

밤 전분의 분자구조의 변화가 전분의 성질 및 겔 특성에 미치는 영향

주난영 · 안승요*

배화여자전문대학 전통조리과, *서울대학교 식품영양학과

Effects of Molecular Structural Changes of Chestnut Starch on Starch and Its Gel Properties

Nan-Young Choo and Seung-Yo Ahn*

Department of Traditional Cuisine, Baewha Womens' Junior College

*Department of Food and Nutrition, Seoul National University

Abstract

Acid-modified and cross-linked chestnut starch properties and their gel properties were examined. Hardness and cohesiveness of acid-modified starch gels were all reduced as acid treatment time was increased. And hardness of cross-linked starch gels were increased but cohesiveness were not significantly different. Reduction rate of transmittance in acid-modified starch suspensions were higher than that of unmodified starch suspension. Hardness changes of cross-linked starch gels during 4 days of storage were little, especially in the gels made at 75°C and 85°C of heating temperatures.

Key words: chestnut starch, acid-modified starch, cross-linked starch

서 론

우리나라에서의 밤은 주로 기호식품으로 또는 제수용으로 소량 소비되는 이외에 일부 통조림으로 이용하고 있으나 그 소비량은 적으며 밤의 대량 소비를 위한 시도로써 밤을 통조림 하거나⁽¹⁾ 밤의 주성분인 전분을 이용하기 위해 전분과 결합하고 있는 지질에 대한 연구가 일부 이루어 졌다⁽²⁾. 밤과 같은 견과류에 속하는 도토리 전분이 주로 텍스처가 중요시 되는 목적으로 이용되어 온데 비해 밤 전분 자체를 음식으로 만들어 이용한 예는 없으나 최근들어 밤 전분도 겔을 만들어 그 텍스처나 노화속도, 음식으로서의 수용도 등을 여러 다른 전분겔과 비교한 연구들이 보고되고 있다⁽³⁻⁵⁾.

한편, 지금까지 실시된 전분겔에 관한 연구들은 가열 온도, 전분농도 그리고 저장시간을 각각 달리하였을 때 전분겔의 텍스처 특성변화나 노화의 특성을 관찰하여 겔 특성 차이를 현상론적으로 설명하려는 것들이 대부분이었다. 이같은 현상론적인 설명도 전분겔에 대한 포괄적인 이해를 위해서는 필요하나, 전분겔의 특성 차이를 밝히는 데는 한계가 있어 이를 분자구조적 특성으로 설명하고자 하는 연구들이 계속되었다. 정⁽⁶⁾은 목전분의 아밀

로오스가 비목전분의 아밀로오스보다 크고 평균가치수가 많고 평균가지 길이는 짧았으며, 목전분의 아밀로펙틴의 평균가지 길이는 비전분의 그것보다 크다고 보고 하였다. 권⁽⁷⁾은 네 가지 두류전분의 겔 특성에 가장 큰 영향을 주는 인자는 아밀로오스의 크기로 크기가 큰 것이 더 안정된 겔 구조를 이룬다고 하였다. Juliano 등⁽⁸⁾은 쌀 전분에 있어서 긴 가지가 많은 아밀로펙틴이 짧은 가지를 가진 아밀로펙틴보다 더 단단한 겔을 형성한다고 하였다.

본 연구는 밤 전분을 산처리와 가교결합으로써 분자 구조를 변화시켰을 때 전분과 전분겔 특성에 미치는 효과에 대해 시험하여 바람직한 텍스처를 지닌 밤 전분겔을 만들어 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

강원도 홍천산인 은기 품종의 밤을 1992년 2월 경동 시장에서 구입하여 사용하였다.

전분의 제조

전분은 알카리 침지법⁽⁹⁾에 의하여 분리하였다.

전분의 일반성분

AACC 법⁽¹⁰⁾에 의해 수분, 조단백, 조지방, 회분 등의

Corresponding author: Nan-Young Choo, Department of Traditional Cuisine, Baewha Womens' Junior College, 12, Pilun-Dong, Chongro-Gu, Seoul, Korea

함량을 분석하였다.

산처리 전분의 제조

Wurzburg⁽¹¹⁾의 방법에 따라 36~40%의 0.2 N HCl 전분 slurry를 만들어 45°C 항온수조에서 흔들며 주면서 1시간과 5시간 동안 반응시킨 후 흡인여과 하면서 중성이 될 때까지 씻어 말린 시료를 각각 1시간 산처리 전분(1hr acid-modified)과 5시간 산처리 전분(5hr acid-modified)으로 사용하였다.

