

전분의 겔화와 노화에 미치는 당류의 영향

김 경 이
서일대학 식품가공과

Effect of Saccharides on the Gelation and Retrogradation of Starch

Kyeong Yee Kim

Department of Food Science and Technology, Seoil College, Seoul 131-702, Korea

Abstract

DSC was used to investigate the thermal mechanism of acorn and corn starch with or without saccharides on gelation and retrogradation. When the samples were starch-saccharide-water system (s-s-w), from measuring of gelation enthalpy and temperatures of initial gelation, peak and conclusion (T_0 , T_p , T_c), those of s-s-w system were higher than those of starch-water system (s-w). The retrogradation enthalpy of acorn starch and corn starch was straightly increasing by DSC measurement as storage times. This increase meant slowly becoming recrystallization of amylopectin. In retrogradation process, the starch-saccharide-water system's enthalpy was also increased. After 7 days went, the value of the enthalpy was steady. Saccharides were retarding retrogradation because of stopping the recrystallization of amylopectin. Especially in using fructose and maltose, the retrogradation effect of maltose was well. These elements took effect the number of junction zone, one of equatorial OH and dynamic hydration number. As these three elements were increasing, a starch-gel-system was stabilizing.

Key words : acorn starch, corn starch, gelation, retrogradation, enthalpy

서 론

전분의 구성 성분은 대부분 amylose와 amylopectin으로 이루어져 있는데 amylose는 수천 개의 glucose 분자가 α -1,4 결합을 하고 있는 선형 결합체로서 결합가가 적으며 iodine, fatty alcohol, fatty acid, 그리고 fructose, maltose, sucrose와 같은 당, 혹은 여러 가지 유기 화합물과 강하게 결합하여 나선형을 포함하는 착물(1)을 형성한다. 이 착물은 amylose-polyiodine 착물과 유사한 구조를 이루고 있고 한 나선당 6개의 glucose 잔기로 되어 있으며 나선 사이의 거리는 0.8 nm로 알려져 있다. 반면 amylopectin은 결합가가 많은 결합체로서 α -1,4 결합과 α -1,6 결합을 하고 있으며 amylose와는 달리 나선형 착물을 형성하지 않는다. 전분의 호화는 입자가 수화되어 열에 의해 상 전환이 촉진되는 것으로서 이 과정에서 전분 입자의 팽윤이 일어나고 amylose 분자들이 용출되어 나오면서 용액의 점도가 증가한다. 이러한 전분의 호화도는 DSC분석에 의한 방법(2)으로 측정할 수 있으며 전분의 호화 메카니즘과 수분 함량의 관계를 Fig. 1에 나타내었다.

즉 전분을 과량의 수분과 함께 가열하면 비결정성 영역이 먼저 수화되고 팽윤되면서 전분 결정의 용해를 촉진한다. 결정의 용해는 물에 의한 수화를 포함하는 것으로 생각되며, 이 과정은 결정을 안정화시키는 수소결합을 불안정하게 하고 계속적인 팽윤에 의해 결정이 붕괴되면서 점성도가 증가하고 복굴절이 소실된다. 이러한 현상은 결정구조가 쉽게 용해하므로, 비교적 좁은 온도 범위에서 한 개의 저온 흡열 피크로 나타난다. 그러나 수분의 양이 제한되는 진한 전분 현탁액에서는 비결정성 영역을 불안정화시키는 효과가 적어 결정의 용해는 열에 의해서만 일어나므로 호화온도의 범위가 넓어진다. 호화되었던 전분 현탁액은 온도가 내려감에 따라 고분자의 가교 결합으로 3차원적인 망상 구조를 형성하는 전분 겔이 된다. 전분 겔의 겔화 메카니즘에 대하여 Hood 등(3)은 전분 입자가 호화되면서 amylose가 입자 밖으로 용출되어 나왔다가 냉각되면서 겔화가 일어나 연속적인 nongranular starch-water matrix를 형성한다고 하였다. Morris(4)는 전분 겔의 형성을 amylose로 구성된 겔 매트릭스, 팽윤된 전분립으로 이루어지는 변형이 가능한 filler와 matrix간의 상호 작용의 특성으로 설명하였고 전분 겔의 모델을 Fig. 2에 제시하였다. 또한 amylose 뿐만 아니라 amylopectin의 결정화도 전분의 겔화에 영향을 준다고 하여 이 두 가지 성분이 전분 겔 형성에 미치는 영향에 관한 연구(5)도 이루어졌고, 김(6)은 amylose나 amylopectin을 전분에 첨가하여 상대적인 양을 변

