

수분-열처리에 의한 밤전분의 물리화학적 성질의 변화

박홍현 · 이규한* · 김성곤*

경희호텔 경영전문대학 식품영양과, *단국대학교 식품영양학과

Effect of Heat-Moisture Treatments on Physico-Chemical Properties of Chestnut Starch

Hong-Hyun Park, Kyu-Han Lee* and Sung-Kon Kim*

Department of Food and Nutrition, International College of Hotel Administration, Kyung Hee University, Seoul

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

Abstract

Physicochemical properties of chestnut starch, which was adjusted at 14, 18, 21 and 24% moisture and heated for 16 hr at 100°C, were investigated. The crystallinity, swelling power and solubility of the starch were decreased upon heat-moisture treatments. The swelling power of the heat-moisture treated starch showed an inverse relation with moisture levels, while the solubility showed opposite trend. The swelling power and the solubility of both raw and heat-moisture treated starches held a liner relationship. The water binding capacity of the starch was drastically increased upon heat-moisture treatments. Amylograms revealed that the heat-moisture treated starches had higher initial pasting temperature and lower viscosity than untreated starch. No peak viscosity was observed for the heat treated starches above 21% moisture. The minimum moisture contents for gelatinization of raw and heat-moisture (18%) treated starches were 45 and 40%, respectively. The gelatinization temperature of raw and heat-moisture (18%) treated starches was 65°C.

서 론

밤의 일반성분은 품종마다 다소 차이를 보이나 건물량의 대부분은 전분을 포함한 당류가 차지하고 있다. 그러나 밤전분에 대한 연구는 극히 미미하여 徐들⁽¹⁾의 저분 입자의 크기 및 호화 온도에 대한 연구, 白²과 威⁽³⁾의 아밀로스 함량, 입자의 크기, 팽화력, blue value, 알칼리 수와 점도에 대한 연구, 박들⁽⁴⁾의 밤전분의 이화학적 특성과 노화에 관한 연구, 박들⁽⁵⁾의 밤전분 회석호화액의 전단응력, 농도, 온도의 변화에 따른 리올로지적 특성에 대한 연구가 있을 뿐이다.

전분은 제한된 수분 상태 하에서 가열하면 전분의 성질이 현저히 변하는 것으로 알려져 있다.⁽⁶⁻¹⁰⁾ 밀, 칩 및 감자 전분을 수분 18~27%로 조절한 다음 100°C에서 16시간 처리한 경우, 호화는 처리하지 않은 시료의 경우 보다 높은 온도에서 일어나며 물결함능력이 증가된다.^(9,11,12) 그러나 팽화력 및 아밀로그래피에 의한 점도는 감소되며 paste의 안정도는 증가된다.

수분-열처리에 따른 전분의 물리화학적 변화 정도는 곡류전분과 지하전분이 다른 양상을 보이는 것으로

알려져 있다.^(7,9,11) 대체로 팽화력은 감소하고 용해도는 곡류전분의 경우 증가하나 지하전분의 경우에는 감소한다. 또한 X-ray 회절도는 곡류전분의 경우 결정도가 다소 감소하여 지하전분의 경우에는 B형에서 A형으로 바뀌게 된다.^(7,11,13,15) 이것은 수분-열처리에 따라 전분 입자내의 물리적 변화가 일어남을 가르킨다.⁽⁹⁾

최근 Donovan들⁽¹⁴⁾은 수분-열처리한 밀 및 감자전분을 differential scanning calorimeter(DSC)로 조사한 결과 고온으로의 endothermal transition이 일어나며 이는 biphasic endostherm의 양상을 보인다고 보고하였다. 이 사실은 수분-열처리한 전분입자는 두가지의 조직적 구조를 가지고 있음을 가르킨다.

본 연구에서는 밤전분의 식품가공에서의 이용 가능성을 높이기 위한 기초자료를 얻고자 수분-열처리한 밤전분의 여러 성질을 조사하여 처리하지 않은 전분과의 차이를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

1982년도에 생산된 단과품종의 밤을 구입하여 박들⁽⁴⁾의 방법에 의하여 전분을 분리하였다. 시료전분의 조성은 수분 14.0%, 조단백질(N×6.25) 0.11%, 회분 0.06%, 조지방 0.008%이었다.

