

감자의 수침에 따른 전분의 열 호화 특성

정난희 · 김경애* · 김성곤** · 서복영*** · 전은례
전남대학교 식품영양학과, *전남대학교 사범대학 가정교육과
단국대학교 식품영양학과, *한려대학교

Gelatinization Properties of Starch during Steeping of Potato

Lan-Hee Jung, Kyung-Ae Kim*, Sung-Kon Kim**, Bok-Young Sea***
and Eun-Raye, Jeon

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

**Department of Home Economics Education, Chonnam National University*

***Department of Food Science and Nutrition, Dankook University*

****Hanlyo University*

Abstract

The changes in gelatinization patterns of potato were investigated while steeping in water for 7 days at $30 \pm 1^\circ\text{C}$. The transmittance of 0.1% starch suspension was increased rapidly from 60°C in raw starch and the starch steeped for 2 days, and increased rapidly from 65°C in the starch steeped for 4 and 6 days. As the steeping period increased, the transmittance was decreased at above condition. The gelatinization temperature of the starch measured by differential scanning calorimetry was increased from 62.79°C to 63.72°C as the steeping period increased. The gelatinization enthalpy reached the maximum in the starch steeped for 4 days. By amylograph, the initial gelatinization temperature was increased from 66°C to 84°C as the steeping period increased. Peak viscosity was decreased during steeping and the starch steeped for 5 days had no peak viscosity. Peak height after cooling to 50°C was increased up to the 4th day and began to decrease. As the steeping period increased, there was much loss of birefringence at higher temperature. The crystallinity by X-ray diffraction disappeared from 65°C .

Key words: potato, steeping period, gelatinization, viscosity

I. 서 론

감자 수침 중 전분의 열 호화 특성을 측정하기 위해 전분¹⁾에서 전분의 입자 형태, X-ray 회절도, 밀도, 아밀로오스 함량, 알칼리 호화 특성 등을 알아보았다. 수침시켜 분리한 감자 전분은 수침 기간이 경과하여도 복굴절성을 유지하였고, 결정도는 수침 4일이 가장 컸으며, 밀도, 아밀로오스 함량은 수침에 의해 감소하였고, 알칼리에 의한 호화는 수침 3일까지는 감소하였다가 그 이후에 증가하였고, KSCN 용액에 의한 겔 부피는 수침 기간이 경과함에 따라 감소하였다.

따라서 본 연구에서는 감자를 수침시켜 얻은 전분과 생전분을 분리하여 열 호화 특성을 알아보기 위하여 광투과도, Differential Scanning Calorimetry, 아밀로그라프, X-선 회절법에 의한 호화 및 가열 온도에 따른

호화 양상을 비교 검토하여, 수침이 감자 전분의 호화 성질에 미치는 영향을 규명하기 위한 자료를 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

감자는 수원 농촌 진흥청 작물 시험장에서 1996년 6월 30일에 수확(생육기간: 90일)된 수미(Superior)를 시료로 사용하였다.

2. 감자의 수침

감자를 물로 씻어 표면의 흙·먼지를 제거하고, 감자와 동량의 증류수를 가하여 $30 \pm 1^\circ\text{C}$ 항온기에서 7일간 수침하였다.

3. 전분의 분리

감자 전분의 분리는 알칼리 침지법²⁾을 이용하여 생 감자를 물로 씻은 후 껍질을 벗기고 잘게 자른 다음 증류수를 가하여 와링블랜더에서 1분간 마쇄하였다. 70 mesh와 140 mesh 체로 반복 통과시켜 침전물을 얻었고 노란색이 없어질 때까지 5배 가량의 0.2% NaOH 용액으로 반복 처리하고 중성이 될 때까지 증류수로 씻어 정제 전분을 얻었다. 전분은 실온에서 2일간 건조한 후 100 mesh 체로 분쇄하였다. 또한 기간별로 수침시킨 감자도 같은 방법으로 전분을 분리하여 P₂O₅ 데시케이터하에서 보관, 사용하였다.

4. 전분의 호화 특성의 측정

(1) 광투과도

시료 전분의 호화 온도는 Wilson 등²⁾의 방법에 따라 0.1% 전분 현탁액을 50~85°C 범위의 각 설정 온도에서 5분간 가열한 후 분광광도계(Shimadzu UV-120, UV-Spectrometer)를 사용하여 625 nm에서 광투과도를 측정하였다.

