KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 30, No. 4, pp. 803~810 (1998)

도토리 전분 겔의 텍스쳐와 노화에 미치는 당류의 영향

이향애 · 김남희
성신여자대학교 화학과

Effect of Saccharides on Texture and Retrogradation of Acorn Starch gels

Hyang-Aee Lee and Nam-Hee Kim
Department of Chemistry, Sungshin Women's University

Abstract

The mechanical and thermal properties of solutions of acorn starch were investigated, to determine the effect of sucrose on the retrogradation. The contents of moisture and amylose of purified acorn starch was 9.35, 27% respectively. From the moecular weight distribution, Mw and Mn of acorn starch were 1,220,432 and 137,201 relatively and the polydispersity of acorn starch was 8.8952. The creep compliance of acorn starch with and without sucrose were decreased with increasing sucrose concentration in the short term. The temperatures of DSC curve of 15% acorn starch solution containg sucrose shifted slightly to higher temperatures with increasing sucrose content. The enthalpy change associated with the gelatinization was increased with increasing sucrose content. After 7 days storage, the creep compliance of acorn starch gel with sucrose were shown higher than acorn starch gel. Regelatinization enthalpy of acorn starch/sucrose/water system was decreased with increasing sucrose content and increased with storage time. In addition, the characteristic temperatures such as onset temperature, peak temperature and conclusion temperature was increased by sucrose addition. Retrogradation ratio decreased with increasing sucrose content, thus sucrose inhibit retrogradation in the long term. Sucrose acts as an antistaling reagents and retatards the retrogradation.

Key words: acorn starch, retrogradation, creep compliance, antistaling reagent

서 론

전분은 결합제, 점착제, 농축제와 보호콜로이드 등으로 사용되는 천연 고분자 물질로 가수분해에 의해 단당류, 이당류, 소당류 등을 생성하며 역학적 또는 열처리 효소에 의해 변성전분, 호화된 전분과 덱스트린 등의 전분 유도체를 만든다[1].

전분의 주성분은 α-1,4 glucose가 선형 결합된 아밀로오스와 α-1,4 glucose 결합 외에 α-1,6 glucose 결합을 가지로 갖는 아밀로펙틴이며 전분은 이중 나선형 구조로 무정형 영역과 결정성 영역을 이루어져 있음이 알려져 있다[2]. 전분입자의 질서 정연한 배열에서 무질서한 배열로의 전이가 호화이며 호화된 전분은 준안정상태에 있어서 시간과 온도에 따라 그들의 구조와 성질이 변화하며 회합이 촉진되고 고분자 사슬의 재결정화가 일어나며 굳기가 증가하는데 이를 노화라 한다[3,4]. Miles 등[5]은 전분의 노화가 두단계로 일어나며 호화 동안에 용해된 아밀로오스의 겔화가 일어난 후 호화된 입자들 내에서 아밀로펙틴의 재결정화가 일어난다고 보고하였다. 노화 특성은 전분을 함유한 식품의 수용도에 영향을 미치며 식품제조 공정과 저장개선 방안에 도움을 주고 원하는 텍스쳐를 얻기 위한 적절한 제조 공정 도입과 기기의 개발 등에 유용한 정보를 준다. 김과 이는[6] 세가지 종의 도토리를 시료로 이화학적 성질, 호화도, 점도 및 X선 회절 등을 조사하였는데 호화온도는 61~68°C임을 얻었고 정제시 에테르 처리보다는 메칠 알코올이 더 순수한 정제전분을 얻을 수 있으며 도토리 전분은 감자 전분과 옥수수 전분의 중간구조를 가질 것으로 보고하였다. 구는[7] 감자전분, 밀 전분과 도토리 전분을 각각 9~13% 농도로 제조하여 25°C에서 견고성과 절단성이

Corresponding author: Lee Hyang Aee, Department of Chemistry, Sungshin Women's University, 249-1 Dongsun-dong 3ga, Sungbuk-gu, Seoul 136-742, Korea

