

감자전분의 입자별 성질

강길진·김 관·김성곤*·박양균**·한재경***
전남대학교 식품공학과, *단국대학교 식품영양학과
목포대학 식품공학과, *국방과학연구소

Properties of Large and Small Starch Granules of Potato Kil-Jin Kang, Kwan Kim, Sung-Kon Kim*, Yang-Kyun Park** and Jae-Gyoung Han***

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju
**Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul*
***Department of Food Science and Technology, Mokpo National College, Mokpo*
****Agency for Defence Development, Daejeon*

Abstract

Starches isolated from Seipoong and Daeji potato were classified into small and large granules. The starch granule size for Seipoong and Daeji was in the range of 10 - 85 μ m and 13 - 90 μ m, respectively. Seipoong starch contained more large granules (>41 μ m) while Daeji starch had more small granules (<30 μ m). There was no difference in water-binding capacity both between two starches and among granule sizes. Amylose content for two starches was the same but was higher in large starch granules than small ones. Swelling powder at 80 $^{\circ}$ C for parent starches was essentially the same but small starch granules had much higher swelling powder than large ones. The large starch granules for Daeji showed higher peak viscosity by amylograph than small starch granules. No such difference was observed for Seipoong starch. The gelatinization temperature range of small starch granules was wider than that of large ones, but gelatinization enthalpy was the same between large and small starch granules. The starches regardless granule sizes were completely gelatinized at 70 $^{\circ}$ C.

Key word: large potato starch granule, small potato starch granule, potato starch

서 론

감자의 주요성분은 수분을 제외하면 당질로서 우리나라 감자의 당질 함량은 13.4~18.1%(평균 15.5%) 정도이다⁽¹⁾. 감자는 옥수수, 고구마와 함께 우리나라의 주된 전분 자원이나 감자로부터의 전분 생산량은 총 전분 생산량의 0.3% 이하이다⁽²⁾. 세계적으로도 감자는 약 3% 정도가 전분 생산에 이용되고 있는데, 전체 전분 생산량(약 200만톤)의 25%가 화란에서 생산되고 있다⁽³⁾. 감자전분은 외국에서 식품, 제지, 방직, 접착제 등의 산업에 이용되고 있으나⁽³⁾ 우리나라의 경우에는 라면에 감자의 변성전분이 쓰인 것 이외에는 뚜렷한

산업적인 방법이 확립되어 있지 않다. 감자전분의 입자 크기는 15~100 μ m 정도로서 산업적으로 이용하는 전분 중에서 가장 크며 산 처리 전분 등의 제조에는 입자가 큰 전분이 더 적합한 것으로 알려져 있다⁽⁴⁾.

감자전분 입자는 그 크기에 따라 성질이 다른 잘 알려져 있다⁽⁵⁻⁸⁾. 큰 입자는 작은 입자보다 아밀로그래프의 최고 점도가 더 높는데, 그 원인은 큰 입자와 작은 입자의 인(P) 함량의 차이에 의한 것으로 보고되어 있다⁽⁵⁾. 우리나라 감자전분에 대한 연구는 아주 적어 이화학적 성질^(9,10), 무기질⁽¹¹⁾ 수분-열처리⁽¹²⁾ 등에 대한 연구가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 감자전분을 입자의 크기별로 분획하여 일반성질과 호화특성을 비교하므로써 감자전분의 이용성 향상을 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

Corresponding author: Kil-Jin Kang, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju, 500-757

재료 및 방법

재료

감자 품종은 세풍과 대지로서 전라남도 농촌진흥원 완도 난지시험장에서 1988년 6월에 수확된 것을 사용하였다.

전분분리 및 입자별 분획

전분을 알칼리침지법⁽¹³⁾으로 분리하고 침강법⁽¹⁴⁾에 의하여 큰 입자와 작은 입자를 분획하였다.

전분입자의 분포 및 성상조사

전분입자를 광학현미경으로 400개 입자의 크기를 측정하고 이로부터 분포 비율을 구하였다. 또한 Hematometer (서독 Superior 회사)를 이용하여 전분 1g 당 입자수를 계산하였다.

