

## 동부와 녹두전분 Gel의 노화특성 비교

윤 계 순

전주우석대학교 식품영양학과

### Comparison on Retrogradation Properties of Cowpea and Mung Bean Starch Gels

Gae-Soon Yoon

Dept. of Food and Nutrition, Chonju Woosuk University, Chonju 565-800, Korea

#### Abstract

Retrogradation properties of cowpea and mung bean starch gels were investigated by rate of retrogradation, X-ray diffraction patterns and syneresis of gels. Retrogradation time constant of mung bean starch gel (30%) by Avrami equation had a similar value to that of cowpea starch gel. X-ray diffraction patterns of the two retrograded starch gels(10%) were B-type. The extent of retrogradation determined by syneresis showed that cowpea starch gel was a little larger than that of mung bean starch gel(6~10%).

**Key words** : starch gel, retrogradation, X-ray diffraction patterns, syneresis

#### 서 론

전분의 노화란 전분의 호화 용액을 방치할때 일어나는 지속적인 침전 현상으로 전분의 결정화 과정이라고 볼 수 있다<sup>1,2)</sup>. 전분을 이용한 식품은 저장중 노화가 일어나게 되며, 이는 이들 식품의 품질 저하의 주요 원인이 된다. 특히 목(전분 gel)과 같이 물성이 주요한 품질 특성을 이루는 경우 텍스처에 바람직하지 못한 변화를 가져오게 된다.

근래에 들어 전통 식품에 대한 관심과 아울러 식품의 품질 평가에서 리올로지적 성질의 중요성이 강조됨에 따라 도토리목을 중심으로 목의 물성에 대한 연구가 많이 이루어졌다<sup>3-5)</sup>. 동부 전분 gel은 그 질감 특성이 녹두전분 gel과 매우 유사하므로 요즘은 녹두목 대응으로 흔히 이용되고 있는데 전보<sup>6,7)</sup>에서 동부와 녹두전분 gel의 유사성의 요인을 밝히기 위해 이들 전분

의 이화학적 성질 및 입자 형태등을 살펴봤으며, 또한 Instron Universal Testing Machine을 사용하여 이들 두 전분 paste와 gel의 물성을 정량적으로 비교한 바 있다.

본 연구는 동부와 녹두 전분 gel의 텍스처 특성 비교의 일환으로서 Avrami 방정식을 이용한 노화속도, X-선 회절도에 의한 결정화도의 변화 그리고 gel의 이장 현상 등을 중심으로 노화 성질을 조사해 보았다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험에 사용된 동부와 녹두 전분은 전라북도산으로 알칼리 침지법을 사용하여 제조하였다. 시료는 60mesh 체로 쳐서 사용하였으며, 동부와 녹두 전분의

수분함량은 각각 10.24, 10.51%, 조희분은 0.16, 0.18%, 조지방은 0.00, 0.08% 그리고 조단백질은 0.12, 0.17%이었다.

**Avrami 방정식에 의한 노화 속도 측정<sup>8,9)</sup>**

30% 전분 현탁액을 직경 12mm, 높이 28mm용기에 2ml씩 취해 밀봉하고 40°C에서 90°C까지 35분 동안 호화시켜 gel을 만들었다. 이 전분 gel을 20분 동안 실온에서 냉각시킨 후 온도 20°C, 상대습도 90~95%로 유지시킨 incubator내에 0, 1, 2, 3, 4일 동안 저장하면서 시료의 견고성(hardness)을 Instron Universal Testing Machine(model 1140)을 사용하여 측정하였다. 측정 조건은 crosshead speed : 50mm/min, chart speed : 50mm/min, plunger diameter : 6mm, % deformation : 70%이었다. 10~20회 측정된 견고성의 평균치로 Avrami 방정식에 의해 시간상수(time constant, 1/k)를 구했으며 limiting modulus는 4°C에서 7일간 저장한 gel로부터 구했다.

