

품종별 한국산 감자의 전분 특성 비교(I)

김 경 애·김 선 민*·정 난 희*

전남대학교 사범대학 가정교육과·전남대학교 대학원*

Comparison of Physicochemical Properties of Several Korean Potato Starches

Kyung Ae Kim, Sun Min Kim* and Lan Hee Jung*

Dep. of Home Economics Education, Chonnam National University
Graduate School, Chonnam National University*

Abstract

Granular shapes and size, physicochemical properties and gelatinization properties of potato starches from Irish cobber (the dry type), Dejima (the moist type), Shepody and Superior were investigated.

The starch granule was round or oval and the size of Irish cobbler and Shepody starch were 11~30 μm and those of Superior and Dejima were 21~40 μm . Blue value, amylose content, relative crystallinity and density of Irish cobbler were the highest, but that of Dejima were the lowest. Water binding capacity, swelling power, transmittance, peak viscosity and breakdown of amylogram of Superior starch were the highest, but that of Irish cobbler starch were the lowest. Gelatinization temperature of DSC of Irish cobbler starch was the highest, but that of Superior starch was the lowest.

I. 서 론

감자는 고형분 중 대부분이 전분으로 가열하면 분질과 점질의 텍스쳐 특성을 나타낸다¹⁾. 이러한 텍스쳐는 감자를 가열할 때 나타나는 세포의 분리나 세포벽의 뒤틀림과 파열 등의 현상에 기인된다고^{2,3)} 하였고 감자의 전분

입자의 크기¹⁾, 감자중의 알콜불용성 고형분 함량이나 전분의 함량⁴⁾, 전분의 노화 현상⁵⁾, 전분 켈의 경도³⁾ 등에 의하여 영향을 받는다고 하였다. 그러나 이에 대한 원인은 아직 분명치 않다.

감자 전분입자는 hilum을 중심으로 하여 동심원의 층상구조를 하고 있으며⁶⁾ 그 모양은 원형이나 타원형으로 크기는 15~100 μm 정도⁷⁾로서 산업적으로 이용하는 전

이 논문은 1988년도 문교부 학술연구조성비(일반과제)에 의하여 연구되었음.

분중에서 가장 크다. 전분입자의 크기와 성질은 품종, 토양, 재배조건 등에 따라 다르다⁸⁾고 알려져 있다.

감자의 주성분은 전분으로써 감자를 가열하면 뚜렷한 텍스처의 차이를 보여주는 것은 전분의 특성 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 분질감자인 남작(Irish cobbler)⁹⁾, 중간질감자인 수미(Superior)와 세퐁(Shepody) 및 점질감자인 대지마(Dejima)의 전분을 분리하여 전분입자의 형태, 물결합 능력, 아밀로오스 함량, blue value, 팽윤력 및 용해도 등의 이화학적 성질과 전분의 호화특성을 조사하였다. 이로부터 감자전분의 특성과 품종 또는 각종 가공적성 차이를 이해하는 기초자료를 마련하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에서 사용한 재료는 1988년 6월 30일에 경기도 수원 농축진홍청 작물시험장에서 수확된 분질인 남작(Irish cobbler), 중간질인 수미(Superior)와 세퐁(Shepody) 및 점질인 대지마(Dejima)를 사용하였다.

2. 전분의 분리

감자전분은 알칼리 침지법¹⁰⁾으로 분리하였다.

3. 전분입자의 형태 및 크기 분포

전분을 50% 글리세린 용액에 섞어 5%가 되도록 분산시키고 요오드용액(0.2% I₂와 2% KI의 혼합액)으로 염색하여 광학현미경과 편광현미경(Nikon AFX II, Japan)으로 400 배 확대하여 관찰하였다¹¹⁾.

전분입자 크기의 분포비율을 300 개 정도의 입자에 대하여 장경을 측정하여 백분율로 나타내었다. 전분입자의 표면 형태는 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JSH-35, Japan)을 사용하여 가속 전압 15 KV에서 1000 배로 관찰하였다.

4. 이화학적 특성

1) 일반성분

전분의 수분, 조단백, 조지방 및 회분은 AOAC 방법¹²⁾에 의하여 분석하였다.

2) Blue Value

전분의 blue value는 Gilbert와 Spragg¹³⁾의 방법으로 측정하였다.

3) 아밀로오스 함량

전분의 아밀로오스 함량은 Williams등¹⁴⁾의 방법으로 측정하였다.

표준곡선은 감자 아밀로오스(미국 시그마회사 제품)와 Schoch¹⁵⁾의 방법으로 분리한 아밀로페틴을 일정하게 섞어 Williams등¹⁴⁾의 방법으로 측정하여 작성하였다.

4) 물결합 능력

전분의 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles¹⁶⁾의 방법에 따라 측정하였다.