(2) Differential Scanning Calorimetry(DSC)에 의한 호화

시료 전분의 호화 온도는 DSC(Du Pont Instruments 910)를 사용하여 Donovan 등의 방법^{3,4)}에 따라 행하였다. 전분 4 mg과 물을 1:2의 비율로 혼합하여 aluminum sample pan에 넣어 완전히 밀봉한 후 실온에서 4시간 방치하고, 30°C에서 100°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였다. DSC의 endothermic peak로부터 호화 개시 온도(T_i), 호화 정점 온도(T_p), 호화 종료 온도(T_f) 및 호화 엔탈피(ΔH, cal/g)를 구하였다.

(3) 아밀로그래프에 의한 호화

전분의 호화 양상은 Brabender/Visco/Amylograph를 사용하여 Medcalf와 Gilles 등의 방법⁵⁾에 따라 측정하였다. 전분 농도를 건물중량 3%로 하여 500 ml Amylograph bowl에 넣은 다음 30°C로부터 95°C까지 1.5°C/min의 일정한 속도로 가열하고 94.5°C에서 15분간 유지시킨 후 다시 1.5°C/min의 속도로 50°C까지 냉각시켰다. 이와 같이 하여 얻어진 아밀로그래프로부터 호화 개시온도, 최고 점도, 95°C에서의 점도, 냉각 점도를 구하였다. 이때 호화 개시 온도는 점도가 10 B.U.(Brabender Unit)에 도달하는 온도로 나타내었다.

(4) 가열 온도에 따른 호화

5% 전분 현탁액을 55°C, 60°C, 65°C의 각 온도에서 60분간 교반하면서 가열한 다음 즉시 95% ethanol로 탈수하고 P₂O₅ 하에서 건조하여 100 mesh 체를 통과

하도록 분쇄하였다. 가열 온도에 따른 호화 정도는 현미경과 X-ray diffractometer로 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 광투과도

0.1% 전분 현탁액을 가열하면서 광투과도를 측정 한 결과는 Fig. 1과 같다. 전분의 광투과도는 온도가 상승함에 따라 모두 증가하였으며, 수침 기간이 경과할수록 일정한 온도에서의 광투과도는 낮아졌다. 생 전분의 광투과도는 60°C까지는 거의 변화가 없었으나 이후 급격히 증가하는 일단계 호화 양상을 보여 Nakamura⁶⁾의 보고와 비슷하였다.

수침 2일 전분은 생전분과 비슷한 양상으로 60°C에서 급격히 증가하였고, 3일 이후에는 65°C, 수침 7일에는 70°C에서 급격히 증가하여 수침 기간이 증가한 전분일수록 더 높은 온도에서 호화가 개시됨을 알 수 있었다. 수침 기간이 경과할수록 일정한 온도에서의 광투과도는 낮아졌다. 광투과도의 증가로부터 구한 호화 온도는 생전분의 경우 60°C로서 석 등¹⁵⁾의 보고와 같았으며, 수침 2일까지는 60°C이었다. 수침 기간이 경과함에 따라 호화 온도가 높아져 수침 3일에서 6일까지는 63°C, 7일은 67°C를 보였다. 시료 전분간의 이러한 호화 양상의 차이는 수침으로 인한 전분 입자 내

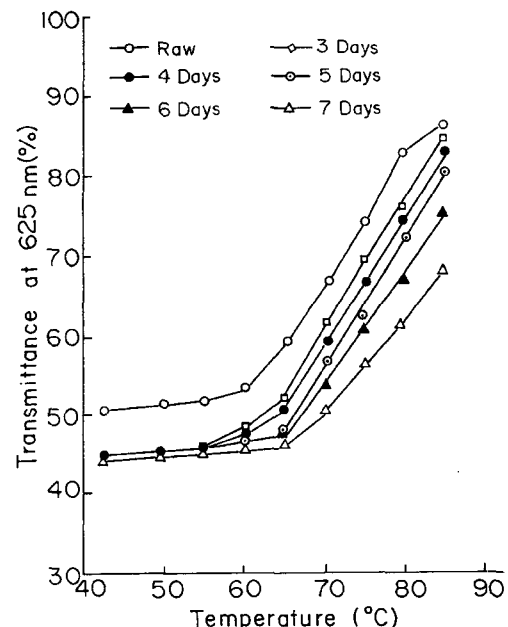


Fig. 1. Changes in transmittance of 0.1% potato starch suspension at various temperatures.

