

수분-열처리에 따른 고구마 전분의 이화학적 성질

송 은·신 말 식·홍 윤 호

전남대학교 자연과학대학 식품영양학과

(1987년 8월 6일 수리)

Physicochemical Properties of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Starch by Heat-Moisture Treatment

Eun Song, Mal-Shick Shin and Youn-Ho Hong

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju, Korea

Abstract

Physicochemical properties on heat-moisture treatment of sweet potato starch were investigated. Starch granules of sweet potato observed by photomicroscope, polarized-light microscope and scanning electron microscope were round and polygonal. X-ray diffraction pattern was changed from Ca-pattern to A-pattern upon heat-moisture treatment. Water binding capacity was drastically increased as the moisture level was increased. The swelling power and solubility at the same temperature were decreased by heat-moisture treatment. Transmittance of 0.1% starch suspensions was increased rapidly from 65°C in case of untreated starch and from 70°C in case of treated starch. The starch on heat-moisture treatment was gelatinized over higher temperature range than the untreated starch.

서 론

고구마는 괴근을 그대로 식용으로 하거나 전분으로 만들어 당면, 물엿제조, 주정 등의 식품가공용으로 대량 이용하고 있다.¹⁾ 이러한 고구마에 관한 연구로는 고구마의 가열, 저장 중의 전분과 당의 변화²⁻⁵⁾, 전분 분해 효소⁶⁾ 및 펙틴질의 변화⁷⁻⁹⁾에 관한 것이 있으며, 고구마의 전분에 관한 연구로는 이화학적 특성^{10,11)} 및 산처리에 관한 것¹²⁾ 등이 있다.

곡류나 서류의 전분을 여러 방법으로 처리하면 전분의 이화학적 구조가 변형되어 제빵에 사용이 가능해지고, 또한 새로운 기능성을 갖게되어 식품가공에 이용될 수 있다는 보고가 있다.¹³⁻¹⁵⁾ 특히 전분을 수분함량을 제한시킨 상태에서 열처리하게 되면 전분의 성질이 현저히 달라지는 것으로 알려져 있으며¹⁶⁻¹⁹⁾ 수분-열처리에 따른 전분의

이화학적 성질의 변화정도는 전분의 종류에 따라서 다르다고 한다. 즉 수분 열처리를 하게 되면 보리, 수수 같은 곡류 전분은 생전분보다 용해도가 증가하고 지하전분은 감소하며, 팽화력은 밀, 보리, 수수 등의 지하 전분¹⁷⁻²⁰⁾과 카사바, 감자 등의 지하 전분^{17,18)}에서 모두 감소하는 경향을 보인다고 한다. 수분-열처리된 전분의 X-ray 회절 양상은 곡류전분의 경우 결정형의 변화없이 결정도가 다소 감소하나, 지하 전분의 경우 결정형의 변화가 생기어 B형에서 A형으로 바뀐다고 한다.¹⁷⁻¹⁹⁾

수분-열처리한 전분을 이용하여 제빵 실험을 하게 되면 전분의 성질 및 기능성을 변경시킬 수 있으면, 이를 이용하여 전분의 용도를 다양하게 변화 개발시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 고구마 전분의 식품으로서의 새로운 이용방안을 모색하기 위한 기초연구로써 전분을 여러 단계의 수분함량으로 조절하여

열처리한 후 전분의 이화학적 성질을 비교하였으며, X-ray 회절도를 통하여 전분의 내부 결정구조의 변화 및 열호화 양상을 비교 검토하였다.

30분 동안 가열처리한 다음 에탄올로 탈수시키고 40°C의 incubator에서 건조시킨 후 X-선 회절도를 이용하여 표준시료와 같은 방법²⁹⁾으로 호화도를 분석하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

1985년 수원 농촌진흥청 작물 시험장에서 수확된 천미 고구마를 구하여 사용하였다.

2. 방 법

전분의 제조 및 일반성분 분석 : 전분은 알칼리 침지법^{10,12)}으로 분리, 제조하였으며, 일반 성분은 AOAC²¹⁾법에 따라 분석하였다.