전분입자의 성상은 광학현미경, 편광현미경과 주사전자현미경을 사용하여 조사하였다.

이화학적 성질의 측정

전분의 일반성질은 AACC 법⁽¹⁵⁾으로, 아밀로오스 함량은 Williams 등⁽¹⁶⁾의 방법으로 측정하였다. 표준곡선은 감자의 아밀로오스(미국 시그마회사 제품)와 Schoch⁽¹⁷⁾의 방법으로 분리한 아밀로펙틴을 일정비율로 섞어 작성하였다. 전분의 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles⁽¹⁸⁾의 방법으로, 팽윤력과 용해도는 Schoch⁽¹⁹⁾의 방법에 따라 80°C에서 측정하였다. 전분의 X-선 회절도는 X-선 회절기(일본 Rigaku 회사)를 사용하여 조사하였다.

호화양상

전분(6%, db)의 호화양상은 Brabender Visco/Amylo/Graph를 사용하여 Medcalf와 Gilles⁽²⁰⁾의 방법으로 조사하였다.

호화온도의 측정

전분의 호화온도는 Differential scanning calorimeter(DSC-4, Perkin-Elmer, U. S. A.)를 이용하여 Donovan 등⁽²¹⁾의 방법으로 측정하였다. 전분과 증류수의 비는 1:2(w/w)이었고, 가열속도는 분당 10°C이었다.

가열호화 중 구조변화의 조사

전분 현탁액(6%, db)을 1분에 1°C씩 상승시켜 일정 온도(50~70°C)에서 30분간 유지시킨 다음 에탄올과 에테르로 탈수시키고 진공오븐에서 건조시킨 다음 현미경과 X-선 회절기로 구조변화를 조사하였다.

결과 및 고찰

전분입자의 크기분포와 성상

전분입자의 크기 분포도는 그림 1과 같다. 세풍과 대지전분 모두 입자의 크기는 10~90 μm의 범위로서 우리나라의 감자전분에 대해 석 등⁽¹⁰⁾이 보고한 입자의 크기 7.5~68.1 μm보다 조금 큰 값을 보였다. 전분입자의 크기는 품종^(10,22), 재배조건⁽⁴⁾ 등의 영향을 받으며 일반적으로 감자전분의 입자크기는 5~100 μm 정도로 알려져 있다⁽²³⁾. 두 전분입자의 크기는 30 μm 이하의 작은 입자는 세풍전분이 58.0%, 대지전분이 62.7%이었고, 41 μm 이상의 큰 입자는 세풍전분이 20.6%, 대지전분이 18.0%로서 세풍전분이 대지전분보다 큰 입자가 많았다.

전분입자의 크기별 특성은 표 1과 같다. 대지전분 입자의 길이는 13~90 μm, 폭은 10~68 μm로 세풍전분 입자의 길이 10~85 μm, 폭 10~60 μm보다 약간 큰

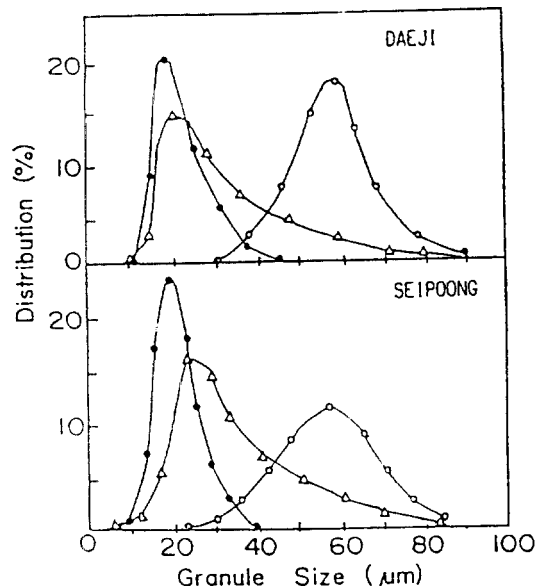


Fig. 1 Distribution of potato starch granules.
 △-△: parent starch granules
 ○-○: large starch granules
 ●-●: small starch granules

