

Sodium Stearoyl Lactylate가 아밀로펙틴과의 결합물 형성 및 전분의 호화와 노화에 미치는 영향

장재권 · 이윤형* · 이석훈** · 변유량**

청강문화산업대학 건강식품과학과, *해태제과 연구소, **연세대학교 생명공학과

Effect of Sodium Stearoyl Lactylate on Complex Formation with Amylopectin and on Gelatinization and Retrogradation of Wheat Starch

Jae-Kweon Jang, Yun-Hyung Lee*, Seok-Hoon Lee** and Yu-Ryang Pyun**

Department of Health Food Science, Chung Kang College of Cultural Industries

*HAITAI Confectionary co., ltd. R&D institute

**Department of Biotechnology, Yonsei University

Abstract

The effects of sodium stearoyl lactylate(SSL) on the thermal properties of wheat starch and amylopectin, and the crystallinity properties of amylopectin were investigated using differential scanning calorimetry(DSC) and X-ray diffractometer. On the rescan(second heating), amylopectin produced the featureless thermogram shown at the second heating, and SSL alone melted at 40~55°C, while the mixture of amylopectin containing 8% water and SSL(10:1), presenting the evidence of AP-SSL complex, showed differentiate melting temperature(other crystallinity) from SSL alone. Also, the melting enthalpy of AP and SSL mixture by subsequent heating and cooling were continuously increased. Further, the mixtures of wheat starch: SSL (5:1, w/w) and amylopectin: SSL(5:1, w/w), indicated AP-SSL complex, showed the reversible melting peak at temperature range of 60~70°C together with melting peak of SSL observed at temperature range of 40~55°C. AP-SSL complex in the X-ray diffraction, compared V-form of amylose-lipid complex, exhibited characteristic peaks(2 θ , 5.57, 20.903, 23.227). The gelatinization enthalpy value of wheat starch in the presence of SSL, observed at temperature range of 50~70°C, was decreased at total water content 60%, whereas had no significant effect at total water content 40, 50%, and also, SSL increased melting enthalpy of amylose-lipid complex. The extent of AP and wheat starch retrogradation was reduced significantly by SSL.

Key words : sodium stearoyl lactylate(SSL), amylopectin-SSL complex, retrogradation of wheat starch and amylopectin

서 론

일반적으로 전분의 노화는 케익류, 빵류, 라면, 냉동 식품 등과 같이 전분이 주성분을 이루는 식품에서 가장 큰 품질저하요인이다⁽¹⁾. 전분의 노화를 억제하기 위해 아밀로오스와 지방과의 결합에 대한 많은 연구^(2,3)가 보고되고 있으나, 노화의 주요인은 아밀로펙틴으로 알려져 있기 때문에 아밀로펙틴과 결합이 가능한 지

방의 탐색은 노화억제측면에서 효과적일 것이다. Evans⁽⁴⁾는 수분이 충분한 조건하에서 아밀로펙틴이 주성분인 찹옥수수 전분에 유화제인 SSL(sodium stearoyl lactylate)을 1%의 농도로 첨가하고 시차주사열량계(differential scanning calorimetry, DSC)로 가열하였을 때, SSL과 아밀로펙틴과는 뚜렷한 연관성이 없다고 보고하고 있다. 그러나 DeStefanis 등⁽⁵⁾은 박층크로마토 그래피를 사용하여 아밀로펙틴과 SSL의 결합가능성을 제안하였으며, Slade와 Levine⁽⁶⁾은 시차주사열량계를 이용하여 아밀로펙틴과 SSL(sodium stearoyl lactylate)의 결합가능성을 보고하였다. 그러나, 보다 구체적인 결합에 대한 증거와 노화에 미치는 영향에 관한 체계적인 연구는 아직 보고되고 있지 않다.

Corresponding author : Yu-Ryang Pyun, Department of Biotechnology, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
Tel : 82-2-361-2883
Fax : 82-2-312-6821
E-mail : yppyun@yonsei.ac.kr

따라서 본 연구에서는 DSC와 X-ray diffractometer를 이용하여 SSL과 밀전분 및 아밀로펙틴과의 결합물 형성과 SSL이 밀전분의 호화 및 노화에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

밀전분과 SSL(sodium stearyl lactylate, ES-4P)은 Sigma Chemical 사(St. Louis, Missouri, USA)와 일신유화에서 각각 구입하여 사용하였다.