5) 팽윤력과 용해도

전분의 팽윤력(Swelling power)과 용해도(Solubility)는 Schoch¹⁷⁾의 방법에 따라 측정하였다.

6) 밀도

전분의 밀도는 25 ml 비중병을 사용하여 Xylene 치환법¹⁸⁾으로 측정하였다.

7) X-선 회절도

전분의 X-선 회절도는 X-ray diffractometer (Rigaku Co., Japan)를 사용하여 target는 Cu-K, Voltage는 35 KV, time constant는 1 sec의 조건으로 회절각도(2θ) 4°부터 40°까지 회절시켜 peak 위치와 peak 면적으로부터 상대결정도를 조사하였다^{19,20)}.

5. 호화 특성

1) 광투과도에 의한 호화

가열 호화에 의한 광투과도는 Willson등²¹⁾의 방법에 따라 0.1% 전분 혼탁액을 40°C부터 85°C까지 가열하면서 분광광도계(Shimadzu UV-120, UV-spectrometer)를 사용하여 625 nm에서 측정하였다.

2) 아밀로그라프에 의한 호화 양상

전분의 아밀로그라프에 의한 호화 양상은 Brabender / Visco / Amylograph를 사용하여 Medcalf 와 Gilles²⁴⁾의 방법에 따라 전분 혼탁액(3%, d. b.) 500 ml를 Amylograph bowl에 넣은 다음 30°C부터 94.5°C까지 1.5°C/min의 일정한 속도로 가열하고 94.5°C에서 15 분간 유지시킨 후 다시 1.5°C/min의 속도로 50°C까지 냉각시켰다. 이와같이 하여 얻어진 아밀로그램으로부터 호화개시온도, 최고점도, 냉각점도 등 아밀로그램 특성값을 구하였다. 호화개시온도는 점도가 10 B.U.

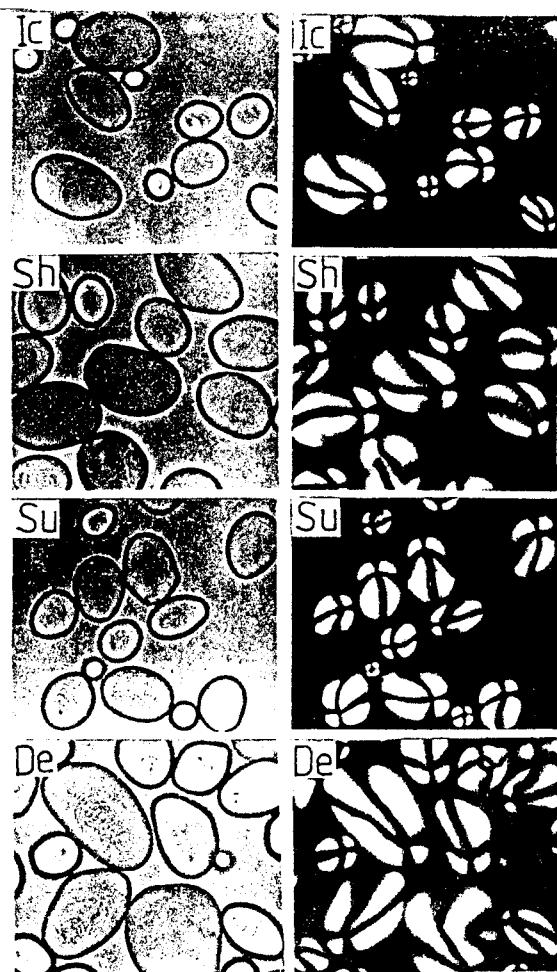


Fig. 1. Light (left) and polarized (right) micrographs of potato starch granules ($\times 400$).

Ic : Irish cobbler Sh : Shepody
Su : Superior De : Dejima

(Brabender Units)에 도달하는 온도로 나타내었다.

3) Differential Scanning Calorimetry (DSC)에 의한 호화

전분의 호화 온도와 호화 엔탈피는 Donovan^{22,23)}의 방법에 따라 전분에 중류수를 1:2의 비율로 가하여 DSC (Perkin-Elmer, DSC-4, U.S.A.)를 사용하여 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 30°C 부터 110°C 까지 가열하여 흡열(endothermic) peak을 얻었다.

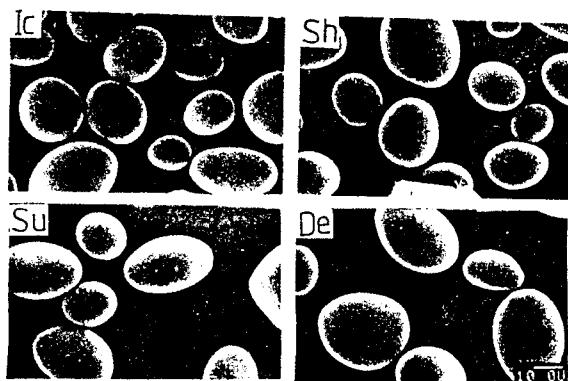


Fig. 2. Scanning electron micrographs of potato starch granules.