전분은 수분함량이 18, 21 및 24%가 되도록 중류수를 가하고 Sair¹⁰의 방법에 따라 열처리하였다.

전분의 이화학적 성질

시료전분의 X-ray 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)를 사용하여 구하였으며, 팽화력 및 용해도는 Schoch⁽¹⁶⁾의 방법으로, 물결합능력은 Medcalf와 Gilles⁽¹⁷⁾의 방법으로 행하였다. 전분현탁액(0.1%)의 광투과도는 40~80°C로 가열하면서 Wilson⁽¹⁸⁾의 방법으로 구하였다.⁽¹⁸⁾

시료전분의 호화양상은 Bfrabender/visco/Amylograph[®]를 이용하여 Medcalf 및 Gilles⁽¹⁷⁾의 방법에 따라 행하였다. 전분농도는 전량기준으로 7.5%를 사용하였다. 전분의 호화도가 100%인 시료는 Owusu-Ansah⁽¹⁹⁾의 방법에 따라 121°C에서 15분간 가압가열하여 조제하고 호화도 0%인 생전분과 일정 비율로 혼합하여 호화도 0~100%의 표준전분 시료를 조제하였다.^(18, 20)

이를 X-ray diffractometer로 분석하고 회절각도 22.8°의 peak의 높이의 감소비율로 부터 구하였다.⁽²⁰⁾

호화에 필요한 수분함량의 측정

밤전분의 호화에 필요한 수분함량을 측정하기 위하여 시료전분에 수분함량이 25~70%가 되도록 중류수를 가하고 호화도 100%인 시료와 같이 처리한 다음 X-ray 회절법으로 분석하고 표준곡선으로 부터 호화도를 환산하였다.

전분현탁액의 가열중 호화도의 변화

전분현탁액(3%)을 40~75°C로 가열한 다음 알콜로

급속히 탈수시키고 감압건조시킨 시료를 위에서의 같이 X-ray 회절법으로 호화도를 산출하였다.

결과 및 고찰

X-ray 회절도

생전분은 회절각도 15.0°, 16.9°, 22.2° 및 23.5°에서 강한 peak를 보여 B형의 회절도를 보였다. 이는 박들⁽⁴⁾의 보고와 일치하는 결과이었다. 그러나 수분함량 18%에서 열처리한 경우에는 대부분의 peak의 강도는 점차 감소되었다. 이는 밤전분이 수분—열처리에 따라 호화가 상당히 진행되었다는 것을 가르킨다.

일반적으로 곡류전분은 수분—열처리에 의하여 결정정도는 다소 감소하나 특징적인 A형을 유지^(7, 8)하는 반면, 지하전분의 경우에는 결정구조가 변형되는 것으로 알려져 있다. 즉, cassava⁽⁶⁾ 및 퀴⁽⁶⁾전분은 C형에서 A형으로, 감자전분⁽⁹⁾은 B형에서 C형으로 변형되나 결정도는 변하지 않는다고 알려져 있다.

팽화력과 용해도

전분의 팽화력과 용해도는 표1과 같다. 생전분의 팽화력은 60~70°C 사이에서 직선적인 증가를 보였으며 70°C 이후에는 완만하게 증가하였다. 팽화력이 증가함에 따라 용해도도 증가하였다.

수분—열처리한 전분의 팽화력은 감소하였으며 수분처리 수준이 높아 질수록 감소 정도는 현저하였다(표1). Kite⁽²¹⁾은 팽화력은 인의 함량과 관계가 있으며, 인의 함량이 많을 수록 수분—열처리중에 분자간 상호결합을 일으켜 팽화력을 감소시킨다고 보고하였다.