밀전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분리

밀전분으로부터 아밀로오스와 아밀로펙틴은 Montgomery와 Senti⁽⁷⁾ 그리고 Ward⁽⁸⁾의 방법을 사용하여 분리하였다. Soxhlet 추출장치에서 85% 메탄올로 48시간 동안 80°C에서 탈지한 전분시료 60 g을 물 3,000 mL에 분산시킨 후 1시간동안 85°C에서 천천히 교반한 후 원심분리하였다. 아밀로오스를 정제하기 위하여 상징액 750 mL을 부탄올과 혼합한 후 다시 원심분리하였다. 침전물은 증류수 2,700 mL와 부탄올 300 mL를 첨가하고 가열, 여과(Whatman No. 41) 및 냉각한 후 부탄올 450 mL를 다시 첨가하여 교반시킨 후 30분간 원심분리하였다. 침전물은 다시 아세톤과 혼합하여 여과지(Whatman No. 41)를 이용하여 여과한 후 에탄올과 에틸에테르로 차례로 씻고 여과 및 동결건조하여 아밀로오스 시료로 하였다. 한편 아밀로펙틴을 분리하기 위하여, 처음 원심분리한 침전물을 100°C에서 1N-KOH 용액 1 L에 녹인 후, 2시간 동안 교반하고 4N-HCL 용액으로 중화하였다. 이 용액에 남아있는 아밀로오스를 침전시키기 위해 thymol을 첨가하고 23±1°C의 상온에서 이틀간 방치하고 원심분리한 상징액에 같은 부피의 메탄올을 첨가하고 상온에서 하루 방치시켰다. 이 시료를 원심분리한 후 다시 메탄올을 첨가하여 풍건 후 동결건조하여 아밀로펙틴 시료로 하였으며 수분함량을 측정된 결과 8%의 수분을 함유하고 있었다.

아밀로오스함량의 측정

시료로 사용한 밀전분의 아밀로오스 함량은 McCready와 Hassid⁽⁹⁾의 방법으로 정량하였다. 시료 10 mg을 DMSO 5 mL에 완전히 녹인 다음 요오드용액(0.2% I₂-2% KI) 2 mL를 가하고 증류수로 100 mL로 한 후 610 nm에서 흡광도를 측정하였다. 밀전분으로부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정비율로 혼합하여 아밀로오스 표준곡선을 작성하고 분석한 결과 시료로

사용한 밀전분의 아밀로오스함량은 25%였다.

아밀로펙틴과 SSL과의 결합물 제조

아밀로펙틴과 SSL의 결합물은 Krog⁽¹⁰⁾의 아밀로오스와 지방의 결합물을 만드는 과정을 응용하였다. 분리한 아밀로펙틴 0.4 g을 5 mL의 DMSO에 첨가하고 80°C로 가열하여 녹인 후 100°C의 물 45 mL를 첨가하였다. 여기에 아밀로펙틴에 대해 충분한 양인 60°C로 가열하여 녹인 SSL 0.4 g을 첨가하여 아밀로펙틴과 충분한 결합물을 형성하도록 90°C에서 5시간 교반한 후 상온으로 냉각하였다. 이와같은 조작을 3번 반복하여 아밀로펙틴과 SSL의 혼합물을 만든 후 액상을 동결건조하여 시료로 사용하였다.

시차주사열량계(differential scanning calorimetry)

밀전분과 밀전분으로부터 분리한 아밀로오스, 아밀로펙틴과 SSL과 혼합한 시료의 DSC 분석은 Perkin Elmer DSC-7 instrument를 사용하여 분석하였다. 온도와 엔탈피의 보정은 n-dodecane (m.p.9.65°C, ΔHm 218.73 J/g)과 indium(m.p 156.6°C, ΔHm 28.5 J/g)을 사용하였다. 1차 가열할 때 시료는 0.5 mcal/sec의 감도에서 10°C/min 속도로 가열하였으며, 1차가열 후 20°C/min의 속도로 냉각시킨 후 다시 1차 가열과 같은 조건으로 2차 가열하였다^(11,12). 시료(1~5 mg)는 무게를 측정된 Perkin Elmer aluminum DSC pan(0219~0062)에 담고 뚜껑을 덮었으며 reference pan으로는 sample pan과 열용량의 균형을 맞추기위하여 빈 pan을 사용하였다. 시료에 수분첨가 방법은 수분이 침투하여 pan의 바닥까지 골고루 퍼지도록 microsyringe(10 μL)를 사용하여 충분한 양의 증류수를 첨가한 후, 이 DSC pan에 들어있는 시료가 원하는 수분함량이 될 때까지 supermicrobalance(Sartorius C. 40020013)의 platform에서 자연 증발시키고 sealer를 사용하여 밀봉한 후 최종 무게를 재측정하여 정확한 수분함량을 결정하였다. 시료는 균일한 수분평형이 유지되도록 25°C incubator 안에서 1일간 방치한 후 다시 무게를 재어 수분손실 여부를 확인한 후 가열에 사용하였다^(11,12).

