

저장에 따른 녹두전분 겔의 노화 특성 변화

최은정 · 오명숙
가톨릭대학교 식품영양학과

Changes in Retrogradation Characteristics of Mungbean Starch Gels during Storage

Eun Jung Choi and Myung Suk Oh
Dept. of Food and Nutrition, The Catholic University of Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of storage temperature(5°C and 25°C) and time(1, 24, 48 and 72hours) on the retrogradation characteristics of mungbean starch gels by using differential scanning calorimeter, rapid visco-analyzer, β -amylase method, X-ray diffractometer and scanning electron microscope. Endothermic peaks of gels stored at 5°C were shifted to the lower temperature than those stored at 25°C and endothermic enthalpy of gels stored at 5°C was greater than that stored at 25°C. DSC thermograms showed that the retrogradation rate of gels stored at 5°C was higher than that stored at 25°C. The pasting properties of the gels such as peak viscosity and final viscosity increased with increasing storage time except the gels stored at 25°C for 72 hours and this trend was more apparent at the storage temperature of 5°C. The digestibility measured by β -amylase method decreased with increasing storage time and this trend was more apparent at the storage temperature of 5°C. X-ray diffraction patterns of the gels stored at 5°C showed more distinct peak than those stored at 25°C, but no difference was detected by the storage time. The microstructure of all the gels showed a well developed three dimensional network. The network structure of the gels stored at 25°C formed a thick matrix after 72 hours and those stored at 5°C from the early stage of storage.

Key words : mungbean, starch gel, storage, retrogradation

1. 서 론

겔상 식품은 입안에서의 감촉이 좋아 기호도가 높으며, 씹기 쉽고 삼키기 쉬워 유아나 노인용 식품으로서 주목받고 있다¹⁾. 겔상 식품을 만들 수 있는 식품 재료로는 각종 전분, 한천, 카라닌산 등의 다당류와 젤라틴, 달걀, 유단백, 어육단백 등의 단백질이 있다. 이중 전분으로서는 녹두, 도토리, 메밀, 동부 등이 있는데, 전분의 종류에 따라 제조된 겔은 각각 독특한 풍미와 텍스처를 가지고 있다²⁾. 녹두 전분 겔은 탄력성이 높고 투명해서 기호도가 높는데, 녹두전분 겔식품으로는 우리나라의 전통식품인 청포묵과 과편 등이 있다. 그러나

녹두전분 겔은 저장하면 전분의 노화에 의해 투명성이 소실되어 백탁하고 탄력성이 떨어져 품질이 떨어지게 된다.

최근 국내외에서 발표된 전분 겔 또는 전분이 주성분인 식품 겔에 대한 연구로서는 첨가물이 전분겔 식품의 호화, 노화 물성 등에 미치는 영향³⁻¹¹⁾, 여러 가지 전분겔의 겔화 기구, 물성 등에 관한 연구¹²⁻¹⁵⁾, 가열조건에 따른 전분겔의 텍스처 또는 관능적 특성에 관한 연구¹⁶⁻¹⁷⁾, 새로운 전분 소재인 밤 또는 칩 전분으로 조제한 겔의 이용가능성에 대한 연구¹⁸⁻²¹⁾, 혼합겔에 관한 연구²²⁻²⁴⁾ 등이 있다. 전분 겔의 저장에 따른 품질 변화는 대부분 노화와 물성 변화와 관련지어 조사하고 있는데, 녹두전분겔의 저장에 따른 품질특성 연구는 체계적으로 수행된 것이 별로 없다. 저자 등이 전분²⁵⁾에서 녹두전분 겔을 온도(5°C, 25°C) 및 기간별(1, 24, 48, 72시간)로 저장하면서 겔의 색도, 이수현상, 텍스처, 관능적 특성 등에 대하여 조사한 결

Corresponding author : Myung Suk Oh, The Catholic University of Korea, San 43-1, Yockok 2-dong, Wonmi-gu, Puchon, Kyonggi-do, 420-743, Korea
Tel : 032-340-3315
Fax : 032-340-3315
E-mail : omsfn@www.cuk.ac.kr

과, 저장에 의해 백색도와 이수량이 증가하고, 단단하고 푸석푸석한 텍스처를 가지는 겔이 되는 경향이 있었으며 이러한 경향은 5°C 저장시 더욱 현저했는데, 관능적 특성치 중 전체적인 바람직성은 5°C 저장시에는 2일째부터, 25°C 저장시에는 3일째부터 기호도가 낮아지는 등 저장 온도 및 기간에 따라 전분겔의 관능적, 텍스처 특성이 변화되는 것을 알 수 있었다. 본보에서는 전보²⁵⁾와 같은 조건으로 녹두전분 겔을 제조, 저장하면서 열적특성, 점도특성, 효소소화도, 미세구조 등 노화와 관련된 특성의 변화를 조사하여, 녹두전분 겔의 저장에 따른 품질저하와의 관련성을 규명하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 전분의 제조

본 실험에 사용한 녹두는 1997년도산 금성녹두였고, 전분은 알칼리 침지법²⁶⁾으로 분리, 실온에서 통풍 건조하여 100mesh 표준망체를 통과시킨 후 데시케이터에 보관하면서 사용하였다.