상당히 크고 응집성은 상대적으로 작음을 보고하였고 도토리 전분의 호화개시온도는 73°C이고 도토리 전분의 적합한 겔제조 온도는 95°C, 농도는 12~13%가 적당하다고 제안하였다. 또한 구 등은[8] 도토리 전분의 평균 입자 크기가 0.750 μm이고 rupture-strain 곡선은 s자형으로 rupture stress에는 tannin의 영향이 큼을 고찰하고 tannin 성분이 전분의 팽윤 및 호화, 겔의 점도에 약간 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 김과 이는[9,10] 농도, 저장온도 및 저장시간에 따른 도토리 겔의 물리적 특성 차이를 견고성과, 점탄성, 탄성을 측정하여 비교하였고 견고성과 절단성은 농도, 저장온도, 저장시간의 세 인자들의 변화에 대해 매우 유의적인 차이를 보이고 탄성은 농도의 변화에 대해서만 유의적인 차이를 보인다고 하였다. 또한 도토리묵에 대한 관통검사를 실시하여 compression force와 shear force 중 compression force가 더 크게 기여함을 보고하였다. 전분의 노화는 전분의 종류, 수분 함량, 아밀로오스 함량, pH, 저장온도, 지질, 계면활성제, 유화제와 당류 등에 영향을 받는다[11,12]. Savage와 Osman은 옥수수 전분에 glucose, galactose, fructose, maltose, sucrose, lactose, sorbitol, mannitol 각각을 첨가하여 5, 20, 50% 용액을 시료로 점도와 팽화력을 측정하여 당류의 농도가 증가하면 점도가 증가하며 이당류는 단당류보다 팽윤억제에 현저한 효과가 있음을 보고하였다[13]. Watase 등[14]은 κ-carrageenan에 농도별로 glucose, sucrose, urea, guanidine, hydrochloride 각각을 여러 농도로 혼합하여 혼합 용액의 탄성률과 열적 성질을 측정하여 당류의 농도가 증가하면 용융온도와 탄성율은 증가하고 urea는 겔화 효과를 약화시킴을 보고하였다. Spies와 Hoseney는[15] 밀 전분에 sucrose를 첨가하여 당류의 온도가 증가하면 호화온도가 증가하여 호화를 지연시킴을 보고하였으며 Bean 등[16]은 밀 전분에 glucose, fructose, sucrose를 첨가한 혼합용액의 아밀로그라프로부터 호화온도를 측정하여 sucrose가 첨가된 시료의 호화온도가 가장 높고 복굴절성의 소실은 sucrose, glucose, fructose 순임을 보고하였다. Katsuda[17]는 쌀 전분에 단당류와 이당류 및 소당류를 각각 첨가하여 creep compliance를 구하고 저장시간과 creep compliance를 1차 반응속도 식으로 처리하여 노화 속도 상수를 구하였다. 본 연구에서는 도토리 전분을 정제한 후 이 전분을 분획하여 아밀로오스와 아밀로펙틴을 얻고 이들의 분자량 분포도를 조사하여 평균 분자량을 결정하였다. 정제 전분 일정량에 sucrose를 농도별로 첨가하고 4°C에서 일정 시간 저장한 후에 기계적 성질과 열적 성질을 측정하여 sucrose가 도토리 전분의 노화에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 재료는 속리산에서 재배된 도토리를 구입하여, 알칼리 침지법[18,19]으로 정제하여 얻었다. 도토리 가루에 부피 비로 3배의 용적에 해당하는 0.2% (w/w) sodium hydroxide 수용액을 가하고 300 rpm으로 20분간 혼합한 후 4°C에서 하룻밤 방치하여 침전시켰다. 상등 액을 경사법으로 제거한 다음 biuret 반응이 나타나지 않을 때까지 0.2% (w/w) sodium hydroxide 용액으로 반복처리하고 상등 액이 중성을 띨때까지 증류수로 반복 세척한 후 진공오븐(25°C)에서 건조시키고 60 mesh체로 분리하여 시료로 사용하였다.

수분 함량 결정

도토리 전분의 수분 함량은 oven-drying 방법[20]에 따라 결정하였다.

아밀로오스 함량 결정

정제한 도토리 전분 중의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량을 조사하기 위하여 정제 전분을 Schoch의 butanol 개량법[21]에 따라 분획하였다. 정제한 도토리 전분중의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량은 분광광도계(UV-Vis Spectrophotometer, PU 8620 Philips)를 사용하여 요오드 비색법[22]에 의해 정량하였다.

겔의 제조

시료 겔의 제조는 Yoshimura 등[23]의 방법에 의해 시행하였다. 정제 전분 일정량(15 wt%)에 sucrose를 농도별(5 wt%, 10 wt%, 15 wt%)로 첨가하고 보존제로 0.02 wt% sodium azide를 가한 후 이 전분 용액을 분산시키기 위해서 실온에서 300 rpm으로 1시간 동안 교반하였다. Silicone oil bath에서 중탕하면서 용액의 온도를 95°C까지 올린 후 95~98°C의 온도로 유지하면서 30분간 400 rpm으로 저어주어 완전히 호화시킨 다음 직경 20 mm, 높이 20~30 mm의 동공을 가진 tefron molds에 붓고 시계접시로 표면을 압축하여 겔 표면을 매끄럽게 한 후 실온에서 1시간 동안 방치하였다. 이들 겔을 5°C로 냉장 보관하면서 저장시간에 따른 기계적 성질을 측정하는 시료로 사용하였다. 저장시간 동안에 수분 증발을 막기 위해서 표면을 silicone oil로 처리하였다.

분자량 측정

정제 전분과 이로부터 분획된 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분자량분포도로부터 수평균 분자량(Mn), 중량평균 분자량(Mw), 다분산도(P) 등을 겔투과크로마토그래프(GPC, Waters, U.S.A.)를 사용하여 구하였고 측정조건은 다음과 같았다. 표준시료로 1% pullulan 표준시료(5.8×10^3~8.53×10^5)를 사용하여 분자량을 보정하였고 이동상으로 dimethylsulfoxide (DMSO)와 dimethylformamide (DMF)를 3:1의 부피비로 혼합하여 사용하였다. 칼럼은 styragel 6E (5×10^3-1×10^7)를 사용하였고 시료의 양은 200 μL로 하고 흐름속도는 0.8 mL/min이었다. 이때 chamber 온도는 35°C, detector의 온도는 40°C였다.