Table 1. Characteristics of potato starch granules

Starch granules	Length (μm)	Mean ±SD	Width (μm)	Mean ±S.D.	L/W	Number of granules per g starch
Parent						
Seipoong	10-85	30.7 ± 13.2	10-60	22.5 ± 7.8	1.34	0.90 × 10 ⁸
Daeji	13-90	38.6 ± 13.9	10-68	22.9 ± 8.7	1.31	0.87 × 10 ⁸
Large						
Seipoong	20-85	52.0 ± 12.3	20-60	33.4 ± 8.0	1.57	0.45 × 10 ⁸
Daeji	30-90	54.7 ± 11.4	25-75	33.2 ± 8.5	1.44	0.41 × 10 ⁸
Small						
Seipoong	10-40	20.0 ± 5.4	10-28	16.3 ± 8.7	1.24	2.38 × 10 ⁸
Daeji	13-45	21.5 ± 5.9	10-33	17.8 ± 4.5	1.19	2.33 × 10 ⁸

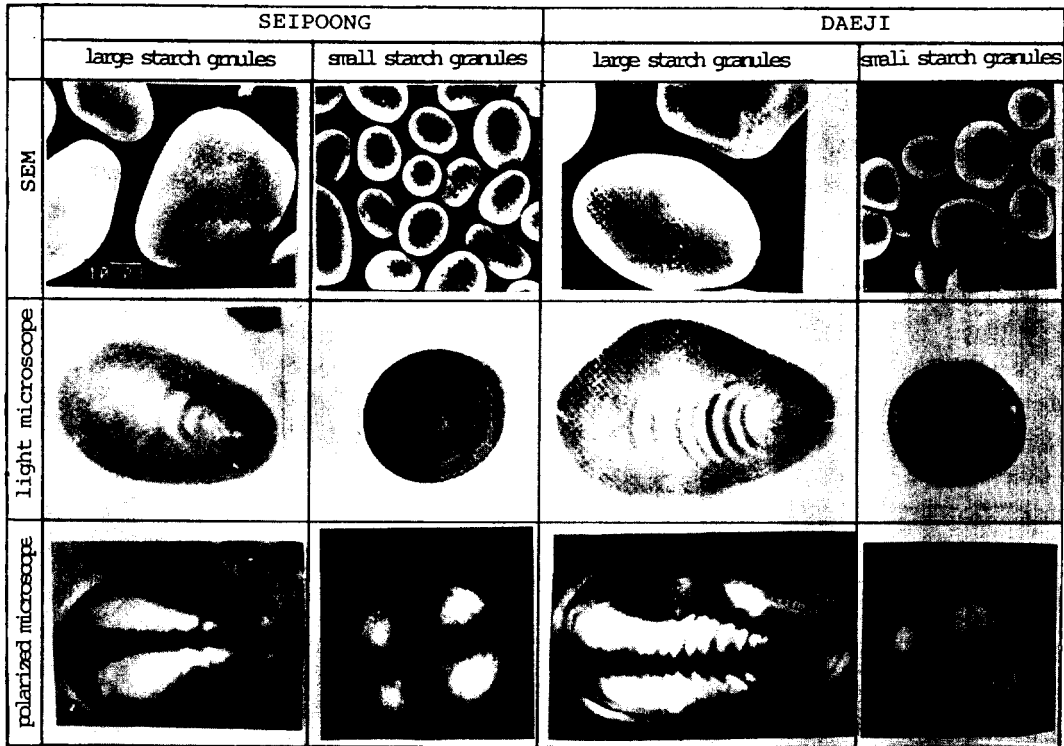


Fig. 2. SEM(top), light(middle) and polarized(bottom) micrographs of potato starches.

값을 보였는데 입자별에 있어서도 마찬가지였다. 전분 1g 당 입자수는 세풍전분이 0.90×10⁸개, 대지전분이 0.87×10⁸개 이었다. Swinkels⁽²³⁾는 감자전분이 1g 당 입자수는 0.6×10⁸개, Rasper 와 Deman⁽²⁴⁾은 0.85×10⁸개 정도라고 보고하였다. 작은 입자의 1g 당 입자수는 큰 입자수에 비해 대지는 5.6배, 세풍은 5.3배 많았다(표 1).