수분—열처리한 전분의 용해도는 생전분에 비하여 현저히 낮은 값을 보였으며, 팽화력과는 반대로 수분처리 수준이 증가할수록 증가 하였다(표1). Kulp와 Lorenz⁽¹¹⁾은 수분—열처리에 따라 용해도의 차이는

Table 1. Swelling power and solubility of raw and heat-moisture treated chestnut starch

Treatment	Swelling power at °C				Solubility (%) at °C			
	60	65	70	80	60	65	70	80
Raw	9.40	18.63	25.39	28.50	2.88	8.04	10.84	13.51
Heat treated								
H ₂ O untreated	6.23	8.48	10.00	12.68	0.60	1.01	1.47	1.77
18% H ₂ O treated	4.70	6.94	8.47	10.37	0.95	1.45	1.75	2.19
21% H ₂ O treated	3.75	5.73	7.20	9.07	1.40	1.63	2.10	2.50
24% H ₂ O treated	2.74	4.70	6.98	8.29	1.73	2.41	2.74	3.09

amylose의 상태에 좌우되며 수분-열처리에 의하여 amylose가 용해성이 적은 helix형으로 전환된다고 하였다. 실제로 밀전분은 온도증가와 처리 수분함량 증가에 따라 용해도가 증가하나, amylose의 구성상태가 다른 감자전분은 온도증가에 따라 용해도는 증가하지만 처리 수분함량의 증가와는 반비례하는 경향이 나타남을 보고 하였다.

팽화력과 용해도의 관계를 보면 그림1와 같이 처리 수분함량에 따라 기울기의 절편 간격이 비슷하였다. 팽화력과 용해도의 기울기는 전분의 종류에 따라 상이한 것으로 알려져 있다.⁽²²⁾

물결합능력

생전분의 물결합능력은 81.2%로서 박들⁽⁴⁾의 결과와 큰 차이가 없었다. 밤전분의 물결합능력은 밀전분이나 감자전분보다는 낮았고, 보리, 수수, triticale, cassava 전분⁽⁷⁾보다는 높았고 칩전분^(6,7)과는 유사하였다.

수분-열처리한 밤전분의 물결합능력은 물결합능력은 표2와 같다. 참고로 밀, 감자 및 칩전분의 물결합능력도 함께 표시하였다. 밤전분의 물결합능력은 수분처리수준이 증가 할수록 거의 직선적으로 증가하였다. 수분 24%에서 열처리한 경우 물결합능력은 비처리 전분

Table 2. Water holding capacity of heat-moisture treated chestnut starch and other starches

Moisture treatment	Water holding capacity			
	Chestnut	Wheat ⁽¹¹⁾	Potato ⁽¹¹⁾	Arrowroot ⁽⁶⁾
Control	93.8	89.1	120.0	81.5
18%	97.6	107.0	110.5	79.8
21%	122.4	108.7	110.7	92.8
24%	149.6	137.9	106.2	106.7

에 비하여 80% 이상 증가하여 다른 전분에 비하여 증가 폭이 큰 경향을 보였다. 이러한 물결합능력의 특징적인 증가 현상은 밀전분^(9,11)과 칩전분⁽⁶⁾에서도 관찰되었다.

광투과도

시료전분 0.1% 현탁액을 가열하면서 광투과도를 측정 한 결과는 그림2와 같다. 수분-열처리를 하지 않은 전분의 광투과도는 58°C부터 급격히 증가하였으나, 수분(18%)-열처리된 전분은 63°C부터 광투과도가 증가

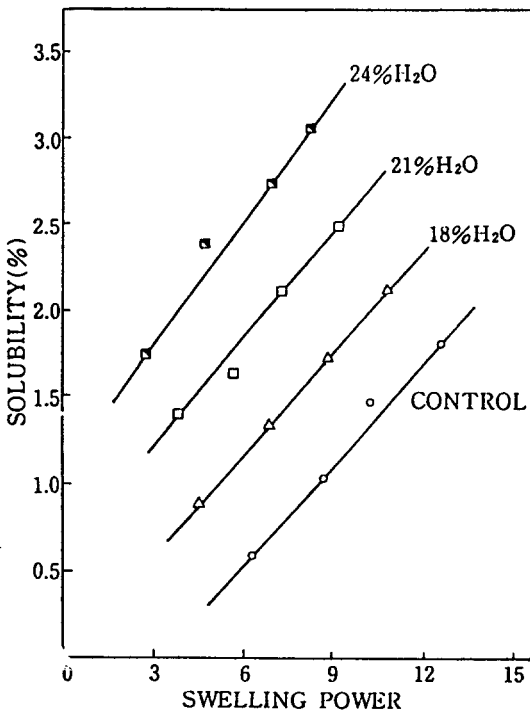


Fig. 1. Relationship between swelling power and solubility of heat-moisture treated chestnut starch