Ic : Irish cobbler Sh : Shepody
Su : Superior De : Dejima

III. 결과 및 고찰

1. 전분입자의 형태 및 크기 분포

남작, 수미, 세풍 및 대지마 전분입자의 크기는 균일하지 않으나 형태는 등근형과 타원형이고 hilum이 한쪽으로 치우친 동심원의 충상구조를 이루고 있었다(그림 1). 편광현미경으로 관찰한 전분입자는 복굴절이 뚜렷이 십자형으로 나타났고 전분입자의 표면구조는 그림 2와 같이 모두 매끄러웠고 품종간에 큰 차이를 보이지 않았으며 전분입자가 작은 것은 등근형, 전분입자가 큰 것은 타원형으로 존재했다.

전분입자의 크기와 분포는 표 1과 같다. 전분입자의 크기는 장경이 $10\sim 70 \mu\text{m}$ 의 범위로서 섹 등²⁵⁾이 보고한 $7.5\sim 68.1 \mu\text{m}$ 와 비슷하였다. 전분입자의 크기는 품종²⁶⁾, 재배조건 등^{4,27)}의 영향을 받으며 일반적으로 감자 전분입자의 크기는 $15\sim 100 \mu\text{m}$ 로서 평균 입경 $12.5\sim 35.5 \mu\text{m}$ 정도이다²⁷⁾.

남작과 세풍 전분입자는 $11\sim 30 \mu\text{m}$, 수미와 대지마 전분입자는 $21\sim 40 \mu\text{m}$ 에 분포하였다. 남작 전분입자가 작은 입자크기 ($11\sim 30 \mu\text{m}$)에 높은 분포율을 보이는 반면에 대지마 전분입자는 다른 양상을 보여 남작 전분입자보다 큰 입자크기 ($21\sim 40 \mu\text{m}$)에 높은 분포율을 보였다. Rasper²⁸⁾는 전분입자의 크기와 분포율이 전분의 행동이나 성질을 변화시킨다고 보고하였다.

Table 1. Percent distribution of starch granule size of potato

Starch	Granule size (μm)					
	<10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~70
Irish cobbler	0.6	48.5	46.2	3.9	0.6	0.2
Shepody	4.1	34.0	34.4	18.6	7.6	1.3
Superior	0.6	7.7	32.6	30.9	25.0	3.3
Dejima	1.4	14.6	35.8	29.1	18.5	0.6

Table 2. Proximate composition of potato starches

Starch	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Bound lipid (%)	Ash (%)
Irish cobbler	13.7	0.21	0.12	0.08	0.22
Shepody	14.0	0.22	0.11	0.09	0.21
Superior	13.7	0.22	0.10	0.10	0.20
Dejima	13.8	0.22	0.10	0.09	0.20

2. 이화학적 특성

1) 일반성분

전분의 일반성분은 표 2와 같이 조단백질 함량이 0.21~0.22%, 조지방 함량이 0.10~0.12%, 결합지방 함량이 0.08~0.10%, 회분이 0.20~0.22%로 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았다.

2) Blue value와 아밀로오스 함량

전분의 blue value, 아밀로오스 함량은 표 3과 같다. blue value 값은 남작 전분이 0.42, 세풍 전분이 0.41, 수미 전분이 0.40, 대지마 전분이 0.39로 분질감자인 남작 전분이 가장 높았고 점질감자인 대지마 전분이 가장 낮았다. 전분의 blue value는 전분입자의 구성성분과 오오드와의 친화성을 나타내는 값으로 전분용액중에 존재하는 직쇄상분자의 양을 상대적으로 비교할 수 있는 지표이다. 전분의 blue value는 아밀로오스 함량과 밀접한 관계가 있다¹³⁾. 그러나 Baldwin 등²⁹⁾은 아밀로오스 뿐만 아니라 아밀로펩틴 직쇄분자와도 비례한다고 하였다.

전분의 아밀로오스 함량은 남작 전분이 24.0%, 세풍 전분이 22.1%, 수미 전분이 21.3%, 대지마 전분이 20.4%로 Young³⁰⁾, Swinkels³¹⁾이 보고한 19.5%~24% 범위와 비슷하였으며 분질감자 전분이 중간질과 점질감자 전분보다 높게 나타났다. 이는 고구마 전분³²⁾에서

Table 3. Blue value, Amylose contents and Water binding capacity of potato starches

Starch	Blue value (%)	Amylose contents (%)	Water binding capacity (%)
Irish cobbler	0.42	24.0	96.1
Shepody	0.41	22.1	97.1
Superior	0.40	21.3	98.3
Dejima	0.39	20.4	98.9

와 같은 경향이었다.