Corresponding author : Kyeong-ye Kim, Department of Food Science and Technology, Seoil College, 49-3 Myunmok 8-Dong, Jungrang-Gu, Seoul 131-702, Korea
E-mail : kykim@seoil.ac.kr

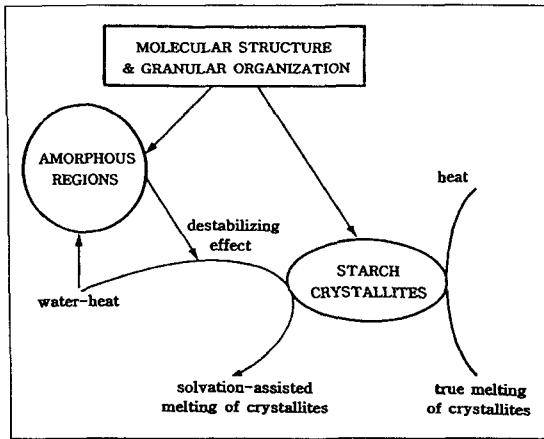


Fig. 1. Schematic representation of phase transition phenomena of a granular starch.

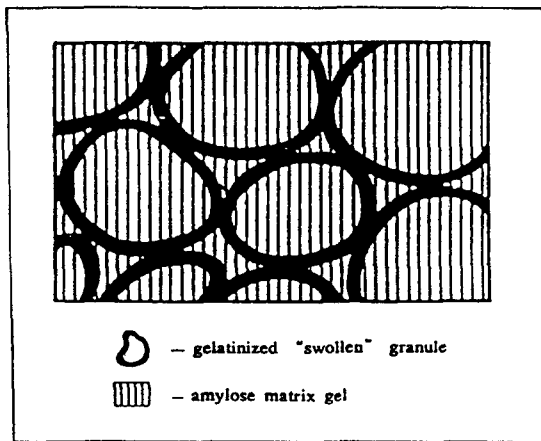


Fig. 2. Schematic model of a starch gel.

화시키면서 여러 가지 전분 겔을 만든 결과, amylose나 amylopectin 어느 한 쪽만으로는 겔을 형성할 수 없으며 두 성분이 알맞은 비율로 섞여 있을 때 비로소 겔이 형성된다고 하였다. Hansen등(7)은 전분 입자 내부에서부터 용출된 amylose와 amylopectin이 전분 겔의 탄성에 영향을 미치는데 가용성 amylose 함량이 많으면 전분 겔의 탄성은 증가하고 반면 amylopectin이 많으면 전분 겔 형성의 탄성을 감소시킨다고 하였다. Jane등(8)은 여러 가지 전분으로부터 분리한 다양한 사슬길이를 가진 amylose와 amylopectin이 혼합되었을 때 겔 형성의 상승효과가 가장 컸다고 보고하였다. 한편 전분 겔의 노화에 관한 연구는 shear modulus 측정법(9)등이 주로 이용되어 오고 있고 전분에 대한 특성 연구에는 주로 X선 회절법과 DSC를 이용한 열적특성 분석(10)등이 행하여지고 있다. 최근에는 전분마다 서로 다른 겔 특성을 나타내는 것은 전분의 이화학적 성질이나 amylose와 amylopectin의 함량차이보다는 분자구조의 차이일 것이라는 데 초점을 맞추어 연구들이 진행되고 있다. 본 연구에서는 DSC를 이용하여 acorn starch와 corn starch의 열적특성과 starch-saccharide-water

system의 열적 특성 및 당첨가가 겔화와 노화에 미치는 영향을 관찰하고자 한다.

재료 및 방법

재료

도토리전분은 알칼리 침지법으로 정제한 시료를 사용하였고 옥수수전분은 Sigma시약을 사용하였다. fructose와 maltose는 Merck시약을 사용하였다.