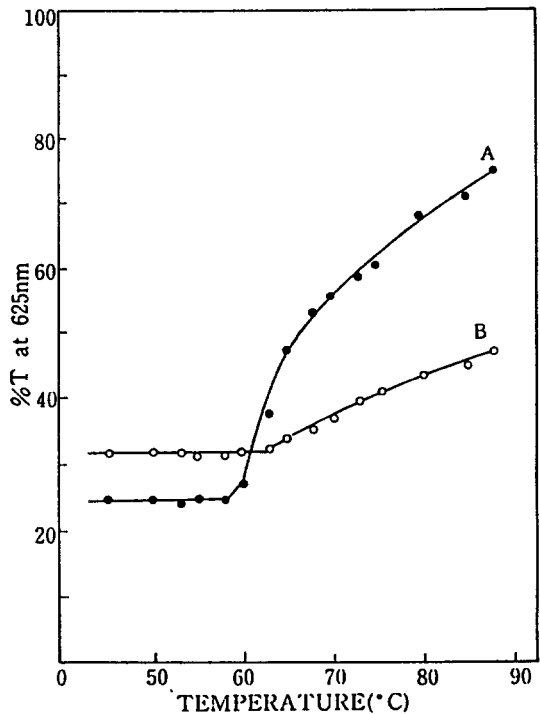


Fig. 2. Transmittance of 0.1% chestnut starch suspension at various temperatures
 A: untreated starch
 B: 18% H₂O-heat treated starch

Table 3. Amylograph indices on heat-moisture treated chestnut starch (7.5%, dry basis)

Treatment	Initial pasting temperature ^a (°C)	Peak height (B.U.)	Peak temperature (°C)	Viscosity at 95°C (B.U.)	15-min height ^b (B.U.)	Viscosity at 50°C (B.U.)
Control	64	950	82	880	800	1040
14% H ₂ O	66	800	86	760	720	1060
18% H ₂ O	84	730	95(5min)	620	700	910
21% H ₂ O	86	no peak	550	690	930
24% H ₂ O	89	no peak	260	650	790

a: Temperature at which the initial rise in the curve reached 10 B.U.

b: Peak height after 15min holding at 95°C

c: After temperature first reached 95°C

하였고 그 증가율은 낮았다. 수분—열처리에 따라 초기 광투과도는 비처리 전분보다 높았다.

수분—열처리에 따라 호화온도가 상승하는 현상은 밀^(7,11), 보리⁽⁷⁾, 수수⁽⁷⁾, triticale⁽⁷⁾ 등의 곡류전분 및 퀴⁽⁶⁾, cassava⁽⁷⁾, 감자^(9,11) 등의 지하전분에서도 일어나는 것으로 알려져 있다.

호화양상

밤전분의 아밀로그래프의 결과는 표3과 같다. 수분—열처리를 하지 않은 밤전분은 82°C에서 최고점도를 나타내었다. 박들⁽⁶⁾은 품종이 다른 밤전분에서 최고점도를 나타내지 않는다고 보고하여, 품종에 따라 호화양상이 다소 다른 것으로 판단된다.

수분 18%에서 열처리한 경우 초기호화온도는 크게 증가하였으나 최고점도는 감소하였으며, 이러한 현상은 수분 처리수준이 높아질수록 현저하였다 (표3). 수분 14%에서 열처리한 경우 90°C에서 15분간 유지하는 경우는 점도는 95°C에서의 점도에 비하여 미미한 감소를 보였다. Brabender hot-paste의 점도양상은 전분입자의 팽창정도 및 열 또는 shear force에 대한 전분 팽윤입자의 저항에 의하여 결정된다.⁽²²⁾ 따라서 밤전분은 수분—열처리에 의하여 전분 팽윤입자가 열 및 shear force에 대하여 안정하다는 것을 가르킨다. 이러한 현상은 칩전분⁽⁶⁾에서도 보고되어 있다.

수분처리 수준이 18%이상인 경우에는 최고점도가 95°C에서 15분간 유지한 경우의 점도는 95°C에서의 점도보다 높은 값을 보였으며, 이러한 경향은 수분처리 수준이 높을수록 현저하였다. 따라서 수분—열처리한 밤전분은 95°C에서 가열하는 동안에 계속 호화가 진행되는 것으로 판단된다.