전분입자의 성상은 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았으나 복굴절성의 모양은 큰 입자와 작은 입자가 서로 달랐다(그림 2). 복굴절성의 강도는 입자의 두께, 결정도와 결정의 배열 상태 등에 영향을 받는다⁽²⁵⁾. 따라서 감자전분의 경우 큰 입자와 작은 입자는 결정구조가 서로 다른 것으로 생각된다.

Table 2. Physico-chemical properties of potato starch granules

Starch granules	Protein (Nx 6.25) (%)	Fat (%)	Ash (%)	Amylose content (%)	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility at 80°C (%)
Parent							
Seipoong	0.08	0.07	0.23	21.7	88.3	125	30
Daeji	0.09	0.08	0.22	21.5	87.8	120	35
Large							
Seipoong	0.09	0.07	0.22	22.8	89.8	102	37
Daeji	0.08	0.07	0.20	22.5	88.3	99	41
Small							
Seipoong	0.09	0.08	0.25	20.7	89.0	142	19
Daeji	0.09	0.08	0.24	19.8	87.7	139	20

전분의 이화학적 성질

전분의 일반성질은 품종별, 입자별로 큰 차이를 보이지 않았다(표 2). 감자전분의 지방함량은 없거나 아주 낮다고 알려져 있다(25).

시료 전분의 아밀로오스 함량은 두 품종 모두 큰 입자가 작은 입자보다 2% 정도 높았다. Kainuma 등(5)은 감자전분에서 작은 입자(<10 μm)와 큰 입자(>50 μm)는 아밀로오스 함량에 차이를 보이지 않는다고 하였다. 그러나 밀 전분(26)은 큰 입자(>10 μm)가 18.7~20.9%, 작은 입자(<10 μm)가 16.9~19.2%이고, 보리전분(27)은 큰 입자(10~25 μm)가 22.1%, 작은 입자(<5 μm)가 19%로 모두 큰 입자의 아밀로오스 함량이 높은 것으로 알려져 있다.

시료 전분의 물결합 능력은 88% 정도로서 입자별로는 차이를 보이지 않았다. 김 등(12)은 우리나라 시중 감자전분의 물결합 능력은 73.8%라고 하였다.

팽윤력과 용해도는 세풍전분이 각각 125와 30%, 대지전분이 120과 35%이었다(표 2). 석 등(10)은 우리나라 감자전분의 80°C에서의 팽윤력은 102~160, 용해도는 20~27%라고 보고하였다. 팽윤력은 작은 입자가 큰 입자보다 컸으며 용해도는 작은 입자가 낮았다(표 2). Swinkels(23)는 감자전분의 팽윤력이 높은 이유는 인산기의 존재에 기인한다고 하였다.

감자전분의 X-선 회절도는 B 형을 보였으며 입자간에도 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(그림 3).

호화양상

전분의 아밀로그래프에 의한 호화양상은 그림 4와 같고 그 특성값은 표 3과 같다. 초기점도가 10 B.U.에 달했을 때를 호화개시온도로 볼 때 세풍과 대지전분은

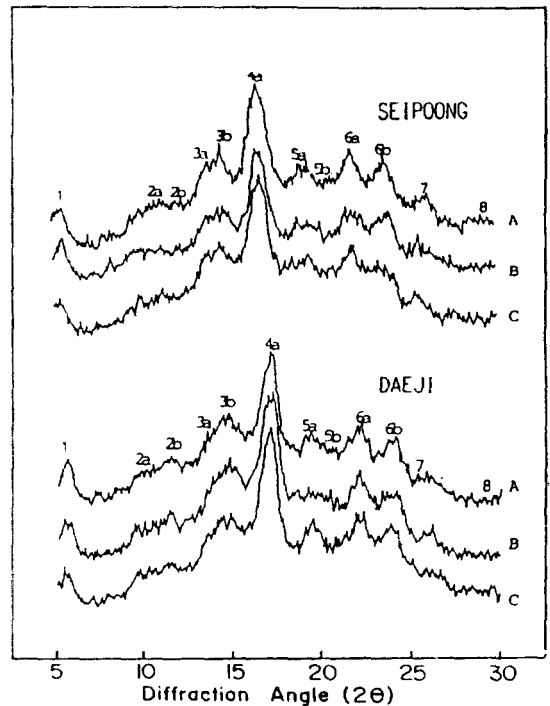


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of potato starches. A: parent starch granules B: large starch granules C: small starch granules