**X-선 회절도를 이용한 결정화도의 변화<sup>10,11)</sup>**

10% 농도의 전분 현탁액을 95°C 항온수조에서 10분간 가열하고 다시 121°C에서 15분간 완전히 호화시켜 ethanol과 acetone으로 탈수, 1G-3 glass filter상에서 감압 여과하여 분말화한 것을 호화시료로 하였다. 한편 호화한 gel을 0~5°C에서 3일, 10일간 각각 저장한 것과 -26°C냉동고에 3시간 냉동한 후 실온에 1시간 해동하는 과정을 1일 3회 실시하여 freeze-thaw cycle을 총 30회 반복한 것을 위와 같은 방법으로 분말화하여 호화시료로 했다. 이 시료들에 대해 X-ray diffractometer (RigaKu Co., Japan)를 이용하여 호화와 노화시의 결정성의 변화를 관찰했으며 측정 조건은 다음과 같다<sup>6)</sup>. Target : Cuk  $\alpha$  ( $\alpha=1.5418 \text{ \AA}$ ), filter : Ni, voltage : 30Kv, current : 15mA, dispersion slit : 1°, receiving slit : 0.3mm, scanning speed : 4°/min, chart speed : 40mm / min, full scale(count rate) : 2,000cps, reflection angle :  $2\theta$  ; 4°~30°

**전분 gel의 이장량 측정<sup>12)</sup>**

전분 현탁액 300ml(6, 8, 10%)를 95°C 항온수조상에서 10분간 가열 호화시켜 20분 방치한 후 직경 5cm, 높이 3cm의 용기에 약 50g씩 넣어 밀봉하여 0~5°C에서 6일동안 저장하면서 그동안의 자연 이장량을 gel의

중량감소로 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**노화 속도**

20°C에서 저장한 동부와 녹두 전분 gel의 시간 경과에 따른 견고성의 변화를 살펴본 결과(Fig. 1) 두 시료 모두 그 양상이 비슷했다. 즉, 저장 1, 2일째에 가장 많이 증가하고 3, 4일째의 증가율은 보다 둔화되었다. 제조 첫날에 동부 전분 gel의 견고성은 녹두 전분 gel보다 더 낮았으나 저장 3일째 이후에는 거의 같아졌고, 4일째는 약간 높은 값을 보였다.

이 결과를 Avrami식에 의해 분석하여, Fig. 2 및 Fig. 3에 나타냈는데 동부와 녹두 전분 gel 모두 Avrami 지수는 각각 1.19, 1.22에 가까운 값을 보였다. 전분 gel의 노화에 있어서 Avrami 지수가 1인 경우에 전분의 결정화 메카니즘은 순간적인 핵 형성에 잇따른 막대기 모양의 결정 성장임을 가리킨다<sup>8)</sup>. 메밀<sup>9)</sup>, 쌀<sup>13)</sup>, 녹두<sup>14)</sup> 그리고 cassava 전분 gel<sup>6)</sup>의 Avrami 지수는 0.9~1.2값으로 보고되었다.

노화 속도 상수는 동부 전분 gel이 0.5204 day<sup>-1</sup>, 녹두 전분 gel이 0.5040 day<sup>-1</sup>이었고, 노화시간 상수

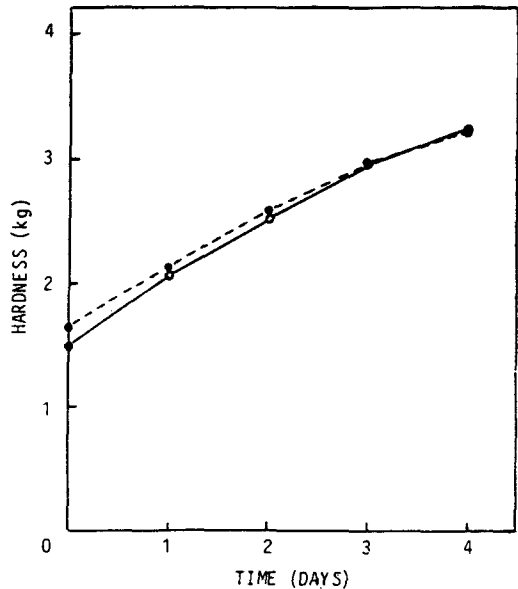


Fig. 1. Hardness of cowpea (○—○) and mung bean (●---●) starch gels.

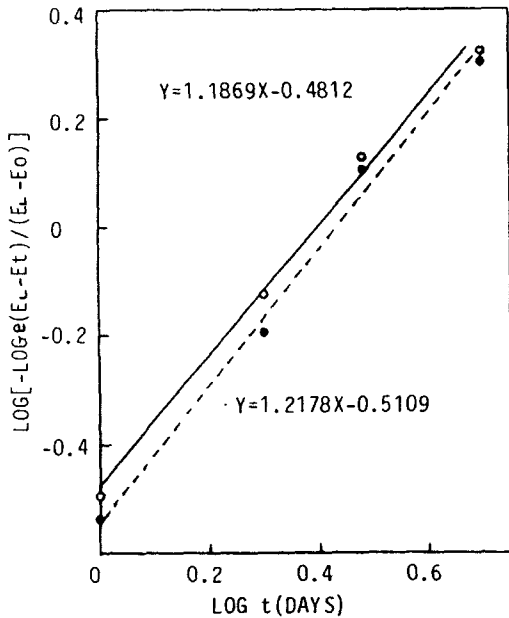


Fig. 2. Plot of  $\log(-\log \frac{E_L - E_t}{E_L - E_0})$  against  $\log t$  for 30% cowpea (○—○) and mung bean (●---●) starch gels.