밀전분, 아밀로오스 및 아밀로펙틴과 SSL과의 혼합물의 호화, 노화의 측정

DSC에 의한 시료의 호화 peak는 1차가열(4~130°C)할 때 가장 낮은 온도(50°C~80°C)에서 나타나는 흡열 peak(G peak)로 하였으며 호화정도는 이 peak의 면적, 즉 호화엔탈피(ΔHG, J/g sample)로 나타내었다⁽¹³⁻¹⁵⁾. 호화개시온도(onset temperature, To)와 호화최고점온도

(peak temperature, TG)는 Perkin Elmer software analysis program에 의해 분석하였으며 가열 후 pan의 붕괴유무를 확인하기 위하여 무게를 재어 가열 전과 비교하였다⁽¹¹⁾. 각 시료는 3회 반복하여 측정하였다.

시료의 노화정도는 호화된 시료를 26°C의 incubator (비전과학, KMC-1203P3)에서 1주간 저장하고, DSC에서 10°C/min의 속도로 10°C에서 100°C까지 가열하여 재결정화된 엔탈피를 측정하여 분석하였다. 노화정도는 호화에 대한 분석방법과 마찬가지로 40°C~70°C의 온도범위에서 나타나는 흡열전이(endothermic transition) peak의 엔탈피(ΔH , J/g sample)로 나타내었다⁽¹⁶⁾. SSL이 첨가된 밀전분과 아밀로펙틴 시료의 노화에 의한 흡열전이 peak가 SSL의 흡열전이 peak와 일부분 겹칠 경우 전체의 peak 면적에 대해 SSL의 peak 면적을 빼 값을 노화 정도로 나타내었으며, 각 시료는 3회 반복하여 측정하였다.

X선 회절(X-ray diffraction)

밀전분과 아밀로오스, 아밀로펙틴과 SSL의 결합물을 10×20×2 mm 알루미늄 상자에 충전하여 X선 회절기(Rigaku Co. Japan)를 사용하여 다음의 조건⁽¹⁷⁾으로 회절도를 얻어 결정성을 관찰하였다. target: CuK, filter: Ni, 전압: 30 kV, 전류: 15 mA, dispersion slit: 1°, receiving slit: 0.3 mm, time constant: 0.5 sec, scanning speed: 4°/min, chart speed: 400 mm/min, full scale: 2000 Cps, reflection angle: $2\theta = 4-30^\circ$

결과 및 고찰

밀전분 및 밀전분으로부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴의 노화

밀전분과 밀전분에서 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 수분함량이 40%가 되도록 시료를 각각 조제하고, 시차주사열량계(DSC)로 100°C까지 가열하여 호화시킨 후, 26°C에서 1주일간 저장하여 DSC로 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 아밀로오스는 전분의 노화 온도범위인 40~70°C범위에서 특징적인 endotherm을 보이지 않는 반면 아밀로펙틴은 전분의 노화 endotherm과 비슷한 특성의 endotherm을 나타내어, 전분의 노화는 저장 중 느리게 전분분자들이 재결정화 되는 현상으로 주로 아밀로펙틴에 기인한다는 일련의 보고^(18,19)와 일치하고 있다. 따라서 전분의 노화 과정은 아밀로펙틴이 주요인이며 아밀로오스는 150~160°C의 높은 온도범위에서 용융과 동시에 냉각과정에서 순간적으로 결정화되는 것으로 알려져^(2,15) 전분분자의 결정화 초기

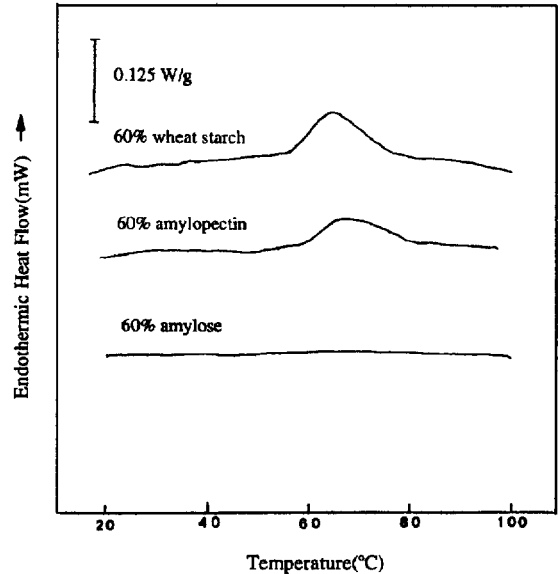


Fig. 1. Differential scanning calorimetry(DSC) thermogram of wheat starch, amylopectin and amylose stored for 1 week at 26°C.