도토리전분의 정제

도토리가루는 우리나라 산에서 재배된 것으로 시중에서 구입하였고 알칼리 침지법에 의하여 다음과 같이 정제, 탈지하였다. 100 mesh 체를 통과한 도토리 가루에 0.2% NaOH 용액을 가하여 교반하면서 하룻밤 방치하고 상층액을 경사법으로 제거한 다음, 다시 0.2% NaOH 용액으로 침출, 세척하여 Biuret 반응이 나타나지 않을 때까지 반복하였다. Ultra Centrifuge (Sorvall RC-5B Refrigerated Centrifuge, Dupont Instruments)를 사용하여 원심 분리를 시켜 침전물을 얻은 후 증류수로 여러 번 세척, 다시 메탄올로 2회 세척하고 Rotary Evaporator (Model VV2000, Heidolph Co.)로 용매를 증발시킨 다음 Vacuum oven (Model 5831, Precision Scientific Inc.)에서 80°C로 2시간 동안 건조한 후, 60 mesh 체로 분말 화하여 acorn starch를 얻었다.

DSC에 의한 열적특성 측정

Indium과 Zinc (Purity 99.999 % Perkin Elmer Co.)를 사용하여 온도 보정 (T_m of In : 156.60°C, T_m of Zn : 419.47°C)과 에너지 보정 (In : 28.45 J/g, Zn : 108.37 J/g)을 거친 Differential Scanning Calorimeter (Perkin Elmer Co.DSC 7-1022 series)를 사용하여 열적특성을 측정하였다. 일정량의 시료를 휘발성 알루미늄 팬에 직접 넣고 밀봉하여 실험하였으며 1차 가열 온도범위는 25~95°C로, 2차 온도범위는 5~95°C로 하였다. 이때 가열속도는 20°C/min으로 조절하였다.

DSC에 의한 겔화 엔탈피 및 노화 엔탈피 측정

Acorn starch와 corn starch, 그리고 saccharide가 첨가된 상태의 starch를 일정량 취하여 휘발성 알루미늄 팬에 넣고 밀봉하였다. 이 시료 팬을 DSC로 1차 가열하여 각 시료의 열적특성(겔화 온도 및 엔탈피)을 구하였다. 노화를 측정하기 위해 1차 가열한 시료 팬을 4°C에서 1, 3, 5, 7, 14일 저장한 후, 다시 2차 가열하였고 이때 얻은 DSC 흡열 피크 면적으로부터 상대적인 노화를 결정하였다. 또한 당(fructose와 maltose)이 노화에 미치는 영향을 조사하기 위해 당의 비율

은 starch 무게의 1/5에 해당하는 양을 취하여 실험을 했고 이때 수분의 양은 전분무게의 2배로 하였다.

결과 및 고찰

Starch-water system에서의 전분의 겔화

Acorn starch와 corn starch의 겔화 현상을 알아보기 위해 DSC 측정을 하였으며 이때 1차 온도는 25~95℃ 범위로 선택하여 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 피크는 겔화 상전이 현상을 나타내는 것으로 겔화 개시 온도(T_0)와 종료 온도(T_c)의 차이는 15~20℃로 나타났다. 겔화 엔탈피는 수분 함량에 따라 큰 차이를 보이는데 본 실험에서는 전분과 수분의 비율을 1 : 2 로 하여 실험을 한 결과, acorn starch 및 corn starch의 겔화 엔탈피가 각각 8.88, 10.75 J/g 으로 corn starch의 엔탈피 값이 acorn starch 값보다 크게 나타났다.

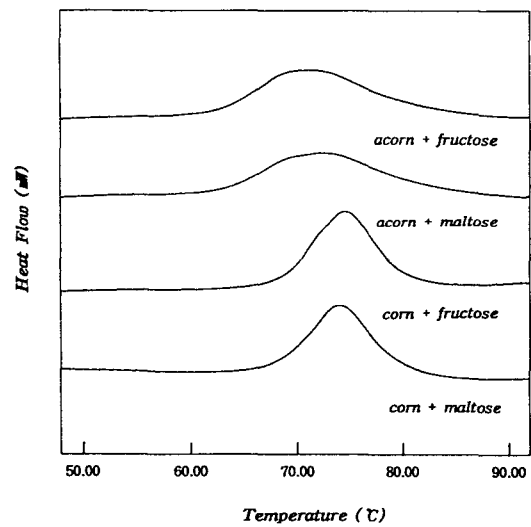
Table 1. Thermal characteristics of acorn and corn starch by DSC (first run) (starch : water = 1 : 2)

sample	Thermal characteristics			
	T_0 (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)
acorn starch	62.45	69.03	80.09	8.88
corn starch	65.76	70.56	79.99	10.75