Donovan 들⁽¹⁴⁾은 밀 및 감자전분의 결정의 녹는 점

(crystalline melting point)은 수분(24%)—열처리에 의하여 증가하며, 호화과정은 biphasic DSC endotherm의 양상을 보인다고 하였다. 이러한 현상은 수분—열처리에 의하여 전분의 구조가 일부 변형됨을 가르킨다. 전분구조의 변형은 새로운 결정의 생성 또는 재결정의 생성에 기인되는 것으로 추정된다.⁽¹⁴⁾

호화에 필요한 수분함량

호화도 0%인 생전분의 peak 높이와 호화도의 증가에 따른 peak의 높이와의 비율은 전분의 호화도와 직선적인 관계($R^2=99.85\%$)를 보였다(그림3). 이러한 관계는 옥수수전분⁽¹⁹⁾, 칩전분⁽⁶⁾, 쌀전분⁽²³⁾ 및 쌀가루⁽²⁴⁾에서도 보고되어 있다. 따라서 X-ray 회절법을 이용한 호화도의 정량에는 전분의 종류에 관계없이 표준곡선은 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다.

전분의 수분함량을 여러 수준으로 조절하여 표준전분시료와 같이 처리한 다음 각 수분함량에서의 전분의 호화도를 측정된 결과는 그림4와 같다. 수분—열처리를 하지 않은 전분의 경우, 전분의 호화도는 수분증가에 따라 증가하였으며, 수분 45% 이상에서는 일정한 값을 보였다. 따라서 수분 45% 이상에서는 호화가 완료된 것으로 판단된다. 수분(18%)—열처리한 전분의 경우 수분 40%까지는 호화도가 비처리전분보다 높은 값을 보였으며 수분 40% 이상에서는 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 수분(18%)—열처리한 전분의 광투과도는 비처리 전분에 비하여 높으나, 온도상승에 따라 광투과도의 증가율이 낮은 사실(그림2) 및 아밀로그래프에 의한 호화가 수분—열처리에 따라 억제되는 현상(표3)과 일치하는 경향이였다.

호화도가 어느 수분함량에서 일정한 값을 보일 때를 호화가 완료된 것으로 보면^(19,25) 밤전분은 호화에 필요

한 최소수분함량이 45%, 수분-열처리한 경우에는 40%이었다. 쌀의 경우 호화에 필요한 수분함량은 43~45%^(23,24), 옥수수전분은 47%⁽¹⁹⁾, 칩전분은 45%⁽²⁶⁾, 완두전분은 55%⁽¹⁹⁾로 알려져 있다.

전분의 호화에 필요한 수분함량은 전분의 아밀로스-아밀로펙틴의 비에 영향을 받게 된다.⁽²⁷⁾ 아밀로스는 아밀로펙틴보다 높은 온도에서 호화된다.⁽²⁸⁾ 따라서 아밀로스함량이 높은 경우 더 많은 물과 결합하게 되며, 이에 따라 상당히 높은 수분하에서 호화가 일어나게 된다.

전분현탁액의 열호화 특성

밤전분현탁액(3%)을 여러 온도에서 호화시킨 시료의 X-ray 회절도에서 X-ray peak의 감소로부터 그림3의 표준곡선을 이용하여 호화도를 계산한 결과는 그림5과 같다.

수분-열처리를 하지 않은 밤전분은 55°C 이후 호화가 급격히 증가하였고 65°C 이상에서는 호화도가 변화가 미미하였다. 수분(18%)-열처리한 시료는 대체로 비처리 전분과 비슷한 양상을 보였다(그림5). 따라서 밤전분을 호화시키는데 필요한 최저 온도는 65°C임을

알 수 있다.

Takeda와 Hizukuri⁽²⁹⁾는 5% 전분현탁액을 일정온도에서 20분간 가열호화시킨 시료의 호화도를 X-ray 회절법으로 분석하고 완전한 호화를 시키기에 요하는 최저온도는 밀, 찹쌀 및 감자전분의 경우는 70°C, 쌀전분은 60°C, 고구마전분은 78°C, 옥수수전분은 80°C라고 보고하였다. 그러나 김들⁽²³⁾은 5% 쌀전분현탁액의 경우 멥쌀전분의 호화온도는 70°C, 찹쌀전분의 호화온도는 65°C라고 보고하였다.

