

## DSC에 의한 전분의 호화 특성에 관한 연구

공재열 · 김민용\*

부산 수산대학 생물공학과\* · 냉동공학과

### Studies on Gelatinization Characteristics of Some Starches by Differential Scanning Calorimetry

Jai-Yul Kong and Min-Yong Kim\*

*Dept. of Biological Science and Technology, National Fisheries University of Pusan, 608-023, Korea*

*Dept. of Refrigeration Engineering, National Fisheries University of Pusan, 608-023, Korea*

#### Abstract

Differential scanning calorimetry(DSC) was used to study gelatinization phenomena of defatted rice, corn, wheat, potato starch and nondefatted rice and wheat starch at heating rate 5~15°C/min. Gelatinization temperature of defatted rice and wheat starch indicated 4~5°C lower temperature than nondefatted starch. More rapid heating rate resulted in a increasing of the gelatinization enthalpy for various starches. A linear relation was observed between water content, heating rate and gelatinization temperature. From the linear relationship existing between water content and gelatinization enthalpy, minimum water content for the gelatinization were 41, 38, 33 and 30% of rice, potato, wheat and corn starch, respectively.

#### 서 론

전분을 주원료로 하는 제조품의 품질과 텍스처(texture)의 향상 및 열경제적인 측면에서 제조공정의 합리화가 중요하며 여기에는 가열온도와 시간, 수분함량, 지방함량, 당류 및 쇼트닝(shortening) 등의 성분이 관여하는 것으로 알려져 있다<sup>1-7)</sup>. 전분의 겔화 특성연구에는 점도측정 및 현미경에 의한 전분입자의 스웰링(swelling), 광선투과율의 측정, SEM(scanning electron microscope), PMR(proton magnetic resonance) 등이 이용되어 왔으나<sup>4,5,7)</sup>, 최근에는 전분수분의 비율, 측정온도의 제한성의 단점을 보완한 DSC의 활용이 점증되고 있다. Jaska에 의하면 감자 전분은 수분함량 40% 이상에서 water mobility가 증가하였으며, Watson은 수분함량 40%에서 옥수수 전분의 겔화특성이 가장 양호하였다<sup>5)</sup>고 보고하였다. 그러나 겔화에 필요한 최저수분함량

이 존재하며 겔화특성의 최적화 및 제빵, 제과의 품질향상, 열경제적인 측면에서도 측정은 중요하리라 생각된다. 또한 Yasunaga<sup>6)</sup>는 제빵시간이 길고 온도가 높을수록 점도(viscosity)는 감소하며, Jaska<sup>5)</sup>는 PMR을 이용하여 감자 전분의 겔화온도를 측정할 결과 가열속도가 클수록 겔화온도는 높게 나타난다고 보고한 바 있으나 Wootton<sup>7)</sup>은 가열속도가 증가함에 따라 겔화 온도 및 엔탈피는 불규칙적인 변화를 보인다고 보고하였다. 그러나 열역학적인 측면에서 겔화 온도와 가열속도는 상관관계가 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 각종 전분 및 탈지전분의 겔화 온도에 대한 가열속도, 수분함량 및 지방의 영향을 조사하고, 수분함량과 겔화엔탈피의 상관관계로부터 직선회귀법을 사용하여 겔화에 필요한 최저수분함량을 구하였기에 이들 결과를 보고한다.

재료 및 방법

시료의 조제

생전분 제조를 위하여 쌀 전분으로는 아끼나레 쌀을, 밀 전분은 백색소맥을 사용하였다. 생전분은 Yamamoto<sup>8)</sup>의 알칼리 침지법을 수정하여 다음의 과정으로 제조하였다. 쌀 및 소맥분에 0.2% NaOH3 배량을 가한 후 혼합, 100mesh체로 걸러 잔사를 제거한 후 4℃에서 하룻밤 방치하였다. 그 후 상정액을 제거한 뒤 다시 NaOH용액의 혼합, 방치 등의 과정을 거쳐 상정액이 biuret 반응을 나타내지 않을 때까지 반복하였다. Biuret 반응이 완료되면 phenolphthalein 을 지시약으로 알칼리성 반응이 없어질 때까지 증류수로 반복 세척하였다. 정제된 전분은 2일간 통풍건조시킨후 분쇄, 100mesh 체로 선별하여 생전분시료로 사용하였다. 또한 각 전분의 동일 지방함량의 겔화 온도를 비교하기 위하여 탈지전분으로서 지방의 함량이 거의없는 Junsek Co., LTD (Tokyo) 및 Sigma Chemical Co., (U.S.A) 제품을 사용하였다.