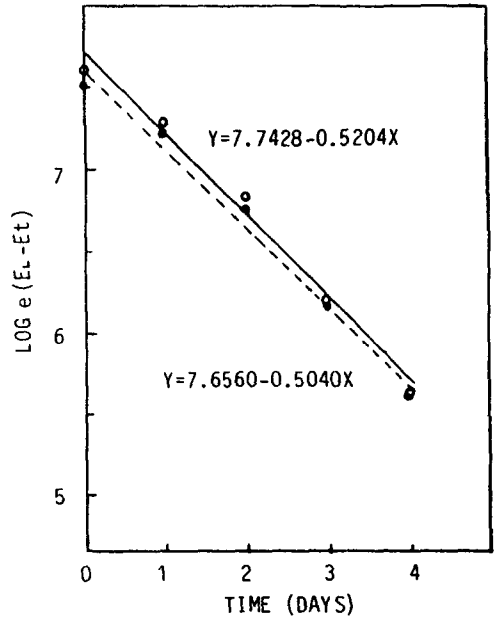


Fig. 3. Plot of  $\log e(E_L - E_t)$  against  $t$  for 30% cowpea (○—○) and mung bean (●---●) starch gels.

(속도상수의 역수)는 각각 1.9215와 1.9840일로 비슷한 값을 보였다. 본 실험과 같은 방법으로 구한 여러 전분 gel(45~50%농도)의 시간 상수는 메밀이 3.76일<sup>9)</sup>, 녹두가 1.99일<sup>14)</sup> 밀양쌀이 6.42일<sup>13)</sup> 등으로 보고되었다.

전분 gel의 노화 속도는 전분의 아밀로스함량과 반비례적인 관계를 보이는데<sup>6)</sup> 전보<sup>6)</sup>에서 조사한 동부와 녹두의 아밀로스함량은 각각 30.5, 32.1%이었다.

X-선 회절도에 의한 결정화도의 변화

전분 입자의 결정성은 호화됨에 따라 무정형의 구조로 되는데 이는 X-ray diffractometry로 탐지되어 양적으로 표시가 가능하므로 호화정도의 척도로 쓰일 수 있으며, 노화된 전분 역시 생전분과는 다른 회절도를 나타내므로 이로써 노화상태를 비교할 수 있다<sup>15)</sup>.

동부와 녹두의 생전분, 호화 및 노화 전분gel의 X-선 회절도를 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타냈다. 두 시료 모두 생전분일때는 2θ; 15.0, 17.1°, 23°에서 강한 peak를 보여 A형에 가까운 회절도형을 보였다. 일반적으로 두류 전분의 회절도는 A형과 B형의 혼합형인 C형을 보인다고 하나 전분의 결정 구조는 생육조건이나 건조방법

등에 따라 달라진다<sup>16)</sup>.

한편 호화된 두 시료의 회절도는 peak를 상실한 V도형을 나타냈으며 노화된 전분 gel에서는 생전분과 다른 peak가 형성되었다. 노화된 전분은 B도형의 X-선 회절도를 보여주는데 A도형과는 달리 2θ; 17.2°에서 강한 peak가 발견되고 그외의 peak는 강하게 나타나지 않으며, 5.5°, 22.2°, 24°에서 약한 peak가 나타난다고 한다<sup>17)</sup>. 본 연구에서도 두 시료 모두 이와 유사한 양상을 보였는데 3일 동안 0~5°C에서 저장한 gel은 노화가 일부 진행되어 17.2°에서 약한 peak가 보였고, 0~5°C에서 10일 동안 저장한 gel과 냉동·해동을 반복한 gel은 거의 비슷한 정도로 17.2°에서 강한 peak가 나타났다.

전분 gel의 이장량

전분 gel의 수분 보유 능력의 상실은 노화의 정도와 관계가 있으므로<sup>18)</sup> 이장량을 측정하여 노화상태를 비교해 볼 수 있다.