전분의 수분-열처리 : 전분의 수분-열처리는 Sair의 방법¹⁶⁾에 의하여 실시하였다. 시료 전분의 수분함량을 21% 및 27%로 조절하여 하룻밤 방치한 다음 용기에 밀봉해서 oven에 넣어 100°C에서 16시간 동안 열처리한 후 실온에서 2일간 풍건하여 120mesh 체로 쳐서 시료로 사용하였다.

전분 입자의 성장 : 전분 입자의 성장은 광학현미경과 편광현미경(Olympus Co., Japan)을 이용하였으며²²⁾ 전분 입자의 표면형태는 주사전자현미경(JEOL JSM-35, Japan)을 사용하여 관찰 비교하였다.

X-선 회절도 : 전분의 X-선 회절도는 X-ray diffractometer (Rigaku Co., Japan)를 이용하여 target Cu, filter Ni, scanning speed 4°/min, chart speed 40mm/min, time constant 2sec, range 1000cps로 40~0°까지 회절시켜 분석하였다.

이화학적 특성 : 전분의 아밀로오스 함량은 Williams등의 방법²³⁾에 따라 측정하였으며 아밀로오스의 표준 곡선은 고구마 전분을 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 분리²⁴⁾, 동일 방법으로 작성하였다. 전분의 물결합 능력은 Medcalf 및 Gilles의 방법,²⁵⁾ 팽화력과 용해도는 Schoch의 방법²⁶⁾에 따라 실시하였고 전분 현탁액(0.1%)의 광투과도는 625nm에서 50~85°C의 온도범위에 걸쳐 측정하였다.²⁷⁾

X-선 회절도에 의한 열호화 : 표준 곡선은 Owusu-Ansah등의 방법²⁸⁾에 따라 실시하였다. 호화도 0~100% 전분 시료는 위와 같은 조건으로 X-ray 회절도를 얻어 회절각도 22.8°에서의 peak 높이의 감소율과 호화도로 부터 구하였다. 5% 전분 시료 현탁액을 60, 66, 70, 72, 74, 77°C에서 각각

결과 및 고찰

1. 전분의 일반 성분 및 아밀로오스함량

시료전분의 일반 성분은 수분 14.03%, 회분 0.08%, 조지방 0.11%, 조단백 0.06%였다.

아밀로오스 표준곡선으로부터 계산한 천미 전분의 아밀로오스 함량은 16.8%로서 최³⁰⁾, Rasper³⁴⁾ 등의 14~23%와 비교해 볼 때 거의 비슷한 결과였다.

2. 전분 입자의 성장

생전분과 수분-열처리한 전분의 광학현미경과 편광현미경 사진은 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서와 같이 생전분 입자는 hilum이 중앙에 위치하는 둥근형과 다각형을 이루고 있다. 일반적으로 고구마 전분입자는 8~30μm 크기에 hilum이 중앙에 있는 둥글거나 원형에 가까운 다각형의 형태를 유지하며^{11,30)} 천미전분 입자는 대부분이 11~20μm 범위내에 분포한다고 알려져 있다.³¹⁾

편광현미경을 통해 보면 생전분과 수분-열처리한 전분에서 결정성이 뚜렷하여 십자형의 복굴절 현상이 명료함을 알 수 있어 수분-열처리 후에도 전분의 결정성이 유지됨을 알 수 있었다.

주사전자현미경에 의한 전분 입자의 표면 형태는 Fig. 2와 같다. 전분 입자의 표면은 매끄러우며, 수분-열처리하지 않은 전분에 비해 수분처리 수준이 높아질수록 입자의 크기가 더 커졌음을 알 수 있었다. Hall등³²⁾은 주사현미경으로 고구마 전분을 관찰한 결과 전분 입자의 표면이 매끄럽고 부드러우며 둥글다고 하였으며 신¹⁰⁾등도 같은 결과를 보고하였다.