입자에 관계없이 큰 차이를 보이지 않았다. Yamamoto 등(6)은 광투과도에 의해 측정된 호화개시 온도는 큰 전분입자가 56°C, 작은 전분입자가 57°C라고 보고하였다. 전분의 점도변화에서 세풍전분은 85°C, 대지전분은 90°C까지 작은 전분입자가 큰 전분입자보다 더 높은 점도를 보였다(그림 4). 그러나 95°C

Table 3. Amylograph data on potato starches

Starch	Pasting temperature (°C)	Viscosity at 95°C (B.U.)	Peak viscosity (B.U.)	Temperature at peak viscosity (°C)	Viscosity after 15 min at 95°C (B.U.)	Viscosity at 50°C (B.U.)
Parent granule						
Seipoong	66.5	1760	1790	after 2 min holding at 95°C	1470	1500
Daeji	67	1650	1770	after 4 min holding at 95°C	1420	1510
Large granule						
Seipoong	66	1780	1820	93°C	1290	1330
Daeji	66.5	1720	1780	after 2 min holding at 95°C	1340	1380
Small granule						
Seipoong	66.5	1770	1820	after 2 min holding at 95°C	1560	1600
Daeji	67	1620	1640	after 2 min holding at 95°C	1420	1450

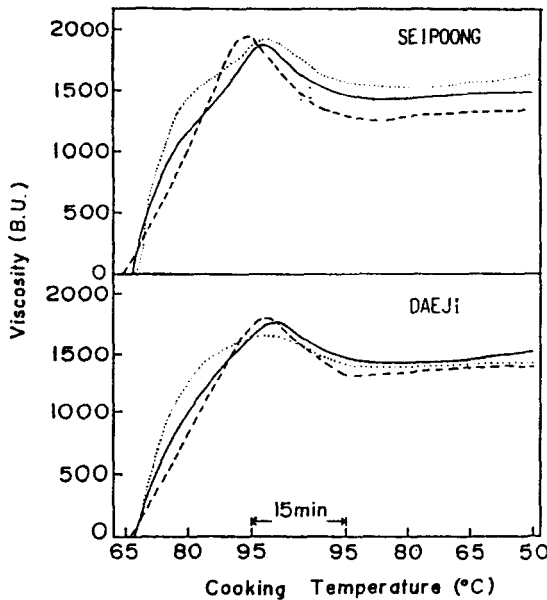


Fig. 4. Amylogram of potato starches (5%, db).

- : parent starch granules
- : large starch granules
-: small starch granules

에서의 점도는 세풍전분은 입자별로 차이를 보이지 않았고, 대지전분은 큰 입자가 높은 값을 보였다. 또한 최고점도는 세풍전분의 큰 입자를 제외하고 모두 95°C로 유지하는 동안에 나타났다. 일반적으로 감자전분의 큰 입자는 작은 입자보다 높은 최고점도를 보이며 냉각 점도는 작은 입자가 높은 것으로 알려져 있다⁽⁵⁻⁸⁾. 이

Table 4. DSC characteristics of potato starches

Starch granules	Temperature (°C)			Enthalpy of endotherm (ΔH) (cal/g)
	Onset (T _o)	Peak (T _p)	Conclusion (T _c)	
Parent				
Seipoong	62.4	64.6	71.5	4.16
Daeji	62.7	66.2	71.6	4.14
Large				
Seipoong	61.6	64.8	70.5	4.20
Daeji	62.7	66.8	71.0	4.18
Small				
Seipoong	61.6	65.3	72.5	4.19
Daeji	62.4	66.2	73.0	4.17

러한 원인을 Kainuma 등⁽⁵⁾은 작은 전분입자(<10 μm)가 큰 전분입자(>50 μm)보다 더 많은 인(P)을 함유하고 있기 때문이라고 하였다.