3) 물결합 능력

전분의 물결합 능력은 표 3과 같다. 남작 전분이 96.1%, 세풍 전분이 97.1%, 수미 전분이 98.3%, 대지마 전분이 98.9%로 김등³³⁾이 보고한 73.8~80%보다 높게 나타났다. 분질감자 전분의 물결합 능력이 점질감자 전분보다 낮은 경향을 보였다. Medcalf와 Gilles¹⁶⁾는 전분의 결합수는 입자표면에 흡착된다고 했으나 Halick과 Kelly³⁴⁾에 의하면 전분입자의 내부 치밀도가 낮은 것이 수분 흡수도가 크다고 하였고 Beleia 등³⁵⁾은 물결합능력이 전분 입자의 결정부분과 비결정부분의 비율에 따라 결정된다고 하였다.

4) 팽윤력과 용해도

전분을 가열하면 전분입자는 팽윤되고 전분 구성물질

Table 4. Swelling power of potato starches

Starch	Temperature (°C)					
	55	60	65	70	75	80
Irish cobbler	2.96	18.01	43.51	73.76	83.60	100.53
Shepody	3.19	18.39	43.41	83.57	109.55	129.55
Superior	2.49	18.49	44.43	89.10	115.08	140.31
Dejima	3.01	18.19	44.09	76.76	102.70	114.00

Table 5. Solubility of potato starches

Starch	Temperature (°C)					
	55	60	65	70	75	80
Irish cobbler	6.30	6.75	10.20	15.45	21.55	23.50
Shepody	6.30	8.30	15.65	24.15	28.85	29.05
Superior	6.60	10.60	17.75	26.33	30.33	30.75
Dejima	6.30	6.85	13.65	23.55	25.35	26.05

중 일부가 물에 녹게 되는데 팽윤과 용해정도는 전분의 종류와 형태에 따라 달라서 팽윤력은 가열 중 전분입자의 물 흡수능력의 지표가 된다¹⁷⁾. 전분의 팽윤력은 표 4와 같이 남작, 세풍과 수미, 대지마 전분 모두 60°C 이후에서 급격한 증가를 보였으며 온도가 상승함에 따라 증가하였다. 이는 석등²⁵⁾의 보고와 일치하였다. 80°C에서의 팽윤력은 남작 전분(100.53%)이 가장 낮았고 수미 전분(146.31%)이 가장 높았다. 팽윤력이 높은 것은 가열에 따른 온도의 상승으로 전분입자내의 결합이 약해지고 불규칙한 배열을 이루기 때문이라 생각된다. Hahn³⁶⁾은 아밀로오스와 아밀로페틴의 비율과 미세구조에 따라 팽윤력이 다르다고 하였으며, Wong 및 Lelievre³⁷⁾은 전분입자의 결정도와 상관이 있다고 하였다. 또한 Juliano 등³⁸⁾은 비전분 성분의 함량 및 특성에 의해서도 전분입자의 팽윤정도에 영향을 받는다고 하였다. 전분의 용해도는 표 5와 같이 남작과 대지마 전분은 60°C, 세풍과 수미전분은 55°C 이상에서 급격히 증가하였고 80°C에서의 용해도는 남작 전분이 23.50%로 가장 낮았고 수미 전분이 30.75%로 가장 높았다.

5) 밀도

전분의 밀도는 xylene 치환법에 의하여 측정한 결과 남작 전분이 1.74 g/cc, 세풍 전분이 1.67 g/cc, 수미 전분이 1.54 g/cc, 대지마 전분이 1.52 g/cc로 분질인 남작 전분이 가장 높았다. 감자 전분의 밀도는 1.50±

0.01³⁹⁾이다.

6) X-선 회절도

전분의 X-선 회절도는 그림 3과 같다. 회절각도(2θ) 16.9°에서 강한 peak를 보였으며 5.6°, 22.2° 및 23.9°에서 중간 peak를, 11.2°, 26.3°에서 약한 peak를 보여 전형적인 B형의 특징을 보였다. 결정질 부분과 비결정질 부분의 peak 면적으로부터 계산되는 상대결정도는 품종간의 차이를 보여 남작 전분이 38.4, 세풍 전분이 36.8, 수미 전분이 36.2, 대지마 전분이 34.1로 남작 전분이 가장 높았다. Komiya 등²⁰⁾이 보고한 감자전분의 상대결정도는 34.3이었다. 또한 회절각도 16.9°에서의 peak 높이로부터 측정한 강도에 있어서도 peak 면적으로부터 계산된 상대결정도와 같은 양상으로 남작 전분이 강도가 가장 높았고 대지마 전분이 가장 낮았으며 세풍과 수미 전분은 그 중간의 강도를 보였다.