Starch-saccharide-water system에서 당의 첨가가 전분의 겔화에 미치는 영향

전분과 물의 무게 비율 1 : 2로 하고 전분과 당(fructose, maltose)의 무게 비율 5 : 1로 시료를 만든 후, 휘발성 시료 팬에 담아서 1차 가열하여 얻은 DSC 열전선도는 Fig. 3에 나타내었다. 당을 첨가한 starch가 순수한 starch보다 겔화 개시 온도(T_0), 정점 온도(T_p), 종결 온도(T_c)가 더 높은 온도에서 나타났다. Starch-water system과 starch-saccharide-water system을 엔탈피 측면에서 비교하면 fructose를 첨가한 acorn starch는 9.02 J/g이고, maltose를 첨가한 acorn starch는 9.58 J/g 으로 원래 acorn starch의 8.88 J/g 보다 증가함을 알 수 있었고 또한 fructose, maltose를 첨가한 corn starch는 10.87, 11.47 J/g 으로 원래의 corn starch의 엔탈피 값인 10.75 J/g 보다 증가하였다. 이들 값은 Table 2에 나타내었다. 이와 같이 겔화 과정에서 당을 첨가한 acorn starch 및 corn starch의 개시 온도, 정점온도, 종결온도 및 엔탈피가 증가한 이유는 다음과 같다. 전분 입자 내에 수분이 흡수되는 것은 비결정성 영역에 의한 것이고 비결정성 영역으로 흡수된 수분은 가열 시에 결정 부분을 불 안정화시켜 겔화가 일어나는 것을 촉진시키므로 전분의 겔화는 수화에 의하여 촉진되는 나선-코일전환이라고 생각한다. Starch-sac-charide-water system에서 겔화의 개시 온도와 정점 온도 그리고 엔탈피가 starch-

water system보다 뚜렷이 높는데 그 이유는 당이 물과 상호 작용하여 비결정성 영역에 흡수된 자유수가 감소하게 되고 따라서 결정 부분이 안정화되어 겔화가 일어나는 것을 지연시키므로 겔화의 개시 온도와 정점 온도가 높아지게 되고 엔탈피 값이 증가하게 된다. 이는 겔을 형성하는데 중요한 junction zone과 관련이 있으며 열가역적 겔의 junction zone은 정전기적 상호작용, 수소결합, hydrophobic interaction과 같은 약한 분자간 힘에 의해서 안정화되고 염뿐만 아니라 당류 역시 겔 구조를 안정화시키는 것이라고 생각한다. 분자의 나선-코일 전이에 대한 당의 효과는 고분자와 당류에 있는 수산기 사이의 직접적인 수소 결합과 물과 당류 분자간의 결합에 의한 자유수의 감소에 의한 것이라고 생각한다. 당은 수소 결합 형성에 의한 탄성적인 활성 알짜의 수를 증가시키거나 또는 물분자의 운동성을 감소시켜 실제적으로 겔의 농도를 증가시키는 결과를 가져온다. 즉 T_0 , T_p 및 ΔH 의 증가는 열적으로 안정한 junction zone의 형성에 의한 것이고 당이 첨가됨에 따라서 탄성적으로 활성 알짜 사슬의 수를 증가시켜 junction zone의 수를 증가시키는 것으로 해석할 수 있다.



(starch : saccharide = 5 : 1)

Fig. 3. DSC thermogram of acorn and corn starch with saccharides(first run).