2. 전분 겔 및 건조전분겔의 제조

전분 겔은 전보²⁵⁾와 같이 전분현탁액(7%, 건량기준)을 50ml의 원심분리관에 넣고, 95°C의 진탕수조(SW-90MW, 성우과학)에서 20분간 210rpm의 속도로 흔들며 주면서 가열한 다음 직경 20mm, 높이 20mm의 원통형 용기에 성형하여 5°C와 25°C에서 1, 24, 48, 72시간 저장하여 제조하였다. 건조전분겔은 기간별로 저장한 시료 겔을 동결건조 하여 제조하였으며, 분말로 이용시에는 분쇄하여 100mesh 표준망체를 통과시켰다.

3. 시차주사열량기를 이용한 열적 특성 측정

녹두전분과 물이 1:2가 되도록 10mg 알루미늄팬에 넣고 밀봉하여 1시간 방치한 후 가열하였다. 호화한 시료를 5°C와 25°C에서 각각 1, 24, 48, 72시간 저장한 후, 시차주사열량기(DSC 120, Seico Inst. Inc., Japan)를 사용하여 20°C부터 140°C까지 5°C/min의 속도로 재가열하여 흡열 곡선을 얻었다. 얻어진 흡열곡선으로부터 초기 온도(T_0), 피크온도(T_p), 종결 온도(T_c)와 엔탈피(ΔH)를 구하였다. reference로는 증류수를 사용하였다.

4. RVA를 이용한 점도 특성 측정

저장에 따른 녹두 전분겔의 점도 특성을 RVA

(Rapid Visco Analyzer, Newport Scientific, RVA-3D+, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료는 건조전분겔 분말 현탁액(6% w/w, 건물기준)으로 제조하였으며, 측정 온도는 1분간 50°C를 유지하고, 95°C까지 12°C/min의 속도로 온도를 상승시킨 후 2분 30초 동안 95°C를 유지, 12°C/min의 속도로 50°C까지 온도를 하강시킨 후 50°C에서 2분간 유지하여 점도 곡선을 얻었다. 얻어진 점도곡선으로부터 초기 점도(initial viscosity), 피크점도(peak viscosity), 최종 점도(final viscosity)를 얻었다. 초기점도는 현탁액을 50°C에서 1분간 유지시켰을 때의 점도, 피크점도는 점도가 급격히 증가하다가 감소되기 직전의 최고 점도, 최종점도는 50°C로 하강시킨 후 2분간 유지했을 때의 점도를 의미한다.

5. 효소 소화도

저장에 따른 녹두전분겔의 β -amylase에 의한 환원당 생성량을 측정하였다. 건조전분겔 분말 150mg을 0.05M sodium acetate 완충용액(pH 4.8) 30ml에 넣고, homogenizer(Heidolph DIAX600, German)를 이용하여 13,500 rpm의 속도로 3분간 균질화 시킨 후, 0.02% β -amylase용액(0.97 IU/ml, ICN Co.) 1ml을 가하고 37°C 항온수조에서 100rpm의 속도로 2시간 진탕하면서 효소반응을 시켰다. 반응이 끝난 후, 1N HCl 용액 0.6ml를 가하여 효소반응을 정지시키고, 반응액 중 1ml을 취하여 환원당량(maltose로서 환산)을 Somogyi-Nelson법²⁷⁾으로 정량하였다.

6. X-선 회절도

저장에 따른 녹두 전분겔의 X-선 회절도를 관찰하였다. 건조전분겔 분말을 시료로 X-선 회절기(PW1710, Philips)를 사용하여 Target : Cu-K α , Scanning speed : 2°/min, Voltage : 40KV, Current : 40mA의 조건으로 회절각도 2 θ 를 5°부터 40°까지 회절시켜 얻어진 피크의 위치와 강도를 비교하였다.