3. 전분 입자의 X-선 회절도

수분-열처리에 따른 고구마 전분의 X-선 회절도는 Fig. 3과 같다. 생전분은 회절각도 14.9°, 17.2°, 18.2°, 22.8°에서 강한 peak를 보여주나 18.2°, 22.8°의 peak가 14.9°와 17.2°의 peak 보다 강하지 못한 A형과 B형의 혼합형인 C형을 나타냈으며 혼합형 중에서 A형에 가까운 Ca형이었

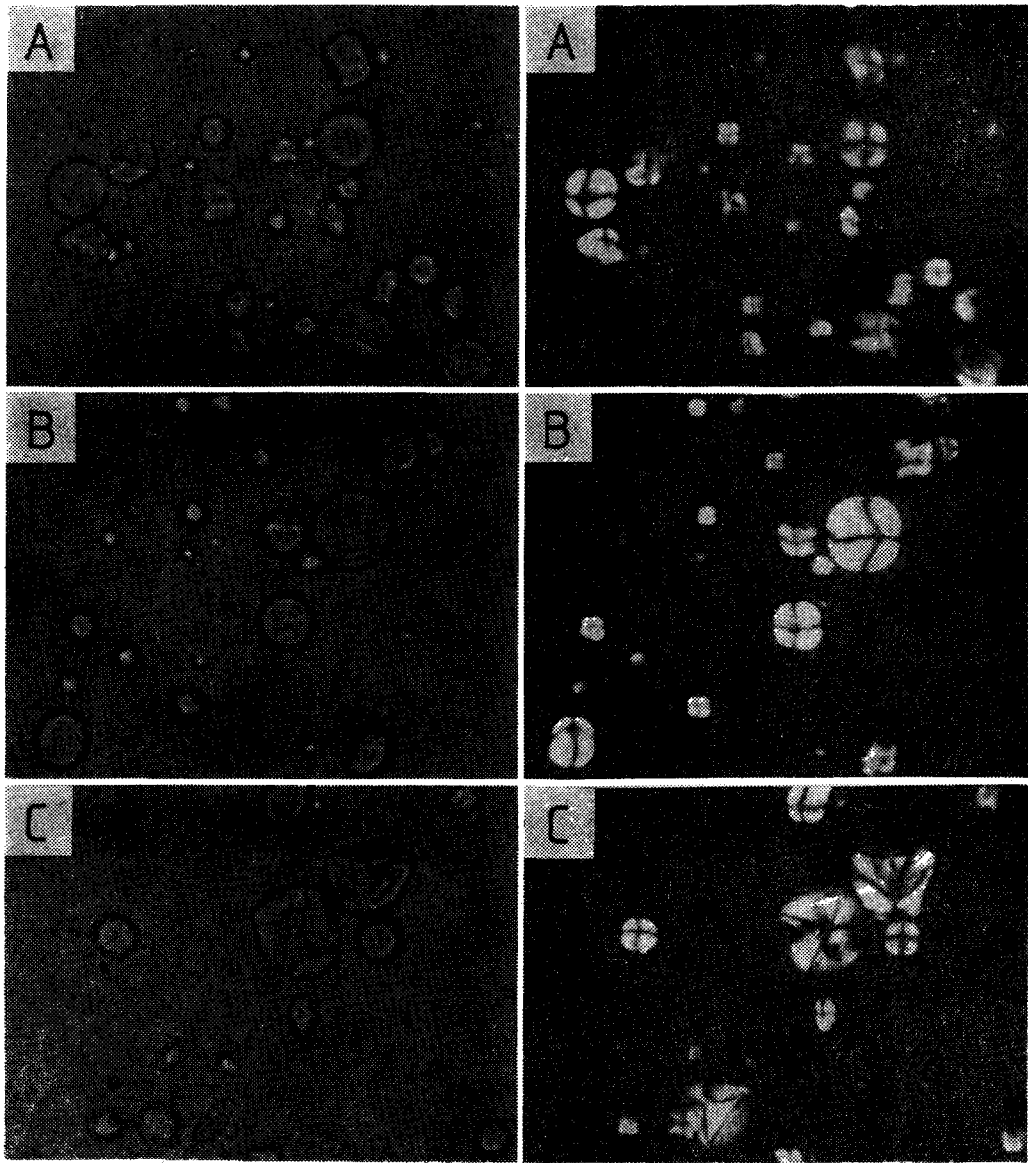


Fig. 1. Light(left) and polarized(right) micrographs of sweet potato starch ($\times 240$).