가교 전분의 제조

Wu⁽¹²⁾의 방법으로 35%의 전분 현탁액에 Na₂SO₄를 전분 건량의 2% 넣고 3% NaOH로 pH 11.1~11.5로 말춘 후 전분 건량의 0.01% POCl₃를 넣어 25°C 항온수조에서 흔들면서 1시간 동안 반응시킨 후 흡인여과하면서 씻어 말린 시료를 가교 전분(cross-linked)으로 사용하였고, 이를 변성되지 않은 밤 전분과 1:1로 섞은 시료를 혼합 가교 전분(mixed cross-linked)으로 사용하였다.

치환도(degree of substitution)

Sathe와 Salunkhe⁽¹³⁾의 방법으로 실험하여 계산하였다. 5g의 가교결합 변성전분을 75% 에탄올 20 ml에 분산시켜 50°C 항온수조에서 30분 동안 가열하고 실온으로 냉각시켰다. 여기에 1 N NaOH 25 ml를 넣고 가끔 흔들며 주면서 72시간 동안 실온에 방치했다. 과량의 NaOH를 페놀프탈레인 지시약을 이용하여 1N HCl로 역적정하고 이 용액을 2시간 동안 실온에 방치하여 또다시 나온 NaOH를 더 적정하였다.

% acetyl =

$$\frac{(\text{ml blank} - \text{ml sample}) \times \text{normality of HCl} \times 0.43 \times 100}{\text{weight of sample (g, dry basis)}}$$

$$\text{D.S.} = \frac{162 \times \% \text{ acetyl}}{4300 - (42 \times \% \text{ acetyl})}$$

아밀로그래프

Brabender Visco/amylo/Graph를 이용하여 Medcalf와 Gilles⁽¹⁴⁾의 방법으로 조사하였다. 전분 현탁액(8%와 10%, 건량기준)을 30°C에서 75°C, 85°C, 95°C까지 각각 분당 1.5°C의 속도로 가열하고 각 온도에서 15분간 유지시킨 후 같은속도로 50°C 냉각 후 50°C에서 30분간 유지시켰다.

가용성 전분의 겔 크로마토그래피

Ghiasi 등⁽¹⁵⁾의 방법을 개량하여 전분시료 0.5g을 20 ml 증류수에 분산시킨 후 진탕수욕조를 75°C, 85°C, 95°C로 각각 온도를 고정시킨 후 각 온도에서 30분간씩 흔들어진 후 800×g에서 30분간 원심분리하고 상정액을 Whatman No.42 여과지로 여과하였다. 여액 중 1 ml를 Sepha-

rose CL-2B 컬럼에 주입시키고 0.02% sodium azide를 포함하는 0.01 N NaOH로 20 ml/hr 속도로 용출시켰다. 용출액은 회분수집기를 이용하여 4 ml씩 분획하였으며 각 회분의 총당량은 페놀-황산법⁽¹⁶⁾으로, 요오드 반응의 최대흡수파장은 Biliaderis 등⁽¹⁷⁾의 방법으로 측정하였다.

한편 void volume은 dextran(Sigma Co., 분자량: 5,000,000-40,000,000)을 이용하여 위와 동일한 조건으로 용출시켜 조사하였으며 전체 부피는 글루코오스를 주입시킨 후 용출되어 나올 때까지의 용출액으로 정하였다. 컬럼의 보정은 Dextran T-10(분자량 10,000), Dextran T-40(분자량 40,000)과 Dextran T-500(분자량 500,000)(Pharmacia Co.)을 사용하여 분자량과 K_{av}간의 관계로 나타내었으며, K_{av}는 다음과 같이 정의된다.

$$K_{av} = \frac{V_e - V_o}{V_t - V_o}$$

여기서 V_e는 elution volume(ml), V_o는 void volume(ml), V_t는 total volume(ml)이다.

변성 전분겔의 제조

시료 현탁액의 농도가 8%(w/v, 건량 기준)가 되도록 시료를 취하여 50 ml screwcap tube에 담고 실온의 물 30 ml을 가하여 잘 분산시킨 다음 75°C, 85°C, 95°C로 고정된 진탕수욕조에서 각각 15분간 흔들며 주고 45분간 방치한 후 직경 2.0 cm, 높이 2.0 cm의 원통형 틀에 담아 실온에서 3시간 성형시켰다.