Creep compliance 측정

기계적 성질 측정은 Creep meter (Yamaden 3305, Tokyo, Japan)를 이용하여 creep 곡선을 얻었고, 이로부터 creep compliance[24]를 구하였다. 위에서 제조한 겔을 시료로 측정시 load cell의 하중은 2 kg, cross head speed는 30 mm/min, chart speed는 240 mm/min으로 시행하였다. 각 실험은 15회 이상 반복하여 평균값과 표준편차를 구하였고, 이때 각 값들은 Q-test (유의수준=0.1)에 의해 결정하였다.

열적 거동 측정

Sucrose를 첨가한 전분의 열적 성질은 시차주사열량계(DSC, Rigaku, Tokyo, Japan)를 사용하여 조사하였다. 평량한 silver pan에 도토리 전분의 수분 함량을 고려하여 15 wt%가 되도록 sucrose 용액을 농도별(0, 5, 10, 15% w/w)로 첨가하고 혼합한 후 compressor로 완전히 밀봉하고 재평량하였다. Reference cell은 sample cell과 동량의 무게를 갖도록 증류수로 채우고 같은 방법으로 밀봉한 후 평량하였다. 시료와 기준 물질을 25~130°C, 1°C/min의 속도로 가열하여 heating (first-run)DSC 흡열곡선을 얻은 후 액체 질소로 급속히 5°C로 냉각시키고 시료 pan과 기준 pan을 5°C로 일정시간 저장 한 후에 25~130°C, 1°C/min의 속도 가열하여, 재가열 DSC 흡열 곡선을 얻었다. 이로부터 호화엔탈피(gelatinization enthalpy, ΔH_1)와 재호화엔탈피(regelatinization enthalpy, ΔH_2)와 각 특징적인 온도-개시온도(T_o), 정점온도(T_p), 종결온도(T_c)-를 구하였다. 엔탈피와 온도는 dibenzyl 표준 시약으로 보정하였다[25].

결과 및 고찰

수분 및 아밀로오스 함량

도토리 전분의 수분 함량은 9.35%였고, 요오드 비색법에 의한 도토리 전분의 아밀로오스함량은 27.0%로 정 등[26]의 보고와 일치하였다.

분자량 분포도 특성

도토리 정제 전분의 분자량 분포도로부터 수 평균 분자량(Mn), 중량 평균 분자량(Mw), 다분산도(P) 등을 얻었으며 일반적으로 수평균 분자량은 물질의 절단성과 흐름성질에 영향을 미치며, 중량 평균 분자량은 인장강도와 경도에 영향을 미침이 알려져 있다. 중량 평균 분자량을 glucose 분자량으로 나누어서 중량 평균 중합도와 수 평균 중합도를 구하였고 이를 Table 1에 나타내었으며 아밀로오스, 아밀로펙틴, 전분의 분자량 분포도를 Figs. 1, 2, 3에 도시하였다. 전분은 아밀로오스, 아밀로펙틴의 다분산도에 비해 큰 값을 나타내어서 전분은 아밀로오스, 아밀로펙틴보다 더 심한 불균일계임을 알았다.

Creep 거동

Creep 곡선으로부터 저장시간에 따른 creep compliance를 계산하여 Fig. 4에 나타내었다. 저장 시간 초기에는 sucrose가 첨가된 겔의 creep compliance는 acorn starch/water 겔보다 낮았으나 7일 이후에는 증가하였다. Compliance는 물질의 softness의 척도로, Katsuda 등[27,28]은 쌀 전분 겔의 노화에 대한 여러 당류의

Table 1. Molecular weight distribution of amylose, amylopectin, starch of acorn measured by GPC

Sample	$\overline{M}_w$[1]	$\overline{M}_n$[2]	polydispersity	$\overline{DP}_w$[3]	$\overline{DP}_n$[4]
Amylose	4.30×10^5	7.60×10^4	5.65	2.39×10^3	4.23×10^2
Amylopectin	8.57×10^5	1.79×10^5	4.80	4.76×10^3	9.94×10^2
Starch	1.22×10^6	1.37×10^5	8.90	6.78×10^3	7.63×10^2

[1]Weight-average molecular weight.
[2]Number-average molecular weight.
[3]Weight average degree of polymerization.
[4]Number average degree of polymerization.

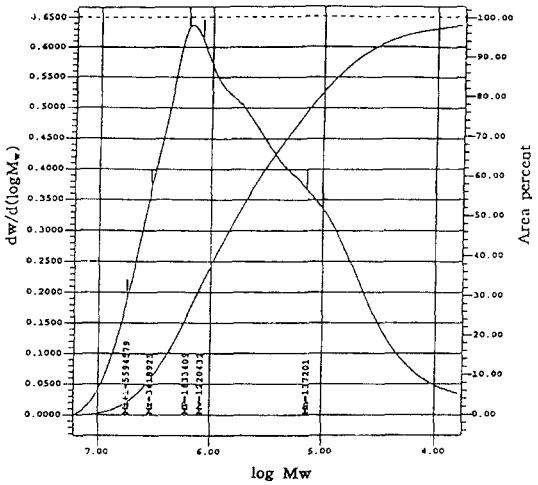

Fig. 1. The molecular weight distribution of acorn starch measured by GPC (gel permeation chromatography).