부 결합력의 차이와 성분 함량의 차이로 인한 팽윤 및 열에 대한 저항성의 차이, 아밀로오스 함량의 차이에 의한 것으로 생각된다^{7,8)}.

2. Differential Scanning Calorimetry에 의한 소화

전분의 DSC에 의한 소화 양상은 Fig. 2와 같이 모두 흡열반응을 나타냈으며 단일 peak(single endothermic transition)를 보였다. 각 시료 전분의 소화 온도와 소화 엔탈피(ΔH)는 Table 1과 같다. 생전분은 62.79°C에서

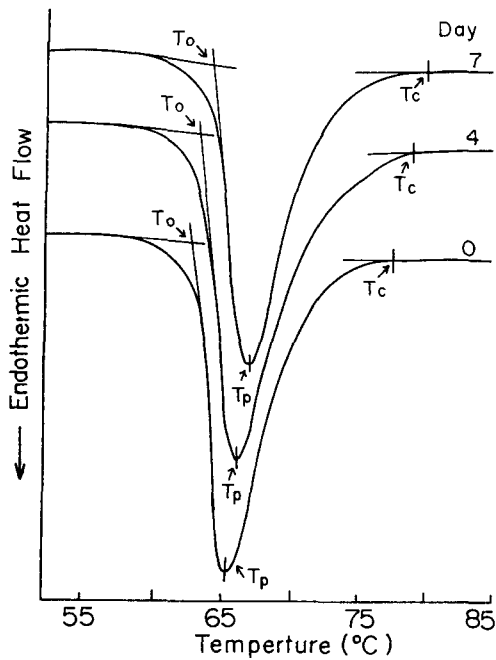


Fig. 2. Differential scanning calorimetry thermograms of starch during steeping of potato. T_o : onset temperature, T_p : peak temperature, T_c : conclusion temperature.

Table 1. Gelatinization temperatures of starch during steeping of potato by DSC

Steeping periods (day)	Gelatinization temperature (°C)			ΔH (cal/g)
	T_o	T_p	T_c	
0	62.79	65.86	77.70	4.15
1	63.22	66.13	77.70	4.16
2	62.74	65.52	77.70	4.38
3	62.74	65.49	77.70	4.54
4	62.82	65.94	78.41	4.94
5	63.44	66.46	79.84	4.38
6	63.14	66.13	79.13	4.21
7	63.72	66.84	79.84	4.18

T_o : onset temperature, T_p : peak temperature, T_c : conclusion temperature.

호화가 시작되었으며 peak 온도는 65.86°C, 종료 온도는 77.70°C로 Komiya 등이⁹⁾ 제시한 62~77°C와 비슷하였다. 수침 4일 전분의 소화 개시 온도는 62.82°C, peak 온도는 65.94°C, 종료 온도는 78.41°C였으며, 수침 7일 전분의 소화 개시 온도는 63.72°C, peak 온도는 66.84°C이었다. 종료 온도는 79.84°C로 수침 기간이 경과함에 따라 소화 온도는 높아졌으며 소화 온도 범위도 생전분의 62.79~77.70°C, 수침 4일은 62.82~78.41°C로 길어졌으며, 수침 7일은 63.72~79.84°C로 더 길어졌다. DSC transition 온도(T_o , T_p , T_c)는 수침 기간이 길수록 소화되는데 더 힘들다는 것을 보여준다. 소화 엔탈피는 생전분이 4.15 cal/g으로 Billiaderies 등⁴⁾의 4.4 cal/g보다 약간 낮았다. 수침한 전분은 수침 기간이 경과함에 따라 수침 4일 전분이 4.94 cal/g로 증가하였다가 그 이후 감소하였다. 소화 엔탈피(ΔH)가 높으면 전분 입자가 소화되는데 저항을 가지며 구조를 무정형으로 하는데 많은 에너지를 필요로 한다. 수침 4일에 소화 엔탈피가 가장 크게 나타났는데 이는 수침 4일 전분 입자의 결정성이 가장 높기 때문인 것으로 생각된다. Wada 등¹⁰⁾도 전분 입자의 결정성이 낮으면 소화 개시 온도도 낮고 소화열도 작다고 보고하였고, Reyes 등⁸⁾도 전분의 소화 양상이 전분의 아밀로오스 함량, 각 구성 분자량, 입자의 크기, 입자의 미세 구조 등에 의해 영향을 받는다고 보고하였다.