A : Untreated starch, B : 21% heat-moisture treated starch,
C : 27% heat-moisture treated starch

다.^{10,11)} 수분함량 21%에서 열처리한 전분은 생전분의 경우와 비슷한 X-선 회절양상을 보였고 수분을 27%로 조절한 후 열처리한 전분의 경우는 22.8°의 peak가 23.3°로 이동되었으며 18.0°에서의 peak가 강하게 나타났고 23.3°로 이동된 peak도 강해져서 A형에 가까운 결정형으로 변화하였다.

즉 전분 내부의 결정 구조에 변화가 일어났음을 알 수 있었다. 일반적으로 보리, 수수와 같은 곡류 전분은 수분 함량을 24% 처리하면 열처리 후에도 생전분과 같은 특징적인 A형을 유지한다고 알려져 있으며¹²⁾, 지하 전분인 카사바 전분은 수분-열처리 함으로써 혼합형 C형에서 A형으로

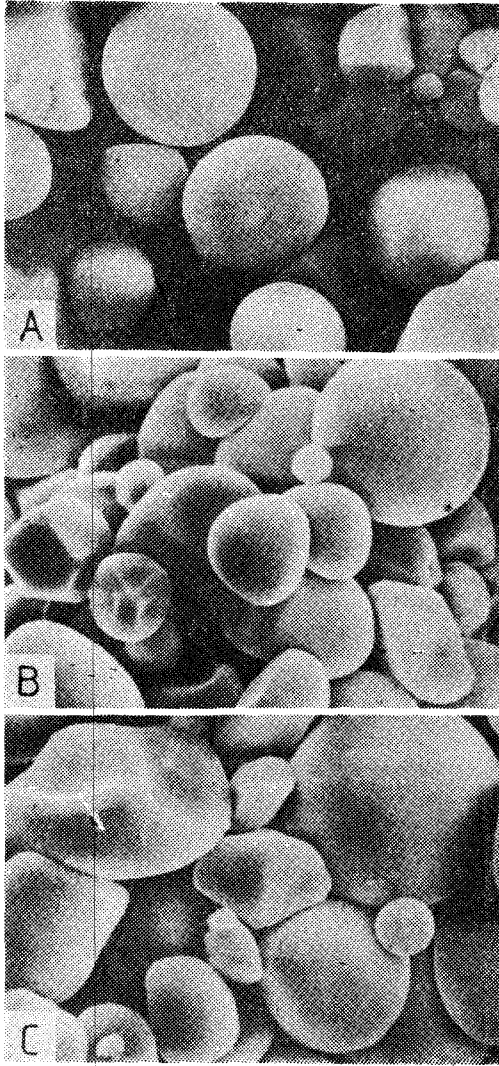


Fig. 2. Scanning electron micrographs of sweet potato starch ($\times 2000$).

A : Untreated starch, B : 21% heat-moisture treated starch, C : 27% heat-moisture treated starch.

그리고 감자 전분은 B형에서 A+B형으로 그 결정형이 변한다고 한다.¹⁸⁾

4. 물결합 능력

수분-열처리한 고구마 전분의 물결합 능력은 Table 1과 같이 수분 처리정도가 21, 27%로 높아 질수록 생전분의 69.3%에서 110.6%, 150.4%로