시료의 성분분석

전분의 수분, 회분, 지방 및 단백질함량은 A.O. A.C법<sup>9)</sup>에 의하여 분석하였다. 쌀 전분의 일반조성은 수분 11.8%, 회분 0.10%, 조단백질 0.28%, 조지방 0.60%를 나타내었으며 전지소맥전분은 수분 13.6%, 회분 0.16%, 조단백질 0.4%, 조지방 0.5%였으며, 각종 탈지전분의 수분함량으로는 쌀 전분 12.8%, 밀 전분 11.6%, 감자 17.5%, 옥수수 15.0%였으며 지방함량은 모두 0.1% 이하였다.

측정

DSC의 온도보정은 Indium의 전이점(156.60℃)를 측정하였다. 전이점은 156.56℃로서 ±0.02%의 편차를 나타내었다. 측정은 전분분말 3g에 수분함량 30~90%가 되도록 증류수를 가해 조정한 후 교반 혼합하여 24시간 안정시켰다. 시료를 시료 pan rit에 23~10mg을 채운뒤 크림퍼(crimper)로 압착 밀봉한 후 DSC 4(Perkin-Elmer Co. Model No. 0419-0262)를 사용하여 가열속도 5.0~15.0℃/min의 속도로 0℃~100℃의 온도범위에서 가열, 흡열반응곡선을

구하였다.

결과 및 고찰

가열속도와 겔화 온도와의 관계

쌀 생전분 및 생감자의 가열속도에 따른 흡열반

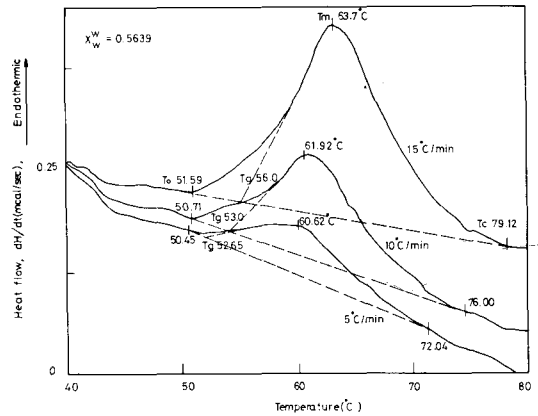


Fig. 1. Effect of heating rate on gelatinization temperature of nondefatted rice starch.

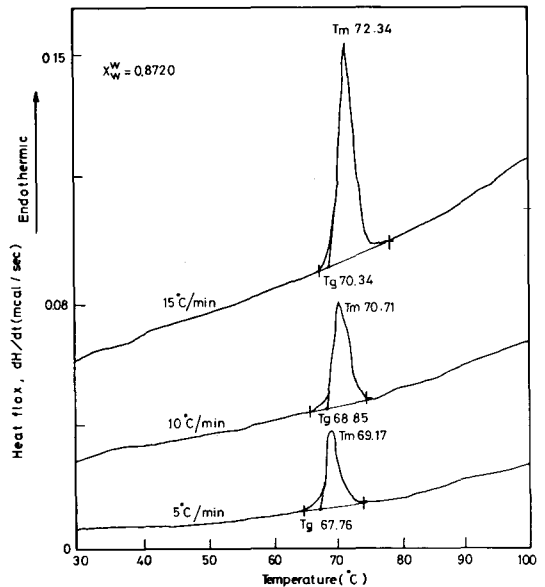


Fig. 2. Effect of heating rate on gelatinization temperature of native potato.

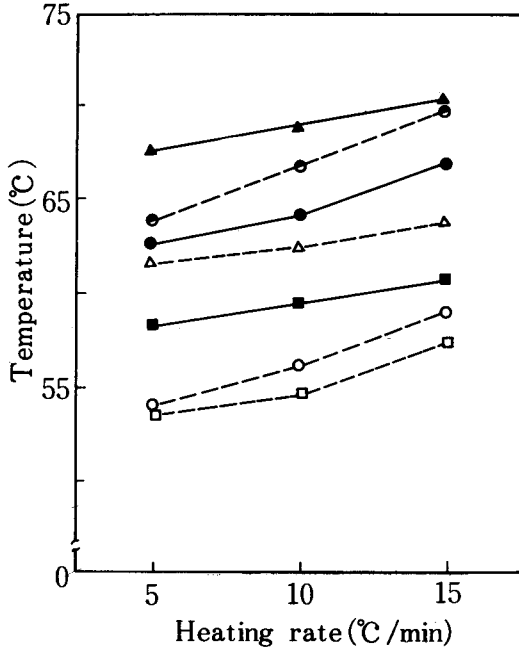


Fig. 3. Effect of heating rate on gelatinization of various starches.

