량의 관계는 감자전분에 있어 관찰된 것과 반대의 경

향을 나타내었다. 이는 Shi and BeMiller (2002)가 보고한 것처럼 감자가루에 함유되어 있는 음이온성의 펙틴성 물질들이 감자전분 아밀로펙틴 위의 인과 서로 전기적으로 반발하여 감자전분 입자의 팽윤을 억제하고 부분적으로 팽윤된 전분입자의 외부 전단력에 대한 저항성이 상승에 기여했기 때문으로 생각된다.

감자전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴 분지사슬 분획들의 분포를 IPSEC에 의해 분석하였을 때(Table 4) 아밀로오스 분획은 20.4~23.1%의 범위를 나타내었고 이는 비색법에 의해 정량된 아밀로오스의 함량(Table 3)보다 약 3.8~5.3% 정도 낮았지만 감자품종 별 아밀로오스 함량과 유사한 경향을 나타내었다. 그래서 아밀로오스 함량과 감자가루의 최고점도와의 상관성과 유사하게 감자전분의 아밀로오스 분획은 감자가루의 최고점도와 음의 상관관계($r = 0.590, p < 0.05$)를 나타내었다(Table 6). 감자전분의 아밀로펙틴 분자들은 긴(F1, DP_n > 72), 중간(F2, DP_n 25-72), 짧은(F3, DP_n < 25) 분지사슬들로 구성되어 있었다(Table 4). 감자품종들에 있어 아밀로펙틴의 F1 분획은 9.5~14.7%, F2 분획은 21.8~22.7%, F3 분획은 41.2~48.0%의 분포를 나타내었다. 감자품종들에 따라 F2 분획의 분포는 유의적인 차이를 나타내지 않아 감자가루의 페이스팅 점도 특성과의 상관성이 관찰되지 않았다(Table 6). 반면 감자품종들에 있어 F1과 F3 분획들의 분포들은 통계적으로 유의적인 차이를 보였고 이로 인해 F1 분획 분포와 감자가루 최고점도와의 상관관계를 제외하고 F1과 F3 분획들의 분포들은 감자가루의 모든 페이스팅 점도 특성치들과 상관성을 나타내었다(Table 6). 특히 F3 분획 분포는 감자가루의 최고점도 및 붕괴점도들이 높은 양의 상관성을 나타내고 최저점도, 최종점도, 및 노화점도들과 높은 음의 상관성을 나타내었다. 한편 감자가루의 페이스팅 점도 특성과 총 전분 함량 사이의 높은 상관성을 고려할 때 감자전분의 아밀로펙틴 분지사슬 분포는 감자가루의 페이스팅 점도 특성에서 분석된 것과 유사한 상관성을 감자전분의 페이스팅 점도 특성에서도 보일 것으로 기대하였다. 그러나 아밀로펙틴 분지사슬의 F1 분

Table 6. Pearson's correlation coefficients between the pasting viscosity characteristics of potato flours and the potato starch characteristics.

Variables ^A	Pasting viscosity				
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
MDIA	0.566	-0.098	0.350	-0.035	0.073
AM	-0.640*	0.351	-0.534	0.309	0.214
P	-0.438	0.823**	-0.700*	0.819**	0.748**
DBAM	-0.590*	0.206	-0.425	0.168	0.092
DBF1	-0.462	0.768**	-0.681*	0.747**	0.653*
DBF2	-0.400	0.231	-0.341	0.245	0.247
DBF3	0.755**	-0.789**	0.845**	-0.755**	-0.640*
RC	0.525	-0.388	0.496	-0.276	-0.070
SF	-0.432	0.823**	-0.697*	0.819**	0.749**
T_o	0.075	0.396	-0.188	0.425	0.441
T_p	0.073	0.306	-0.138	0.320	0.318
T_c	-0.041	0.294	-0.190	0.267	0.202
ΔH	0.639*	-0.280	0.493	-0.322	-0.365
PV	-0.353	0.667*	-0.566	0.688*	0.669*
TR	-0.686*	0.152	-0.444	0.088	-0.025
BD	-0.096	0.545	-0.363	0.584*	0.603*
FV	-0.911**	0.730**	-0.893**	0.754**	0.735**
SB	0.121	0.344	-0.135	0.432	0.543

* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

^A MDIA; average granule size, AM; apparent amylose content, P; phosphorus, SF; swelling factor, DBAM; amylose fraction in IPSEC chromatogram, DBF1; long chain fraction (F1 in Table 4), DBF2; intermediate chain fraction (F2 in Table 4), DBF3; short chain fraction (F3 in Table 4), RC; relative crystallinity, T_o ; gelatinization onset temperature, T_p ; gelatinization peak temperature, T_c ; gelatinization completion temperature, ΔH ; gelatinization enthalpy, PV; peak viscosity, TR; trough viscosity, BD; breakdown viscosity, FV; final viscosity, SB; setback viscosity.