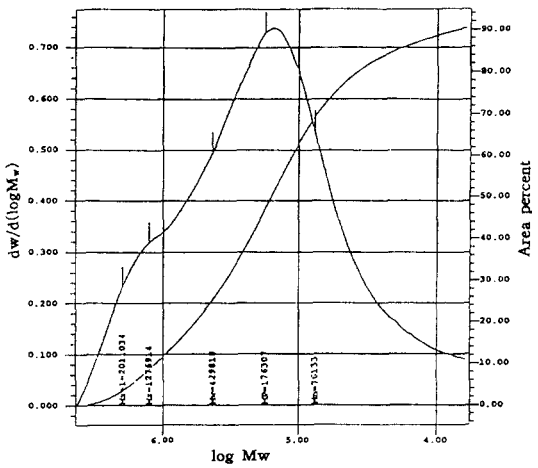

Fig. 2. The molecular weight distribution of acorn amylose measured by GPC (gel permeation chromatography).

효과를 creep 거동을 측정하여 조사하였는데 sucrose가 다른 다당류보다 효과가 크며 이는 각 당류의 동적 수화수(nDHN)[29]와 수평 수산기의 수 {n(e-OH)}[30]와 관련이 있음을 보고하였다. Sucrose의 동적 수화수는 24.69[29]이고 수평 수산기의 수는 6.3[30]으로 sucrose 농도가 증가할수록 sucrose의 수평 수산기와 자유수와의 상호 작용으로 자유수가 안정화되고 따라서 자유수의 열 운동이 감소해서 전분 사슬의 유연성이 감소한다고 하였다[27,28]. Gudmundsson[4]과 Kalichevsky 등[31]은 전분의 재결정화에 미치는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 영향을 연구하였는데 아밀로오스의 재결정화는 2~3일 이내에 완성되는 반면 아밀로펙틴의 재결정화는 느리게

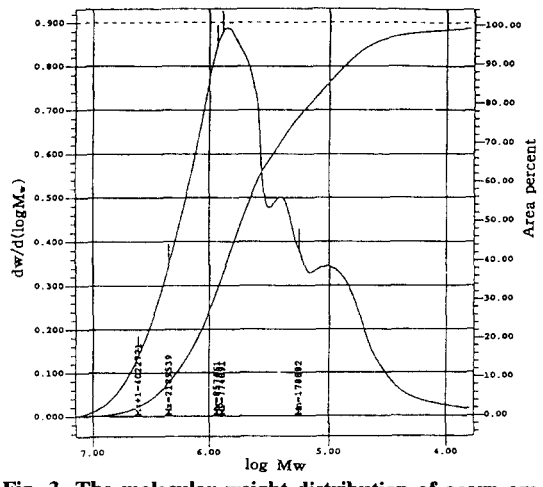

Fig. 3. The molecular weight distribution of acorn amylopectin measured by GPC (gel permeation chromatography).

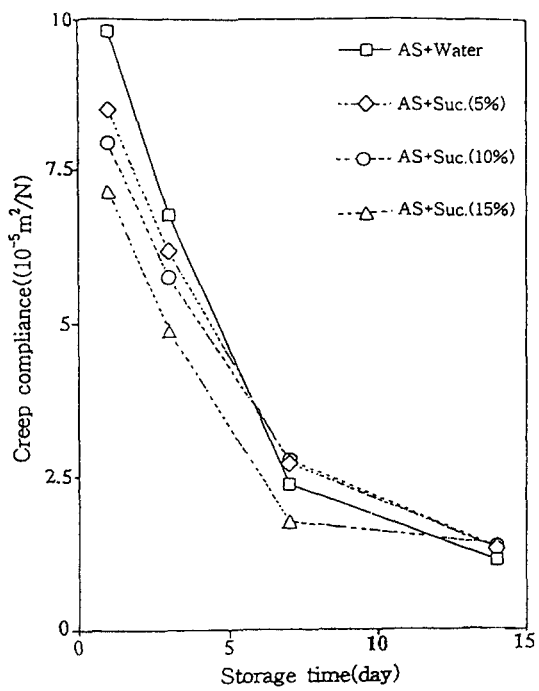

Fig. 4. Creep compliance of 15 wt% acorn starch (AS) gel with and without suc. (sucorse) as a function of storage time. The measurement and storage temperature were 5°C and the crosshead speed was 30 mm/min.

일어나서 긴 저장시간에서의 전분의 재결정화는 아밀로펙틴의 영향이 우세함을 보고하였다. 저장시간 초기에 sucrose 농도가 증가할수록 creep compliance의 감소는 전분 분자내의 아밀로오스, 아밀로펙틴의 수산기

와 sucrose의 수산기와의 상호작용에 의해 수소결합이 형성되고 이들의 가교결합에 의해 junction zone의 수가 증가되기 때문이며 7일 이후에는 sucrose가 전분분자의 재배열을 방해하여 결합수의 손실을 지연시키거나 또는 아밀로펙틴분자의 재결정화를 지연시켜서 sucrose가 첨가된 겔의 softness가 증가된다고 볼 수 있다.