Table 2. Thermal characteristics of acorn and corn starch with saccharides by DSC (first run)

(starch : water = 1 : 2, starch : saccharide = 5 : 1)

sample	Thermal characteristics			
	T_0 (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)
acorn+fructose	64.48	72.96	85.34	9.02
acorn+maltose	63.84	69.89	83.00	9.58
corn + fructose	69.94	74.96	83.37	10.87
corn + maltose	68.63	73.09	82.06	11.47

Starch-water system에서의 전분의 노화

DSC를 이용하여 전분을 25~95℃까지 1차 가열하고 이것을 냉장고에서 4℃로 1, 3, 5, 7, 14 일을 저장한 후, 5~25℃로 2차 가열하여 얻은 DSC 열전선도를 Fig. 4, Fig. 5에 나타내었다. Acorn starch와 corn starch에서 노화를 나타내는 피크의 면적은 4℃에서 저장 시간이 길어질수록 유의성 있게 증가하는 것을 알 수 있었고 이로써 엔탈피 값이 선형 증가함을 나타내었으며 이들 값을 Table 3에 표기하였다. 이처럼 acorn starch와 corn starch에서 저장 시간이 길어짐에 따라 재 가열 엔탈피가 선형으로 증가되는 이유는 amylopectin의 재결정화가 서서히 진행되기 때문이다.

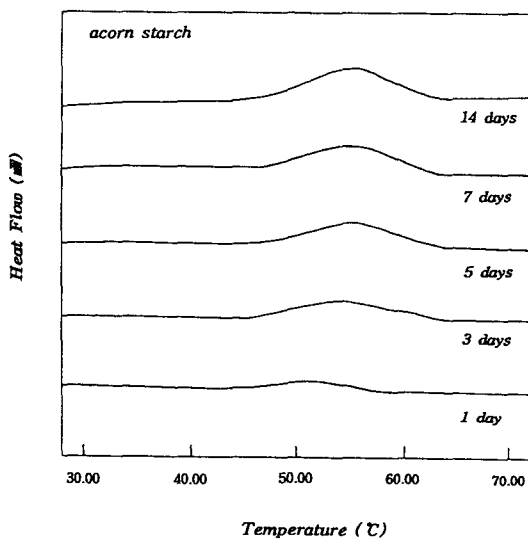


Fig. 4. DSC thermogram of acorn starch as storage times at 4℃ (second run).

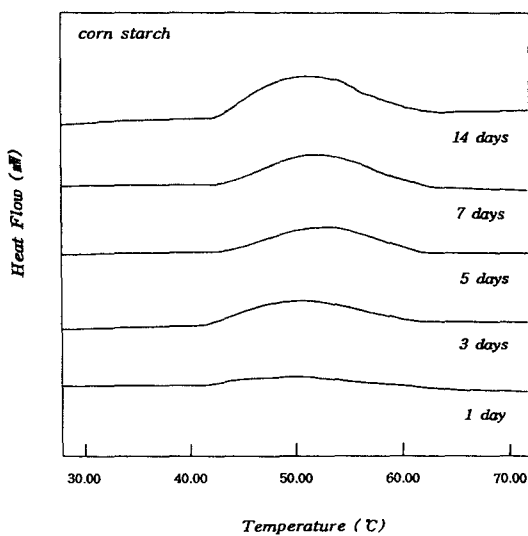


Fig. 5. DSC thermogram of corn starch as storage times at 4℃ (second run).

Table 3. The reheating enthalpy, T_0 , T_p and T_c changes of acorn and corn starch as storage times at 4℃ (second run)

Sample	Storage time(days)	Thermal characteristics			
		T_0 (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)
Acorn starch	1	43.46	54.30	63.00	1.71
	3	44.90	55.63	63.94	3.65
	5	43.50	55.96	64.13	5.02
	7	41.05	55.99	64.50	5.60
	14	40.42	56.02	64.38	6.29
Corn starch	1	41.26	52.10	62.33	1.74
	3	41.21	50.96	65.23	4.46
	5	41.49	53.76	66.15	5.32
	7	40.75	52.23	66.15	6.84
	14	40.44	51.89	68.04	7.82

노화 과정에서 T_p 값은 acorn starch와 corn starch에서 50~56℃ 이었고, 1차의 69~71℃에 비해 온도가 낮아지는 경향을 보였다. DSC 분석 결과, 1일에는 DSC 열전선도가 뚜렷하게 얻어지지 않았는데 이는 sol-gel 전이에 따른 amylopectin의 재결정화가 일어나지 않았음을 의미한다. 3일 이후로는 DSC 열전선도의 흡열 피크가 뚜렷이 나타나게 되는데 이는 무질서에서 질서로의 전환이 일어남을 의미한다. 즉 노화는 amylose의 열 비가역적 겔을 형성하고 amylopectin은 열가역적 겔을 형성하는 것이라고 말할 수 있다. 이와 같이 amylopectin의 재결정화가 느리게 일어나는 이유는 amylopectin의 α -1,6 가지 때문에 생기는 작용기들의 입체 장애로 인한 분자 간 회합이 어렵기 때문이라고 생각한다.