호화온도

전분의 호화온도는 표 4와 같다. 호화온도 범위는 세풍전분이 62.4~71.5°C, 대지전분이 62.7~71.6°C로 비슷했다. 세풍전분에서 입자별 호화범위는 큰 전분입자가 61.6~70.5°C, 작은 전분입자가 61.6~72.5°C로 작은 전분입자의 호화 종료온도가 높았다. 이것은 대지전분에서도 마찬가지였다. Eliasson 등⁽²⁸⁾은 밀 전분의 호화온도 범위는 작은 전분입자(<10 μm)가 55.3~68.9°C, 큰 전분입자(>10 μm)가 56.7~65.6°C로 작은 전분입자가 더 넓다고 보고하였다.

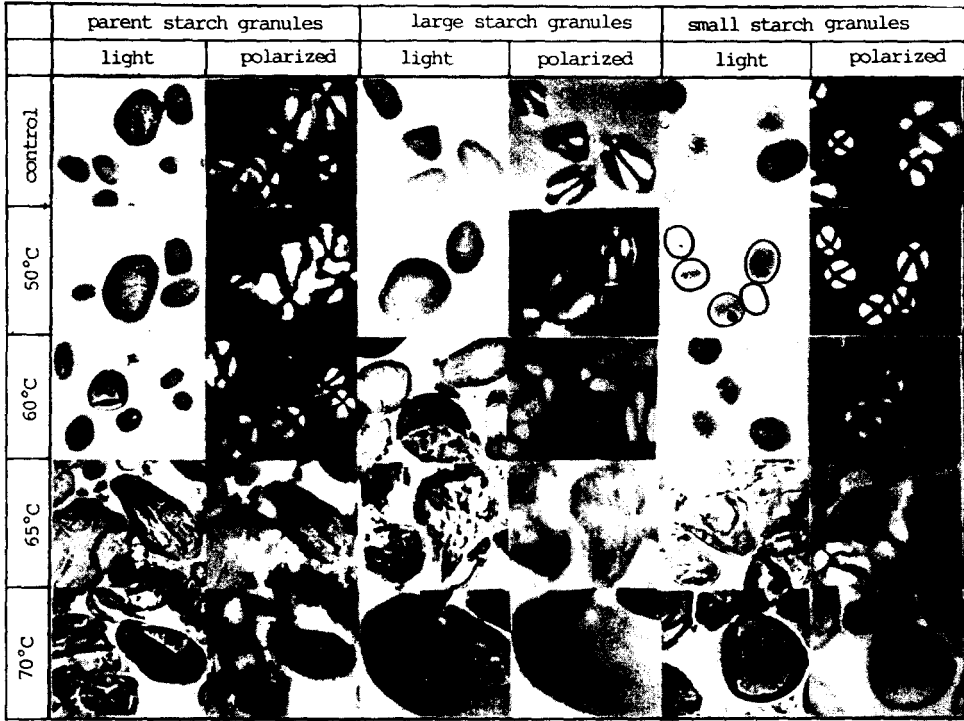


Fig. 5. Light and polarized micrographs of gelatinized Seipoong potato starches at various temperatures.