획은 감자전분의 최고점도($r=0.936$, $p<0.01$), 붕괴점도($r=0.844$, $p<0.01$) 및 최종점도($r=0.726$, $p<0.01$)와 높은 양의 상관관계를 나타내었으며, F3 분획은 감자전분의 최고점도($r=-0.785$, $p<0.01$) 및 최종점도($r=-0.891$, $p<0.01$)와 높은 음의 상관관계를 나타내었다. 따라서 감자전분 아밀로펙틴 분지사슬 분포는 감자가루 및 감자전분 페이스팅 점도 특성들과 최종점도를 제외하고 상이한 상관성을 보유하고 있었다. 이와 같은 결과는 감자가루가 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 영향을 미칠 수 있는 다른 고분자성 성분들을 함유하고 있기 때문으로 생각된다. 또한 감자전분 아밀로펙틴의 길고(F1) 짧은(F3) 분지사슬 분포들은 감자가루 및 감자전분의 최종점도와 동일하게 높은 상관성을 나타내어 이들의 최종점도를 예측할 수 있는 주요 특성요인들일 것으로 판단된다.

감자전분의 팽윤력은 감자전분의 아밀로오스 함량보다는 인 함량과 높은 상관성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Noda et al., 2005; Lu et al., 2011; Simkov et al., 2013). 따라서 본 연구에서는 감자전분의 인 함량과 감자가루의 페이스팅 점도 특성과의 상관성과 동일하게 감자전분의 팽

윤력은 감자가루의 최저점도($r=0.823$, $p<0.01$), 최종점도($r=0.819$, $p<0.01$), 및 노화점도($r=0.479$, $p<0.01$) 점도들과 양의 상관관계를 나타내었으며 붕괴점도($r=-0.697$, $p<0.01$)와 음의 상관관계를 나타내었다(Table 6). 결과적으로 감자전분의 팽윤력은 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 유의적인 영향을 미쳤으나 감자전분의 팽윤력은 인 함량에 의해 영향 받기 때문에 감자가루의 페이스팅 점도 특성에 영향을 미치는 본질적인 요인은 감자전분의 인 함량으로 생각할 수 있다.

주어진 감자품종에 있어 감자가루의 페이스팅 점도 특성(Table 1)에 비해 감자전분의 최고점도 및 붕괴점도들은 월등히 높았으며, 최저점도 및 최종점도들은 낮은 수준을 나타내었다. 이는 신속점도분석을 위한 분석시료 제조 시 감자전분의 총 전분 함량이 감자가루보다 높고, 감자전분 시료들은 감자전분의 페이스팅 점도 발달의 제한하거나 억제할 수 있는 펙틴성 성분들을 함유하지 않기 때문인 것으로 판단된다(Shi & BeMiller, 2002). 감자전분의 최고점도는 감자가루의 최저점도($r=0.667$, $p<0.05$), 최종점도($r=0.688$, $p<0.05$), 및 노화점도($r=0.669$, $p<0.05$)들과 양의 상관관계를 나타내었다. 감자전분의 최저점도는 감자가루의 최고점도($r=-0.686$, $p<0.05$)와 음의 상관성을, 감자전분의 붕괴점도는 감자가루의 최종점도($r=0.584$, $p<0.05$) 및 노화점도($r=0.603$, $p<0.05$)들과 양의 상관성을 나타내었다. 그러나 감자전분의 최종점도는 감자가루의 최고점도($r=-0.911$, $p<0.01$), 최저점도($r=0.730$, $p<0.01$), 붕괴점도($r=-0.893$, $p<0.01$), 최종점도($r=0.754$, $p<0.01$), 및 노화점도($r=0.735$, $p<0.01$)들과 높은 상관성을 보였다. 감자전분의 페이스팅 점도 특성은 감자전분의 평균입도, 아밀로오스 및 인 함량들, 아밀로펙틴 분지사슬분포, 팽윤력, 호화특성 등이 상호 복합적으로 작용하여 발생한 결과이기 때문에 감자가루의 페이스팅 점도 특성과 직접적으로 연관지어 설명할 수는 없지만 감자전분의 최종점도를 활용하여 감자가루의 페이스팅 점도 특성을 예측하는 것은 가능할 것으로 판단된다.