에 아밀로펙틴과 함께 영향을 주며 그 이후는 아밀로펙틴만이 전분의 결정화를 좌우하여 장시간 저장하면서 나타나는 전분질 식품의 변화는 아밀로펙틴에 의한 것으로 보여진다⁽²⁰⁾.

아밀로펙틴과 SSL과의 상호작용

일반적으로 아밀로오스와 지방은 나선형 결합을 하며 나선(helix)의 1회전당 6개의 포도당 단위가 필요하고, 길이가 22Å인 glycerol monophosphate가 결합하기 위해서는 16.5개의 포도당 단위가 필요한 것으로 알려져 있다⁽¹²⁾. 밀전분으로부터 분리한 아밀로펙틴의 중합도는 6에서 25의 범위로 분포되어 있고 그 중 9에서 16이 많은 것으로 보고되었다⁽⁶⁾. 그러나, 지방이 안정된 결합을 형성하기 위해서는 중합도 40 이상이 요구되기 때문에⁽⁶⁾ 중합도가 짧은 아밀로펙틴과 일반 지방과의 결합 가능성은 희박하다. 전분의 노화 억제측면에서 아밀로펙틴과 안정한 결합을 형성할 수 있는 지방은 호화 후 저장과정에서 아밀로펙틴이 노화의 특징인 A나 B도형의 노화된 결정질을 형성하는 것을 억제할 수 있기 때문에 중요하다고 할 수 있다⁽⁶⁾.

밀전분에서 분리한 아밀로펙틴(수분 8%)과 SSL을 10:1의 중량비율로 혼합한 시료를 DSC로 120°C까지 1차 가열 및 냉각 후 다시 2차 가열한 결과를 SSL만의 용융 peak와 비교하여 Fig. 2에 나타내었다. 아밀로

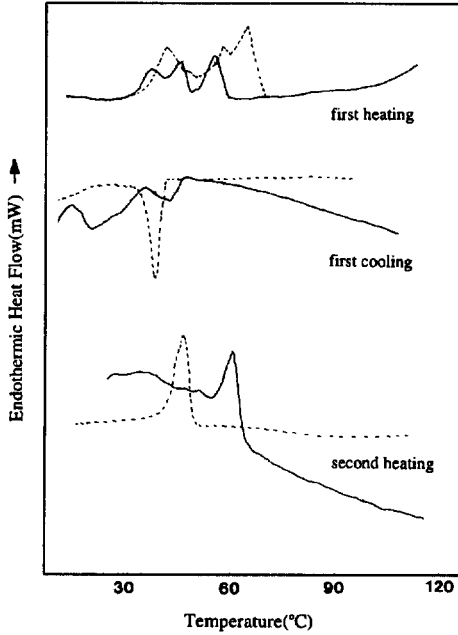


Fig. 2. DSC thermogram of the mixture of amylopectin and SSL(—) and SSL alone(---).

펙틴과 SSL의 혼합물은 2차 가열에서 63.64°C의 용융 peak의 최고온도를 나타낸 반면 SSL만을 가열한 경우에는 50.87°C를 나타내었다. 이러한 용점의 차이는 결정질의 차이에서 기인하므로 아밀로펙틴과 SSL이 결합물을 형성하였음을 의미한다.⁽⁶⁾ 아밀로펙틴은 아밀로오스에 비해 중합도가 낮아 지방과의 결합이 불안정하기 때문에 아밀로펙틴과 지방의 결합물은 아밀로오스와 지방의 안정된 결합물의 용융 온도범위(100~120°C)^(2,3,4)보다는 낮은 온도범위에서 용융하는 것으로 판단할 수 있다. 유지는 annealing을 충분히 시키지 않는 조건, 즉 가열 및 냉각 후 바로 2차 가열하면 용융 엔탈피가 감소한다. 그러나 아밀로펙틴과 SSL의 결합물은 가열과 냉각을 반복하면서 용융엔탈피를 측정 한 결과 scan 횟수가 1차, 2차, 3차로 증가함에 따라 아밀로펙틴 용융 엔탈피가 1.32, 2.33, 3.07(J/g 아밀로펙틴)로 증가하여 보다 많은 결합물을 형성하는 것으로 판단되었다. 이러한 경향은 Kugimiya 등⁽²¹⁾의 감자 전분의 아밀로오스와 리조레시틴 결합물의 용융엔탈피가 1차보다 2차 scan에서 증가한다는 보고와 유사한 결과이다.