6, 8, 10% 농도의 동부와 녹두 전분 gel을 5°C에서 6일동안 저장하면서 이장량을 gel의 중량감소로 나타낸 결과는 Fig. 6과 같았다. 세시료 모두 gel농도가 낮을수

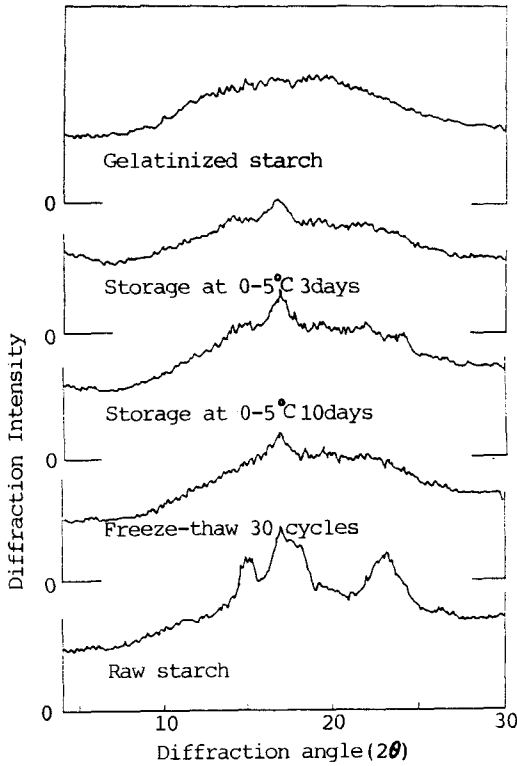


Fig. 4. X-ray diffractogram of cowpea starch gels.

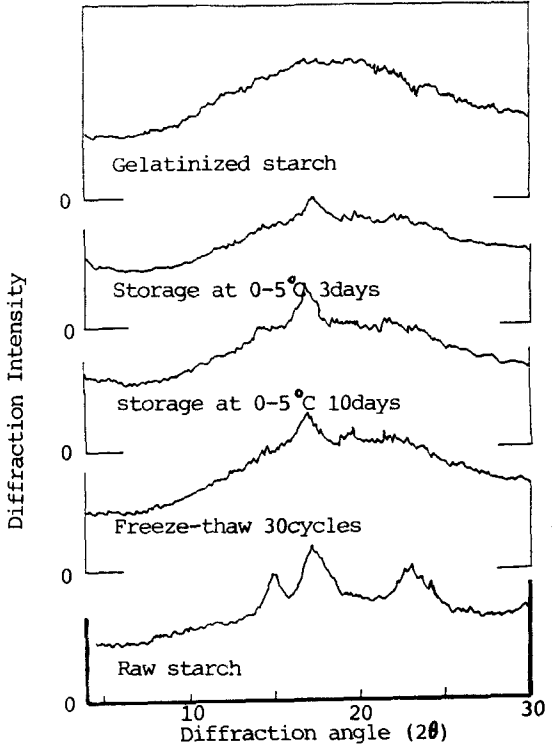


Fig. 5. X-ray diffractogram of mung bean starch gels.

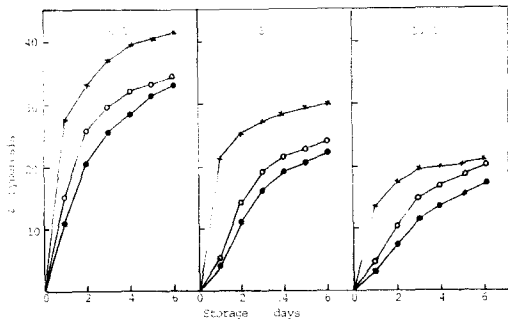


Fig. 6. Syneresis of cowpea (○—○) and mung bean (●—●) starch gels during storage at (5°C)

록 이장량이 많았고, 1일째와 2일째 가장 많은 양의 물이 gel로부터 빠져나왔으며, 그 이후에 이장율의 증가는 둔화되었다. 이 결과는 노화 속도 측정에서 저장에 따른 gel의 견고도 증가 양상과 비슷했다.

동부 전분 gel은 녹두 전분 gel보다 이장량이 전체적으로 많았다.