7. 주사전자현미경(SEM)에 의한 미세구조

저장에 따른 녹두전분 겔의 미세구조 관찰은 건조전분겔을 면도칼로 잘라 잘린 단면을 palladium으로 코팅시킨 후 주사전자현미경(SEM, S-2380H, HITACHI, Japan)으로 600배 배율에서 관찰하였다.

8. 통계처리

실험결과는 SAS package(Release 6.12 TS Level 0020)를 이용하여 분산분석과 Duncan의 다중범위검

정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의 차를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시차주사열량기를 이용한 열적 특성

저장 온도 및 기간에 따른 녹두전분 겔의 DSC 특성은 Table 1에 나타내었다. 용융피크는 5°C, 25°C의 양 온도에서 모두 저장 1시간 후에는 관찰되지 않았으며, 1일 후부터 관찰되었다. 생전분이 저장 녹두전분겔보다 용융피크의 초기온도, 피크온도 및 종료온도가 모두 높고, 온도범위가 좁으며, 엔탈피 값은 컸다. 저장겔 시료의 전체적인 용융피크는 5°C 저장시보다 25°C 저장시가 더 높은 온도 쪽으로 이동하여, 25°C 저장시의 초기온도, 피크온도 및 종료 온도 모두 5°C 저장시보다 더 높았다. 이와 같이 5°C 저장시의 용융피크가 25°C 저장시의 용융피크보다 더 낮은 온도측에 있는 것은 전분쇄의 결정화가 5°C에서 더 많이 일어나서 용융이 더 빨리 시작되기 때문인 것으로 생각된다.

엔탈피는 5°C 저장시의 값이 25°C 저장시보다 더 높아서, 저온에서 노화가 잘 일어나는 것을 나타내었다. 또한 25°C 저장시의 엔탈피 값은 저장 2일째까지는 변화가 미미하여 노화가 느리게 진행되며 저장 3일째에는 엔탈피 값이 크게 증가하여 저장 2일 이후에 노화가 빠르게 진행되는 것을 나타내었다. 5°C 저장시는 1일 저장시의 엔탈피 값이 2일, 3일 저장시와 거의 같아서 25°C보다 상대적으로 노화가 매우 빨리 일어나고 있음을 나타내었다. 이것은 전보²⁵⁾에서 보고한 5°C 저장시에는 저장 2일째부터, 25°C 저장시에는 저장 3일째부터 기호도가 상당

히 낮아진 것을 뒷받침하는 결과로 생각된다. 또한 용융피크의 온도 범위(Tc-To)는 5°C 저장시가 25°C 저장시보다 더 넓고, 같은 온도에서는 저장이 진행됨에 따라 온도범위(Tc-To)가 증가하는 경향을 나타내었다.

김과 신²⁸⁾은 쌀가루 겔을 20°C와 4°C에서 3일간 저장했을 때, 첫번째 피크의 온도를 제외한 전체적인 용융피크가 20°C에서 저장했을 때가 더 높고, 엔탈피는 4°C에서 저장했을 때가 크다고 하였고, Perdon 등²⁹⁾은 밥을 -13, 3, 20, 36°C에서 96시간까지 저장했을 때 저장시간이 길어질수록 엔탈피 값이 증가하고, 3°C에서 저장한 밥의 엔탈피가 20°C에서 저장한 밥보다 크다고 하여 본 연구와 같은 경향이 있었다. 이 등³⁰⁾도 도토리 전분겔을 5°C에서 14일 저장했을 때 저장이 진행될수록 재호화 엔탈피 값이 증가한다는 결과를 나타내어 본 연구와 일치하였다.

2. RVA를 이용한 점도 특성

RVA에 의한 녹두전분겔의 저장에 따른 점도 특성은 Fig. 1과 Table 2에 나타내었다. 그림을 보면 일반적인 생전분의 호화특성도와는 상당히 다른 것을 알 수 있으며, 피크의 모습이나 최저점도치가 확실하지 않아, 호화에 의해 미셀구조가 어느정도 붕괴되어 있다는 것을 추측할 수 있다. 초기 점도는 25°C에서는 유의차가 없었으나, 5°C에서는 저장기간이 길어질수록 그 값이 유의적으로 커졌다. 최고점도, 최종점도는 25°C에서 72시간 저장한 겔을 제외하면 5°C 및 25°C 모두 저장기간이 길어질수록 그 값이 유의적으로 증가하였다. RVA에 의한 생전분의 점도 특성은 주로 용출된 amylose에 의해 결정되는데, 저장에 따른 전분겔 분말의 점도특성은 노화된

Table 1. DSC characteristics of mungbean starch gels stored at different conditions