열적 거동

Sucrose 농도에 따른 DSC 흡열 곡선을 Fig. 5에 도시하였다. 도토리 전분의 DSC 흡열 곡선은 하나의 피이크만 관찰되었으며 수분 함량이 60% 이상일때는 가열함에 따라서 무정형 영역의 팽창과 수화에 의해 전분 결정의 용융을 촉진하여 열에 의한 상 전환이 일어난다고 하였다[32,33]. 흡열곡선으로부터 sucrose 농도가 증가하면 엔탈피는 증가하고 각 특징적인 온도들은 높은 온도로 전이하였음을 알 수 있다. 이는 sucrose와 전분이 수소결합을 형성하여 이 수소결합을 파괴시키는데 필요한 에너지는 sucrose 농도가 증가할수록 증가하므로 엔탈피가 커지게 되고 정점온도도 높은 쪽으로 이동하였다고 볼 수 있다. 전분과 같은 반결정질 고분자의 상전이를 알아보기 위해서 Flory-Huggins 식[34,35]을 이용해 중합체의 구조 단위당의 용해열(ΔHu)과 순결정성 중합체의 가상적 융점(T_m^o)을 얻었다. Flory 식에 따르면 고분자의 녹는점과 희석제 농도사이의 관계는

$$\frac{1}{Tm} - \frac{1}{Tm^{\cdot}} = \frac{R}{\Delta Hu}\frac{Vu}{V1}(v_1 - x_1 v_1^2) \qquad (1)$$

ΔHu: 중합체의 구조단위당의 융해열

$\frac{Vu}{V1}$: 사슬 내에서 반복 단위(glucose)의 부피분율의

$$비 = \frac{\text{중합체의 구조 단위당의 몰 부피}}{\text{희석제의 몰 부피}}$$

R : 기체 상수

T_m : 희석제-고분자 혼합물의 녹는점

T_m^o : 순결정성 중합체의 가상적 융점

v_1 : 희석제의 부피분율

x_1 : 희석제 몰 당의 상호 작용 계수

이상적 용액의 경우에 x_1=0이고, 따라서 v_1과 $1/T_m$ 사이는 선형 관계를 보여주고 v_1은 0에서 절편은 순결정성 고분자의 가상적 융점을 나타내며 이를 Fig. 6에 도시하였다. 가지는 결정화에 손실을 준다고 고려되며 가지가 많으면 많을수록 녹는 온도 범위가 넓어 T_m^o는 낮아지고, 희석제의 부피분율이 작으면 작을수록 분자간의 상호작용은 커지고 희석제의 부피 분율이 증가하면 T_m^o가 낮아진다. 직선 회귀 방정식으로 v_1=0으로 외삽에 의해 얻어진 도토리의 T_m^o는 79.68°C

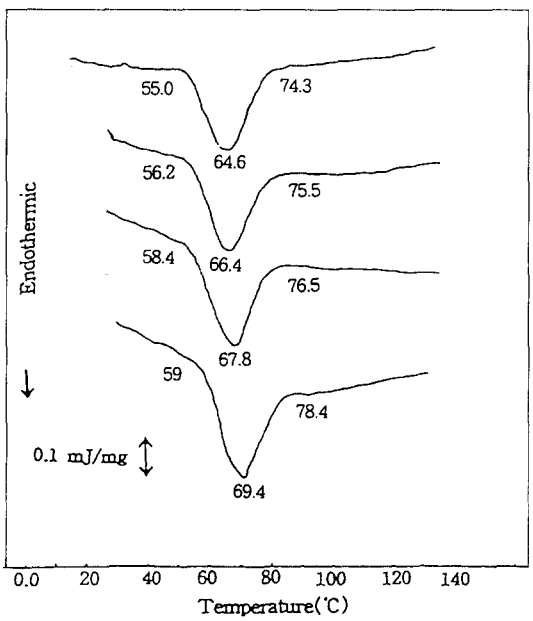

Fig. 5. Heating DSC curves of 15 wt% acorn starch dispersitions in the presence of different suc. (sucrose) concentration. The concentration of sucrose are 0, 5, 10, 15 wt% from top to bottom and the heating rate was 1°C/min.

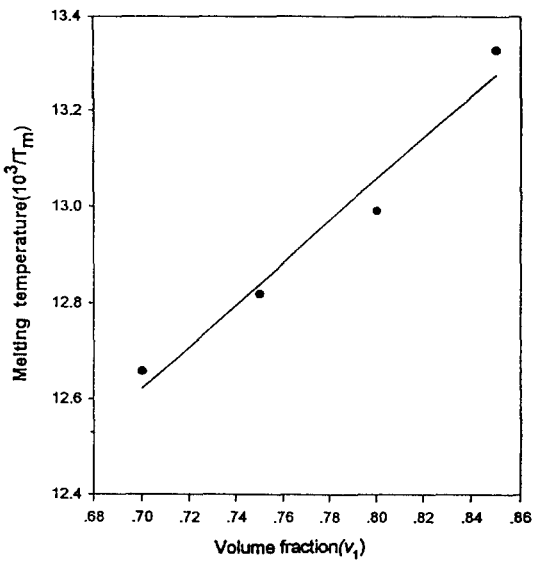

Fig. 6. Flory-Huggins plots of the reciprocal melting temperature as a function on the volume fraction of water acorn starch.

