

슈크로오스 지방산 에스테르와 대두유 첨가 쌀가루겔의 노화

문세훈 · 김정옥 · 이신경 · 신말식
전남대학교 식품영양학과

Retrogradation of Sucrose Fatty Acid Ester and Soybean Oil Added Rice Flour Gels

Sae-Hun Mun, Jeong-Ok Kim, Shin-Kyung Lee and Mal-Shick Shin
Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

The degrees of retrogradation (DR) for 50% rice flour gels kept at 4°C and 20°C for the 6-day storage period at 0.5, 1.0 and 2.0% (w/w, on dry weight basis) levels of lipid additives (sucrose fatty acid ester, SE1670; soybean oil) were measured by α -amylase-iodine method, differential scanning calorimetry (DSC) and X-ray diffractometry. The DRs were higher in rice flour gels stored at 4°C than those stored at 20°C. The sucrose fatty acid ester and soybean oil reduced the retrogradation of rice flour gels, but the effect was higher in samples stored for 1 day. The DR decreased more effectively in the addition of SE1670 than that of soybean oil. In case of SE1670, the change of enthalpy by DSC showed similar patterns with the degree of retrogradation by α -amylase method; however, it was not the case for soybean oil. The intensity of peak at $2\theta=16.7^\circ$ in X-ray diffraction pattern was reduced with lipid additives but it was not clear.

Key words: rice flour gel, retrogradation, sucrose fatty acid ester, soybean oil

서 론

쌀가루를 이용한 전분질 식품을 저장할 때 일어나는 전분의 노화는 품질을 저하시키는 중요한 원인이며 호화된 전분이 재결정화되는 과정을 말한다. 노화는 전분의 종류, 아밀로오스나 아밀로펙틴의 비율과 구조, 수분함량, 저장온도와 첨가물질에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다⁽¹⁾. 수분함량이 50~60%인 전분겔은 최대의 결정성을 나타내고 있으며 20% 이하나 90% 이상일 때는 결정화는 억제되고 저장온도에 따라서도 달라져 냉장온도에서 노화가 가장 잘 일어난다고 한다⁽²⁾. Longton과 LeGrys⁽³⁾는 4, 21, 30°C에서 저장된 밀전분겔의 결정성을 측정하였을 때 저장온도가 낮고 저장시간이 길어지면 결정성이 증가하였다고 하였으며 김⁽⁴⁾은 50% 멥쌀과 찰쌀 전분겔을 비교하였을 때 두 전분겔 모두 냉장온도(4°C)에서 더 높은 노화도를 보였다고 하였다. 대부분 식품은 전분의 노화가 잘 일어나는 수분함량 범위에 속하기 때문에 노화를 억

제하기 위해서는 저장온도를 높게 하거나 냉동시켜 보관해야 하므로 식품의 맛을 유지하는데 어려움이 있다. 그래서 첨가물질을 이용하여 노화를 억제하는 연구들이 진행되고 있다. 특히 지방산이나 계면활성제, 유화제 등은 아밀로오스나 아밀로펙틴과 복합체를 형성하여 노화를 억제시킨다고 하였으며⁽⁵⁾ 탈지 전분겔은 오히려 노화가 증가된다고 알려져 있다⁽⁶⁾. Legendijk과 Penning⁽⁶⁾은 아밀로오스와 아밀로펙틴을 분리한 후 여러 종류의 유화제를 첨가하여 결합능력을 비교하였을 때 아밀로오스와 아밀로펙틴 모두 복합체를 형성하였으나 아밀로오스의 형성정도가 더 크게 나타났다고 하였다. 이런 지방질 유도체와의 복합체 형성은 지방산의 사슬길이, 불포화도, 친수성 부분의 조성, 지방질 단위체의 농도에 의해 영향을 받으며 형성된 복합체는 전분내 물의 분포의 변화를 가져오므로써^(7,8) 전분의 노화 뿐아니라 빵의 staling을 억제시키고 품질을 향상시킨다고 한다. 또한, Pierce와 Walker⁽¹⁰⁾는 슈크로오스 에스테르를 케익에 첨가했을 때 바람직한 텍스처를 갖고 부드러움성이나 부피가 증가했으며 HLB값이 높은 경우 그 효과가 높았다고 보고하였다.

