

## 저장온도에 따른 쌀가루 겔의 노화

김정옥 · 신말식\*

전남대학교 가정대학 식품영양학과

**초록** : 수분함량이 50%(건물당)인 쌀가루 겔을 20°C, 4°C, -18°C에서 1, 3, 6일 동안 저장하면서  $\alpha$ -아밀라아제-요드법, 시차주사열량기, x-선 회절도를 이용하여 저장온도가 쌀가루 겔의 노화에 미치는 영향을 조사하였다. 쌀가루 겔의 노화는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였으며, 특히 저장초기에 증가폭이 컸다. 저장온도에 따른 겔의 노화도는 4°C에서 가장 높았으며 20°C, -18°C 순이었다. 시차주사열량기로 측정된 쌀가루 겔 분말의 엔탈피는  $\alpha$ -아밀라아제-요드법과 비슷한 경향을 보였으나, 저장온도간의 차이는  $\alpha$ -아밀라아제-요드법이 더 뚜렷하였다. 4°C와 20°C에서 저장한 겔의 x-선 회절도는  $2\theta=17^\circ$ 와  $20^\circ$ 에서 피크가 관찰되었으나 저장온도에 따른 차이를 구별할 수 없었다(1995년 10월 23일 접수, 1995년 12월 26일 수리).

### 서 론

최근들어 쌀의 생산량이 증가하고 소비가 감소되면서 쌀의 소비를 증가시키려는 목적으로 새로운 식품의 개발을 위한 노력이 필요하나 현재까지의 쌀에 관한 연구는 주로 쌀전분의 성질과 밥으로 이용했을 때의 문제점에 초점을 맞추어 왔다.<sup>1-6)</sup> 그러나 쌀을 밥으로 소비하는 양은 극히 제한적이므로, 쌀의 소비를 증가시키기 위해서는 우리나라의 전통음식인 떡과 한과를 상품화하고, 쌀을 이용한 새로운 가공식품의 개발이 필요하다. 쌀 가공식품은 주로 쌀가루에 물을 첨가하여 가열 처리로 만들어지므로 식품의 품질은 쌀의 80% 이상을 차지하는 전분의 호화나 노화로 인한 물리적 변화에 의해 달라질 것이다. 그리고 전분 이외에 함유되어 있는 단백질과 지방질, 섬유소, 무기질은 열처리와 저장 중에 일어나는 전분의 변화에 영향을 끼칠 것으로 생각된다.

호화된 전분의 저장 중 진행되는 노화는 비평형 고분자 재결정화 과정으로<sup>7)</sup> 전분질 식품의 품질을 저하시키는 중요한 요인이며 전분의 종류,<sup>8,9)</sup> 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량비,<sup>10-12)</sup> 분자크기,<sup>12,13)</sup> 저장온도,<sup>14)</sup> 수분함량<sup>15)</sup> 및 기타 첨가되는 물질<sup>16-18)</sup>에 의해 영향을 받는다. Levine과 Slade<sup>19)</sup>에 의하면 전분의 노화는 결정핵의 생성이 최대인 유리전이온도(Tg, glass transition)와 결정핵의 성장이 최대인 용융점(Tm, melting temperature)사이의 온도 범위에서 일어나며, 이 두 온도 사이인  $1/2(Tg+Tm)$ 의 온도에서 가장 잘 일어난다고 하였다. 전분의 노화를 억제시키기 위해서는 수분함량이나 첨가물질을 이용하여 유리전이온도를 조절하여 노화가 일어나는 온도범위를 조절하거나, 가수분해효소나 지방질로 겔 구조의 분자내와 분자간의 회합이 감소하도록 전분의 구조를 변화시키고, 저장온도를 유리전이온도 이하나 용융점 이상으로 조절해야 한다고 한다.<sup>20)</sup> 위의

조건 중에서 제조된 식품의 노화를 억제하기 위해서는 저장온도를 조절하는 것이 가장 편리하므로 쌀가루를 이용한 식품의 저장 중의 변화는 온도를 조절함으로써 가능할 것으로 생각된다.