3. 호화 특성

1) 광투과도에 의한 호화

0.1% 전분 혼탁액을 가열하면서 광투과도를 측정한 결과는 그림 4와 같다. 각 시료 전분의 광투과도는 모두 50°C 이후부터 서서히 증가하여 60~65°C 이후에 급격한 증가를 보였으며 75°C 이후에 완만한 증가를 보였다. 이러한 경향은 품종간의 차이는 있으나 석등²⁵⁾의 보고와 일치하였다. 품종간의 광투과도의 차이는 60°C 이후부

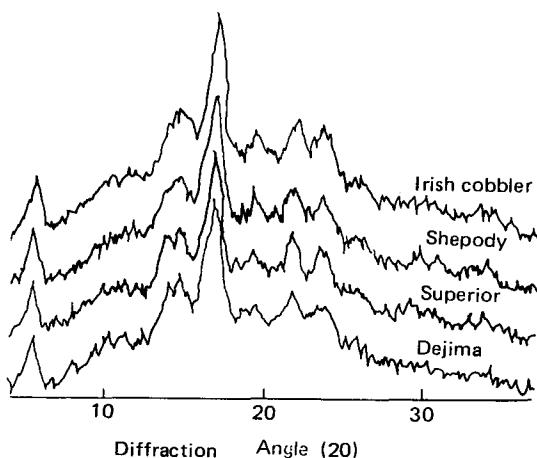


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of potato starches.

터 온도가 상승함에 따라 뚜렷이 나타나 수미 전분이 가장 높았으며 남작 전분이 가장 낮게 나타났다.

2) 아밀로그라프에 의한 호화 양상

Brabender amylograph에 의한 품종간 전분의 호화 양상은 그림 5와 같으며 이로부터 구한 점도 특성 값은 표 6에 나타내었다.

전분의 paste 점도는 전분입자의 팽윤정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 아밀로오스와 아밀로페틴의 함량 및 구조차이, 결정도에 의하여 결정된다⁴⁰⁾. 전분의 호화 개시온도는 수미 전분이 66.0°C, 세풍 전분이 67.5°C, 대지마 전분이 68.0°C, 남작 전분이 68.5°C로 광투과도에 의한 것보다 다소 높게 나타났으며, 수미 전분의 호화 개시온도가 가장 낮고 남작 전분의 호화 개시온도가 가장 높게 나타났다. 전분의 최고점도는 1000~715 B.U.로 수미 전분이 가장 높고 대지마 전분이 가장 낮았으며, 94.5°C에서 15

분후의 점도와 냉각점도는 660~570 B.U., 650~510 B.U.로 냉각점도에서 수미 전분이 가장 낮았다. breakdown은 열 및 전단력에 대한 저항력의 척도⁴¹⁾로 수미 전분의 breakdown이 420 B.U.로 가장 높았고 이는 석등²⁵⁾이 보고한 값(400 B.U.)과 비슷하였으며 남작 전분이 가장 낮았다. 석등²⁵⁾의 최고 점도가 높은 것이 breakdown도 높게 나타난다는 보고와 일치하였다. 분질감자인 남작전분이 젤질감자인 대지마 전분에 비해 호

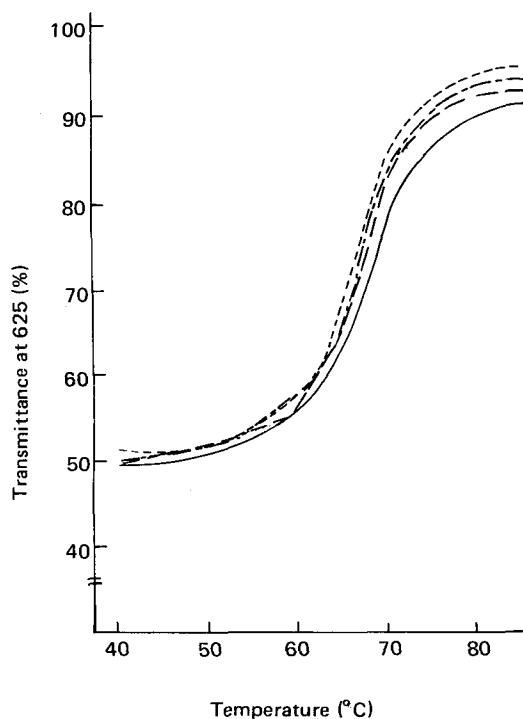


Fig. 4. Changes in transmittance of 0.1% potato starch suspension at various temperatures.

— Irish cobbler — Shepody
- - - Superior — — Dejima

Table 6. Characteristic values for potato starches by amylograph (3% d.b.)