밀전분, 아밀로오스 및 아밀로펙틴에 SSL을 각각 5:1의 중량비율로 혼합하고 전체수분함량을 50%로 하여 1차 가열 및 냉각 후 2차 가열 한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 밀전분과 SSL의 혼합물(5:1)과 아밀

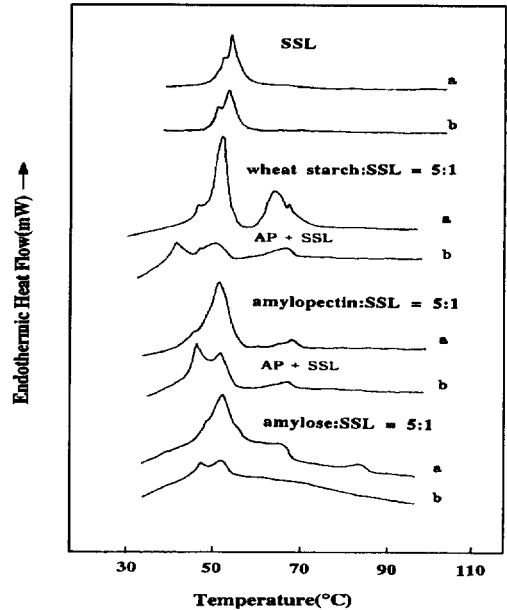


Fig. 3. DSC thermogram of the mixture of wheat starch, amylopectin and amylose with SSL, respectively, at total water content 50%. (a) first heating; (b) second heating

로펙틴과 SSL의 혼합물(5:1)은 40~55°C의 온도범위의 SSL의 용융 peak 이외에 55~70°C의 온도범위에서 가역적인 용융 peak를 나타내었으나 아밀로오스와 SSL의 혼합물(5:1)에 대해서는 나타나지 않았다. Fig. 3에서 밀전분과 SSL 혼합물의 55~70°C의 온도범위에서 나타나는 흡열 peak는 40%이상의 수분을 함유하는 전분을 1차 가열할 때만 볼 수 있는 대표적인 호화 흡열 peak(G peak)⁽¹³⁻¹⁵⁾로 2차 가열에서는 나타나지 않으나 아밀로오스와 지방의 결합물과 같이 가역적으로^(2,3,4) 나타난 것으로 보아 1차 가열의 흡열 peak는 1차 가열에서만 볼 수 있는 아밀로펙틴의 용융으로 보고⁽²²⁾되고 있는 전분의 호화 peak(G peak)⁽¹³⁻¹⁵⁾와 아밀로펙틴과 SSL 결합물의 용융 peak가 겹쳐서 나타난 것으로 판단된다. 이러한 2차 가열에서의 가역적인 흡열 peak는 Fig. 2에서 나타난 바와 같이 전분성분의 아밀로펙틴과 SSL과의 결합물 형성에 대한 추가적인 증거로 보여진다. 아밀로오스와 SSL 결합물은 100~120°C에서 용융⁽⁴⁾되는 것으로 알려져 있는 것과 같이, data는 나타나지 않았으나 1차와 2차 가열에서 110~130°C의 온도범위에서 가역적인 peak를 관찰할 수 있었다.

DSC로 확인한 아밀로펙틴과 지방과의 결합물에 대한 X-ray 회절 분석은 DSC로 시료를 제조하면 한 번에 5 mg 시료 밖에 제조할 수 없기 때문에 분석에 충분한 양을 제조하기 위해 일반적인 아밀로오스와 지

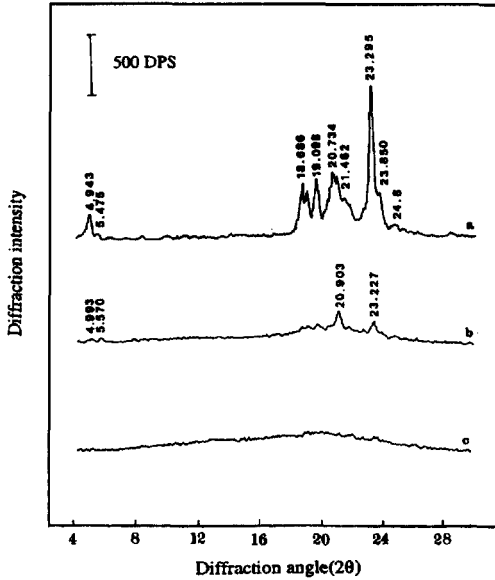


Fig. 4. X-ray diffraction diagram of (a) SSL; (b) amylopectin-SSL complex, and (c) amylopectin.