Storage condition		Melting endotherm				
Temperature (°C)	Time (hr)	To(°C)	Tp(°C)	Tc(°C)	Tc-To(°C)	ΔH(mJ/mg)
5	1	-	-	-	-	-
	24	38.9	54.7	68.3	29.4	3.8
	48	40.2	55.4	68.5	28.3	3.8
25	72	38.7	57.5	70.2	31.5	3.7
	1	-	-	-	-	-
	24	50.5	60.6	72.6	22.1	0.5
25	48	49.2	62.5	74.2	25.0	1.5
	72	49.3	62.1	74.5	25.2	3.3
Native starch		62.8	68.8	77.5	14.7	15.0

To : Onset temperature

Tp : Peak temperature

Tc : Conclusion temperature

ΔH : Enthalpy of endotherm

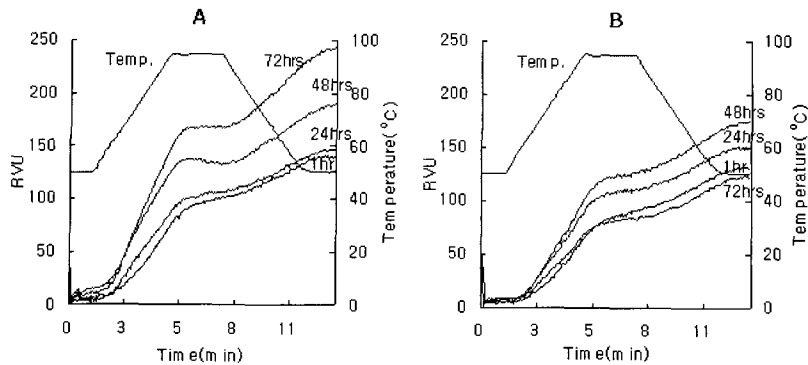


Fig. 1. RVA curves of mungbean starch gels stored at different conditions
A : 5°C storage temp., B : 25°C storage temp.

Storage condition		Initial viscosity	Peak viscosity	Final viscosity
Temperature(°C)	Time(hr)			
5	1	5.50±0.71 ^c	90.5±0.71 ^c	141.0±0.71 ^c
	24	7.50±2.12 ^c	100.0±1.41 ^d	148.5±2.12 ^d
	48	13.50±2.12 ^b	134.0±5.66 ^b	186.5±3.54 ^b
	72	20.00±0.00 ^a	142.5±3.54 ^a	195.5±4.95 ^a
25	1	4.00±2.83 ^c	81.0±2.83 ^f	130.0±2.83 ^f
	24	6.50±0.71 ^c	104.5±0.71 ^d	150.5±0.71 ^d
	48	7.50±0.71 ^c	112.5±2.12 ^c	173.0±1.41 ^c
	72	6.50±0.71 ^c	77.0±1.41 ^f	122.5±0.71 ^g
F-value		23.50***	143.72***	210.22***

Means in each column with different superscript letters are significantly different(P<0.05) by Duncan's multiple range test.

Values present means mean±SD (n=3).

***, Significant at P<0.001.

amylose와 amylopectin의 결정화 정도를 나타낸다고 생각된다. 김³¹⁾, 庄³²⁾ 등의 연구에서 밥의 최고점도, 최종점도도 저장일수와 더불어 상승하였는데, 이것은 저장에 따른 노화로 새롭게 형성된 결정구조의 증가에 따라 점도가 상승한 것이라 하였다. 본 연구에서도 녹두전분겔의 저장에 의해 전분이 노화되고 새롭게 미셀이 형성되었기 때문에 점도값이 증가한 것으로 생각되며, 5°C 저장시의 값이 25°C 저장시보다 더 큰 것은 저온에 의한 노화 촉진 때문이라고 생각된다. 그러나 25°C에서 72시간 저장한 겔의 점도가 다시 저하한 것의 원인은 불명으로 금후 검토해야 될 문제로 생각된다.

문이라고 생각된다. 그러나 25°C에서 72시간 저장한 겔의 점도가 다시 저하한 것의 원인은 불명으로 금후 검토해야 될 문제로 생각된다.

3. 효소 소화도

β -amylase에 의한 녹두전분겔의 환원당 생성량을 Table 3에 나타내었다. 저장 기간이 경과함에 따라 환원당량은 점차 감소했는데, 5°C 저장시에는 24시간 이후부터, 25°C 저장시에는 72시간 이후에 유의

Time(hr)	Storage Temperature(°C)	
	5	25
1	0.787 ± 0.035 ^c	1.037 ± 0.020 ^a
24	0.718 ± 0.008 ^d	1.026 ± 0.006 ^a
48	0.717 ± 0.004 ^d	1.003 ± 0.034 ^a
72	0.685 ± 0.028 ^d	0.878 ± 0.040 ^b
F-value	100.39 ***	

Means with different superscript letters are significantly different(P<0.05) by Duncan's multiple range test.