Corresponding author: Mal-Shick Shin, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

그러므로 본 실험에서는 쌀가루를 이용한 식품의 노화를 억제하기 위해 쌀가루에 슈크로스 지방산 에스테르(SE1670)와 대두유 첨가수준을 달리하여 50% 쌀가루겔을 제조하고 실온(20°C)과 냉장(4°C)온도에서 저장하면서 α -아밀라아제-요드법으로 노화도를 측정하였고 시차주사열량기 및 X-선 회절기를 이용하여 비교하였다.

재료 및 방법

실험재료

1994년도에 수확한 멥쌀인 동진벼를 농촌진흥청에서 구입하여 시료로 사용하였다.

쌀가루의 준비

쌀을 증류수로 3번 씻고 물기를 제거한 후 분쇄기(존샘사, 한국)를 사용하여 가루로 만들고 실온에서 풍건한 다음 45메쉬 체를 통과시켰다. 시료로 사용한 쌀가루의 일반성분은 수분 11.45%, 단백질 7.00%, 회분 0.18%, 조지방질 0.20%, 총지방질 1.00%이었다.

쌀가루겔과 노화 쌀가루 제조

쌀가루겔은 Tsuge 등의 방법⁽¹⁾을 수정하여 다음과 같이 제조하였다. 멸균병에 50% 쌀가루 현탁액(w/w)과 슈크로오스 지방산 에스테르(SE1670, Misubishi-Kasei Food Co., 일본)와 대두유(H사, 한국)를 쌀가루에 대해 각각 0.5, 1.0, 2.0% (w/w 쌀가루 건물당) 첨가하고 유리막대를 이용하여 잘 혼합한 다음 95~100°C 항온수조에서 흔들면서 호화시키고 30분간 유지한 후 얼음물에서 급냉시켰다. 쌀가루겔을 밀봉 가능한 용기에 담아 실온(20°C)과 냉장(4°C)에서 저장하면서 시료로 사용하였다. 호화 쌀가루 시료는 냉각된 쌀가루겔에 알콜 농도가 80%가 되게 무수 에탄올을 즉시 가하고 균질기(M133/1281-O, ESGE, Switzerland)로 균질화 시키면서 탈수시켰다. 이것을 Büchner 깔대기로 흡입 여과한 다음 풍건하고 마쇄하여 100메쉬 체를 통과시켰다. 저장된 쌀가루겔은 1, 3, 6일 후에 꺼내어 호화 쌀가루 시료와 같은 방법으로 노화 쌀가루 시료를 만들었다.

α -아밀라아제-요드법을 이용한 노화도 측정

Tsuge 등의 방법⁽¹⁾을 일부 수정하여 긴 유리컵에 증류수 35 ml와 쌀가루 시료 175 mg을 가하고 균질기(M133/1281-O, ESGE, Switzerland)로 2분 30초간 균질화시킨 쌀가루 분산액 2.5 ml에 증류수 1.5 ml, 0.1

M 인산완충용액(pH 6.0, 0.3% NaCl) 1 ml를 넣고, α -아밀라아제(E.C.3.2.1.1. type II-A from *Bacillus* species, 1400 unit/mg solid, Sigma, U.S.A.) 용액 1 ml (약 3.5 unit)를 가하여 37°C 항온수조에서 10분간 반응시켰다. 4 N NaOH 용액 2.5 ml를 가하여 효소 반응을 정지시키고 4 N HCl로 pH를 중성으로 맞춘 후 증류수를 가하여 50 ml로 만들었다. 이 용액 1 ml와 요드용액 (0.2% I₂-2% KI, w/v) 0.5 ml를 반응시킨 후 증류수를 가하여 10 ml로 만들었다. 20분간 실온에서 방치한 후, 분광광도계(8452A Hewlett-Packard, U.S.A.)를 이용하여 625 nm에서 흡광도를 측정하여 노화도(DR, degree of retrogradation)를 다음 식으로 구하였다.

$$DR(\%) = [(b-c)/(a-c)] \times 100$$

주어진 식에서 a는 총 노화 쌀가루 분획의 흡광도, b는 효소반응시킨 후 노화 쌀가루 분획의 흡광도, c는 효소에 의해 완전히 분해된 호화 쌀가루 분획의 흡광도를 나타낸다.