로 밀 전분, 210°C, 감자 전분 166°C, 옥수수는 187°C, 찰옥수수는 197°C에[34] 비해 매우 낮은 값을 나타내었으며 이는 도토리가 다른 전분에 비해 가지가 많이 되어있다고 볼 수 있으며 이는 선행된 GPC 실험에서 얻은 다분산도가 높은 불균일계라는 결과와 일치한다. ΔH_u 값은 다음식에 따라 추정하였다.

$$\left(\frac{1}{Tm}-\frac{1}{Tm^{\circ}}\right)/v_1=\left(\frac{R}{\Delta Hu}\right)\left(\frac{Vu}{V1}\right)\left(1-\frac{\beta 1\,V1}{RTm}v_1\right) \qquad (2)$$

x_1는 $\beta V_1/RT$

β: polymer-diluted interaction energy

도토리 전분의 ΔH_u는 10.45 kcal/mol이었고, 이는 귀리 9.36 kcal/mol, 밀 전분 9.84 kcal/mol보다 높고 감자 전분 13.92 kcal/mol, 찰옥수수 전분 14.64 kcal/mol, Lentil 18.9 kcal/mol, smooth pea의 경우 15.8 kcal/mol, pinto bean의 17.2 kcal/mol[35]보다는 낮았다. 도토리 전분은 다른 전분에 비해 낮은 용융온도와 낮은 용해열을 나타내어서 가지가 많고, 무정형 영역 또는 무질서한 구조가 더 많음을 알 수 있으며 이는 GPC 측정에서 다분산도가 큰 값을 나타낸 결과와 비교해 볼 수 있다.

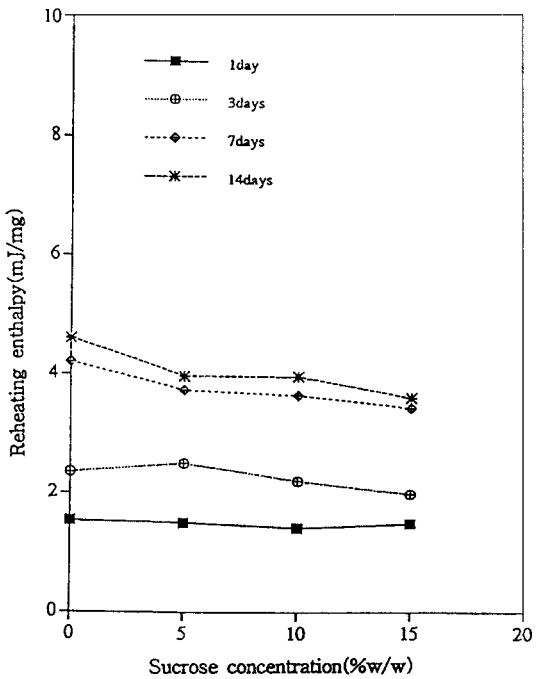

Fig. 7. Regelatinization enthalpy of 15 wt% acorn starch gels various storage times as a function of added sucrose. DSC pan was stored at 5°C after the first run.

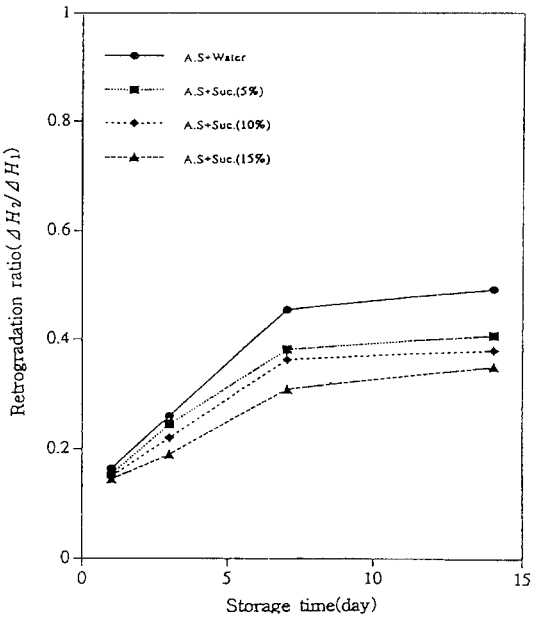

Fig. 8. Retrogradation ratio of 15 wt% acorn starch (AS) dispersitions with and without suc. (sucrose) as a function of storage time.