Values present means mean ± SD (n=5).

***, Significant at P<0.001.

적으로 감소하였다. 환원당량은 같은 시간 저장시 25°C보다 5°C에서 더 많이 감소했으며, 5°C에서 1시간 저장한 겔의 환원당량이 25°C에서 3일간 저장한 겔의 환원당량 보다 작아서, 저온에서 노화가 크게 촉진되는 것을 나타내었다. 이러한 경향은 DSC에 의한 엔탈피 측정 결과와도 일치하였으며, 전보²⁵⁾에서 보고한 5°C 저장시 25°C 저장시보다 텍스처가 더 단단해지는 것이 노화때문이라는 것을 뒷받침하는 결과라고 생각된다. 송 등³³⁾은 쌀가루겔을 20°C에서 72시간까지 저장하면서 α -amylase로 노화도를 측정했는데, 저장 24시간까지는 급격한 노화가 일어났지만, 그 후에는 완만하게 증가했다고 보고하였다. 문 등³⁴⁾은 쌀가루겔을 4°C와 20°C에서 1, 3, 6일간 저장하면서 α -amylase로 노화도를 측정한 결과

온도에 관계없이 저장 1일까지는 급격한 증가를 보이고 그 후에는 완만히 증가하였지만, 같은 시간 저장시에는 4°C에서 저장한 쌀의 노화도가 크다고 하여 본 연구와 일치하였다.

4. X-선 회절도

녹두전분의 생전분과 호화전분의 X-선 회절도는 Fig. 2에, 저장에 따른 녹두전분겔의 X-선 회절도는 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 2에서 생전분은 $2\theta=15.2^\circ, 17.2^\circ, 17.9^\circ, 23.3^\circ$ 에서 강한 피크를 보여 결정구조를 나타내었지만, 호화 전분은 호화에 의해 피크가 사라져 무정형에 가까운 형태를 나타내었다. Fig. 3에서 겔을 저장하면서 전분의 재결정화에 의해 다시 피크가 나타나기 시작하였는데, 25°C 저장시에는 매우 약한 피크가, 5°C에서는 보다 강한 피크를 나타내어 저온에 의해 노화가 촉진되는 것을 알 수 있었다. 그러나 같은 온도에서의 저장시간에 따른 피크 강도의 차이는 발견할 수 없었다. 노화에 의해 나타난 피크는 5°C 저장시에는 $2\theta=16^\circ$ 와 21° 에서, 25°C 저장시에는 $2\theta=16^\circ$ 로 생전분과는 달랐다. 김 등²⁷⁾도 쌀가루 겔을 20°C와 4°C에서 저장하면, 생쌀가루와는 달리 $2\theta=17^\circ$ 와 20° 에서 피크가 나타난다고 했고, 문 등³⁴⁾은 생쌀가루는 $2\theta=15.0^\circ, 17.2^\circ$ 와 23.5° 에서 피크가 관찰되지만, 쌀가루겔을 4°C와 20°C에서 3일간 저장하면 16.7° 에서 피크가 나타난다고 하였다.

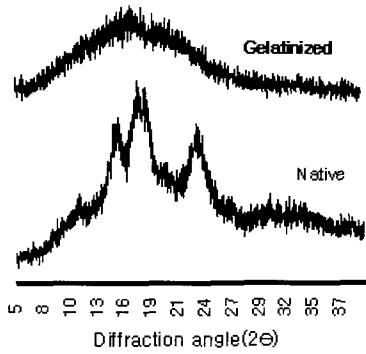


Fig. 2. X-ray diffractograms of mungbean starch

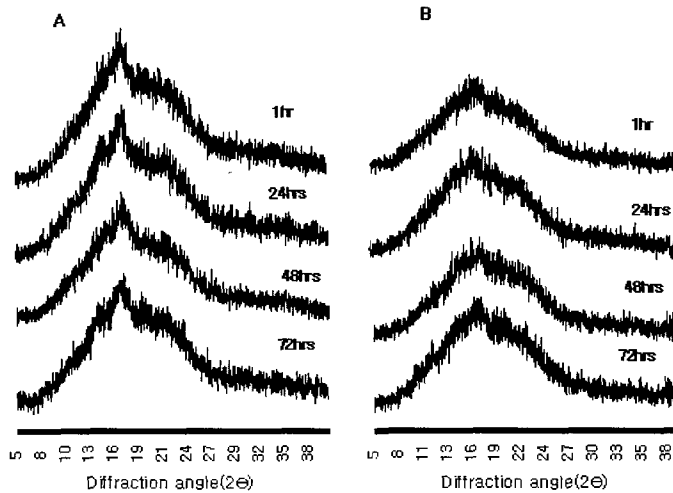


Fig. 3. Changes in X-ray diffractograms of mungbean starch gels stored at different conditions

A : 5°C storage temp., B : 25°C storage temp.