전분의 노화도를 측정하는 방법으로는 시차주사열량기(DSC),<sup>9,10,14,15,18)</sup> x-선 회절도,<sup>11,12,17)</sup> 리올로지를 이용한 방법,<sup>11,16)</sup> 전분분해효소를 이용하는 방법,<sup>21,22)</sup> NMR<sup>23)</sup> 등을 사용하였으나 측정방법에 따라 기본원리가 달라 결과의 차이를 보였으며 각 방법마다 장단점을 가지고 있다. 이 중에서 특히 호화된 전분은 전분분해효소에 의해 가수분해되어 당을 생성함으로써 전분과 전분질 식품의 호화도를 측정하는데 사용되어 왔는데 글루코아밀라아제<sup>21)</sup>나 BAP( $\beta$ -아밀라아제-폴롤란나아제)를 이용한 방법보다<sup>22)</sup> 측정 과정이 간단하고 정확한 결과를 얻을 수 있는  $\alpha$ -아밀라아제-요드법<sup>23)</sup>이 연구 보고되어 전분의 노화도를 측정하는 방법으로 시도되고 있다.

그러므로 본 실험에서는 쌀가루 겔 이용식품인 떡의 수분함량이 대부분 50%인 점을 고려하여 수분함량이 50%인 쌀가루 겔을 저장온도를 달리하여 저장하면서  $\alpha$ -아밀라아제-요드법으로 노화도 변화를 측정하여 저장온도가 쌀가루 겔의 노화에 어떤 영향을 주는지 조사하였으며, 시차주사열량기, x-선 회절도를 이용하여 얻은 결과와 비교하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

1994년도에 수확한 멥쌀인 동진벼를 농촌진흥청에서 구하여 시료로 사용하였다.

#### 방법

##### (1) 쌀가루의 제조

찾는말 : 쌀가루 겔, 저장온도, 노화  
\*연락처자

쌀을 증류수로 세번 씻어 건져서 물기를 제거하고 분쇄기(존샘사, 한국)를 사용하여 마쇄하고 풍건 후 45 메쉬 체를 통과시켜 저온실(4°C)에 보관하면서 시료로 사용하였으며 A.O.A.C.법<sup>24)</sup>으로 분석한 쌀가루의 일반성분은 수분함량이 11.45%, 회분은 0.18%, 단백질 함량은 7.00%, 조지방질과 총지방질은 각각 0.20%와 1.00%이었다.

#### (2) 쌀가루 겔의 제조

쌀가루를 밀봉이 되고 가압 살균이 가능한 병에 넣고 증류수로 수분함량이 50%(w/w 건물당)가 되도록 하여 물과 쌀가루가 골고루 혼합되면 95~100°C 항온수조에서 저어 주면서 30분간 호화시켰다. 쌀가루 호화액을 즉시 얼음물에 담가 실온으로 냉각시키고 호화 쌀가루 겔을 수분 증발이 안되는 용기에 나누어 담아 -18, 4 및 20°C에서 1, 3 및 6일 동안 저장하였다.

#### (3) 쌀가루 겔의 분말화

쌀가루 겔의 분말은 Tsuge 등<sup>22)</sup>의 방법을 변형하여 다음과 같이 제조하였다. 쌀가루 호화액을 즉시 얼음물에 넣어 실온까지 식힌 다음 전체의 알콜 농도가 80%가 되게 무수 에탄올을 가하여 균질기(Biohomogenizer, M 133/1281-0, ESCG, Switzerland)로 3분간 균질화하여 탈수시켰다. 이것을 Büchner 깔때기로 흡입 여과한 다음 풍건하고 마쇄 후 100메쉬 체를 통과시켜 호화 쌀가루 겔 분말시료로 사용하였으며 각각의 저장온도에서 일정 기간 저장한 쌀가루 겔도 무수 에탄올을 80%가 되게 넣고 위와 같은 방법으로 탈수, 풍건, 마쇄하여 쌀가루 겔 분말시료로 하였다.