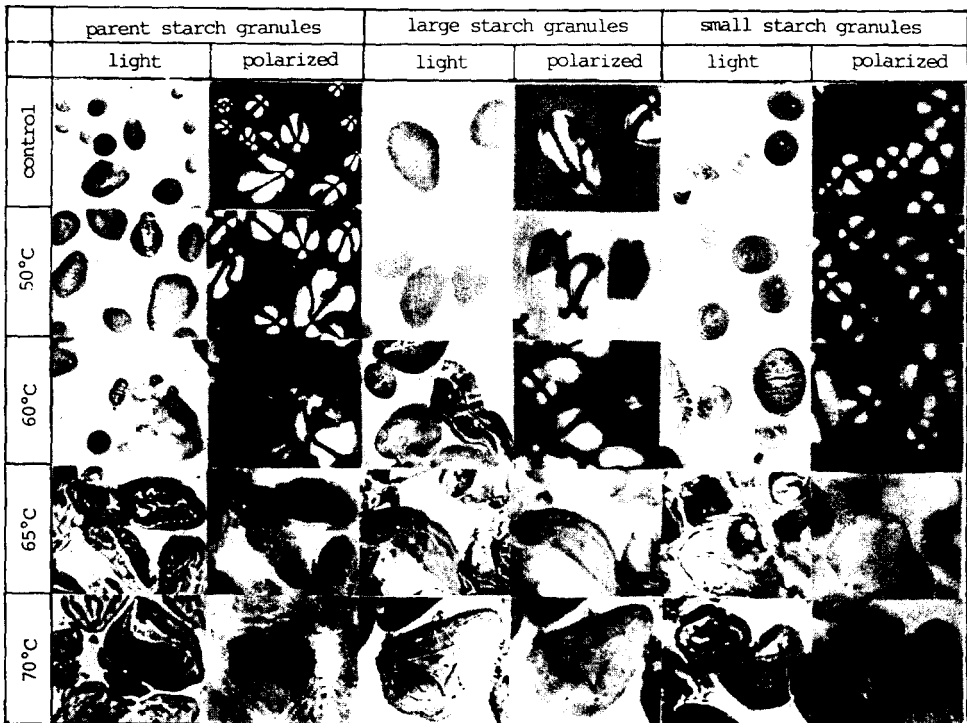


Fig. 6. Light and polarized micrographs of gelatinized Daeji potato starches at various temperatures.

호화엔탈피(ΔH)는 세풍전분이 4.16 cal/g, 대지전분이 4.14 cal/g이었으며 전분입자별 차이는 없었다. Kuge와 Kitamura⁽³⁰⁾는 감자전분의 호화엔탈피는 4.34 cal/g이라고 하였다.

가열호화 중 구조적 변화

광학과 편광현미경으로 본 가열온도에 따른 전분입자의 표면구조 변화는 세풍전분이 그림 5, 대지전분이 그림 6과 같다. 큰 입자는 50°C부터 표면이 조금씩 깨지기 시작하였고 작은 입자는 60°C부터였다. 복굴절성은 두 전분 모두 큰 입자가 60°C에서 없어지기 시작했고 작은 입자는 65°C에서 없어지기 시작했다.

큰 입자와 작은 입자는 모두 70°C에서 30분 가열했을 때 결정성은 모두 잃었지만 팽윤된 입자형태는 그대로 존재하였다. Yamamoto 등⁽⁷⁾은 감자전분을 95°C에서 30분 가열했을 때 큰 입자는 팽윤된 입자가 완전 붕괴되고 작은 입자는 팽윤된 전분입자가 대부분 남아있었다고 보고하였다.

가열호화 중 X-ray 회절에 의한 결정구조의 변화는 입자크기에 관계없이 65°C에서 결정성이 크게 감소되었고 70°C에서는 결정성을 볼 수 없었다. 이는 Takeda 등⁽²⁹⁾이 X-ray 회절도에 의한 감자전분의 호화온도가 70°C라고 한 결과와 일치하였다.

요 약

감자(세풍과 대지)에서 분리한 전분을 큰 입자와 작은 입자로 분류하고 입자별 일반성질과 호화특성을 비교하였다. 전분입자의 크기는 세풍전분이 10~85 μm , 대지전분이 13~90 μm 이었고, 작은 입자(<30 μm)는 대지전분이, 큰 입자(>41 μm)는 세풍전분이 많았다. 일반성질과 물결합 능력은 차이가 없었고, 아밀로오스 함량은 큰 입자가 높았다. 팽윤력은 큰 입자가 작은 입자보다 낮았고, 아밀로그래프의 최고점도는 세풍전분은 입자별로 차이가 없었으나, 대지전분은 큰 입자가 높은 값을 보였다. 호화온도 범위는 작은 입자가 큰 입자보다 넓었으나, 호화 엔탈피는 차이를 보이지 않았다. 두 전분 모두 입자별에 관계없이 70°C에서 호화가 완료되었다.