5. 주사전자현미경에 의한 미세구조 관찰

Fig. 4에 주사전자현미경에 의한 저장 중의 미세구조 관찰 결과를 나타내었는데, 모든 겔에서 잘 발달된 망상구조를 나타내었다. 25°C 저장에서는 3일 저장 후에 전분쇄가 침전하여 망상구조가 두꺼워진 것을 관찰할 수 있었고, 5°C 저장시에는 저장 초기

부터 망상구조가 두꺼운 것을 관찰할 수 있었다. 또한 5°C에서 저장한 모든 겔과 25°C에서 72시간 저장한 겔의 망상구조의 크기가 25°C에서 1, 24, 48시간 저장한 겔의 망상구조의 크기보다 작았다. 이것은 아밀로오스 분자쇄로 형성된 겔의 망상구조가 저장에 따른 노화가 진행됨에 따라서 아밀로오스

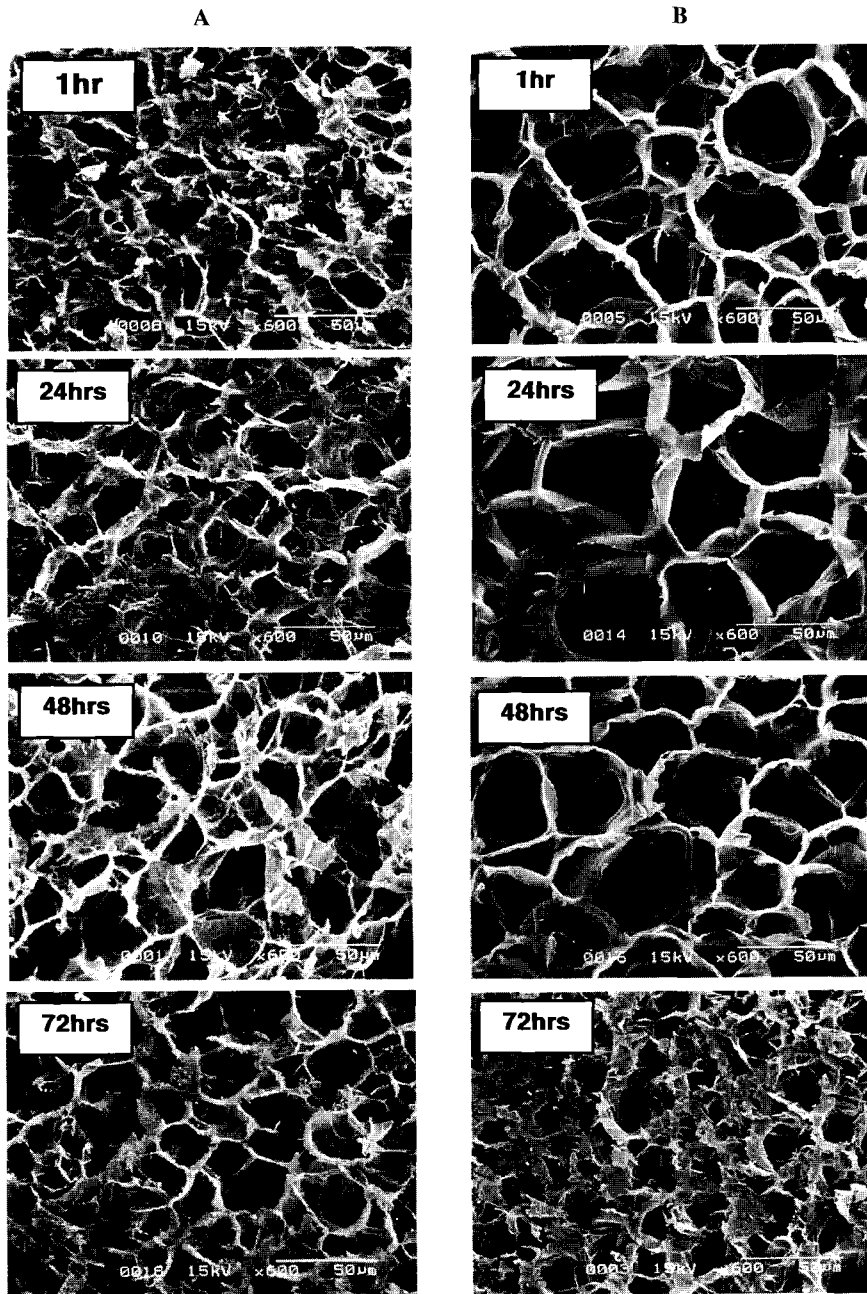


Fig. 4. Scanning electron micrograms of mungbean starch gels stored at different conditions. A : 5°C storage temp., B : 25°C storage temp.