요 약

감자가루의 페이스팅 점도 특성에 영향을 미치는 감자전분의 특성 요인을 결정하기 위해 6 품종의 황색육질의 감자로부터 제조된 감자가루의 성분분석과 페이스팅 점도 특성을 조사하고 감자가루로부터 추출한 감자전분의 물리화학적 특성을 분석하여 감자가루의 페이스팅 점도특성과 상관관계를 분석하였다. 감자가루의 총 전분 함량은 이의 페이스팅 점도 특성치들과 높은 상관성을 보유하고 있었다. 감자전분의 아밀로오스 함량은 감자가루의 최고점도와 음의 상관관계를 나타내었으나 인 함량은 감자가루의 최저점도, 붕괴점도, 최종점도, 및 노화점도들과 유의적인 상관성을 존재하였다. 또한 감자전분의 인 함량에 의해 높은 영

향을 받는 팽윤력은 인 함량과 감자가루의 페이스팅 점도 특성들 사이에서 관찰된 상관관계와 유사하였다. 감자전분의 아밀로펙틴 분지사슬 분포에 있어 F1 및 F3 분획 분포들은 감자가루의 페이스팅 점도 특성치들과 높은 상관성을 나타내었다. 감자전분의 페이스팅 점도 특성치들 중 최종 점도는 감자가루의 페이스팅 점도 특성치들 모두와 유의적으로 높은 상관성을 보유하고 있다. 본 연구의 결과들을 종합할 때 감자전분의 아밀로오스 함량, 인 함량, 팽윤력, 아밀로펙틴의 짧은 분지사슬($DP_n < 25$) 분포와 감자전분의 최종 점도가 감자가루의 페이스팅 점도 특성을 예측할 수 있는 중요한 특성요인일 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009786)의 지원에 의해 이루어진 결과의 일부이며 이에 감사 드립니다.

References

- AACC. 2000. Approved methods of the AACC. 10th ed: American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Anderson, KA. 1996. Micro-digestion and ICP-AEC analysis for the determination of macro and micro elements in plant tissues. *Atom. Spectrosc.* 17: 30-33.
- AOAC. 2000. Official method of analysis. 17th ed: AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Burlingame B, Mouillé B, Charrondière R. 2009. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *J. Food Compos. Anal.* 22: 494-502.
- Cheetham NWH, Tao L. 1998. Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: an X-ray powder diffraction study. *Carbohydr. Polym.* 36: 277-284.
- Cheigh CI, Lee JH, Chung MS. 2012. Effects of soft steam treatments on quality characteristics of potatoes. *Korean J. Food & Nutr.* 25: 50-56.
- 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. *Amer. J. Potato Res.* 80: 195-206.
- Kim HS, Huber KC. 2010. Physicochemical properties and amylopectin fine structures of A- and B-type granules of waxy and normal soft wheat starch. *J. Cereal Sci.* 51: 256-264.
- Kleinschmidt GD, Kleinkopf GE, Westermann DT, Zelewski JC. 1984. Specific gravity of potatoes. University of Idaho Curr. Info. Ser. No. 609.
- 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.
- Lee JS, Park SJ, Kim JS, Choi MK, Lim HT, Kang MH. 2009. Physico-chemical characteristics of Atlantic and Bora Valley potato. *Korean J. Food Nutr.* 22: 92-96.
- 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.* 39: 542-547.
- Noda T, Takigawa S, Matsuura-Endo C, Kim SJ, Hashimoto N, Yamauchi H, Hanashiro I, Takeda Y. 2005. Physicochemical properties and amylopectin structures of large, small, and extremely small potato starch granules. *Carbohydr. Polym.* 60: 245-251.
- Lu ZH, Yada RY, Liu Q, Bizimungu B, Murphy A, Koeyer DD, Li XQ, Pinhero RG. 2011. Correlation of physicochemical and nutritional properties of dry matter and starch in potatoes grown in different locations. *Food Chem.* 126: 1246-1253.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2012. Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. Sejong-si, Republic of Korea, pp. 100.
- Morrison WR, Laignelet B. 1983. An improved colorimetric procedure for the determination of amylose in cereal and starches. *J. Cereal Sci.* 1: 9-20.
- NPC. 2013. 2013 Potato Statistical Yearbook. National Potato Council, Washington, D.C., USA.
- Park IK, Kang WS. 2002. Preparation of potato powder. Korean patent No. 2002-0070245.
- Shi X, BeMiller JN. 2002. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carbohydr. Polym.* 50: 7-18.
- Simkov D, Lachman J, Hamouz K, Vokl B. 2013. Effect of cultivar, location and year on total starch, amylose, phosphorus content and starch granule size of high starch potato cultivars for food and industrial processing. *Food Chem.* 141: 3872-3880.
- Tester RF, Morrison WR. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem.* 67: 551-557.
- Vasanthan T, Bergthaller W, Driedger D, Yeung J, Sporns P. 1999. Starch from Alberta potatoes: wet-isolation and some physicochemical properties. *Food Res. Int.* 32: 355-365.
- Youn JT, Hong GP, Kong YJ, Son YK, Son JR, Lee HY. 2002. Production method of potato flake by drum dryer. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43: 183-186.
- Yusuph M, Tester RF, Ansell R, Snape CE. 2003. Composition and properties of starches extracted from tubers of different potato varieties grown under the same environmental conditions. *Food Chem.* 82: 283-289.