#### (4) α-아밀라아제-요드법을 이용한 노화도 측정

Tsuge 등의 방법<sup>22)</sup>을 일부 수정하여 다음과 같이 측정하였다. 긴 유리컵에 증류수 35 ml와 쌀가루 175 mg을 가하여 균질기(Biohomogenizer, M133/1281-0, ESCG, Switzerland)로 150초간 균질화시켰다. 쌀가루 용액 2.5 ml에 증류수 1.5 ml와 0.1 M 인산완충용액(pH 6.0, 0.3% NaCl) 1 ml와 α-아밀라아제(EC 3.2.1.1. Type II-A From *Bacillus species*, 2,100 units/mg solid, Sigma Chemical Co., U.S.A.) 용액 약 1 ml(약 3.5 units)를 37°C 항온수조에서 10분간 반응시켰다. 여기에 4 N NaOH 용액 2.5 ml를 가하여 효소반응을 멈춘 다음 4 N HCl로 pH를 중성으로 맞춘 후 50ml로 정용하였다. 이 용액 1 ml와 요드용액(0.2% I<sub>2</sub>/2% KI 용액) 0.5 ml와 증류수 8.5 ml를 반응시켜 20분 동안 방치한 후, 분광광도계(8452A, Hewlett-Packard, U.S.A.)로 625 nm에서 흡광도를 측정하고, 쌀가루의 노화도(DR, Degree of retrogradation, %)는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$DR(\%) = \{(b-c)/(a-c)\} \times 100$$

a는 효소처리전 쌀가루 겔 분말의 총 분획 흡광도,

b는 효소 반응후 쌀가루 겔 분말의 분획 흡광도,

c는 효소에 의해 완전 분해된 후 호화 쌀가루 겔 분획 흡광도이다.

#### (5) 시차주사열량기를 이용한 노화 엔탈피 측정

노화도가 가장 높은 온도조건인 4°C에서 1, 3, 6일

저장한 쌀가루 겔과 저장온도에 따른 저장 3일 후의 쌀가루 겔의 시차주사열량기에 의한 노화정도를 비교하기 위하여 시차주사열량기(PL DSC-700, PL Thermal Sci., U. K.)로 24°C에서 120°C까지 10°C/분으로 가열하여 노화시료의 용융온도(T<sub>o</sub>, T<sub>p</sub>, T<sub>c</sub>)와 엔탈피를 측정하였다. 시료와 물의 비율을 1:2로 밀봉 가능한 알루미늄 팬에 넣어 하룻밤 방치하여 사용하였으며 reference는 빈팬을 사용하였다.

#### (6) X-선 회절도 측정

생쌀가루, 호화 쌀가루 겔 분말 및 저장 온도별 3일 저장한 쌀가루 겔 분말의 x-선 회절도는 x-선 회절기(D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 target: Cu-Kα, filter: Ni, voltage: 40 kV, current: 20 mA, full scale range: 3000 cps, scanning speed: 8°/분의 조건에서 2θ = 40~5°까지 회절시켜 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 저장에 따른 쌀가루 겔의 노화도 변화

저장온도별 저장기간에 따른 쌀가루 겔의 노화도는 그림 1과 같이 20, 4 및 -18°C에서 1일 저장 후 각각 24.9, 38.5 및 5.5%로 저장온도간에 뚜렷한 차이를 보여 -18°C에서 저장하는 것 보다 4°C에서 저장하는 것이 7배, 20°C에 저장하는 것이 1.5배 높았다. 그리고 저장 1일 이후 6일까지는 하루의 노화도 증가가 -18°C에서 0.36%, 4°C에서 1.2%, 20°C에서 1.28%로 실온이나 냉장 조건에서 차이가 없었다. 또한 시차주사열량기로 노화 피크를 얻은 결과는 표 1과 같이 40~70°C 범위에서 폭넓은 두개의 흡열피크를 보였다. 이러한 결과로 쌀가