Starch	Initial pasting temp (°C)	Peak viscosity (B.U.)	Viscosity at 94.5°C (B.U.)	Height at 94.5°C (15min.) (B.U.)	Height at 50°C (B.U.)	Breakdown (B.U.)
Irish cobbler	68.5	730	660	620	600	110
Shepody	67.5	870	850	660	650	210
Superior	66.0	1000	850	580	510	420
Dejima	68.0	715	660	570	550	145

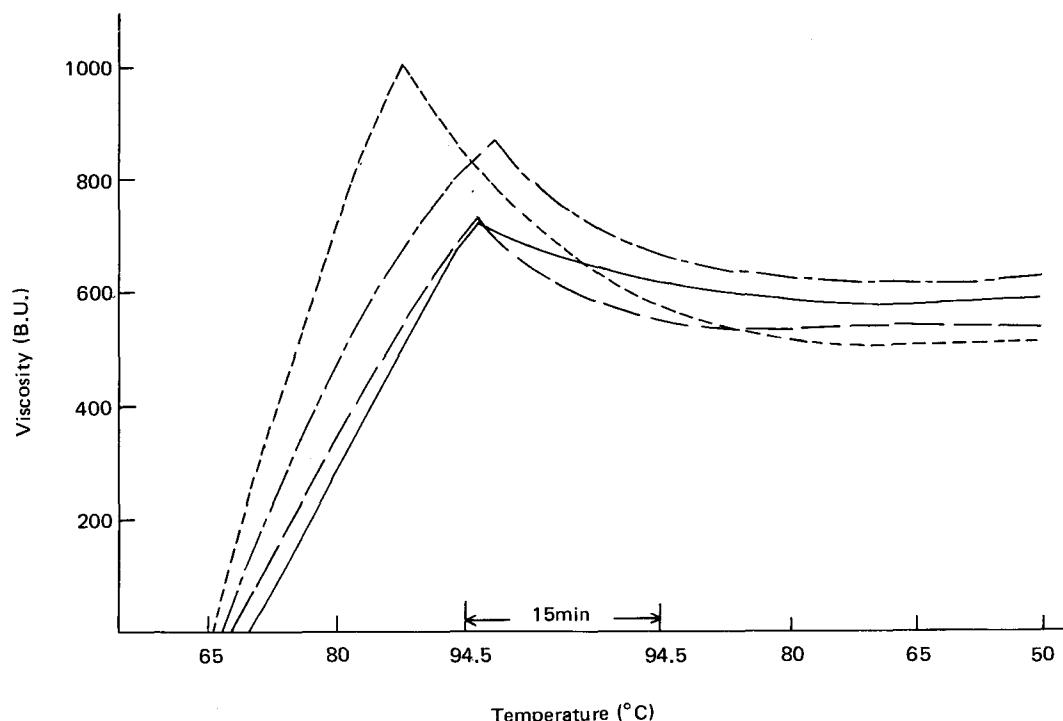


Fig. 5. Amylograms of potato starches.
 — Irish cobbler - - - Shepody
 - - - Superior - - - Dejima

Starch

Table 7. DSC characteristics of potato starches

Starch	Temperature (°C)					ΔH (cal/g)
	onset (To)	peak (Tp)	conclusion (Tc)	Tc-To		
Irish Cobbler	67.24	70.22	74.89	7.65		3.91
Shepody	66.47	69.33	74.00	7.53		3.93
Superior	65.68	68.43	73.56	7.88		3.90
Dejima	65.89	68.84	72.67	6.78		4.04

화개시온도, 최고점도, 94.5°C 가열점도 및 냉각점도가 높게 나타남은 고구마 전분에서와 같은 경향이었으나 breakdown은 낮게 나타났다. Juliano⁴²⁾는 breakdown이 아밀로오스 함량과 음의 상관, 95°C 가열점도, 냉각점도는 양의 상관이 있다고 하였다. 표 6의 결과는 남작, 세풍, 수미 및 대지마 전분의 아밀로오스 함량에 차이가 있음을(표 3) 보여주며 또한 각 시료 전분입자 크기의 분포, 팽윤력 및 결정도의 차이에 의한 것으로

생각된다.

3) Differential Scanning Calorimetry에 의한 호화

품종별 감자 전분의 DSC에 의한 호화양상은 그림 6과 같이 흡열반응을 보였으며 단일 peak (single endothermic transition)를 보였다.

호화개시온도는 표 7과 같이 수미 전분이 65.18°C로 가장 낮았으며 남작 전분이 67.24°C로 가장 높게 나타나

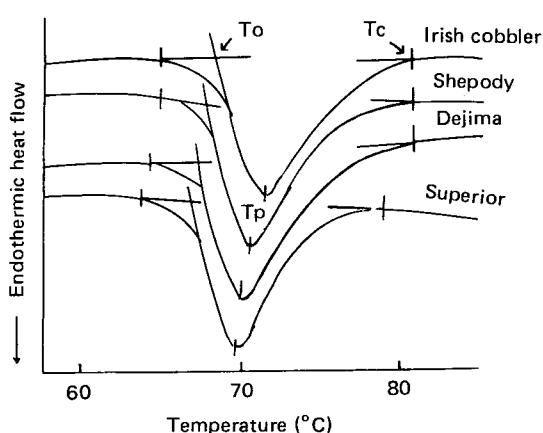


Fig. 6. Differential scanning calorimetry thermograms of potato starches.
To : onset temperature Tp : peak temperature
Tc : conclusion temperature