변성 전분겔의 견고성과 응집성

전분겔의 텍스처는 Instron Universal Testing Machine 1140으로 2회 반복 압착시험하여 견고성(hardness)과 응집성(cohesiveness)의 값을 구하였다. 사용한 기기의 조건은 load cell 50 kg, full scale 5 kg, chart speed 200 mm/min, crosshead speed 100 mm/min, deformation 60%였다.

변성 전분의 광투과도

전분 현탁액 0.2%(w/v, 건량기준)을 75°C, 85°C, 95°C에서 20분간 가열하여 4°C에서 1일, 2일, 3일 후에 625 nm에서의 광투과도를 측정하였다.

변성 전분겔의 견고성의 변화

9%(w/v, 건량기준)로 변성 전분겔을 제조한 후 4°C에 저장하면서 4일동안 견고성의 변화를 관찰하였다. 기기 조건은 위와 같다.

결과 및 고찰

전분의 일반성분

밤 전분의 수분함량은 15.22%, 조단백은 0.67%, 조지

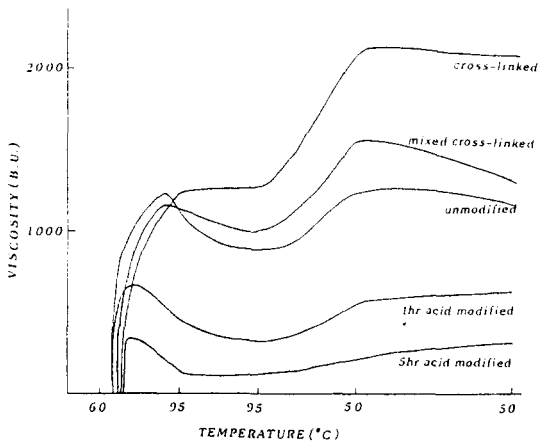


Fig. 1. Visco/amylo/Graphy pasting curves for unmodified and modified starches(8%, w/v, db) at 95°C

방은 0.09%, 회분은 0.03% 였다.

아밀로그래프

산처리 전분과 가교 전분의 아밀로그래프 특성은 Fig. 1 과 Table 1에 제시하였다. 산처리를 오래할수록 전체적인 점도가 떨어졌고 가교결합정도가 증가될수록 전체적인 점도, 특히 냉각점도가 증가되었다. Initial pasting temperature(PT)는 산처리 1시간 후에는 변화가 없었고 산처리 5시간 후와 가교결합시에 조금 증가되었다. 최고 점도(peak viscosity, P)와 95°C에서 15분 유지한 후의 점도(hot paste viscosity, H)는 전분입자의 팽윤정도 및 열이나 전단(shearing)에 대한 팽윤된 입자의 저항정도를 나타내며 그 차이인 breakdown(P-H)는 팽윤된 입자가 붕괴되기 용이한 정도를 나타내 주는 것인데, 가교결합이 증가될수록 breakdown치는 낮아져 가열 호화되어 팽윤된 후에도 입자가 붕괴되지 않고 팽윤된 구조를 유지하는

힘이 크다고 설명할 수 있다. 그러므로 Miles⁽¹⁸⁾가 제안한 겔 형성기작에 비추어 볼 때 가교결합시 고온에서도 남아있는 팽윤된 전분입자가 겔형성시에 중요한 역할을 하리라 생각된다. 또한 손 등⁽⁵⁾은 아밀로그래프 양상에서 호화온도와 최고점도에 관계없이 냉각점도가 높을수록 목의 특성으로 좋은 결과가 나타났다고 보고한데 비추어 가교결합으로 인해 밤 전분겔의 텍스처가 목의 특성으로도 좋은 결과를 나타내리라 예상된다.

가용성 전분의 겔 크로마토그래피

Sepharose CL-2B 컬럼은 분자량이 알려진 linear dextran을 사용하여 보정하였고 이들의 겔 크로마토그래피 용출 양상은 Fig. 2와 같다. 이로부터 얻은 K_{av} 와 분자량과의 관계는 Fig. 3과 같으며 산처리 전분의 가열온도를 달리하여 용출시킨 가용성 전분의 겔 크로마토그래피 용출양상은 Fig. 4, 5와 같다. 온도가 증가될수록 용출되는 전분의 절대량은 절대적으로 증가되나, 가열온도가 높을수록 아밀로펙틴이나 intermediate-fraction의 용출이 증가되었다. 또한 산처리 5시간 후의 겔 크로마토그래피 용출양상에서 최대흡수파장이 550 nm~635 nm인데 비해 산처리 1시간 후의 용출에서는 560 nm~650 nm인 것으로 보아 산처리에 의해 분자들이 잘려 가열시 쉽게 저분자량의 아밀로오스가 많이 용출되고 또 그만큼 아밀로펙틴이나 intermediate fraction도 많이 용출되어 상대적으로 아밀로오스의 함량은 감소된다고 하겠다.