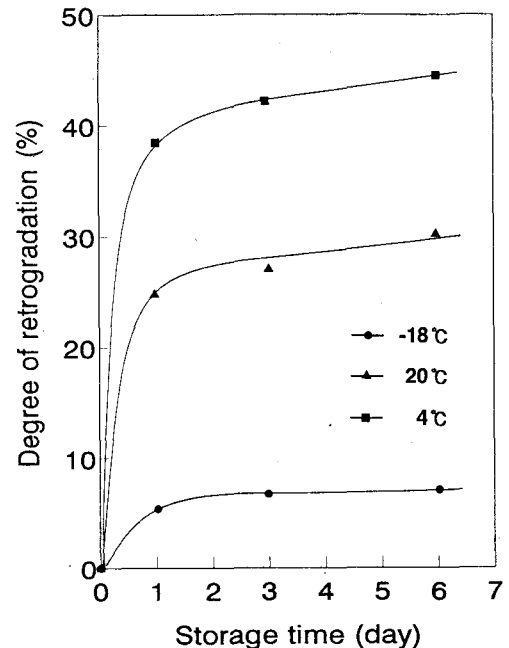


Fig. 1. Changes on degree of retrogradation of retrograded rice flours prepared from gels stored at different temperatures.

Table 1. DSC characteristics of retrograded rice flours prepared from gels stored at 4°C

Storage time (day)	Melting endotherm				ΔH (cal/g) <sup>5)</sup>
	To (°C) <sup>1)</sup>	Tp <sub>1</sub> (°C) <sup>2)</sup>	Tp <sub>2</sub> (°C) <sup>3)</sup>	Tc (°C) <sup>4)</sup>	
1	41.05	53.10	66.70	69.17	0.48
3	38.18	45.30	50.32	57.83	0.99
6	41.45	48.35	63.39	69.25	0.99

<sup>1)</sup> onset temperature, <sup>2)</sup> first peak temperature, <sup>3)</sup> second peak temperature, <sup>4)</sup> conclusion temperature, <sup>5)</sup> enthalpy of endothermal peak

Table 2. Comparison of the degree of retrogradation for retrograded rice flours prepared from gels stored at 4°C for 1, 3 and 6 days by α-amylase-iodine method and DSC

Storage time (day)	Degree of retrogradation (%)	
	α-amylase iodine method	D S C <sup>1)</sup>
1	38.5	26.7
3	42.3	55.0
6	44.5	55.0

<sup>1)</sup> Calculated from following equation

$$DR(\%) = \frac{\text{enthalpy of endotherm peak of retrograded rice flour}}{\text{enthalpy of endotherm peak of raw rice flour}} \times 100$$

루 겔의 -18°C 냉동저장은 노화현상이 미약하며, 저장 1일째에 급격한 노화현상을 보이는 1단계와 1일 이후부터 완만한 증가를 보이는 2단계 노화진행을 보인다는 것을 알 수 있었다.

쌀가루 호화 흡열피크로부터 구한 엔탈피가 1.8 cal/g 이므로 이것을 기준으로 노화도를 구하여 α-아밀라아제-요드법과 비교하면 표 2와 같이 노화경향은 같았으나 노화도는 차이를 보였다. 이런 차이는 α-아밀라아제-요드법과 시차주사열량기를 이용한 방법이 측정되는 원리의 차이로 설명이 가능하며 최대 노화도를 보이는 4°C에서 14일을 기준으로 했을 때 노화도는 50~60%에 이를 것으로 생각되었다. 즉 α-아밀라아제-요드법은 노화된 전분에 전분가수분해효소를 반응시켜 전분이 가수분해되는 정도로 전분의 노화도를 측정하며, 시차주사열량기의 노화 흡열피크로부터 구한 엔탈피는 노화된 전분분자중의 아밀로펙틴이 용융될 때 나타나는 열역학적인 변화인 상변이에 필요한 엔탈피의 변화를 측정하게 되므로 두 방법의 노화도를 측정하는 원리가 다르기 때문이다. 이러한 결과는 Jankowski와 Rha<sup>14)</sup>의 밀 저장 온도별 노화도 비교 결과와 Teo와 Seow<sup>23)</sup>의 빵 저장 온도별 효소법이나 시차주사열량기로 노화도 비교 결과와 일치하였다. 이것은 전분의 재결정화가 유리전이 온도와 용융점 사이에서 잘 일어나고 저장온도와 수분함량 및 첨가물질에 따라 달라지며 1/2(Tg+Tm)의 온도에서 최대가 되므로<sup>15,19,20)</sup> 수분함량이 50%인 겔의 경우 4°C에서 최대의 노화도를 보일 것으로 생각되었다. 그러므로 쌀가루를 이용한 가공식품의 경우에 저장온도를 냉동조건이나 70°C 이상으로 유지하면 노화를 억제할