방과의 결합물 형성과정에 따라 아밀로펙틴과 SSL의 결합물을 형성시킨 후⁽¹⁰⁾ 아밀로펙틴, SSL 및 아밀로펙틴과 SSL과의 결합물에 대해 X-ray 회절을 비교한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. SSL은 X-ray 회절분석에서 여러 diffraction 각도에서 peak를 나타내었고 분리한 아밀로펙틴은 peak가 거의 없는 무정형의 peak를 나타내었다. 아밀로펙틴과 SSL의 결합물은 아밀로펙틴과 SSL 각각의 diffraction 유형과 다르게 diffraction 각(2θ)이 5.57°, 20.903°, 23.227°에서 결정성을 보이는 peak를 나타내어 상호간 결합을 형성하는 것으로 판단되었다. 이러한 아밀로펙틴과 SSL의 결합물에 대한 X-ray 회절 결과는 일반적으로 diffraction각(2θ)이 7.36°, 13.1°, 20.1°에서 V도형⁽²³⁾의 peak를 나타내는 아밀로오스와 monoglyceride의 결합물과는 다소 차이가 있었다.

밀전분의 호화 및 노화에 대한 SSL의 영향

일반적으로 전분을 DSC로 가열할 때 수분이 충분하지 않은 제한된 수분함량 범위(40~50%)에서 전분은 다중흡열(multiple endotherm)⁽¹³⁻¹⁵⁾을 나타내며 아밀로오스와 지방의 용융 peak(100-120°C) 보다 낮은 온도범위에서 G와 M1 peak를 볼 수 있는 데 수분함량 60% 이상에서는 G와 M1이 수분의 가스화 현상에 의해서 하나로 합쳐지며^(14,15,24) 모두 아밀로펙틴의 용융⁽²²⁾으로 보고되고 있다.

10 : 1 비율의 밀전분과 SSL의 혼합물을 전체수분함

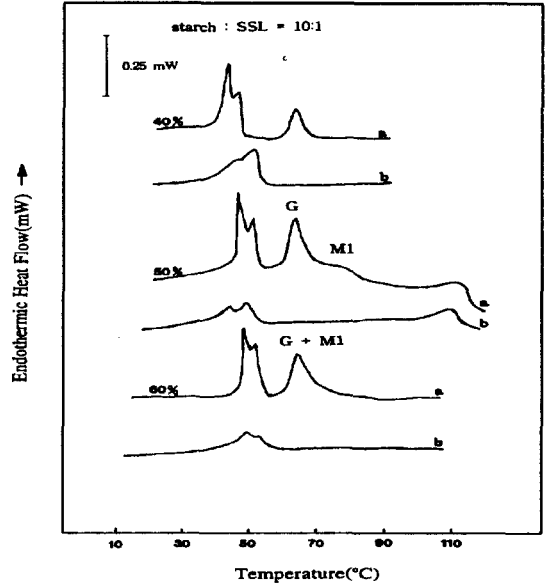


Fig. 5. DSC thermogram of the mixture of wheat starch with SSL(10 : 1, w/w) at various water content. (a) first heating; (b) second heating

량을 40%, 50%, 60%로 하여 1차 및 2차 가열한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 2차 가열에서 Fig. 3의 결과와 같이 전분과 SSL과의 결합물 형성을 의미하는 가역적인 흡열 peak는 관찰할 수 없었다. 1차 가열에서 SSL은 G peak가 커지지 않았으나 수분함량 40과 50%에서는 호화 G peak에 영향을 미치지 않았지만, 수분함량 50%에서 M1 peak의 엔탈피 값이 밀전분 g 당 0.52J⁽²⁵⁾에서 0.93J로 증가되었으며, 수분함량 60%에서는^(13,14,23) 용융 peak(G+M1)의 엔탈피값이 밀전분 g 당 8.9J⁽²⁵⁾에서 6.6J로 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향으로 보아 SSL은 아밀로펙틴의 용융 peak인 G와 M1 peak^(15,24) 중에서 M1 peak에 다소 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 SSL은 아밀로오스와 지방의 결합물의 용융 peak⁽²⁻⁴⁾에도 영향을 주어 SSL이 존재하지 않을 때에는 아밀로오스와 지방의 결합물의 용융 peak의 엔탈피값이 밀전분 g당 0.94J⁽²⁵⁾을 나타내나 SSL 존재시 5.28J를 나타내어 SSL은 전분성분중 아밀로오스와 우선적으로 결합함을 알 수 있었으며 이러한 경향은 이전 결과^(8,26)와 유사하였다.