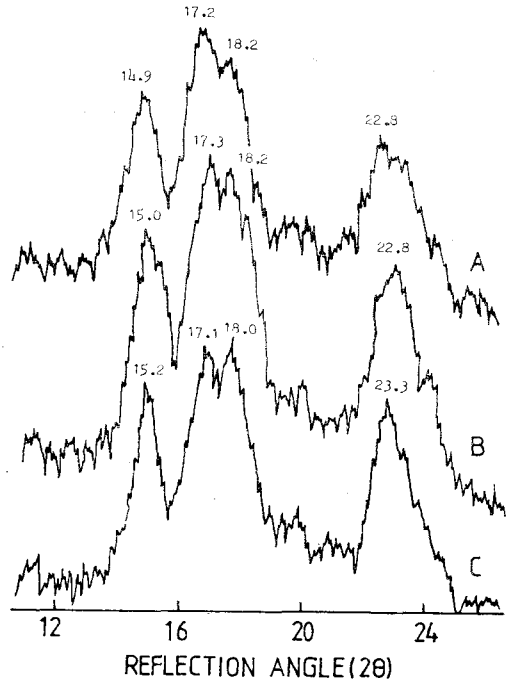


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of sweet potato starch.

A : Untreated starch, B : 21% heat-moisture treated starch, C : 27% heat-moisture treated starch.

Table 1. Water binding capacities of heat-moisture treated sweet potato starches

Moisture treatment	Water binding capacity(%)
None	66.3
21%	110.6
27%	150.4

각각 그 값이 증가하였다.

보리, 수수와 같은 곡류 전분¹⁹⁾이나 칩전분¹⁵⁾도 수분-열처리에 의해 물결합 능력이 증가된다고 하였다.

5. 팽화력과 용해도

시료 전분의 팽화력은 Fig. 4와 같다. 생전분의 팽화력은 온도가 상승함에 따라 급격히 증가하였으며, 수분-열처리한 전분은 온도상승에 따라 완

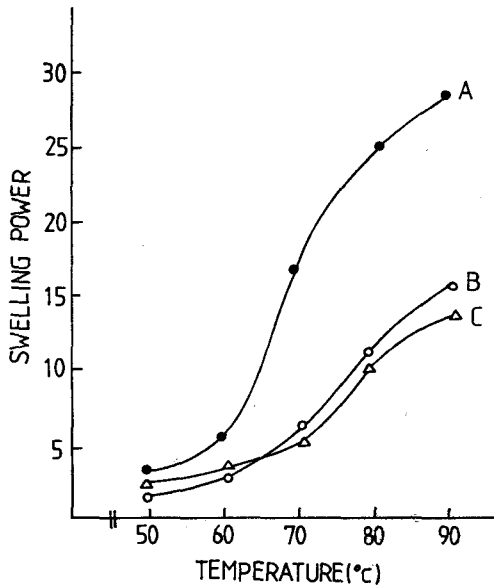


Fig. 4. Swelling power of heat-moisture treated sweet potato starch.

A : Untreated starch, B : 21% heat-moisture treated starch, C : 27% heat-moisture treated starch

만한 증가를 보였다. 이와 같은 수분-열처리에 의한 전분의 팽화력의 감소 현상은 밀, 보리, 수수 등의 곡류 전분과 감자 등의 지하 전분^{17,18)}에서도 일어난다고 한다. 팽화력의 차이는 전분의 내부구조의 차이를 나타내며 팽화력이 높은 것은 전분입자내의 결합력이 약하다는 것을 보여줌으로³⁵⁾, 수분 열처리를 하면 전분내의 미세구조가 전위되고, 전분 사슬의 회합정도가 증가되기 때문에 사료된다.³⁶⁾

고구마 전분의 용해도는 Table 2와 같이 온도가 상승함에 따라 점차 증가하였다.