저장 시간에 따른 AS (Acorn starch)/sucrose/water계의 재호화 엔탈피는 AS/water계의 값보다 낮았다. Fig. 7은 sucrose 농도와 저장시간에 따른 재호화 엔탈피값을 나타내었다. 시간이 지날수록 모든 시료의 재호화 엔탈피는 증가하였고, sucrose 농도가 증가할수록 재호화 엔탈피는 감소하였다. 이는 고구마 전분에 대한 sucrose의 영향을 고찰한 Khoyama와 Nishinari[36]의 결과와 유사하며, 밀 전분에 sucrose를 첨가한 혼합 겔의 열적 특성[37]과 비슷하였다. 그러나 sucrose 농도가 5 wt%, 10 wt% 첨가된 시료의 재호화 엔탈피는 유의적으로 큰 차이는 없으며, 저장 시간이 14일 경과했을 때 AS/water계는 15 wt% sucrose 첨가계와 유의적인 차이를 나타내었다. 따라서 sucrose는 전분 분자내의 재결정화를 저해하는 효과를 나타내며, 첨가된 sucrose 농도가 전분의 농도와 동일할 때 그 효과가 큼을 알 수 있었다. 이는 creep 실험에서 저장온도 5°C에서 14일 동안 저장한 후의 creep compliance 값을 비교해 본 결과 15 wt% sucrose가 첨가된 시료의 creep compliance 값이 AS/water 겔의 값보다 더 높은 값을 나타내어서 15 wt% sucrose 첨가 겔의 softness가 크게 되고 이는 sucrose 첨가시 더 낮은 재호화 엔탈피를 나타내는 DSC의 결과와 일치하였다. 즉 sucrose는 antistaling reagent로서 작용[38]하여 질서정연한 분자 구조로 가려는 경향을 방해하므로서 결정 영역의 생성 속도가 지

연되어 sucrose가 첨가된 겔이 더 작은 호화 엔탈피를 나타낸다고 볼 수 있다. Sucrose 농도에 따른 노화비율을 시간의 함수로 Fig. 8에 도시하였다. Sucrose 농도가 증가하면 노화비율은 감소하였고 이로부터 sucrose가 전분의 노화 속도를 지연시킴을 확인하였다.

요 약

도토리 전분의 노화에 대한 sucrose 영향을 관찰하기 위해서 기계적 성질과 열적 성질을 조사하였다. 정제 전분의 수분과 아밀로오스 함량은 각각 9.35%, 27%였다. 정제 전분의 중량 평균 분자량과 수 평균 분자량은 각각 1.22×10^6과 1.37×10^5이였고 다분산도는 8.90으로 아밀로오스, 아밀로펙틴 보다 높아서 도토리 전분은 불균일계임을 알 수 있었다. Creep 실험으로부터 sucrose 첨가 겔의 creep compliance는 저장 초기에는 sucrose 농도가 증가할수록 감소하였는데 이는 전분, sucrose와 전분내의 자유수와의 상호 작용에 의한 수소결합 형성에 기인한다. DSC 흡열곡선으로부터 호화온도와 엔탈피는 sucrose 농도가 증가할수록 증가하였다. 저장 후기에는 creep compliance가 농도가 증가할수록 증가하여 sucrose는 겔의 softness를 증가시킨다고 볼 수 있으며 재호화 엔탈피는 sucrose 농도가 증가하면 감소하였다. 호화 엔탈피와 재호화 엔탈피로부터 노화비율을 구하였고, sucorse 농도가 증가하면 노화비율은 감소하였다. 기계적 성질과 열적 성질 측정으로부터 sucrose는 도토리 전분의 호화와 노화를 지연시키는 작용을 함을 알 수 있었다.