SSL이 전분의 노화에 미치는 영향에 대해 Krog⁽¹⁰⁾은 SSL이 아밀로오스와 우선적으로 결합하여 아밀로펙틴에는 영향을 주지 못하여 노화에는 영향을 주지 않았다고 보고하고 있으며, Ward 등⁽⁸⁾과 Evans⁽⁴⁾도 유사한 결과를 얻었다. 그러나 이러한 실험들은 SSL의

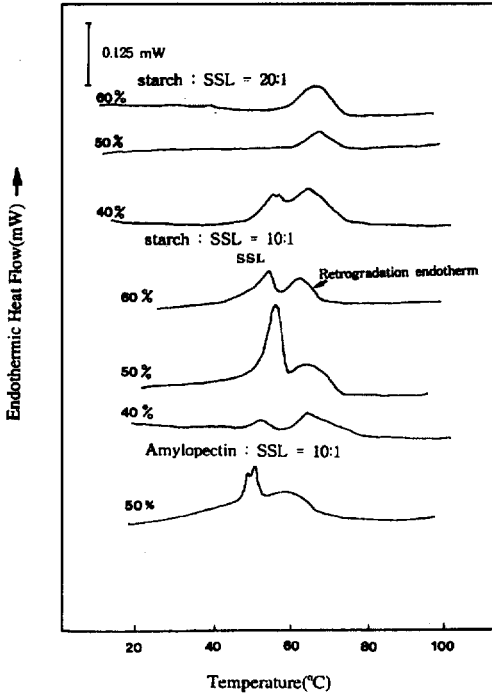


Fig. 6. DSC thermogram of the mixture of wheat starch and amylopectin with SSL, respectively, stored at 26°C for 1 week at various water content.

첨가량이 0.5~1%(w/w) 정도의 소량첨가 실험이기 때문에 아밀로오스와 결합한 후 아밀로펙틴과 결합할 SSL의 잔존량이 부족한 것으로 볼 수 있기 때문에 보다 높은 농도에서 노화에 대한 영향을 관찰할 필요가 있다.

전체수분함량 50%에서 아밀로펙틴과 밀전분 각각에 대해 SSL을 5:1의 비율로 첨가되었을 때 나타나는 상호 결합물 형성에 따른 흡열 peak는 40~70°C의 온도범위에서 나타나는 전분의 일반적인 노화 peak와 겹쳐짐에 따라 SSL이 전분의 노화에 미치는 영향을 확인하기 어렵기 때문에(Fig. 3) 아밀로펙틴과 밀전분 각각에 대해 SSL의 첨가비율을 20:1과 10:1로 하여 26°C에서 1주일 간 저장한 후 SSL이 밀전분과 아밀로

펙틴의 노화에 미치는 영향을 Fig. 6과 Table 1에 나타내었다. 밀전분과 SSL이 20:1인 혼합물의 전체수분함량 40%에서는 SSL의 용융 peak와 전분의 노화 peak가 겹쳐 노화에 대한 영향을 정확히 판단하기 어려웠으나 그 이외의 조건에서는 측정이 가능하였다. 신⁽²⁶⁾은 SSL이 소량(0.35%) 첨가된 밀전분의 노화억제 효과에 대해 노화엔탈피값으로 보고하고 있으며 Table 1의 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 전체적으로 SSL이 첨가되지 않은 밀전분의 노화에 대해 노화엔탈피값을 비교한 결과 약 30%정도의 노화억제효과가 있음을 알 수 있었다.

요 약

시차주사열량계(differential scanning calorimetry, DSC)를 사용하여 분석한 결과 밀전분으로 부터 분리한 아밀로펙틴은 밀전분의 노화특성과 일치된 특성을 나타내었다. 수분함량 8%의 아밀로펙틴과 SSL을 10:1의 중량 비율(w/w)로 혼합하여 DSC로 1차 가열과 냉각 후 2차 가열한 결과 55~70°C의 온도범위에서 용융 peak를 나타낸 반면 SSL은 40~55°C의 온도범위에서 용융 peak를 나타내어 서로 다른 융점을 나타내었다. 또한 아밀로펙틴과 SSL의 혼합물은 가열과 냉각을 반복함에 따라 결정질의 아밀로펙틴 g당 용융 peak의 엔탈피값이 증가되는 결과를 보였다. 전체 수분함량 50%에서 밀전분과 밀전분으로 부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴 각각에 대해 SSL을 5:1의 중량비율로 혼합하여 DSC로 1차와 2차 가열한 결과 SSL의 용융 peak 이외에 SSL과 아밀로펙틴의 결합물로 판단되는 60~70°C 범위의 가역적인 용융 peak가 관찰되었다. SSL과 아밀로펙틴 결합물은 V 도형의 아밀로오스와 지방 결합물과 차이가 있는 결정질을 나타내는 X-ray diffraction angle(2θ) 값을 나타내었다. 전체수분함량 60%에서 SSL은 밀전분의 호화 엔탈피값을 감소시켰으며 아밀로오스와 지방결합물의 용융 엔탈피값을 증가시켰다. 동일한 전체수분함량에서 밀전분과 아밀로펙틴에 대해 SSL을 20:1과 10:1의 비율로 혼합한 결