Starch-saccharide-water system에서 당의 첨가가 전분의 노화에 미치는 영향

Starch-saccharide-water system을 25~95℃까지 1차 가열하고 4℃에서 1, 3, 5, 7, 14 일을 저장 시간으로 한 후에 5~95℃까지 2차 가열하였다. Acorn starch에 fructose를 첨가한 재 가열 엔탈피를 보면 1, 3, 5, 7, 14 일로 됨에 따라서 2.83, 4.43, 4.89, 5.54, 5.68 J/g 으로 되었고 corn starch에서는 2.73, 4.25, 4.89, 5.75, 5.81 J/g 이었다. Acorn starch에 maltose를 첨가한 재 가열 엔탈피에서는 역시 같은 저장 시간으로 2.66, 3.61, 4.36, 4.39, 4.48 J/g 이었으며, corn starch에서는 1.88, 3.75, 4.42, 5.45, 5.52 J/g 임을 알 수 있었고 이들 값을 Table 4와 Table 5에 나타내었다. 즉 starch-saccharide-water system에서는 일정 기간이 지날수록 재 가열 엔탈피가 선형 증가하다가 7일 이후에는 일정해지는 것을 볼 수 있는데 이는 당이 amylopectin의 재결정화를 막아주기 때문으로 생각한다. 이 현상을 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다. 전체적으로 T_p 값을 보면 starch-water system과 마찬가지로 52~54℃ 근처였으며 1차의 69~75℃에 비해 낮아졌음을 알 수 있고 이는 starch의 주성분인 amylose와 amylopectin이 당과 상호 작

용하기 때문이며 당의 첨가가 starch의 재결정화를 지연시킴으로써 starch-water system보다 재 가열 엔탈피가 감소하게 되고 결정화 영역이 적어짐으로써 개시 온도, 정점 온도, 종결 온도가 감소하게 된다. 즉 당이 antistaling reagent로써 작용하여 보다 질서 정연한 분자 구조로 가려는 경향을 방해하기 때문에 결정 영역의 생성 속도가 지연되어 재 가열 엔탈피 값이 작아지게 된다. 그리고 첨가한 당인 fructose와 maltose 비교 시, 재 가열 엔탈피 값으로부터 maltose가 노화 지연 효과가 다소 큰 것으로 나타났다. 이는 starch gel system의 안정성과 당의 구조, 당이 물에 녹았을 때의 화학적 성질, 운반 성질, 평형에서 중요한 역할을 하는 equatorial OH(e-OH) 수의 영향 그리고 활동적인 수화의 효과로 볼 수 있다. 즉, 당이 물에 녹았을 때 equatorial OH수가 많은 saccharide molecule 일수록 s-s-w system의 안정화 효과가 더 커지는데 이는 물의 tridymite 구조가 cyclohexane ring 형태와 매우 유사한 것과 관계가 있다. β-D-glucose는 의자 형 구조를 선호하는데 이는 모든 OH group들이 물에서 분해될 때 glucose는 inlaid에서 tridymite 구조로 되고 따라서 물 구조가 안정화되는 것으로 생각한다. Fructose의 경우에는 구조상에서도 maltose보다 equatorial OH 수가 작고 활동적인 수화가 작기 때문에 노화 지연 효과가 작다고 말할 수 있다. 따라서 maltose가 equatorial OH 수와 활동적인 수화가 많으므로 전분 겔이 더 안정화된다. 그와는 반대로 axial OH (a-OH) group이 많을 경우에는 물 구조가 불안하게 되어 전분 겔이 안정화될 수 없다. 노화도는 ΔH₁(가열 엔탈피) 값으로 ΔH₂(재 가열 엔탈피) 값을 나눈 것으로 Table 6과 Fig. 8에 나타내었다. Acorn starch와 corn starch의 노화 도는 각각 0.7083, 0.7274로 비슷한 노화 경향을 나타냈고, 당을 첨가한 acorn starch와 corn starch는 이보다는 10~20%가 작은 노화 경향을 나타냈다. 이로부터 당이 노화 과정을 지연시키는 효과가 있음을 알았다.