문 헌

1. 이성갑, 서기봉, 윤인화 : 한국산 감자의 주요 품종별

potato chip 가공 적성에 관한 연구. 농사 시험연구보고(농공 잡업편), 13, 51(1970)

2. 구천서 : 전분당 공업에 관한 조사연구. 단국대학교부설 식량개발연구소, p.93(1985)
3. Swinkels, G.G.M. : Sources of starch, its chemistry and physics. In *Starch Conversion Technology*. Van Beynum, G.M.A. and Rotls. G.A. (ed), Marcel Dekker Inc., New York, Chap. 2(1985)
4. Moss, G.E. : The microscopy of starch, In *Examination and Analysis of Starch and Starch Products*. Radley, G.A. (ed), Applied Science Publishers Ltd., London, Chap. 1(1982)
5. Kainuma, K., Yamamoto, K., Suzuki, S., Takaya, T. and Fuwva, H. : Studies on structure and physico-chemical properties of starch; Part IV. Structural, chemical and rheological properties of air classified small and large granule potato starch. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 25, 3(1979)
6. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T. : Gelatinization properties of classified potato starches. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 28, 227(1981)
7. Yamamoto, K.M. and Onogaki, T. : Effects of warm water treatment on gelatinization properties of air classified potato starches. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 30, 276(1983)
8. Yamamoto, K., Sugai, Y. and Onogaki, T. : The rheological properties of starch pastes and gels obtained from air classified potato starches. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 29, 277(1982)
9. 이상영, 함승시, 이해익 : 감자전분의 이화학적 성질에 관한 연구. 강원대학교 논문집 제 11집, 125(1977)
10. 석호문, 박용근, 남영중, 민병용 : 품종별 감자전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, 30, 133(1987)
11. 이상영, 이해익 : 감자괴경 및 감자전분의 무기질에 관한 연구. 강원대학교 논문집 제 12집, 83(1978)
12. Kim, S.K., Lee, S.Y. and Park, Y.K. : Gelatinization properties of heat-moisture treated potato and sweet potato starches. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 19, 435(1987)
13. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T. : Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku*, 20, 99(1973)
14. Meredith, P. : Large and small starch granules in wheat-Are they really different? *Stärke*, 33, 40(1981)
15. American Association of Cereal Chemists: Ap-

- proved Methods of the AACC. The Association: St. Paul, MN(1983)
16. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I. : A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411(1970)
 17. Schoch, T.J. : Fractionation of starch by selective precipitation with butanol. *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 2957(1942)
 18. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. : Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558(1965)
 19. Schoch, T.J. : Swelling power and solubility of granule starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (ed), Academic Press. Inc., New York, Vol.4, p.106(1964)
 20. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. : Effects of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starch. *Stärke*, **18**, 101(1966)
 21. Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K. : Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, **60**, 381(1983)
 22. Murakami, N., Asama, K., Itoh, H. and Itoch, T. : Studies on starch in potato breeding; II. Variation in diameter of starch granules and inorganic constituents among various potato varieties and *Solanum* species. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **28**, 160(1981)
 23. Swinkels, J.J.M. : Composition and properties of commercial native starches. *Stärke*, **37**, 1(1985)
 24. Rasper, V.F. and Deman, J.M. : Effect of granule size of substituted starches on the rheological character of composite doughs. *Cereal Chem.*, **57**, 331(1980)
 25. French, D. : Organization of starch granules. In *Starch: Chemistry and Technology*. Whistler, R.L., Bemiller, G.N. and Paschall, E.F. (ed), Academic Press Inc., New York, p.183(1984)
 26. Duffus, C.M. and Murdoch, S.M. : Variation in starch granule size distribution and amylose content during wheat endosperm development. *Cereal Chem.*, **56**, 427(1979)
 27. MacGregor A.W. and Morgan, J.E. : Structure of amylopectins isolation from large and small starch granules of normal and waxy barley. *Cereal Chem.*, **61**, 222(1984)
 28. Eliasson, A.C. and Karlsson, R. : Gelatinization properties of different size classes of wheat starch granules measured with differential scanning calorimetry. *Stärke*, **35**, 130(1983)
 29. Takeda, C. and Hizukuri, S. : Characterization of the heat dependent pasting behavior of starches; Studies on the gelatinization of starches. *Nippon Nogei Kagaku Kaishi*, **48**, 663(1974)
 30. Kuge, T. and Kitamura, S. : Annealing of starch granules-warm water treatment and heat-moisture treatment. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **32**, 65(1985)

(1989년 5월 15일 접수)