Table 2. Solubility of heat-moisture treated sweet potato starch

Temperature (°C)	Moisture treatment		
	None	21%	27%
50	2.48	1.15	2.08
60	4.98	1.97	3.02
70	12.01	2.91	3.43
80	16.91	6.94	8.70
90	20.85	11.03	12.98

수분-열처리한 시료의 경우(27%) 60°C 이하에서는 그 용해도가 수분을 처리하지 않은 생전분과 비슷한 값을 보이고 있으나 70°C 이상의 온도에서부터는 수분-열처리하지 않은 시료에 비해 그 값이 작았다. 이러한 경향은 Srivastava와 Ramalingam³⁵⁾이 보고한 감자 전분의 경우와 유사하였는데, 이는 생전분에 있어서는 가열됨에 따라 내부의 친수성 OH기와 물분자의 수소결합력이 계속 증가하나 수분-열처리된 시료에 있어서는 조제중의 열처리로 인해 부분적인 구조변화가 일어나 온도가 상승됨에 따라 수화성이 감소되는 것으로 생각된다.

수분-열처리한 고구마 전분의 팽화력과 용해도의 관계는 Fig. 5와 같다.

수분-열처리한 전분은 수분을 처리하지 않은 전분보다 동일 팽화력에서 높은 용해도를 보였으며, 이러한 결과는 침전분과 밀전분에서와 같은 경향이였다.^{15,19)}

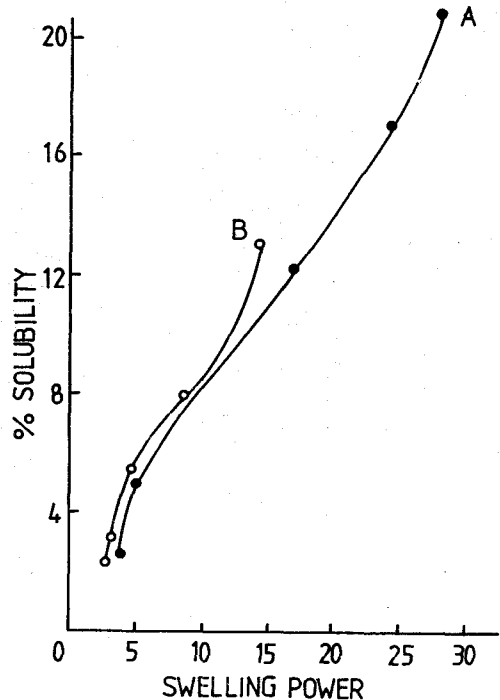


Fig. 5. Relationship between swelling power and solubility of heat-moisture treated sweet potato starch.

A : Untreated starch, B : 27% heat-moisture treated starch

6. 광투과도

0.1% 고구마 전분 현탁액의 온도에 따른 광투과도는 Fig. 6과 같다.

수분-열처리하지 않은 전분의 광투과도는 65°C 부터 급격히 증가하였으며, single stage의 호화양상을 보였는데 이는 신 등¹⁰⁾의 결과와 일치하였다. 수분함량을 21, 27%로 조절한 후 열처리한 전분의 경우 수분 함량이 많아질수록 초기 호화온도가 높아져서 70°C 이후부터 광투과도가 증가하였으나 그 증가폭은 수분-열처리하지 않은 전분에 비해 작았다. 생전분과 수분-열처리한 전분의 호화