아밀로그램에 의한 호화 양상과 일치함을 보였다. peak 온도, 호화종료온도도 같은 경향으로 수미 전분이 가장 낮고 남작 전분이 가장 높았으며 호화온도범위($To-Tc$)는 대지마 전분이 가장 길었으며 남작 전분이 가장 짧게 나타났다. DSC transition온도 (To , Tp , Tc)는 호화온도와 매우 높은 상관을 보이므로⁴³⁾ 점질 감자인 대지마 전분이 분질감자인 남작 전분보다 더 호화되기 힘들다는 것을 보여준다. 또한 호화엔탈피(ΔH)와 높은 상관이 있다. 호화엔탈피가 높으면 전분입자가 호화되는데 저항을 가지며 구조를 무정형으로 하는데 많은 에너지를 필요로 한다.

Donvan²²⁾은 호화엔탈피는 적은 수분함량에서는 전분 crystallite melting, 많은 수분 함량에서는 입자팽윤, crystallite melting, 전분분자의 수화를 고려한 값을 나타낸다고 하였다. 품종별 호화엔탈피는 3.90~4.04 cal/g으로 Biliaderis 등⁴⁴⁾이 제시한 4.4 cal/g보다 다소 낮게 나타났지만 품종간의 차이는 뚜렷하지 않았고 호화온도 범위는 모든 시료 전분에서 Biliaderis 등⁴⁴⁾의 55°C ~85°C보다 짧게 나타났다.

IV. 요 약

분질감자인 남작, 중간질감자인 세풍과 수미, 점질감자인 대지마로부터 전분을 분리하여 입자의 형태, 이화

학적 성질 및 호화 특성을 비교 검토하였다. 전분입자는 모두 원형과 타원형이고 입자의 크기는 남작과 세풍 전분은 11~30 μm, 수미와 대지마 전분은 21~40 μm의 입자가 주를 이루었다. Blue value, 아밀로오스 함량, 상대결정도, 밀도는 남작 전분이 가장 높았으며 대지마 전분이 가장 낮았다. 물결합 능력, 팽윤력, 광투과도, 아밀로그라프에 의한 최고점도와 breakdown은 수미 전분이 가장 높았으며 남작 전분이 가장 낮았다. 호화개시온도는 남작 전분이 가장 높았으며 수미 전분이 가장 낮았다. DSC에 의한 호화엔탈피는 품종간의 차이가 뚜렷하지 않았다.

참 고 문 헌

- 1) 이혜수 : 조리과학, 교문사, p. 155 (1986).
- 2) Reeve, R.M.: Histological survey of conditions influencing texture in potatoes. I. Effects of heat treatments on structure, *Food Research*, 19:323 (1954).
- 3) Reeve, R.M.: Histological survey of conditions influencing texture in potatoes. II. Observations on starch in treated cells, *Food Research*, 19:333 (1954).
- 4) Barrios, E.P., Newson, D.W. and Miller, J.C.: Some factors influencing the culinary quality of irish potatoes. II. Physical characters, *Amer. Potato J.*, 40: 200 (1963).
- 5) Potter, A.S., Neel, E.M., Reeve, R.M. and Hendel, C. E.: Changes in the physical conditions of starch of the potato during precooking heating. *Amer. Potato J.*, 36:444 (1959).
- 6) Charley, M.: Food Science, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., USA, pp. 112-131 (1982).
- 7) Schweigert, S.B. and Howthorn, J.: Functional Properties of Food Components in Food Science and Technology, Academic Press, p. 27 (1985).
- 8) Willigen, A.H.A.: Potato starch. In Method in Carbohydrate Chemistry, ed. by Whistler, R.L., Academic Press; New York, Vol. IV, p. 9 (1964).
- 9) 조재선 : 식품재료학, 기전연구사, p. 200 (1981).
- 10) Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Synder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature and soybeans, *Cereal Chem.*, 55: 661 (1978).
- 11) MacMaster, M.M.: Microscopic techniques for determining starch granule properties, in Methods in Carbohydrate Chemistry, ed. by R.L. Whistler, Vol.