Takahashi 등<sup>12)</sup>은 5% 녹두 전분 gel의 이장량이 저장

7일째에 중량의 30.3%에 달해 감자, 옥수수, sago 전분 gel에 비해 상당히 컸기 때문에 녹두 전분이 노화가 심한 전분임을 보고하였다. 윤 등<sup>13)</sup>은 glucoamylase로 노화도를 측정한 결과 저장 1일에서 4일까지 동부 전분의 노화가 녹두 전분보다 더 높다고 보고했는데, 이 결과와 아울러 노화 속도, 이장량 등의 결과를 살펴볼때 동부 전분 gel의 노화 속도는 녹두 전분 gel보다 약간 빠르고 노화 정도도 약간 높지만 그 차이는 아주 적음을 알 수 있다.

요 약

동부와 녹두 전분 gel의 텍스처 비교에 관한 연구의 일환으로 저장중의 노화 특성을 노화속도, 결정화도의 변화 및 이장량을 측정하여 비교하였다. 두 시료 전분 gel(30%)을 20°C에서 저장하여 Avrami방정식으로 계산한 시간 상수는 동부 전분 gel이 1.9215일, 녹두 전분 gel이 1.984일로 거의 비슷하였으며 노화된 시료 전분 gel(10%)의 X-선 회절도는 모두 2θ; 17.2°, 22°, 24.

0°에서 peak를 보여 B도형을 나타냈다. 한편 이장량은 두 전분 gel (6~10%) 모두 농도가 낮을수록 많았고, 저장 1, 2일째에 가장 많았으며 그 이후로 이장량의 증가율은 서서히 둔화되어 저장 6일째에 농도와 시료에 따라 17~34.9%에 이르렀다.

## 문 헌

- Cornford, S. J., Axford, D. W. E. and Elton, G. A. H. : The elastic modulus of bread crumb in linear compression in relation to staling. *Cereal Chem.*, **41**, 216 (1964)
- 김성곤 : 빵의 노화에 미치는 전분의 역할. 화학과 공업의 진보, **23**, 819 (1983)
- 구성자 : 도토리묵의 rheological properties에 관한 연구. 대한가정학회지, **22**, 99 (1984)
- 김영아, 이혜수 : 도토리묵의 물리적 특성 - 관통검사와 back extrusion test. 한국식품과학회지, **17**, 469 (1985)
- 조연화, 장정옥, 구성자 : 동부의 이화학적 특성과 동부묵의 rheology에 대하여. 한국조리과학회지, **3**, 54 (1987)
- 윤계순, 손경희, 정혜정 : 동부와 녹두 전분의 이화학적 특성비교. 대한가정학회지, **27**, 39 (1989)
- 손경희, 윤계순 : 동부와 녹두 전분 gel 및 paste의 rheological properties. 대한가정학회지, **26**, 93 (1988)
- Kim, S. K., Ciacco, C. F. and D'appolonia, B. L. : Kinetic study of retrogradation of cassava starch gels. *J. Food Sci.*, **41**, 1249 (1976)
- 김성곤, 한태룡, 권태완, 비 엘 다포로니아 : 메밀 전분의 이화학적 성질에 관한 연구. 한국식품과학회지, **9**, 138 (1977)
- Kainuma, K., Matsunga, A., Itagawa, M. and Kobayashi, S. : New enzyme system- $\beta$ -amylase-pullulanase-to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch or starch products. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **28**, 235 (1981)
- Matsukura, U., Matsugana, A. and Kainumsa, K. : Structural studies on retrograded normal and waxy corn starches. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **30**, 106 (1983)
- Takahashi, S., Kitahara, H. and Kainuma, K. : Properties and cooking quality of starches. Part I, Chemical and physical properties of starches from mung bean and sago. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **28**, 151 (1981)
- 정혜민, 안승요, 김성곤 : 아끼바레 및 밀양 23호 쌀 전분의 이화학적 성질 비교. 한국농화학회지, **25**, 67 (1982)
- 김완수, 이혜수, 김성곤 : 각종 전분으로 만든 교질상 식품의 특성에 관한 연구-녹두 전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, **23**, 166 (1980)
- Owusu-Ansha, J., Van der voorf, F. R. and Stanley, D. W. : Determination of starch gelatinization by X-ray diffractometry. *Cereal Chem.*, **59**, 167 (1982)
- Hizukuri, S. : *X-ray diffraction of starch granule*. Handbook of starch science, Asakura Book Company, p.208 (1977)
- 鈴木繁男, 中村道德 編集 : 澱粉科學實驗法. 朝倉書店, p.84 (1979)
- Schoch, T. J. : Starch in bakery products. *Bakers Dig.*, **39**, 18 (1965)

(1992년 6월 29일 접수)