Table 4. The reheating enthalpy, T₀, T_p and T_c changes of acorn starch with saccharides as storage times (second run)

Sample	Storage time(days)	Thermal characteristics			
		T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH(J/g)
Acorn+fructose	1	41.51	52.00	63.01	2.83
	3	41.55	52.90	64.10	4.43
	5	42.94	53.22	64.94	4.89
	7	43.39	53.63	65.04	5.54
	14	43.64	53.36	67.11	5.68
Acorn+maltose	1	42.26	52.16	65.45	2.66
	3	43.06	52.47	65.72	3.61
	5	43.09	52.63	66.29	4.36
	7	43.86	52.70	67.24	4.39
	14	43.94	53.11	67.97	4.48

Table 5. The reheating enthalpy T₀, T_p and T_c changes of corn starch with saccharides as storage times (second run)

Sample	Storage time(days)	Thermal characteristics			
		T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH(J/g)
Corn+fructose	1	42.32	52.90	63.05	2.73
	3	41.49	52.97	64.88	4.25
	5	41.36	53.22	64.94	4.89
	7	40.07	53.25	67.41	5.75
	14	40.05	53.60	67.51	5.81
Corn+maltose	1	42.00	53.23	67.00	1.88
	3	41.88	53.83	67.88	3.75
	5	41.27	53.90	68.69	4.42
	7	41.66	53.95	69.01	5.45
	14	41.97	53.96	69.41	5.52

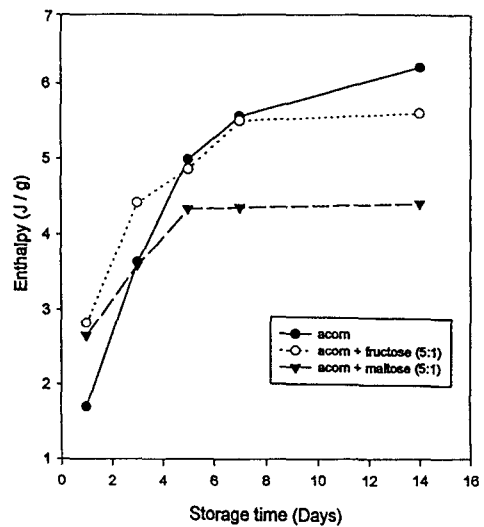


Fig. 6. The reheating enthalpy changes of acorn starch with or without saccharides as storage times at 4°C (second run).

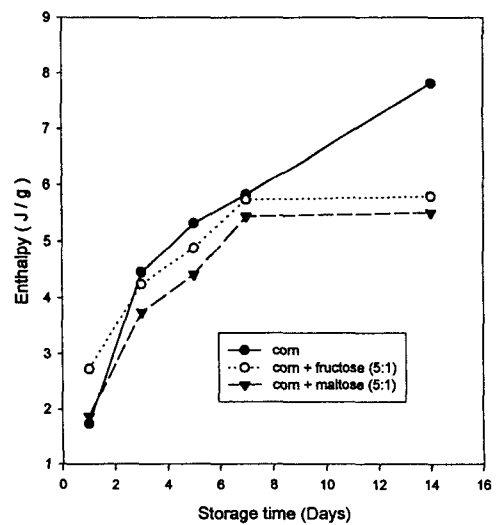


Fig. 7. The reheating enthalpy change of corn starch with or without saccharides as storage times at 4°C (second run).