수분-열처리한 시료는 초기호화도가 높았으나, 65°C 이후의 호화도는 비처리 시료보다 다소 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 광투과도(그림2) 및 팽화력(표1)의 결과와 같은 경향이였다.

요 약

밤전분의 수분을 14, 18, 21 및 24%로 조절하고 100°C에서 16시간 가열 처리한 다음 이화학적 성질을 생전분과 비교하였다. 수분-열처리에 따라 결정도, 팽화력 및 용해도는 다같이 감소하였다. 전분현탁액(0.1%)의 광투과도는 58°C부터 급격히 증가하였으나 수

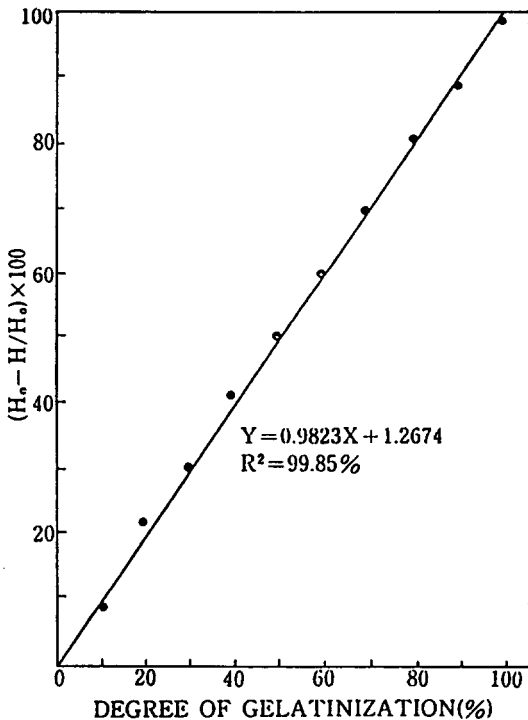


Fig. 3. Relationship between degree of gelatinization and the percentage ratio of X-ray peak decrease of gelatinized chestnut starch

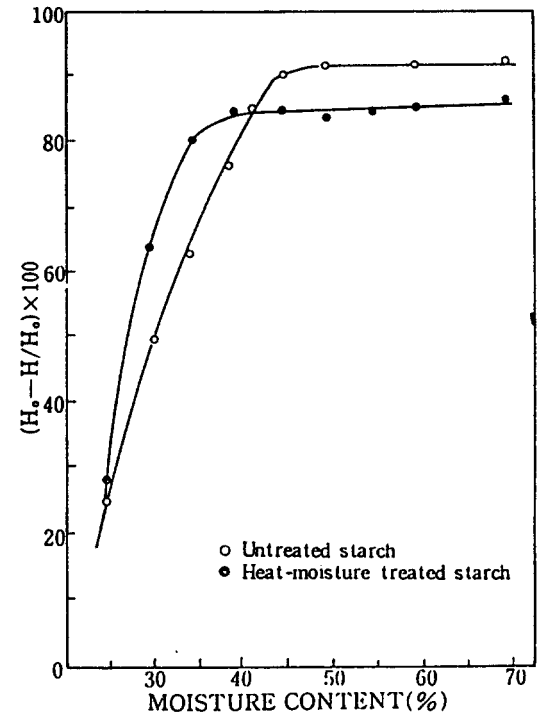


Fig. 4. Relationship between moisture content and percentage decrease in X-ray peak height of chestnut starch