분자 사이에 또 다른 결합이 생기고, 아밀로오스 분자 중 일부가 곳곳에서 응집하여 겔정을 형성하여 수축한 때문으로 생각된다²⁾. 본보에서의 망상구조의 크기와 전보²⁵⁾에서 보고한 이수량과는 밀접한 관련이 있는 것으로 보이는데, 전보에서의 결과가 5°C에서 24시간 이상 저장한 겔 및 25°C에서 72시간 저장한 겔의 이수량이 많았는데, Fig. 4에서와 같이 망상구조가 수축한 것이 이수량이 많다는 것을 알 수 있다. 백 등²⁴⁾은 아밀로오스와 아밀로펙틴의 혼합 겔에서 아밀로오스만으로 형성된 겔의 그물망 크기가 가장 크고, 아밀로펙틴 함량이 3%까지 증가할수록 그물망 크기는 줄어들었으나, 그 후 7%로 증가하면 다시 그물망 크기가 증가한다고 하였으며, 7일 저장한 아밀로오스겔은 그물망 크기가 현저하게 감소하였으나, 아밀로펙틴 첨가겔은 뚜렷한 변화를 보이지 않았고 아밀로펙틴을 3~4.5% 첨가했을 때 더 단단한 매트릭스를 갖는 그물망 구조를 이루었다고 하여 저장 후 아밀로오스 겔이 수축하는 모습을 나타내었다.

IV. 요약

녹두전분 겔을 온도(5°C, 25°C) 및 기간(1, 24, 48, 72시간)별로 저장하여 겔의 열적 특성, 점도 특성, 효소소화도, X-선 회절도, 미세구조의 변화를 조사하였다. DSC 실험 결과 5°C 저장시 25°C 저장시보다 용융피크가 저온측에 있고, 용융엔탈피 값은 더 큰 값을 나타내어 저온에서 겔의 노화가 빠르게 진행됨을 나타내었다. RVA에 의한 점도 측정 결과 25°C에서 3일간 저장한 시료를 제외하면, 5°C 및 25°C 저장 모두 peak 점도, 최종점도 등의 점도 특성이 저장에 의해 증가하였는데, 이러한 현상은 5°C 저장시 보다 현저하였다. 효소소화도는 저장기간이 경과함에 따라 감소했으며, 이러한 경향은 5°C 저장시 더 현저하였다. X-선 회절도는 25°C 저장시에는 매우 약한 피크가, 5°C 저장에서는 보다 강한 피크가 관찰되었지만, 동일 온도에서 저장한 시료 사이의 차이는 구별하기 어려웠다. 주사전자현미경에 의한 미세구조 관찰 결과 모든 겔에서 잘 발달된 망상구조가 관찰되었으며, 25°C에서 저장시에는 3일째에 전분쇄의 망상구조가 두꺼워졌고, 5°C 저장시는 저장 초기부터 망상구조가 두꺼워졌다.