시차주사열량기에 의한 노화도 측정

신⁽²⁾의 방법을 이용하여 시료와 물이 1:2가 되게 10 mg 정도 알루미늄팬에 넣은 후 밀봉하여 하룻밤 방치하고 시차주사열량기(PL DSC-700, Thermal Sci., U.K.)로 측정하였다. 가열조건은 24°C에서 100°C까지 10°C/min이며 reference는 빈 팬을 사용하였다. 노화 쌀가루 시료는 40°C에서 70°C까지의 온도 범위에서 용융피크가 나타났으며 이로부터 초기온도(T₀), 피크 온도(T_p)와 종료온도(T_c) 및 엔탈피(ΔH)를 구하였다.

X-선 회절기를 이용한 노화도 측정

X-선 회절도는 X-선 회절기(D/Max1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 회절각도(2 θ) 40~5°까지 회절시켜 측정하였으며, 기기조건은 target, Cu-K α ; filter, Ni; voltage, 40 kV; current, 20 mA; full scale range, 3000 cps; scanning speed, 8°/min과 같았다. 각 시료의 X-선 회절도를 생쌀가루 및 호화 쌀가루와 비교하였으며 피크의 위치와 강도로부터 노화정도를 측정하였다.

결과 및 고찰

슈크로오스 지방산 에스테르와 대두유 첨가 쌀가루 전분겔의 노화

슈크로오스 지방산 에스테르는 치환된 지방산의 수에 따라 HLB값이 달라지며 전분의 아밀로오스 나선형속에 소수성기가 들어가는 모양의 복합체를 이

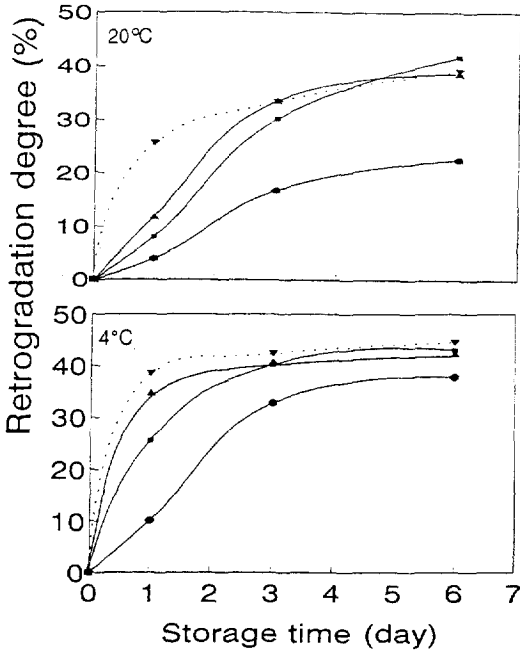


Fig. 1. Degree of retrogradation of rice flour gels during 6-day storage period at different SE1670 levels measured by α -amylase-iodine method - ∇ -, 0%; - \triangle -, 0.5%; - \square -, 1.0%; - \bullet -, 2.0%

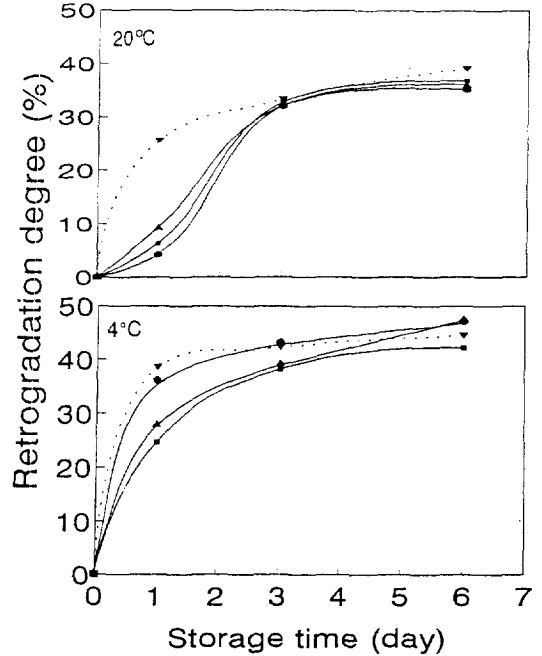


Fig. 2. Degree of retrogradation of rice flour gels during 6-day storage period at different soybean oil levels measured by α -amylase-iodine method - ∇ -, 0%; - \triangle -, 0.5%; - \square -, 1.0%; - \bullet -, 2.0%