- IV, pp. 233-240. Academic Press. New York (1964).
- 12) A.O.A.C., Methods of Analysis of A.O.A.C. 14th ed. The Association of official Analytical Chemists. Washington, 249 (1984).
- 13) Gilbert, G.A. and Spragg, S.P.: Iodimetric determination of amylose, in Methods in Carbohydrate Chemistry. ed. by Whistler, R.L., Vol. IV, p. 168, Academic Press; New York (1964).
- 14) Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: Rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours, *Cereal Chem.*, **47**:411 (1970)
- 15) Schoch, T.J.: Fractionation of starch by selective precipitation with butanol. *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 2957 (1942).
- 16) Medcalf, D.F. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558 (1965).
- 17) Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches, in Methods in Carbohydrate Chemistry, ed. by R.L. Whistler, Academic Press, New York, Vol. IV, p. 106 (1964).
- 18) Smith, R.J.: Determination of absolute density, in Methods in Carbohydrate Chemistry, ed. by R.L. Whistler. Vol. IV., pp. 103-104, Academic Press; N. Y. (1964).
- 19) Zobel, H.F.: X-ray analysis of starch granules, in Methods in Carbohydrate Chemistry, ed. by R.L. Whistler, Vol. IV., p. 109, Academic Press, New York (1964).
- 20) Komiya, T., Yamada, T., Kawakishi, S. and Nara, S.: Effect of linseed oil on the Physicochemical properties of potato and corn starches during gamma irradiation, *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **29**:1 (1982).
- 21) Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Synder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature and soybeans, *Cereal Chem.*, **55**, 661 (1978).
- 22) Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches, *Cereal Chem.*, **60**:381 (1983).
- 23) Donovan, J.W.: Phase transitions of the starch-water system, *Biopolymers*, **18**:263 (1979).
- 24) Medcalf, D.F. and Gilles, K.A.: Effects of a lyotropic series on the pasting characteristics of wheat and corn starch. *Starche*, **18**, 101 (1966).
- 25) 석호문, 박용곤, 남연중, 민병용 : 품종별 감자전분의 이화학적 특성, *한국농화학회지*, **30**:330 (1987).
- 26) Murakami, N., Asama, K., Itoh, H. and Itoch, T.: Studies on starch in potato breeding, II. Variation indiameter of starch granules and inorganic constituents among various potato varieties and Solanum species. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **28**, 160 (1981).
- 27) Moss, G.E.: The microscopy of starch. In Examination and Analysis of Starch and Starch Products. ed. by Radley, G.A., Applied Science Publishers Ltd., London, Chap. 1 (1982).
- 28) Rasper, V.: Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. III. Particle size and particle size distribution, *J. Sci. Food Agric.*, **22**:572 (1971).
- 29) Baldwin, R.R., Bear, R.S. and Rundle, R.E.: The relation of starch iodine absorption spectra to the structure of starch and starch components, *J. Am. Chem. Soc.*, **66**:111 (1944).
- 30) Young, A.H.: Fractionation of starch in Starch Chemistry and Technology, ed. by Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, E.F., Academic Press, p. 251 (1984).
- 31) Swinkels, T.J.M.: Sources of starch, its chemistry and physics in Starch Conversion Technology, ed. by Van Beynum, G.M.A., Roels. J.A., Marcel Dekker Inc., N.Y., p. 27 (1985).
- 32) 신말식, 안승요 : 분질 및 점질 고구마 전분의 특성, *한국식품과학회지*, **20**:412 (1988).
- 33) 김성곤, 이신영, 박영곤 : 수분-열처리한 감자 및 고구마 전분의 호화특성, *한국식품과학회지*, **19**:435 (1987).
- 34) Halick, J.V. and Kelly, V.J.: Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.*, **36**, 91 (1959).
- 35) Beleia, A., Varriano, M.E. and Hoseney, R.C.: Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.*, **57**, 300 (1980).
- 36) Hahn, D.M., Jones, F.T., Akhavan, I. and Rockland, L.B.: Light and scanning electron microscope studies on dry beans, intracellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans (*Phaseolus lunatus*). *J. Food Sci.*, **42**, 1208 (1977).
- 37) Wong, R.B.K. and Lelievre, J.: Comparison of the crystallinities of wheat starches with different sealing capacities. *Stearke*, **34**, 159 (1982).
- 38) Juliano, B.O., Bautista, G.M., Lugay, J.C. and Reyes, A.C.: Studies on the physico chemical properties of

- rice, *J. Agric. Food Chem.*, **12**, 131 (1964).
- 39) French, D.: Organization of starch granules. In Starch Chemistry and Technology, ed. by Whistler, R.L., Bemiller, G.N. and Paschall, E.F., Academic Press, Inc., New York, p. 183 (1984).
- 40) Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.*, **45**, 564 (1968).
- 41) Schoch, T.J.: Microscopic examination of modified starches. *Anal. Chem.*, **28**, 382 (1956).
- 42) Juliano, B.O.: Criteria and test for quality in rice chemistry and technology. p. 486. AACC (1985).
- 43) Biliaderis, C.G., Page, C.M., Maurice, T.J. and Juliano, B.O.: Thermal characterisation of rice starch. A polymeric approach to phase transitions of granular starch. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 6 (1986).
- 44) Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, T.R.: Starch gelatinization phenomena study by differential scanning calorimetry, *J. Food Sci.*, **45**, 1669 (1980).