3. 아밀로그래프에 의한 소화

Brabender amylograph에 의한 전분의 소화 양상은 Fig. 3과 같고, 이로부터 구한 특성값은 Table 2와 같다. 생전분의 소화 개시 온도는 66.0°C로 석 등¹¹⁾이 보고한 63.5°C보다는 약간 높은 값을 보였다. 또한 DSC에 의한 62.79°C보다도 높은 값을 보였다. 이는 전분의 종류나 소화 온도를 측정하는 방법에 따라 차이를

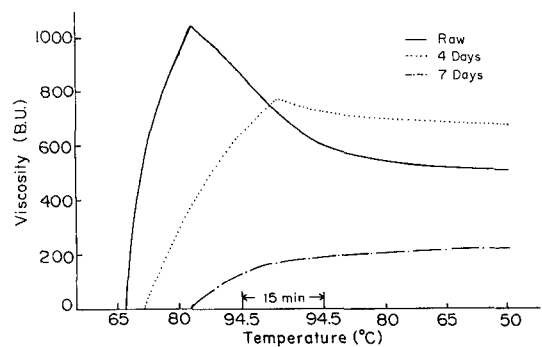


Fig. 3. Amulograms of starch during steeping of potato.

Table 2. Amylograph indices on starch during steeping of potato (3% d.b.)

Steeping periods (day)	Initial pasting temp. ¹⁾ (°C)	Peak height (B.U.)	Temp. at peak height (°C)	Viscosity at 94.5°C (B.U.)	After 15 min. height ²⁾ (B.U.)	Peak height at 50°C (B.U.)
0	66.0	1,010	84	850	580	510
1	66.0	1,040	84.5	840	600	560
2	67.5	920	94.5	900	620	580
3	67.5	820	94.5	800	680	540
4	69.0	780	94.5	640	710	680
5	79.5	np ³⁾	np ³⁾	210	420	520
6	84.0	np ³⁾	np ³⁾	220	380	475
7	84.0	np ³⁾	np ³⁾	120	180	240

¹⁾Temperature at which the initial rise in the curve reached 10 B.U.

²⁾Peak height after 15 min. holding at 94.5°C.

³⁾No peak observe.

보이기 때문이라고 생각된다. 수침한 전분은 수침 4일 69.0°C, 수침 7일에 84.0°C로 수침 기간이 경과함에 따라 높아졌다. 생전분의 최고 점도는 1,010 B.U.이었고 수침 기간이 경과할수록 온도는 높아졌으나 점도는 점차 감소하여 수침 4일에는 780 B.U.이었고 5일 이후는 나타나지 않았다. 94.5°C에서 15분 후의 점도는 생전분이 580 B.U.이었으며 수침 기간이 증가함에 따라 증가하여 수침 4일에는 710 B.U.로 크게 증가하였다가 그 이후는 낮아져서 수침 7일에서는 180 B.U.이었다. 냉각 점도도 수침 4일에서 크게 증가하였다가 그 이후에는 낮아졌다. 전분 paste의 점도는 전분 입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량 및 구조 차이 등에 의하여 결정된다^{12,13)}.

4. 가열 온도에 따른 호화

5% 전분 현탁액의 가열 온도에 따른 광학과 편광 현미경으로 관찰한 전분 입자의 형태와 복굴절성의 변화는 Fig. 4와 같다. 60°C에서 생전분은 팽윤되기 시작하여 입자의 크기가 커졌으나 수침 기간이 경과함에 따라 전분 입자의 크기 변화는 거의 없었다. 또한 복굴절성은 수침 기간에 차이를 보이지 않아 생전분과 같이 모두 뚜렷하게 유지되었다. 65°C에서는 생전분이 호화되기 시작하여 입자의 형태가 거의 남아 있지 않았고 복굴절성도 많이 소실되었다. 수침 기간이 경과함에 따라 전분 입자의 형태가 부분적으로는 뚜렷하게 남아 있었고 복굴절성도 일부 남아 있었다. 생전분보다 수침 7일 전분에서 입자 형태가 부분적으로 더 남아 있었고 복굴절성 소실이 더 늦게 나타났다. 강 등¹⁴⁾은 감자 전분을 입자별로 가열 호화하여 구조