문 헌

1. Koch, H. and Roper, H.: New industrial products from starch. *Starch*, **40**, 121-131 (1988).
2. Roper, H.: Application of starch and its derivatives. *Carbohydrate in Europe*. 22-30 (1997)
3. Biliaderis, C.G.: Thermal analysis of food, In "thermal analysis of foods carbohydrates" (Harwalkar V.R. and C-Y. Ma Ess.), Elsevier Applied Science. 168-220 (1990)
4. Gudmundsson, M.: Retrogradation of starch and role of its components, *Thermochimica Acta*. **246**, 329-341 (1994)
5. Miles, M.J., Morris, V.J., Orford, P.D. and Ring, S.G.: The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research*, **135**, 271-281 (1985)
6. Kim, J.O. and Lee, M.J.: Studies on some physico-chemical properties of the acorn starch (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **8**, 230-235 (1973)
7. Koo, S.J.: Study on the rheological properties of acorn starch gel (in Korean). *J. of Korean Economics*, **22**, 99-106 (1984)
8. Koo, S.J., Chang, J.O., Nobuko, N. and Michiko, K.: Study on the rheological properties and effects of tannin components of acorn starch gel (in Korean). *J. of Korean Economics*, **23**, 33-47 (1985)
9. Kim, Y.A. and Rhee, H.S.: Rheological properties of acorn flour gels (in Korean). *J. of Korean J. Food Technol.*, **17**, 469-473 (1985)
10. Kim, Y.A. and Rhee, H.S.: Texture profile analysis of acorn flour gels (in Korean). *Korean J. Food Technol.*, **17**, 345-349 (1985)
11. 김동훈: 식품 화학 개론, 수학사 (1994)
12. Gudmundsson, M. and Eliasson, A.C.: Retrogradation of amylopectin and the effect of amylose and added surfactants/emulsifiers, *Carbohydrate Polymers*, **13**, 295-315 (1990)
13. Savage, H.L. and Osman. E.M.: Effect of certain sugars and sugar alcohols on the swelling of corn starch granules. *Cereal Chem.*, **55**, 447-454 (1978)
14. Watase, M., Nishinari, K., Williams, P.A. and Phillips, G. O.: κ-carragreenan gels; effect of sucrose, glucose, urea, and guanidine, hydrochloride on the reological and thermal properties. *J. Agri. Food Chem.*, **38**, 1188-1193 (1990)
15. Spies, R.D. and Hoseney, R.C.: Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.*, **59**, 128-131 (1982)
16. Bean, M.M., Yamazaki, W.T. and Donelson D.H.: Weat starch gelatinization in sugar solution. II, fructose, glucose and sucrose: cake performance, *Cereal Chem.*, **44**, 945-952 (1978)
17. Katsuta, K. Miura, M. and Nishimura, A.: Effect of saccarides on stabilities of rice starch gels; 1. mono and disaccaride. *Food Hydrocolloids*, **6**, 387-398 (1992)
18. Humo, K., Ikuo, I., Tosiro, H. and Hirosi, O.: Biochemical study of rice starch-chemical properties of rice starch prepared from various kinds. *J. Agri. Chem. Soc.*, **33**, 225-230 (1959)
19. Dubios, M., Gilles, K.A., Hamiton, J.K., Reber, P.A., Smith, F.: Calorimetric method for determination of Sugars and related substance. *Analytical Chemistry*, **28**, 350-356 (1956)
20. Smith, R.J.: Determination of moisture. In "Methods in Carbohydrate Chemistry", **4**, 37 (1964)
21. Wilson, E.J., Scoch, T.H. and Hudson, C.S.: The action of macerans amylose on the fractions from starch. *J. Am. Chem. Soc.*, **65**, 1380-1383 (1943)
22. Carrol, B. and Cheung, H.C.: Determination of amylose sorption of congo red. In "Methods in Carbohydrate chemistry" Academic press New York, 170-174 (1964)
23. Yoshimura, M., Takaya, T. and Nishinari, K.: Effect of konjac-glucomannan on the gelatinization and retrogradation of corn starch as dertermined by rheology and differential scanning calorimeter, *J. Argi. Food Chem.*, **44**, 2970-2976 (1996)
24. Sperling, L.H.: Instroduction to physical polymer science (2nd ed.) John wiley & Sons, 126 (1990)
25. Komiya, T. and Nara, S.: Changes in crytallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Starch*, **38**, 9 (1986)

26. Chung, D.H., Yu, T.J. and Choi, B.K.: Studies on the utilization of acorn starch (in Korean). *J. Korean Agr. Chem. Soc.*, **18**, 102-108 (1973)
27. Katsuta, K., Miura, M. and Nishimura, A.: Kinetic treatment for reological properties and effects on retrogradation of rice starch gels. *Food Hydrocolloids*, **6**, 187-198 (1992)
28. Katsuta, K., Miura, M. and Nishimura, A.: Effect of saccarides on stabilites of rice starch gels: 2. oligosaccaride. *Food Hydrocolloids*, **6**, 399-408 (1992)
29. Hisashi, U., Mitsuhiko, I.M. and Hatsuho, U.H.: Natural abundance oxygen-17 magnetic relaxation in of solution of carbohydrates. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **62**, 1-4 (1989)
30. Hisashi, U., Ishimura, M., Tsada, S. and Hatsuho, U.: Hydration of oligosaccaride, *Bull. chem. Soc. Jpn.*, **63**, 3376-3379 (1990)
31. kalichevsky, M.T., Orford, P.D. and Ring, S.G.: The retrogradation and gelation of amylopectins from various botanical sources. *Carbohydrate Research*, **198**, 49-55 (1990)
32. Donovan, J.W.: Phase transition of the starch-water system. *Biopolymer*, **18**, 263-270 (1979)
33. Shiotsubo, T.: Changes in enthalpy and heat capacity assosiated with the gelatinization of potato starch, as evaluated from isothermal calorimetry. *Carbohydrate Research*, **158**, 1-6 (1986)
34. Paton, D.: DSC of oat strach pastes. *Cereal Chem.*, **64**, 39-55 (1987)
35. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R.: Starch gelatinization phenonmena studies by DSC. *J. Food. Sci.*, **45**, 1669-1680 (1980)
36. Kohyama, K. and Nishinari, K.: Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. of Agri. and Food Chem.*, **39**, 1406-1410 (1990)
37. Kim, K.O., Laura, H. and Carole Sester, J.: Phase transition of wheat starch water systems containing polydextrose. *J. Food. Sci.*, **51**, 1095-1097 (1986)
38. Slade, L. and Levine, H.: Glass transition and water food and structure interactions, In "advances in food and nutrition research (J.E. Kinsella, ed)", Vol. 38, Academic press (1994)

(1998년 1월 23일 접수)