한편 가교 전분의 가열온도를 달리하여 용출시킨 가용성 전분의 겔크로마토그래피 용출양상은 Fig. 6, 7과 같다. 가교 전분은 절대적인 용출량의 증가도 크게 없었고 void volume 쪽의 최대흡수파장이 610 nm 이상인 것으로 보아 아밀로펙틴이나 intermediate fraction의 용출이 거의 없다고 볼 수 있다. 이는 가교결합에 의해 아밀로펙틴은 더욱 거대해져 높은 고온에서도 용출되지 않고 전분입자의 integrity 유지에 참여하고,아밀로오스도

Table 1. Brabender Visco/amylo/Graph data of modified chestnut starches¹⁾ (unit : B.U.)

Variety	PT ²⁾ (°C)	Viscosity at 95°C	Peak viscosity	Viscosity after 15 min at 95°C	Viscosity at 50°C	Viscosity after 15 min at 50°C
unmodified	67.0	1080	1210	890	1230	1250
1 hr acid-modified ³⁾	67.0	440	690	360	590	620
5 hr acid-modified ³⁾	69.5	145	340	120	215	310
cross-linked ⁴⁾	69.0	1215	1215	1225	2130	2130
mixed cross-linked ⁵⁾	68.0	1150	1175	1000	1570	1290

¹⁾The concentrations were 8%(w/v, dry basis)

²⁾PT means initial pasting temperature.

³⁾1 hr and 5 hr acid-modified were 0.2 N HCl treated starches for 1 hr and 5 hrs, respectively.

⁴⁾Cross-linked was 0.01% POCL₃ treated starch for 1 hr and DS was 0.13

⁵⁾Mixed cross-linked was starch mixed with unmodified (50%) and cross-linked (50%).

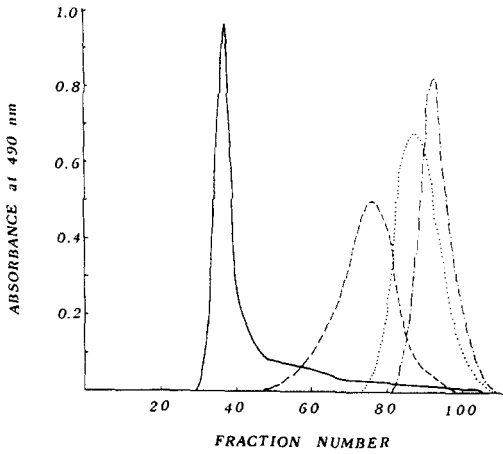


Fig. 2. Gel chromatography of dextrans
 Column: Sepharose CL-2B, Flow rate: 20 ml/hr
 Eluent: 0.01 N NaOH with 0.02% sodium azide
 — Dextran 5×10^6 - 4×10^7 ; --- Dextran T-500; ... Dextran T-40; - · - · - Dextran T-10

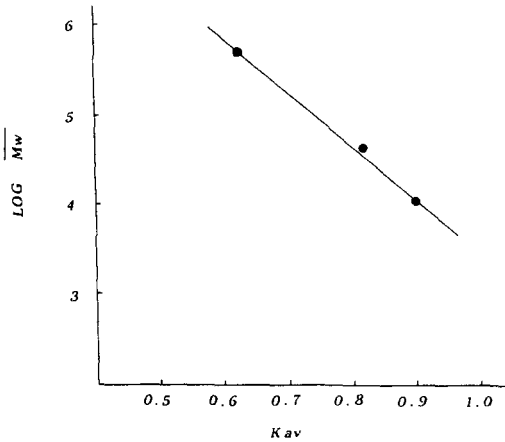


Fig. 3. Calibration curve based on the molecular weight values of dextran standards