Table 6. The retrogradation ratio of acorn and corn starch with or without saccharides

Sample	Retrogradation ratio ($\Delta H_2 / \Delta H_1$)	Sample	Retrogradation ratio ($\Delta H_2 / \Delta H_1$)
Acorn starch	0.7083	corn starch	0.7274
Acorn+fructose	0.6396	corn+fructose	0.5405
Acorn+maltose	0.5045	corn+maltose	0.5135

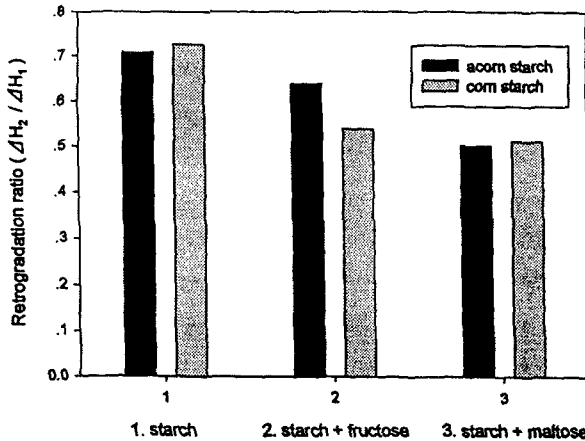


Fig. 8. The retrogradation ratio of acorn and corn starch with or without saccharides.

요 약

DSC를 이용하여 acorn starch와 corn starch 및 starch-saccharide-water system 의 겔화와 노화에 관한 열적 메카니즘을 알아보았다. 전분에 fructose와 maltose를 첨가한 starch-saccharide-water 계의 엔탈피를 측정된 결과, 당을 첨가하지 않은 경우의 엔탈피 값보다 컸으며 겔화 온도 역시 증가하였는데 이는 당이 물과 상호 작용하여 비결정성 영역에 흡수된 자유수가 감소하고 결정부분이 안정화되어 겔화가 일어나는 것을 지연시키기 때문이라고 생각되었다. 노화 엔탈피는 acorn starch 와 corn starch에 대해 1일 ~ 14일까지 저장시간에 따르는 변화를 관찰한 결과, 저장시간이 길어짐에 따라 엔탈피 값이 유의성 있게 증가하는 경향을 나타내었으며 이는 amylopectin 의 재결정화가 서서히 일어나기 때문으로 보였다. 또한 s-s-w system의 노화과정을 관찰한 결과, 저장시간이 길어짐에 따라 엔탈피 값이 증가하다가 7일이 지나면서부터는 일정해졌다. 이는 당이 amylopectin의 재결정화를 정지시켜서 노화를 지연시키기 때문으로 판단되었다.

당의 첨가가 노화에 미치는 영향은 fructose와 maltose 중에서 maltose의 노화지연 효과가 더 컸는데 이는 전분 겔 계를 안정시키는 junction zone의 수와 equatorial OH 수 및 활동적인 수화상태가 증가되는 요인을 maltose가 fructose보다 더 많이 갖고 있기 때문인 것으로 설명할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2002년도 서울대학 학술연구비 지원과제의 연구결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Rutschmann, M.A. and Solms, J. (1990) Helical complex of amylose with saccharides, *J. Food Sci., Technol.*, 23, 70-74
2. Biliaderis, C.G. (1983) Starch gelation phenomena studies by DSC, *Food Chem.*, 10, 239-245
3. Hood, L.F. and Liboff, M. (1983) The gelation mechanism of starch, *Bechtal, D.B.(ed), AACC*, 341-354
4. Morris, V.J. (1990) Rheological and organoleptic properties of food hydrocolloids, *Trends in Food Sci. Technol.*, July, 2
5. Miles, M.J., Morris, V.J. (1985) The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch, *Carbohydr., Res.*,135, 271-282
6. 김향숙 (1987) Amylose와 Amylopectin이 녹의 Texture에 미치는 영향, 서울대학교 박사학위 논문
7. Hansen, L.M., Hosney, R.C. and Faubion, J.M. (1991) The rule of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb, *Cereal Chem.*, 68, 347-355
8. Jane, J.L. and Chen, J.F. (1992) Rheological properties of amylopectin, *Cereal Chem.*, 69, 60-71
9. Wallkenstrom, P. and Hermansson, A.M. (1998) Effect of shear on pure and of mixed gels gelatin, *Food hydrocolloids*, 12, 77-87
10. Nishinari, K. (1997) Rheological and DSC study sol-gel transition in aqueous dispersions of industrially important polymers and colloids, *Colloids Polym. Sci.* 275, 1093-1107

(접수 2003년 9월 14일, 채택 2003년 11월 21일)