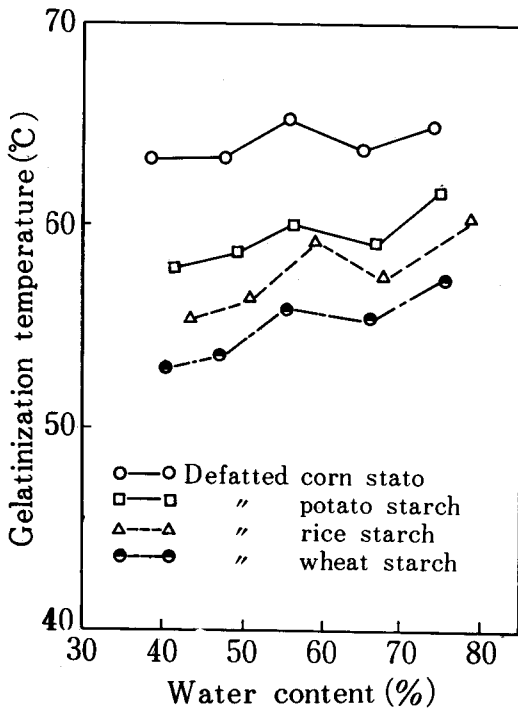


Fig. 4. Relation of water content and gelatinization temperature of defatted starches.

응곡선은 Fig. 1, 2와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 가열속도가 5, 10, 15°C/min로 증가할수록 반응 시작온도( $T_0$ )는 쌀 생전분(수분중량분율,  $X_w=0.5639$ ) 50.45~51.59°C, 생감자( $X_w=0.8720$ ) 65.00~67.80°C로 상승하였으며, 이것은 Wootton<sup>7)</sup>이 가열속도 8, 16, 32°C/min에서 측정된 밀의 반응시작온도 변화와 근소한 차이를 보였다. 반응곡선의 접선으로부터 구해지는 겔화 온도( $T_g$ )는 쌀 생전분 52.65~56.00°C, 감자 생전분 67.76~70.34°C를 나타내었으며, 수분함량 53~58%인 탈지전분의 겔화 온도는 Fig. 3으로부터 옥수수 64.0~69.9°C, 감자 61.7~63°C, 쌀 53.7~58.0°C, 밀 53.6°C~57.6°C로서 가열속도가 증가할수록 상승하였다. 겔화 반응최대온도( $T_m$ )와 겔화 반응완료온도( $T_c$ )는 쌀 생전분 60.62~63.70°C, 72.04~79.12°C, 생감자 69.17~72.34°C, 72.65~77.65°C였으며, 겔화 엔탈피는 쌀생전분이 1.08~1.28cal/g, 생감자는 0.56~0.72cal/g으로 역시 가열속도가 증가할 수록 상승하였고, 탈지전분에서도 동일한 경향을 나타내었다.

수분 및 지방함량과 겔화 온도와의 관계

DSC의 흡열반응곡선으로부터 구한 수분함량 35~75%에서의 전분의 겔화 온도는 Fig.4에서 보는데 바와 같이 수분함량이 많아질수록 대체로 증가하였으며 수분함량이 62~67%에서 약간의 감소를 보였다. 이러한 경향은 Biliaderis<sup>2)</sup>가 측정된 lentil 전분에서도 수분함량 62%에서 감소하다가 다시 증가되는 것과 동일한 경향을 나타내었다. 각 탈지전분의 겔화 온도는 Fig. 5에서 보여주는 바와 같이 옥수수 64~67°C, 쌀 56~61°C, 감자 58~62°C, 밀 52~57°C로서, 옥수수, 감자, 쌀, 밀의 순서로 감소하였으며, 생전분의 겔화 온도는 밀전분 57~60°C, 쌀전분 59~65°C로서 탈지전분보다 4~5°C 정도 높은 값을 나타내었다. Lorenz<sup>10)</sup>는 생전분으로부터 지방이 제거됨으로서 대체로 수분결합력(water-binding capacity)이 증가한다고 하였으며, 이것이 탈지전분의 겔화 온도가 낮아지는 원인이라 생각된다.

겔화에 필요한 최저수분함량

각 전분의 수분함량과 겔화 엔탈피와의 관계는 Fig. 6에 나타냈다. 탈지전분의 수분중량분율과 겔

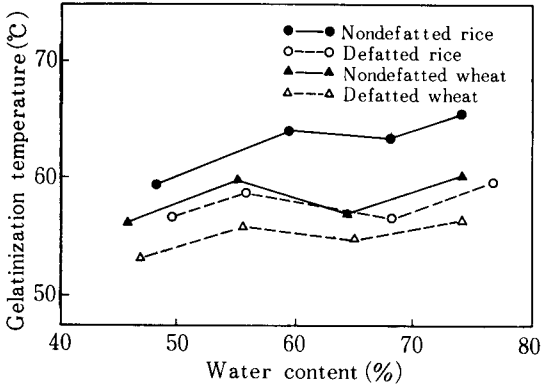


Fig. 5. Effect of lipid on gelatinization temperature of rice and wheat starch.