Table 3. DSC characteristics of retrograded rice flour prepared from gels stored for 3 days with different storage temperature

Storage temp. (°C)	Melting endotherm				ΔH (cal/g) <sup>5)</sup>
	To (°C) <sup>1)</sup>	Tp <sub>1</sub> (°C) <sup>2)</sup>	Tp <sub>2</sub> (°C) <sup>3)</sup>	Tc (°C) <sup>4)</sup>	
20	39.24	42.36	53.30	60.14	0.87
4	38.18	45.30	50.32	57.83	0.99
-18	46.32	51.37	57.00	60.37	0.39

<sup>1)</sup> onset temperature, <sup>2)</sup> first peak temperature, <sup>3)</sup> second peak temperature, <sup>4)</sup> conclusion temperature, <sup>5)</sup> enthalpy of endothermal peak

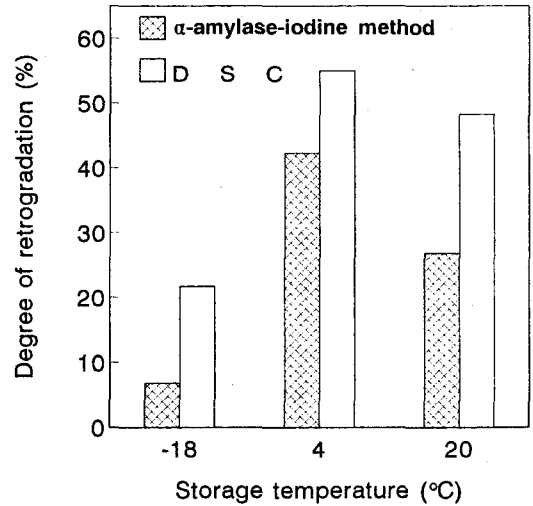


Fig. 2. Comparison of degree of retrogradation for retrograded rice flour prepared from gels stored for 3 days at different temperatures by α-amylase-iodine method and DSC.

수 있을 것이며 식품의 텍스처나 유통의 편리를 고려한다면 냉동식품을 만들어 보관 후 해동시켜 이용하면 좋을 것으로 생각되었다. 또한 저장 1일에 노화가 급격하게 일어나므로 저장온도의 조절은 저장 초기에 이루어져야함을 알 수 있었다.

**측정방법에 따른 쌀가루 겔의 노화도 비교**

3일간 저장한 쌀가루 겔 분말의 시차주사열량기 피크 특성은 표 3과 같고 이것을 α-아밀라아제-요드법과 비교한 결과는 그림 2와 같다. 그림 2에서 보듯이 α-아밀라아제-요드법과 시차주사열량기로 측정한 노화도는 저장온도별로 같은 경향을 보여 4°C>20°C>-18°C순이었으나 α-아밀라아제-요드법으로 측정한 노화도값이 시차주사열량기로 측정한 값보다 더 컸으며 특히 노화도가 낮은 -18°C의 냉동저장한 쌀가루 겔의 경우에는 α-아밀라아제-요드법으로 측정하는 것이 그 차이를 잘 나타내 줄 수 있을 것으로 생각되어 저장초기나 노화도가 낮은 전분질 식품의 노화도를 측정하는데 더 바람직하다고 생각된다.