루는 것으로 알려져 있으며 일본, 미국 등에서는 현재 안정한 식품첨가제로 밀가루 무게의 0.5%가 허용되고 있다⁽¹³⁾. SE1670은 HLB값이 16으로 친수성이 강하며 첨가수준을 달리하여 만든 쌀가루겔의 노화도 변화는 Fig. 1과 같다. SE1670을 첨가하지 않은 시료의 노화도는 저장온도에 관계없이 저장 1일까지 급격한 증가를 보였으며 그 후에는 완만히 증가하였다. SE1670을 첨가한 경우에는 노화도가 감소하였으며 그 정도는 첨가수준이 증가할수록 컸다. Shin⁽¹²⁾은 SE1670, SSL, Dimodan을 0.5% 첨가한 밀전분겔을 실온에서 보관하면서 DSC로 노화도를 비교하였을 때 얻어진 엔탈피로부터 SE1670과 SSL을 첨가한 것이 노화억제 효과가 큼을 보고하여 위의 결과와 같은 경향이였다. 첨가수준 뿐만 아니라 저장온도에 따라서도 노화도가 달라져 4°C에 저장한 것이 20°C에서 저장한 것보다 노화도가 더 높았으며 이는 Tsuge 등⁽¹¹⁾이 α -아밀라아제-요드법으로 25°C와 4°C에 저장한 빵과 밤의 노화도를 측정하였을 때 4°C에서 노화도가 높았다는 결과와 같았다. Levine과 Slade⁽¹⁴⁾에 의하면 전분의 결정화는 $1/2(T_m + T_g)$ 에서 최대로 일어나며 이때 T_g (유리전이온도)는 수분함량에 따라 변하므로 전분의 노화가 가장 잘 일어나는 수분함량인

40~60%에서는 0°C에 가까울수록 노화가 잘 일어난다고 하였다.

SE1670 첨가 수준이 0.5%에서 2.0%로 증가할수록 쌀가루겔의 노화억제 효과가 더 커졌는데 저장 1일에는 그 차이가 뚜렷하였으며 저장기간이 길어지면 차이가 감소하였다. 20°C에서 저장했을 때는 대조군의 노화도 26%에 비하여 0.5%, 1.0%, 2.0% 첨가의 경우 46.1%, 31.3%, 15.2%로 모두 낮은 노화도를 보였으나 4°C에 저장했을 때는 첨가수준에 따른 감소 폭이 커서 90.4%, 66.5%, 26.5% 범위였고 2.0%를 첨가한 경우만이 낮은 노화도를 보였다. 이것으로 SE1670을 첨가한 쌀가루겔의 노화억제 효과는 20°C에 저장한 것이 더 좋았으며 저장초기에 뚜렷한 효과를 보이는 것으로 생각되었다. Eliasson과 Ljunger⁽⁹⁾도 DSC로 계면활성제와 아밀로펙틴 상호작용에 의한 노화억제 효과를 확인하였는데 7°C에 저장한 것보다는 25°C에 저장한 것이 그 효과가 훨씬 컸다고 하였다. 쌀가루겔의 노화도에 대한 SE1670의 첨가효과는 저장기간이 길어질수록 저장초기에 비하여 뚜렷하지 않았으나 2.0% 첨가하였을 때는 대조군이나 0.5%, 1.0% 첨가한 경우보다는 명확한 억제효과를 보였다.

대두유는 중성지방으로 이루어져 있으며 중성지방

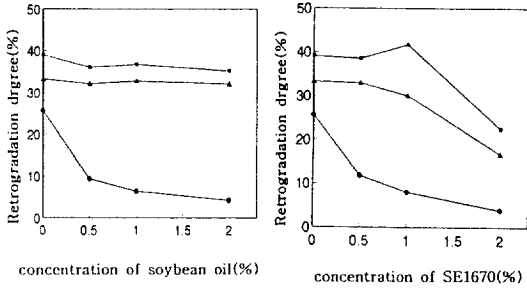


Fig. 3. Influence of lipid additives levels on the retrogradation of rice flour gels stored at 20°C -●-, stored for 1 day; -▲-, stored for 3 days; -■-, stored for 6 days