용출되는 부분의 최대흡수파장이 665 nm인 것으로 보아 고분자량의 아밀로오스가 용출됨을 알 수 있었다. 가교 전분과 생전분을 동량 혼합한 혼합 가교 전분은 원래의 전분과 가교 전분의 중간적인 용출양상을 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 같은 온도에서의 용출조건으로 비교할 때 산처리에 의해 분자의 크기가 작아질수록 용출되는 가용성 전분의 절대량은 증가되나 그만큼 아밀로펙틴이나 intermediate fraction의 용출도 쉬워 상대적 아밀로오스의 양은 감소되고 저분자량의 아밀로오스가 용출된다. 반면 가교결합에 의해 분자가 커지면 용출되는 가용성 전분의 절대량은 감소되나 아밀로펙틴은 용출되지 않고 전분입자의 integrity를 유지하므로 상대적 아밀로오스의 양은 증가되고 고분자량

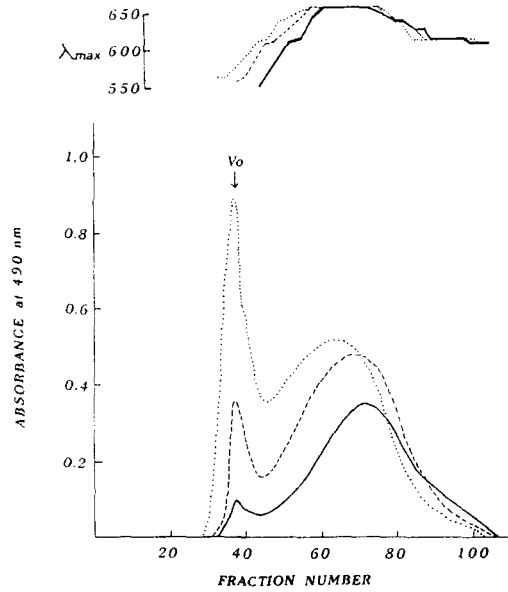


Fig. 4. Elution profiles of soluble fractions of 1 hr acid-modified chestnut starch leached at 75°C(—), 85°C(---), 95°C(···)

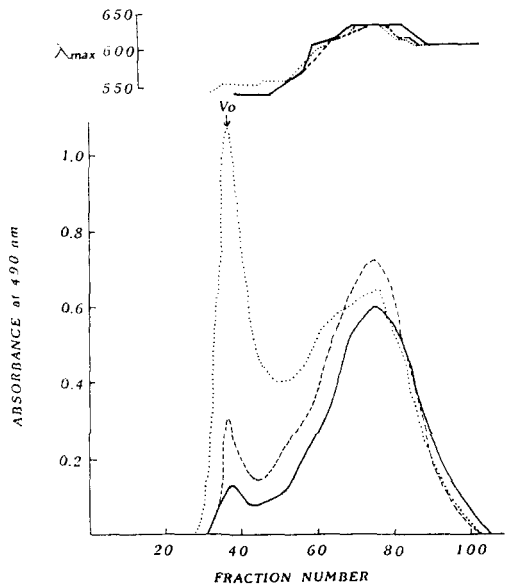


Fig. 5. Elution profiles of soluble fractions of 5 hr acid-modified chestnut starch leached at 70°C(—), 75°C(---), 85°C(···)

의 아밀로오스가 용출된다.

변성전분 겔의 견고성과 응집성

변성전분 겔의 견고성과 응집성을 측정된 결과는 Table 2에 제시하였다. 모든 전분겔이 가열온도가 증가함에

Table 2. TPA¹⁾ of unmodified and modified chestnut starch gels²⁾

	Temperature (°C)	Hardness ($\times 10^{-4}$ dyne)	Cohesiveness
unmodified	75	129.4	0.84
	85	89.2	0.95
	95	53.9	0.90
1 hr acid-modified ³⁾	75	102.9	0.97
	85	78.4	0.86
	95	56.4	0.66
5 hr acid-modified ³⁾	75	73.5	0.16
	85	88.2	0.04
	95	44.1	0.02
cross-linked ⁴⁾	75	100.5	0.86
	85	112.7	0.87
	95	107.8	0.85
mixed cross-linked ⁵⁾	75	112.7	0.87
	85	109.0	0.84
	95	93.1	0.87

¹⁾TPA means textural profile analysis

²⁾The concentration of starch gels was 8%(w/v, dry basis) and the degree of deformation was 60%.

³⁾1 hr and 5 hr acid modified were 0.2 N HCl treated starches for 1 hr and 5 hrs respectively.

⁴⁾Cross-linked was 0.01% POCl₃ treated starch for 1 hr and DS of that was 0.13

⁵⁾Mixed cross-linked was starch mixed with unmodified(50%) and cross-linked(50%).