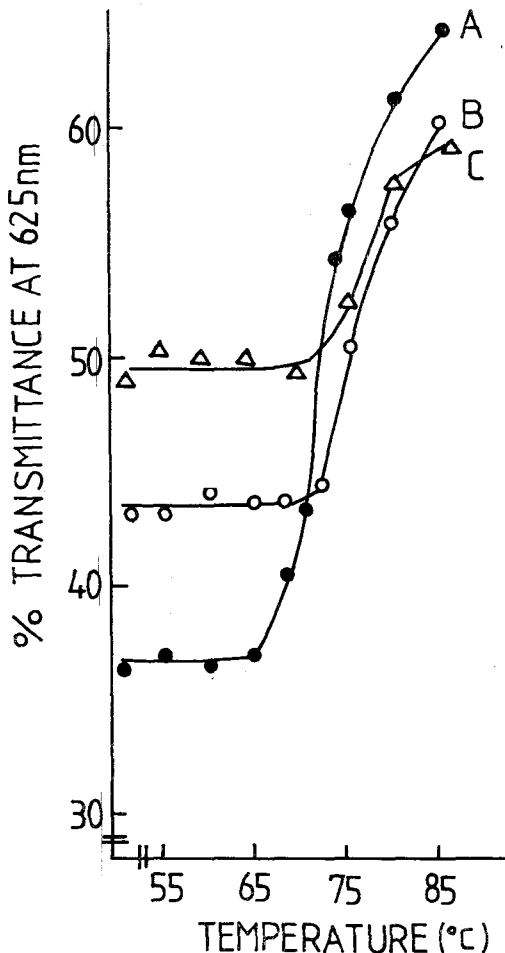


Fig. 6. Changes in transmittance of 0.1% heat-moisture treated sweet potato starch suspension.

A : Untreated starch, B : 21% heat-moisture treated starch, C : 27% heat-moisture treated starch

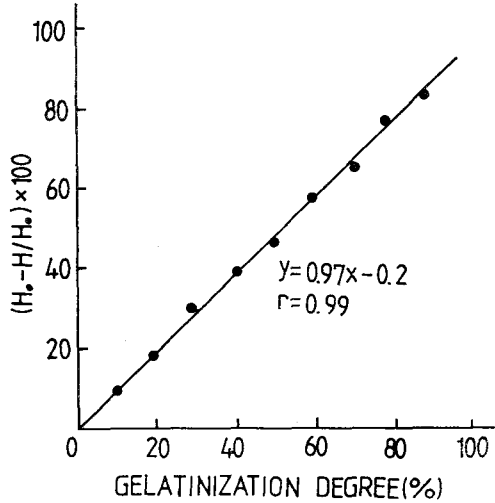


Fig. 7. A standard curve on the degree of gelatinization of sweet potato starch

되기 전의 광투과도는 생전분이 가장 낮았고 수분 함량이 많아짐에 따라 높아졌으며, 호화온도 이상에서는 생전분의 광투과도가 더 컸다. 이와 같은 현상은 곡류 전분¹⁹⁾과 지하 전분²⁰⁾에서도 각각 관찰되었다.

7. X-선 회절도에 의한 호화양상

X-선 회절도에서 고구마 전분의 호화도에 따른 2θ , 22.8°의 peak 감소 비율은 직선적인 관계를 보였다 (Fig. 7).

이 표준 곡선을 이용하여 5% 전분 현탁액을 일정 온도로 열호화시킨 시료의 호화도를, X-선 회절도의 peak 감소 비율로부터 계산한 결과는 Table 3과 같다.

생전분의 경우 66°C 이상에서 호화도가 급격히

Table 3. Degree of gelatinization of heat-moisture treated sweet potato starch(5%) at various temperatures

Temperature (°C)	Degree of gelatinization		
	None	21%	27%
60	2.35	4.65	4.65
66	30.4	14.0	15.2
70	70.5	59.3	45.5
72	82.7	79.8	70.6
74	88.1	85.7	80.6
77	95.6	90.7	85.7

증가하였고, 그 이후의 온도 상승시에는 호화도의 증가가 완만하였다. 수분-열처리한 전분의 경우에는 70°C 이상에서부터 호화도가 급격히 증가하였으나, 그 호화도는 수분-열처리를 하지 않은 전분보다 다소 낮았다.

요 약

고구마 전분을 분리한 후, 수분 함량을 21%와 27%로 조절하고 100°C에서 16시간 가열 처리한 고구마 전분과 생전분의 이화학적인 성질을 비교한 결과는 다음과 같다.

생전분과 수분-열처리한 전분 입자의 모양은 등근형과 다각형이었으며, 표면은 매끄러웠다. X-선 회절도에 의한 전분의 결정형은 생전분이 Ca형이었으나, 수분-열처리 후에는 A형에 가깝게 변화하였다. 수분-열처리 후 물결합 능력은 증가하였으며 팽화력과 용해도는 감소하였다. 0.1% 전분 현탁액의 광투과도는 생전분이 65°C이후부터 급격히 증가하였고, 수분-열처리한 전분은 70°C이후부터 증가하였으며, 그 증가폭은 작았다. 전분의 호화도는 생전분보다 수분-열처리한 전분이 높은 온도에서 호화되기 시작하였다.