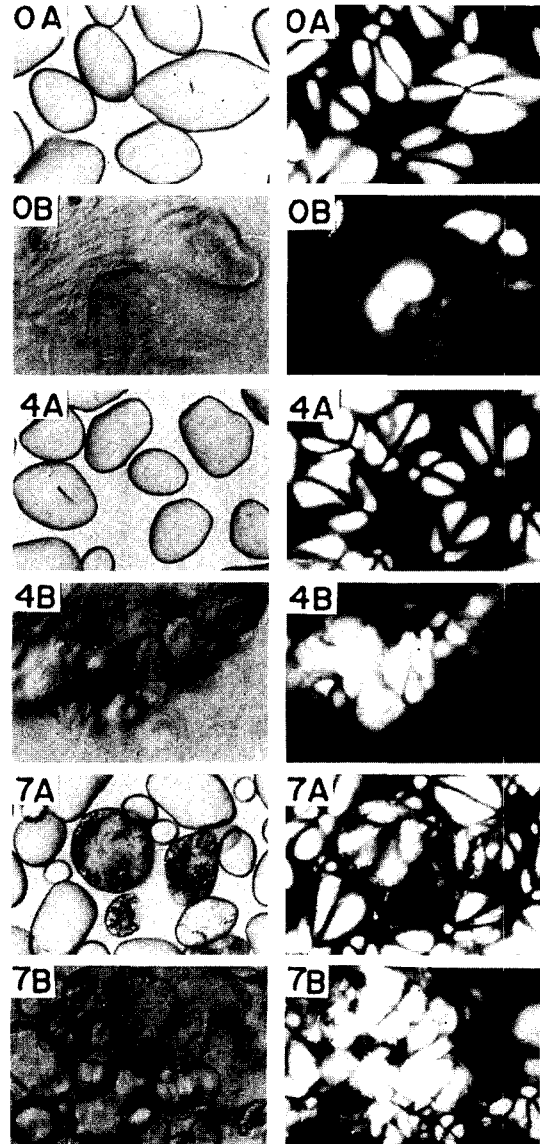


Fig. 4. Light (left) and polarized (right) micrograph of potato starch granule on heating ($\times 200$). Numbers are the steeping periods (day) A: 60°C, B: 65°C.

적인 변화를 관찰하였는데, 큰 입자는 50°C부터 표면이 조금씩 깨지기 시작하였고 작은 입자는 60°C에서부터 표면에 변화가 나타났다고 하였다. 복굴절성은 두 전분 모두 큰 입자가 60°C에서부터 없어지기 시작했고 작은 입자는 65°C에서 없어지기 시작했다고 하였다.

X-선 회절도에 의한 결정 구조의 변화는 Fig. 5와 같다. 결정형은 회절 각도(2θ) 17°에서 강한 peak, 22.2°와 23°에서 중간 peak, 19.3°에서 약한 peak를 보

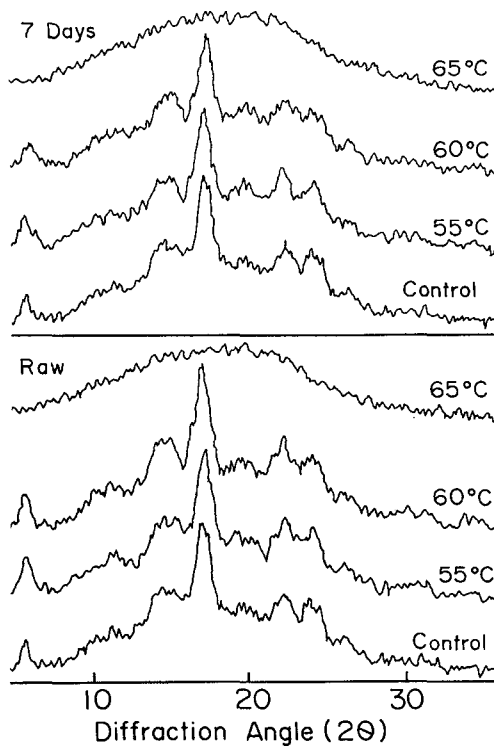


Fig. 5. Changes of X-ray diffractograms in pasting of potato starch at various temperatures.