같은 조건에서 3일 동안 저장하여 만든 쌀가루 겔

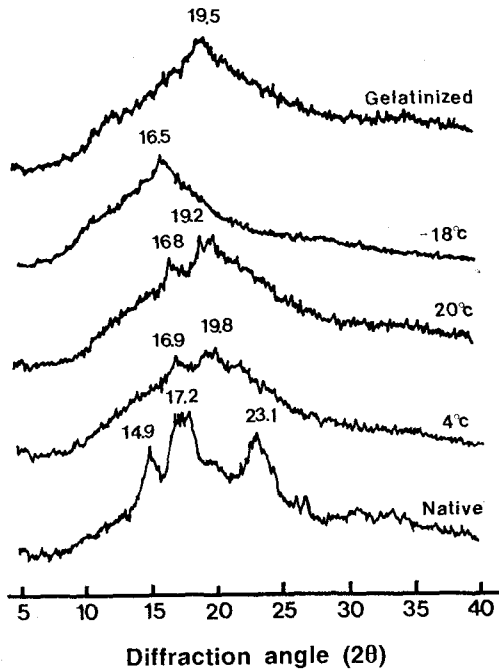


Fig. 3. X-ray diffractograms of retrograded rice flours prepared from gels stored for 3 days at different temperatures.

분말과 호화 쌀가루 겔 분말 및 생쌀가루의 x-선 회절도를 비교한 결과는 그림 3과 같다. 생쌀가루는  $2\theta=14.9^\circ$ ,  $17.2^\circ$ ,  $23.1^\circ$ 에서 피크를 보여 쌀전분과 같은 A형이었으며,<sup>4)</sup> 3일간 저장한 쌀가루 겔 분말의 x-선 회절도는 저장온도간의 차이를 뚜렷이 구분할 수 없었다.  $\alpha$ -아밀라아제-요드법과 시차주사열량기로 측정된 노화도가 높은 저장온도인  $4^\circ\text{C}$ 와  $20^\circ\text{C}$ 에서는 생쌀가루와는 달리 약  $2\theta=17^\circ$ 와  $20^\circ$ 에서 피크가 관찰되었으며 호화 쌀가루 겔 분말은  $2\theta=19.5^\circ$ ,  $-18^\circ\text{C}$ 에서 저장한 시료는  $2\theta=16.5^\circ$ 에서 약한 피크를 보였다. 이는 Matsukura 등<sup>12)</sup>과 Hibi 등<sup>17)</sup>의 결과와 유사하였다. x-선 회절도로 노화도를 측정할 때 노화도가 높은 경우에만 피크가 나타나는 것으로 보아 노화가 진행된 경우의 노화상태는 나타낼 수 있으나 노화도 차이를 측정하는데 적합하지 않다고 생각된다. 호화된 쌀가루에 나타난 아밀로오스-지방질 복합체에 의한 피크 위치와 냉동조건에서의 피크 위치가 다르므로 냉동과정 중에 물의 결정화로 구조의 변화가 나타났을 것으로 보인다. A형의 결정형인 생쌀가루에 없던 피크인  $2\theta=16.8\sim 16.9^\circ$ 의 피크가 생기는 것은 A형이었던 생쌀가루가 노화과정 중에 B형의 결정형으로 바뀌는 것을 알 수 있었으며 이러한 변화는 모든 곡류<sup>12,17)</sup>에서도 같은 경향을 보이고 있다.