따라 견고성이 감소하였으나 가교 전분겔만이 온도변화에 관계없이 일정하였다. 이렇게 가교전분겔의 견고성이 온도변화에 따라 일정한 것은 가용성 전분의 겔 크로마토그래피 용출양상(Fig. 6)에서도 보았듯이 85°C로 가열시 이미 용출될만한 분자들이 다 빠져 나왔고 분자의 크기가 커져 95°C 이후에는 아밀로펙틴이나 intermediate fraction의 용출이 어렵기 때문이라 생각된다. 전체적으로 같은온도 조건에서 비교시 산처리 전분겔의 견고성은 낮았고 가교 전분겔은 높았다. 이는 앞에서 언급한 대로 가교 전분겔은 상대적인 아밀로오스 용출량이 많고 고분자량의 아밀로오스가 용출되며 전분입자의 integrity가 유지되기 때문이라 생각된다. 한편, 응집성은 산처리 1시간후에는 별 차이가 없고 5시간 후에는 크게 감소되었지만, 가교결합시는 조금 감소되거나 거의 변화가 없었다. 밤 전분을 가교결합시키면 호화온도 이상의 모든 온도에서 전분겔의 응집성에는 큰 변화없이 견고성의 증가를 기대할 수 있어 좋은 텍스처를 지닌 전분겔이 될 것이라 생각한다. 또한 아밀로오스 크기가 작은 다른 전분들도 변성에 의해 이러한 효과가 나타날 지는 좀 더 연구가 필요하다고 생각된다.

변성 전분의 광투과도의 변화

변성 전분의 0.2% 호화액을 4°C에서 저장했을 때, 저장시간에 따른 각 온도마다의 광투과도의 변화는 Fig. 8

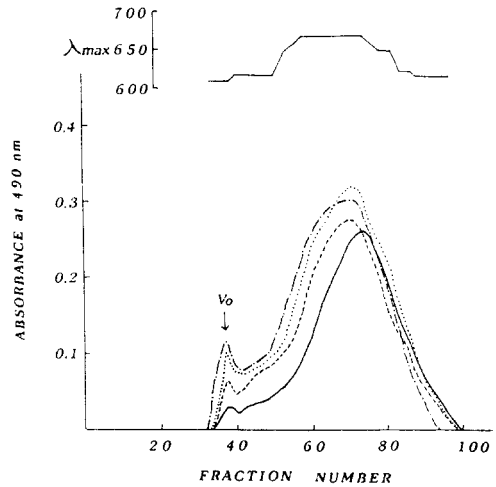


Fig. 6. Elution profiles of soluble fractions of cross-linked chestnut starch leached at 75°C(—), 85°C(---), 95°C(···), 100°C(-·-·-)

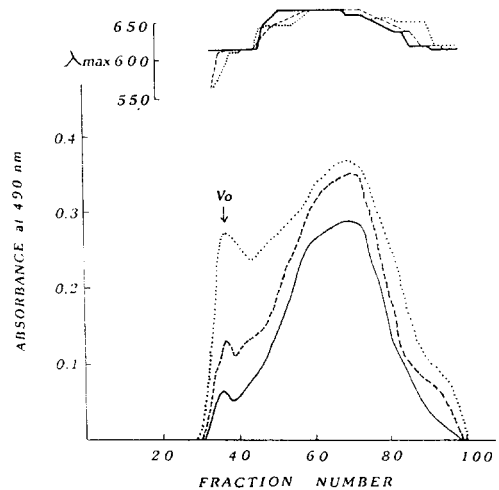


Fig. 7. Elution profiles of soluble fractions of mixed cross-linked chestnut starch leached at 75°C(—), 85°C(---), 95°C(···)

과 같다. 시간이 지남에 따라 광투과도는 점차 감소하였고 이는 전분이 노화되면서 분자들간의 회합으로 인해 투명도가 점차 상실되어지기 때문이다. 비록 0.2%의 아주 묽은 전분 호화액이어서 전분겔의 노화라고는 볼 수 없겠으나 실제로 전분겔을 만들었을 때의 투명도가 사라지는 속도를 객관적으로 수치화 할 수 있어 간접적으로 전분겔의 노화를 예측할 수 있으리라 생각된다.