참 고 문 헌

1. 김호식, 이춘녕, 김재욱 : 한국농화학회지, 4 : 1 (1963)
2. Hammett, H.L.: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 78 : 421 (1961)
3. Jenkins, W.F. and Gieger, M.: Proc. Amer. Soci. Hort., Sci., 70 : 419 (1957)
4. Losh, J.M., Axelson, J.M. and Schulman, R.S.: J. Food Sci., 46 : 283 (1981)
5. Kim, K.: Thesis of Graduate school, Chungnam National University (1983)
6. Walter, W.M., Purcell, A.E. and Nelson, A.M.: J. Food Sci., 40 : 793 (1975)
7. Baungardner, R.A. and Scott, L.E.: Proc. Amer. Soci. Hort. Sci., 83 : 629 (1969)
8. Ahmed, E.M. and Scott, L.E.: Proc. Amer. Soci. Hort. Sci., 71 : 376 (1958)
9. 이 경애, 신 말식, 안승요 : 한국식품과학회지 17 : 421(1985)
10. 신말식, 안승요 : 한국농화학회지, 26 : 137

- (1983)
11. Madamba, L.S.P., Bustrillos, A.R. and San Pedro, E.L.: Phillipp. Agric., 58 : 338(1975)
12. 임서영, 신말식, 안승요 : 한국농화학회지, 28 : 156(1985)
13. Miller, B.S., Derby, R.I. and Trimbo, H.B.: Cereal Chem., 50 : 271 (1973)
14. Lorenz, K. and Kulp, K.: Cereal Chem., 58 : 49 (1981)
15. 차환수, 김관, 김성곤 : 한국농화학회지, 27 : 252 (1984)
16. Sair, L.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry," R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.283, Academic Press: N.Y. (1964)
17. Kulp, K. and Lorenz, K.: Cereal Chem., 58 : 46 (1981)
18. Lorenz, K. and Kulp, K.: Starch, 35 : 123 (1983)
19. Lorenz, K. and Kulp, K.: Starch, 34 : 50 (1982)
20. Lorenz, K. and Kulp, K.: Starch, 34 : 76 (1982)
21. AOAC: Official Method of Analysis, 13th ed. (1981)
22. Macmaster, M.M.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry," R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.233, Academic Press: N.Y. (1964)
23. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: Cereal Chem., 47 : 411 (1970)
24. 정동효, 이현유 : 한국식품과학회지, 8 : 179 (1976)
25. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Cereal Chem., 42 : 558 (1965)
26. Schoch, T.J.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry," R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p. 106, Academic Press: N.Y. (1964)
27. Wilson, L.A., Bermingham, V.A., Moon, D.F. and Synder, H.E.: Cereal Chem., 55 : 661 (1978)
28. Owusu-Ansah, J., Van de Voort, F.R. and Stanley, D.W.: Cereal Chem., 59 : 167(1982)
29. Takeda, C. and Hizukuri, S.: Nippon Nogei Kagaku Kaishi, 48 : 663 (1974)
30. Choi, O.J.: Thesis of Graduate school, Cho-

- nnam National University (1983)
31. 임서영 : 서울대학교 대학원 석사학위논문, (1985)
 32. Hall, D.M. and Sayre, J.G.: Textile Res. J., 39 : 1044 (1969)
 33. Nikuni, Z., Hizukuri, S., Fujii, M., Doi, K., Hasegawa, H., Moriwaki, T., Nara, S. and Maeda, I.: Nippon Nogei Kagaku Kaishi, 37 : 673 (1963)
 34. Rasper, V. and Coursey, D.G.: J. Sci. Food Agric., 18 : 240 (1967)
 35. Srivastava, H.C. and Ramalingam, K.V.: Starch, 19 : 295 (1967)
 36. French, D.: In "Starch: Chemistry and Technology," R.L. Whistler, J.N. Bemiller and E.F. Paschall, Academic Press: Orlando (1984)