여 전형적인 B형의 peak를 보여 주었다¹⁵⁾, 가열 온도에 따른 결정 구조의 변화는 시료 모두 60°C까지는 결정 구조의 변화가 없었으나 65°C에서 시료 전분 모두 peak가 거의 소실되어 65°C 전후에서 호화됨을 알 수 있었고 이는 DSC, 아밀로그래프의 결과와 비슷하였다. 강 등¹⁶⁾은 감자 전분을 입자별로 가열 호화하여 구조적인 변화를 관찰하였는데, 입자 크기에 관계없이 65°C에서 결정성이 크게 감소하였고 70°C에서는 결정성을 볼 수 없었다고 하였다.

IV. 결 론

감자의 수침이 전분의 성질에 미치는 영향을 규명하기 위하여 감자를 30±1°C에서 7일간 수침 시키면서 수침 기간별 감자 전분의 열 소화 특성을 생전분과 비교하였다.

1. 0.1% 전분 현탁액의 광투과도는 생전분은 60°C 이후부터 급격히 증가하였으며 수침 기간이 경과함에 따라 65°C 이후부터 급격히 증가하였고 같은 온도에서의 광투과도는 낮게 나타났다.
2. Differential Scanning Calorimetry(DSC)에 의한

호화 개시 온도는 생전분이 62.79°C였으며 수침 기간이 경과함에 따라 약간 높아져 수침 7일 전분은 63.72°C였다. 호화 엔탈피(Δ H)는 생전분이 4.15 cal/g 이었고 수침 4일 전분에서 4.94 cal/g로 증가하였다가 수침 7일 전분에서는 4.18 cal/g으로 감소하였다.

3. 아밀로그래프에 의한 전분의 호화 양상은 생전분 호화 온도는 66.0°C이었고 수침 기간이 경과함에 따라 높아져서 수침 7일 전분에서는 84.0°C였다. 최고 점도는 수침 기간에 따라 점차 감소하여 수침 5일 이후에는 최고 점도가 나타나지 않았고 냉각 점도는 생전분이 510 B.U.이었으나 수침 4일 전분에서는 680 B.U.로 증가하였다가 수침 7일 전분에서는 240 B.U.로 감소하였다.

4. 가열에 의한 전분 입자의 형태와 복굴절성 소실은 수침 기간이 경과함에 따라 더 늦게 나타났고 X-선 회절에 의한 결정성은 시료 모두 65°C에서 거의 소멸되었다.

참고문헌

1. 김경애, 김성곤, 정난희, 박영란: 감자의 수침에 따른 전분의 알칼리 호화 특성, 한국조리과학회지, 14, 3 (1998).
2. 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).
3. Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: DSC of heat moisture treated wheat and potato starch, *Cereal Chem.*, 60, 381 (1983).
4. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R.: Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, 45, 1669 (1980).
5. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starches, I. Comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, 42, 558 (1965).
6. Nakamura, D.T.: Form and structure of starch granules, in "Starch Science Handbook" 4th ed. by Nakamura, D.T. and Suzuki, S.O., p. 138, Asakura Book Store Co., Japan (1980).
7. Kaisaku, S.: Water binding, swelling power and gelatinization of the starch granules, in "Starch Science Handbook", p. 33, Asakura Book Store Co., Japan (1980).
8. Reyes, A.C., Albano, E.L., Briones, V.P. and Juliano, B.O.: Varietal differences in physicochemical properties of rice starch and its fractions, *J. Agr. Food Chem.*, 13, 438 (1965).
9. Komiya, T., Nara, S. and Tsu, M.: Changes in cry-

- stallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment, *38*, 9 (1986).
10. Wada, K., Takahashi, K., Shirai, K. and Kawamura, A.: DTA applied to examing gelatinization of starches in foods, *J. Food Sci.*, **44**, 1366 (1979).
 11. 석문호, 박용근, 남영중, 민병용: 품종별 감자 전분의 이화학적 특성, *한국농화학회지*, **30**, 133 (1987).
 12. Lorenz, K. and Kulp, K.: Physicochemical properties of defatted heat-moisture treated starches, *Starke*, **35**, 123 (1983).
 13. Schweigert, S.B. and Hawthorn, J.: *Functional Properties of Food Components*, Academic Press (1985).
 14. 강길진, 김 관, 김성곤, 박양균, 한재경: 감자 전분의 입자별 성질, *한국식품과학회지*, **21**, 528 (1989).
 15. Zobel, H.F.: X-ray analysis of starch granules, in "Methods in carbohydrate Chemistry", ed. by Whistler, R.L., Vol. 4, p. 109, Academic Press: New York, N.Y. (1964).
-
- (1998년 6월 25일 접수)