온도에 관계없이 5시간 산처리 전분의 기울기가 저장시간 초기에 가장 급격히 감소하였고 그 다음이 1시간 산처리 전분이었다. 또한 가교 전분과 이를 생전분과 동량 혼합한 혼합 가교 전분은 생 전분과 큰 차이가

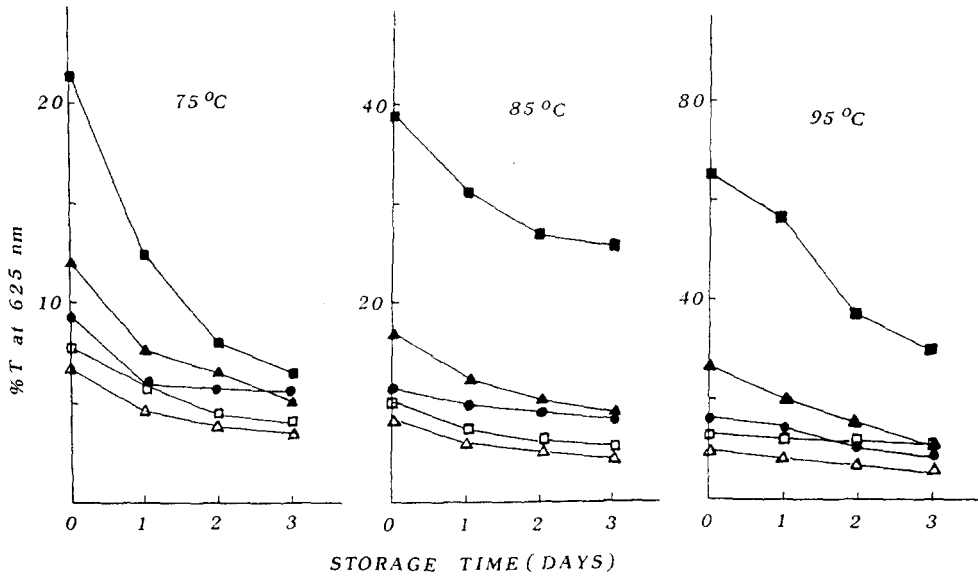


Fig. 8. %T changes of 0.2% unmodified and modified chestnut starch suspensions stored at 4°C for 3 days unmodified(●), 1hr acid-modified(▲), 5 hr acid-modified(■), cross-linked(△) and mixed cross-linked(◻)

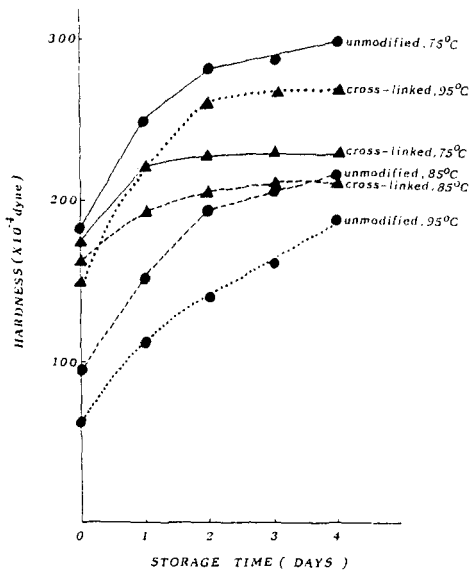


Fig. 9. Hardness changes of 9%(w/v, db) unmodified and cross-linked starch gels stored at 4°C for 4 days

없었다. 실제로 산처리 전분으로 겔을 만들었을 때 생전분겔 보다 빠르게 투명도가 사라지는 것을 육안으로 분명히 관찰할 수 있었고 특히 5시간 산처리 전분이 더 빨리 사라졌다. Clark 등⁽¹⁹⁾도 아밀로오스 길이가 짧을 수록 투명도가 더 빠르게 감소하여 heterogeneous 한 겔 구조를 형성한다고 하였다. 그러나 가교 전분은 처음부터 불투명하였으므로 육안으로 투명도의 상실을 관

찰하기가 어려웠다.

변성 전분겔의 견고성의 변화

가교 전분겔의 투명도 상실을 육안으로 관찰하기 어려웠고 광투과도의 변화도 큰 차이가 없었으므로 가교 전분겔을 4°C에서 저장하면서 견고성의 변화를 관찰하였다(Fig. 9).

가열온도 75°C와 85°C에서 제조한 가교 전분겔은 1일째부터, 가열온도 95°C에서 제조한 가교 전분겔은 2일째부터 견고성에 거의 변화가 없어 가교결합에 의해 노화에 안정한 전분겔이 형성될 수 있음을 알 수 있었다.