### 감사의 글

이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구된 내용의 일부이며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. 김혜영, 김광옥 (1986) 압력솥 및 전기솥 취반미의 관능적 특성. 한국식품과학회지 **18**, 319-324.
2. 김미라, 황인경 (1987) 온도를 달리하여 저장한 쌀의 관능적 특성 및 기계적 특성의 변화. 한국조리과학회지 **3**, 50-58.
3. 길복임, 임양순, 안승요 (1988) 쌀 전분의 이화학적 성질과 쌀밥의 경도. 한국농화학회지 **31**, 249-254.
4. 김수경, 신말식 (1990) 수분-열처리한 쌀전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지 **33**, 1-7.
5. 김현숙, 김영아 (1991) 품종 및 취반기구를 달리하여 취반한 쌀밥의 관능적 특성과 지질 함량에 관한 연구. 한국조리과학회지 **7**, 1-6.
6. 민봉기, 홍성희, 신명곤, 정진 (1994) 밥의 압출시험에 의한 취반가수량 결정에 관한 연구. 한국식품과학회지 **26**, 98-101.
7. Levine, H. and L. Slade (1989) Influence of the glassy and rubbery state of thermal, mechanical, and structural properties of doughs and baked product. In 'Dough Rheology and Baked Product Texture.: Theory and Practice.' Eds., Faridi, H. and Faubino, J. M. van Nostrand Reinhold AVI. N. Y.
8. Rosario, R. R. and C. R. Pontiveros (1983) Retrogradation of some starch mixtures. *Starch* **35**, 86-92.
9. White, P. J., I. R. Abbas and L. A. Johnson (1989) Freezethaw stability and refrigerated-storage retrogradation of starches. *Starch* **41**, 176-180.
10. Shi, Y.-C. and P. A. Seib (1992) The structure of four waxy starches related to gelatinization and retrogradation. *Carbohydr. Res.* **227**, 131-145.
11. Miles, M. J., V. J. Morris, P. D. Orford and S. G. Ring (1985) The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydr. Res.* **135**, 271-281.
12. Matsukura, U., A. Matsunaga and K. Kainuma (1983) Structural studies on retrograded normal and waxy corn starches. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* **30**, 106-113.
13. Suzuki, A., Y. Takeda and S. Hizukuri (1985) Relationship between the molecular structures and retrogradation properties of tapioca, potato and kuzu starches. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* **32**, 205-212.
14. Jankowski, T. and C. K. Rha (1986) Retrogradation of starch in cooked wheat. *Starch* **38**, 6-9.
15. Zeleznak, K. J. and R. C. Hoseney (1986) The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.* **63**, 407-411.
16. Gudmundsson, M. and A.-C. Eliasson (1992) Comparison of thermal and viscoelastic properties of four waxy starches and the effect of added surfactant. *Starch* **44**, 379-385.
17. Hibi, Y., S. Kitamura and T. Kuge (1990) Effect of lipids on the retrogradation of cooked rice. *Cereal Chem.* **67**, 7-10.
18. Kohyama, K. and K. Nishinari (1991) Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. Agric. Food Chem.* **39**, 1406-1410.
19. Levine, H. and L. Slade (1987) Water as a plasticizer: Physicochemical aspects of low-moisture polymeric system, In

- 'Water Science Reviews' Vol. 3 Ed., Franks, F., Cambridge University Press pp. 79-185.
20. Biliaderis, C. G. (1990) Thermal Analysis of Food Carbohydrates, In 'Thermal Analysis of Foods' Eds. Harwalkar, V. R. and C.-Y. Ma, Elsevier Applied Science pp. 168-220.
  21. Kainuma, K., A. Matsunaga, M. Itagawa and S. Kobayashi (1981) 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**, 235-240.
  22. Tsuge, H., M. Hishida, H. Iwasaki, S. Watanabe and G. Goshima (1990) Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in foods and foodstuffs. *Starch* **42**, 213-216.
  23. Teo, C. H. and C. C. Seow (1992) A pulsed NMR method for the study of starch retrogradation. *Starch* **44**, 288-292.
  24. Association of Official Analytical Chemists (1995) Official Methods of Analysis, 16th Ed., Washington, D. C.

#### **Retrogradation of Rice Flour Gels with Different Storage Temperature**

Jeong-Ok Kim and Mal-Shick Shin\* (*Department of Food and Nutrition, Chonnam National University*)

Abstract: Effects of storage temperature on the retrogradation of 50% nonwaxy rice flour gels stored at 20°C, 4°C and -18°C for 6 days were investigated by  $\alpha$ -amylase-iodine method, differential scanning calorimetry(DSC) and x-ray diffractometry. The retrogradation of gels increased with increasing storage time and the initial retrogradation rate was higher. The degree of retrogradation gels stored at different temperature increased as following order, -18°C > 20°C > 4°C. The enthalpy of retrograded rice flour by DSC showed similar as the degree of retrogradation by  $\alpha$ -amylase-iodine method, but the differences between storage temperatures were clear in using  $\alpha$ -amylase-iodine method. X-ray diffraction patterns of gels stored at 4°C and 20°C showed small peaks at  $2\theta=17^\circ$  and  $20^\circ$ , but the difference was not detected.

\*Corresponding author