Table 1. Comparison of recrystallization enthalpy values of wheat starch and amylopectin with SSL and without SSL stored at 26°C for 1 week

Moisture content(%)	Recrystallization enthalpy (ΔH , J/g)				
	starch	amylopectin	starch:SSL = 10:1	starch:SSL = 20:1	amylopectin:SSL = 10:1
40	3	2.6	2.2		
50	2	1.7	1.3	1.3	1.2
60	3.1	2.8	1.9	2.5	1.9

의 저장실험은 SSL을 포함한 시료가 SSL을 포함하지 않은 시료보다 노화에 대해 억제효과를 나타내었다.

문 헌

1. Morris V.J. Starch gelation and retrogradation. Trends in Food Sci. Technol., 1, 2(1990)
2. Biliaderis C.G., Page C.M., Maurice T.J., and Juliano B.O. Thermal characterization of rice starches: A polymeric approach to phase transitions of granular starch. J. Agric. Food Chem. 34, 6(1986)
3. Biliaderis C.G. and Tonogai J.R. Influence of lipids on the thermal and mechanical properties of concentrated starch gels. J. Agric. Food Chem. 39, 833(1991)
4. Evans I.D. An investigation of starch/surfactant interactions using viscosimetry and differential scanning calorimetry. Starch/Staerke 38, 227(1986)
5. DeStefanis V.A., Ponte J.G., Chung F.H. and Ruzza N. A. Bread of crumb softness and dough strength during breadmaking. Cereal Chem. 54, 13(1977)
6. Slade L. and Levine H. Beyond water activity: recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. Crit. Rev. Food Sci. Nutri. 30, 115(1991)
7. Montgomery E.M. and Senti F.R. Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction, sedimentation procedure. J. Polym. Sci. 28, 1(1958)
8. Ward K.E.J., Hoseney R.C. and Seib P.A. Retrogradation of amylopectin from maize and wheat starches. Cereal Chem. 71, 150(1994)
9. McCready R.M. and Hassid W.Z. The separation and quantitative estimation of amylose and amylopectin in potato starch. J. Am. Chem. Soc. 65, 1154(1943)
10. Krog N. Amylose complexing effect of food grade emulsifiers. Starch 23, 206(1971)
11. Zeleznak K.J. and Hoseney R.C. The glass transition in starch. Cereal Chem. 64, 121(1987)
12. Huang J.J. and White P.J. Waxy corn starch: Monoglyceride interaction in a model system. Cereal Chem. 70, 42(1993)
13. Burt D.J. and Russell P.L. Gelatinization of low water content wheat starch-water mixtures. Starch/Staerke 35, 354(1983)
14. Donovan J.W. Phase transitions of the starch-water system, Biopolymers 18, 263(1979)
15. Jang J.K. and Pyun Y.R. Effect of moisture content on the melting of wheat starch. Starch/Staerke 48, 48(1996)
16. Zeleznak K.J. and Hoseney R.C. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. Cereal Chem. 63, 407(1986)
17. Kim H.S., Lee M.S. and Woo J.W. Retrogradation properties of waxy starches. Korean J. Food Sci. Technol. 20, 794(1988)
18. Longton J. and LeGrys G.A. Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of ageing wheat starch gels. Starch/Staerke 33, 410(1981)
19. Zeleznak K.J. and Hoseney R.C. Characterization of starch from bread aged at different temperatures. Starch/Staerke 39, 231(1987)
20. Kim S.K. On bread staling with emphasis on the role of starch. Korean J. Food Sci. Technol. 8, 185(1976)
21. Kugimiya M. and Konovan J.W. Calorimetric determination of the amylose content of starches based on formation and melting of the amylose-lysolecithin complex. J. Food Sci. 46, 765(1981)
22. Shogren R.L. Effect of moisture content on the melting and subsequent physical aging of corn starch. Carbohydr. Polymer 19, 83(1992)
23. Biliaderis C.G. and Galloway G. Crystallization behavior of amylose-V complexes: Structure-property relationships. Carbohydr. Res. 189, 31(1989)
24. Biliaderis C.G. Structures and phase transitions of starch in food systems. Food Technol. 46, 98(1992)
25. Jang J.K. Study on glass transition and retrogradation of wheat starch. Ph. D. thesis, Yonsei Univ., Seoul, Korea(1996)
26. Shin M.S. Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation. Korean J. Food Sci. Technol. 23, 116(1991)

(1999년 11월 30일 접수)