그러므로 밤 전분은 산처리에 의해 분자의 크기가 작아지면 전분겔의 노화가 빨라지고 가교결합에 의해 분자의 크기가 커지면 전분겔의 노화가 억제된다고 생각된다.

요 약

산처리와 가교결합에 의한 분자구조의 변화가 전분의 성질 및 겔 특성에 미치는 영향등을 시험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

산처리 전분의 아밀로그래프에 의한 점도는 전체적으로 생전분보다 낮았고, 가교 전분은 생전분보다 높았다. 같은 용출온도에서의 가용성 변성전분의 용출양상을 비교해 볼 때 산처리에 의해 분자의 크기가 작아지면 아밀로펙틴이나 intermediate fraction의 용출이 많아져 용출되는 상대적인 아밀로오스 양이 생전분보다 적으며 저분자량의 아밀로오스들이 많이 용출되었다. 반면, 가교결합에 의해 분자의 크기가 커지면 용출되는 상대적인

아밀로오스 양이 생전분보다 크며 고분자량의 아밀로오스들이 많이 용출되었다. 산처리 전분 호화액의 광투과도는 저장시간이 경과하면 생전분보다 빠르게 감소하였고 가교 전분 호화액은 생전분과 큰 차이가 없었다. 저장시간에 따른 변성전분질의 견고성 변화에서, 가교 전분질은 시간에 따른 변화가 거의 없는 안정한 겔을 형성하였다.

밤 전분의 분자를 산처리로 작게하거나 가교결합으로 크게하였을 때, 텍스처의 향상이나 노화의 방지 측면에서 산처리보다는 가교결합으로써 분자구조를 변화시키는 것이 응집성의 큰 변화 없이 견고성이 향상되며 노화가 지연되는 안정한 겔을 형성하므로 훨씬 더 바람직하다고 생각된다. 그러나 이러한 가교결합에 의한 변성이 다른 아밀로오스 크기가 작아 좋은 텍스처를 형성하지 못하는 다른 전분에도 적용될 수 있을지의 여부는 좀더 연구되어야 하리라 생각된다.

문 헌

1. 조재선: 식품재료학. 기전연구사, p.271 (1981)
2. 서기봉, 한관주, 이성종: 한국식품과학회지, 6, 98 (1974)
3. 박인순, 김성곤, 김춘수: 밤전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, 25, 218 (1982)
4. 이해성, 이수: 도토리과 밤 전분질의 물리적 특성비교. 한국조리과학회지, 7, 11 (1991)
5. 손경희, 문수재: gel상 식품관한 실험 조리적 검토. 각종전분의 교질성을 이용한 식품, 연세논총, 15, 191 (1978)
6. 정구민: 목 제조용 전분의 분자구조와 지방질. 한국식품과학회지, 23, 633 (1991)
7. 권미라: 두류전분의 분자구조와 겔 특성. 서울대학교박사학위논문 (1992)
8. Juliano, B.O., Villareal, R.M., Perez, C.M. and Villareal, C.P.: Varietal difference in properties among high amylose rice starches. *Starch*, 39, 390 (1987)
9. 김향숙, 권미라, 안승요: 동부전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, 19, 18 (1987)
10. American Association of Cereal Chemists: AACC Approved Methods. Vol.II (1983)
11. Wurzburg, O.B.: Converted starches. *In Modified Starches-Properties and Uses*. Wurzburg, O.B.(ed), CRC Press, Florida, p.17 (1988)
12. Wu, Y. and Seib, P.A.: Acetylated and hydroxypropylated distarch phosphates from waxy barley: Paste properties and freeze-thaw stability. *Cereal Chem.*, 67, 202 (1990)
13. Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K.: Isolation, partial characterization and modification of great northern bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) starch. *J. Food Sci.*, 46, 617 (1981)
14. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starch. I. comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, 42, 558 (1965)
15. Ghiasi, K., Hosney, R.C. and Varriano-Martson, E.: Gelatinization of wheat starch. I. Excess-water systems. *Cereal Chem.*, 59, 81 (1981)
16. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Robers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, 25, 1656 (1953)
17. Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Molecular weight distribution of legume starches. *Cereal Chem.*, 56, 475 (1979)
18. Miles, M.J., Morris, V.J., Orford, P.D. and Ring, S.G.: The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydr. Res.*, 135, 271 (1985)
19. Clark, A.H., Gidley, M.J., Richardson, R.K. and Ross-Murphy, S.B.: The effect of chain length and concentration on gel modulus. *Macromolecules*, 22, 346 (1989)

(1995년 9월 26일 접수)