참고 문헌

1. Nakahama, M. : Rheological properties of mixed gels. 한국조리과학회지, 10(4):433, 1994
2. 김기숙, 김향숙, 오명숙, 황인경 : 조리과학 이론과 실험실습, 수학사, 2000
3. Kim, C. S. and Walker, C. E. : Effect of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. *Cereal Chem.*, 69(2): 212, 1992
4. Kim, K. H., Cohtani, S., Matsyno, R. and Yamano, Y. : Effect of oil droplet and agar concentration on gel strength and microstructure of o/w emulsion gel. *J. Texture Studies*, 30:319, 1990
5. Inaba, H., Hoshizawa, M. and Fujiwara, A. : Textural properties of starch gels filled with collagen and chitin. *J. Texture Studies*, 26:577, 1995
6. 天野式雄, 高田悟, 三浦靖, 石田欽一, 大島克己 : 小麥澱粉겔의硬化に對する糖の抑制作用. 日本食品科學工學會誌, 44(2):93, 1997
7. 天野式雄, 三浦靖, 林信一 : 小麥澱粉겔의硬化に對する糖アルコールの抑制作用. 日本食品科學工學會誌 44(7):485, 1997
8. 蒲谷裕美, 河村フジ子 : 牛乳および分別成分を添加した米粉겔의 레오로지적特性. 日本家政學會誌, 48(9): 783, 1997
9. 이상금, 신말식 : 첨가물질에 따른 옥수수 녹두전분 겔의 관능적 기계적 특성. 한국조리과학회지, 12(2): 193, 1996
10. 최영희, 전화숙, 강미영 : 첨가재료에 따른 중편의 관능적·물리적 특성. 한국조리과학회지, 12(2):200, 1996
11. 김명환, 이상규, 김성곤 : 첨가물에 따른 저장 쌀밥의 텍스처 특성. 한국농화학회지, 40(5):422, 1997
12. Zhang, W. and Jackson, D. S. : Retrogradation behavior of wheat starch gels with differing molecular profiles. *J. Food Sci.*, 57(6):1428, 1992
13. 김향숙 : 동부전분의 호화 및 겔화 특성. 한국조리과학회지, 10(1):76, 1994
14. Lii, C. Y., Shao, Y. Y. and Tseng, K. H. : gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem.*, 72(4):393, 1995
15. 阿久澤さゆり, 相川りる子, 川端晶子, 中村道徳 : カタクリ澱粉겔의微小變形および大變形下の舉動. 日本應用糖質科學, 44(4):479, 1997
16. 김성곤, 이에량 : 가열조건에 따른 동부목의 기호도. 한국식품영양과학회지, 27(6):1100, 1998
17. 이에량, 김성곤 : 가열조건에 따른 동부목의 텍스처 특성. 한국식품영양과학회지, 27(4):659, 1998
18. 주남영, 안승요 : 밥 전분 및 전분겔의 성질에 관한 연구. 한국식품과학회지 27(6):1017, 1995
19. 김세권, 전유진, 김용태, 이병조, 강옥주 : 밥전분의 물리화학적 특성과 텍스처 특성. 한국영양식품과학회지, 24(4):594, 1995
20. 김세권, 전유진, 김용태, 이병조, 강옥주 : 밥목의 관능검사와 노화특성. 한국영양식품과학회지, 24(4):601, 1995
21. 이영순, 박은정, 이경희 : 찹전분을 이용한 찹목의 조리과학적 연구. 한국조리과학회지, 15(6): 652, 1999
22. Aguilera, J. M. and Rojas, E. : Rheological, thermal and

- microstructural properties of whey protein/cassava starch gels. *J. Food Sci.*, 61(5):962, 1996
23. Jose M., Aguilera and P. Baffico : Structural-mechanical properties of heat-induced whey protein/cassava starch gels. *J. Food Sci.*, 62(5):1048, 1997
 24. 백만희, 신말식 : 쌀전분으로부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴 혼합겔의 형태학적 구조. *한국식품과학회지*, 31(5) : 1171, 1999
 25. 최은정, 오명숙 : 저장에 따른 녹두 전분 겔의 관능적, 텍스처 특성변화. *한국조리과학회지*, 15(5):539, 1999
 26. Yamamoto, K. : Studies on rheological properties of potato starch in the practical application. *J. Jap. Soc. Starch. Sci.*, 28(3):206, 1981
 27. Nelson, N. : A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, 153:375, 1944
 28. 김정옥, 신말식 : 저장온도에 따른 쌀가루 겔의 노화. *한국농화학회지*, 39(1):44, 1996
 29. Perdon, A. A., Siebenmorgen, T.J., Buescher, R. W. and Gbur, E. E. : Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *J. Food Sci.*, 64(5):828, 1999
 30. 이향애, 김남희 : 도토리 전분 겔의 텍스처와 노화에 미치는 당류의 영향. *한국식품과학회지* 30(4):803, 1998
 31. 김윤경, 오명숙 : 밥의 저장 특성에 미치는 설탕, 식염, 초산 첨가의 영향. *대한가정학회지*, 38(3):121, 2000
 32. 庄司一郎, 倉澤丈夫 : 米飯の老化について. *日本家政學雜誌*, 37(8):667, 1986
 33. 송지영, 김정옥, 신말식, 김성곤, 김광중 : 첨가물이 쌀 전분겔의 노화에 미치는 영향. *한국농화학회지*, 40(4): 289, 1997
 34. 문세훈, 김정옥, 이신경, 신말식 : 슈크로오스 지방산 에스테르와 대두유 첨가 쌀가루겔의 노화. *한국식품과학회지*, 28(2):305, 1996

(2001년 7월 2일 접수)