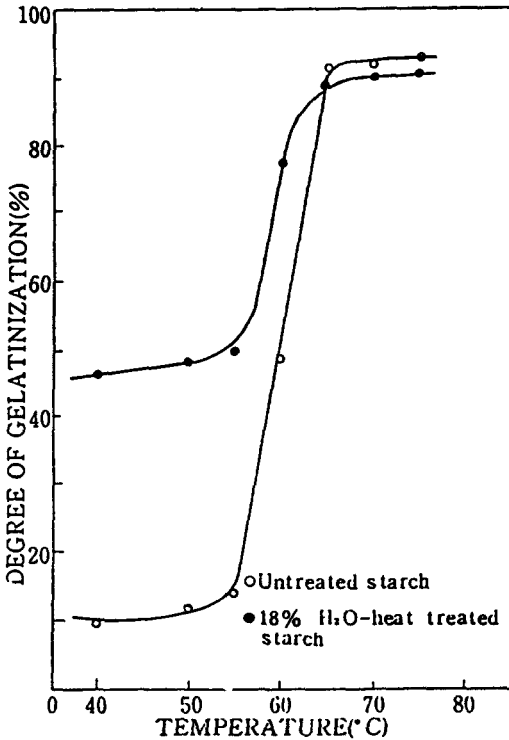


Fig. 5. Effect of temperature on the degree of gelatinization of 3% chestnut starch suspension

분 (18%) 열처리한 전분은 63°C 부터 광투과도가 증가하였으며 그 증가율은 비처리 전분에 비하여 낮았다. 전분의 호화양상은 수분-열처리에 의하여 초기호화온도는 증가하였고 수분 21% 이상 처리한 전분은 최고 점도를 보이지 않았다. 전분의 호화에 필요한 최저수분함량은 생전분이 45%, 수분(18%)-열처리한 전분이 40%이었으며, 호화에 필요한 최저 온도는 모두 65°C 이었다.

문헌

1. 徐奇奉, 韓判柱, 李聖鍾 : 한국식품과학회지, 6, 98(1974)
2. 白光旭, 咸昇市 : 江原大食資研論文集, 2, 57(1975)
3. 咸昇市, 白光旭 : 江原大學校 研究論文集, 10, 117(1976)
4. 박인순, 김성곤, 김춘수 : 한국농화학회지, 25, 218(1982)

5. 박영희, 김성곤, 이신영, 김주봉 : 한국식품과학회지, 16, 314(1984)
6. 차완수, 김관, 김성곤 : 한국농화학회지, 27, 252(1984)
7. Lorenz, K. and Kulp, K.: *Stärke*, 34, 50 (1982)
8. Sair, L.: in "Methods in Carbohydrate Chemistry", Whistler, R.L. (ed.), Academic Press, New York, N.Y., Vol. 4, p.283 (1964)
9. Lorenz, K. and Kulp, K.: *Stärke*, 35, 123 (1983)
10. Sair, L.: *Cereal Chem.*, 40, 8 (1967)
11. Kulp, K. and Lorenz, K.: *Cereal Chem.*, 58, 46 (1981)
12. Miller, B.S., Derby, R.I. and Trimbo, H.B.: *Cereal Chem.*, 50, 271 (1973)
13. Lorenz, K. and Kulp, K.: *Cereal Chem.*, 58, 49 (1981)
14. Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: *Cereal Chem.*, 60, 381 (1983)
15. Lorenz, K. and Kulp, K.: *Stärke*, 34, 76 (1982)
16. Schoch, T.J.: in "Methods in Carbohydrate Chemistry", Whistler, R.L. (ed.), Academic Press, New York, N.Y., Vol. 4, p.106 (1964)
17. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: *Stärke*, 4, 101 (1966)
18. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: *Cereal Chem.*, 55, 661 (1978)
19. Owusu-Ansah, J., van de Voort, F.R. and Bediako-Amoa, B.: *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 13, 131 (1980)
20. Birch, G.G. and Priestly, R.J.: *Stärke*, 25, 98 (1973)
21. Kite, F.E., Schoch, T.J. and Leach, H.W.: *Baker's Digest*, 31, 42 (1957)
22. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J.: *Cereal Chem.*, 36, 534 (1959)
23. Kim, I.H., Kim, S.K. and Lee, K.H.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 17, 5 (1985)
24. 김성곤, 박흥현, 정혜민, 김관 : 한국농화학회지, 26, 266(1983)
25. Priestly, R.J.: *Stärke*, 27, 416(1975)
26. 김관, 윤한교, 김성곤 : 한국농화학회지, 28, 42(1985)
27. Banks, W., Greenwood, C.T. and Muir, D.D.: *Stärke*, 26, 289 (1974)
28. Takeda, C. and Hizukuri, S.: *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 48, 663 (1974)

(1986년 7월 2일 접수)