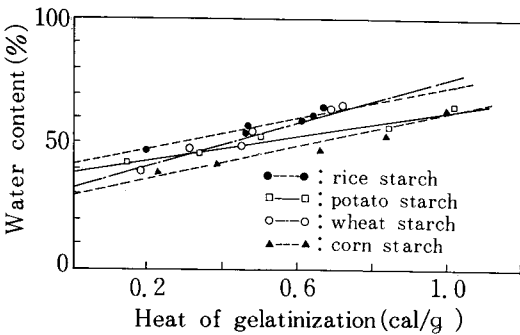


Fig. 6. Relation of water content and heat of gelatinization of starches.

화 열량 관계로부터 다음과 같은 선형관계식을 얻었다( $X_w$  = 수분중량 분율,  $H_g$  : 겔화에 필요한 엔탈피).

쌀전분 :  $X_w = 0.2574 H_g + 0.4149$

감자전분 :  $X_w = 0.2373 H_g + 0.3852$

밀전분 :  $X_w = 0.4372 H_g + 0.3293$

옥수수전분 :  $X_w = 0.3249 H_g + 0.2989$

직선회귀에 의하여 겔화에 필요한 최저수분함량을 밀전분 33%, 옥수수 30%, 감자 38%, 쌀 41%로서, 밀은 Wootton<sup>7)</sup>이 발표한 최저수분함량 30~32%와 일치하였으며, Derby<sup>11)</sup> 등이 효소법에 의하여 측정 한 white cake는 수분함량 33%에서 초기 단계의 스웰링이 일어난다는 결과와도 거의 일치하였다.

요 약

전분의 겔화 온도에 대한 가열속도, 수분함량 및 지방의 영향을 DSC로 측정한 결과 전분으로부터 지방이 제거됨에 따라 수분결합력이 상승함으로써 겔화 온도는 4~5°C 저하하였으며 탈지전분의 겔화 온도는 52~67°C로서 옥수수, 감자, 쌀, 밀의 순으로 감소하였다. 수분함량이 증가할수록 겔화 온도는 상승하였으며 열경제적인 측면에서 전분의 겔화에 필요한 최저수분함량은 30~41%였다. 전분의 가열온도와 시간의 함수인 가열속도와 겔화 온도는 비례의 관계를 나타내었으며 가열속도 15°C/min에서의 겔화 온도는 5°C/min에 비하여 약 2~4°C 높은 값을 나타내었으며 겔화에 필요한 엔탈피도 높은 값을 나타내었다. 그러므로 가열온도와 시간의 최적화를 위하여 가열속도는 5°C/min 이하로 하는 것이 유용하리라 생각된다.

문 헌

1. Lelievre, J. : *J. of Applied Polymer Science*, 18, 293(1973).
2. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R. : *J. of Food Science*, 45, 1669(1980).
3. Rockland, L.B. and Jones, F.T. : *J. of Food Science*, 42, 1204(1977).
4. Hosney, R.C. and Atwell, W.A. : *Cereal Food World*, 22(2), 56(1977).
5. Jaska, E. : *Cereal Chemistry*, 48, 437(1971).
6. Yasunaga, T., Bushuk, W. and Irvine, G.W. : *Cereal Chemistry*, 45, 268(1968).
7. Wootton, M. and Bamunuarachchi, A. : *Starke*, 31, 201(1979).
8. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T. : *Denpun Kagaku*, 20, 99(1973).
9. A.O.A.C. : "Official method of analysis" : *Association of Official Analytical Chemistry*, 13th ed., Washington, D.C.(1980).
10. Lorentz, K. : *J. of Food Science*, 41, 1357(1976).
11. Derby, R.I., Miller, B.S. and Trimbo, H.B. : *Cereal Chemistry*, 52, 702(1975).
12. Kugimiya, M. and Donovan, J.W. : *J. of Food Science*, 46, 765(1981).
13. Lineback, D.R. and Wongsricasena, E. : *Journal of Food Science*, 45, 71(1980).
14. Donovan, J.W. and Mapes, C.J. : *Starke*, 32, 190(1980).

15. Kugimiya M., Donovan, J.W. and Wong, R. Y. : *Starke*, **32**, 25(1980).
16. Melvin, M.A. : *J. Sci. Food Agric.*, **30**, 731(1979).
17. David, A.F. : *Food Technology*, **23**, 560(1969).
18. Eliasson, A.C. and Hegg, P.O. : *Cereal Chemistry* **57**(6), 436(1980).

(Received May 20, 1988)