은 큰 분자로 인해 아밀로오스와 지방질 복합체 형성이 어려우므로 대부분 전분입자 표면을 둘러싸거나 쌀가루겔에 유화상태로 들어 있을 것으로 생각된다. Takahashi 등⁽¹⁵⁾은 옥수수 전분과 밀전분겔의 강도는 전분에 함유된 지방질을 제거하면 증가하고 재첨가하면 감소한다고 하였으며, 주와 전⁽¹⁶⁾은 옥수수 기름을 첨가한 녹두묵의 경도가 감소한다고 하여 지방질이 겔의 강도를 낮춤을 보고하였으나 이때 전분의 노화도에 대한 연구는 없었다. 대두유를 첨가한 쌀가루겔의 경우는 Fig. 2와 같이 저장초기인 1일에는 노화억제 효과가 컸으나 3일 이후에는 큰 차이가 없었고 20°C에 저장했을 때에 그 효과가 컸다. 20°C에서는 저장 1일에 대조군에 비해 36.3%, 24.6%, 16.4% 노화도를 나타냈으나 4°C에서는 1% 첨가시 가장 노화가 억제되었으며 2% 첨가시 오히려 노화억제 효과가 적어 SE1670을 첨가한 경우와는 달랐다. 저장 3일 이후에는 오히려 노화도가 증가하는 양상을 보임으로써 대두유의 효과는 20°C에서 1일 저장했을 때만 효과적인 것으로 보였다.

SE1670과 대두유의 첨가수준에 따라 노화도가 뚜렷한 차이를 보이는 저장조건인 20°C에서 비교하면 Fig. 3과 같았다. SE1670의 경우 0.5%를 첨가하면 저장 1일에 노화도가 급격히 감소하였으나 1.0%와 2.0% 첨가에 따른 변화는 크지 않았으며, 저장 3일 이후는 1.0%보다는 2.0%를 첨가했을 때 뚜렷한 감소를 보여 2.0%를 첨가하는 것이 가장 노화억제 효과가 있었다. 반면 대두유는 저장 1일에 0.5% 수준에서 억제효과가 컸으나 3일과 6일에는 첨가수준에 따른 노화도 감소 효과는 없어 두가지 지방질 첨가물질의 효과에 차이를 보였다.

측정방법에 따른 쌀가루겔의 노화도

3일 저장한 쌀가루겔의 지방질 첨가물질의 효과를

Table 1. DSC characteristics of retrograded rice flour of 3 day stored gels with different SE1670 levels

Storage temp. (°C)	SE1670 level (%)	Melting endotherm				
		T _o ¹⁾ (°C)	T _{p1} ²⁾ (°C)	T _{p2} ³⁾ (°C)	T _c ⁴⁾ (°C)	ΔH ⁵⁾ (cal/g)
20	0	39.24	42.36	53.30	60.14	0.87
	0.5	44.14	51.81	63.35	72.62	0.69
	1.0	43.72	52.43	61.07	66.18	0.78
	2.0	45.45	52.77	59.2	62.06	0.57
4	0	38.18	45.30	50.32	57.83	0.99
	0.5	41.75	54.05	65.00	61.56	0.98
	1.0	47.26	52.97	61.00	62.94	0.75
	2.0	46.12	52.43	67.87	68.96	0.70

- ¹⁾Onset temperature
- ²⁾First peak temperature
- ³⁾Second peak temperature
- ⁴⁾Conclusion temperature
- ⁵⁾Enthalpy of endotherm

Table 2. DSC characteristics of retrograded rice flour of 3 days stored gels with different soybean oil levels

Storage temp. (°C)	Soybean oil level (%)	Melting endotherm				T _o ¹⁾ (°C)
		T _{p1} ²⁾ (°C)	T _{p2} ³⁾ (°C)	T _c ⁴⁾ (°C)	H ⁵⁾ (cal/g)	
20	0	39.24	42.36	53.30	60.14	0.87
	0.5	44.82	48.75	61.77	63.59	0.84
	1.0	47.26	54.05	62.74	66.66	0.69
	2.0	46.90	52.85	67.35	68.96	0.72
4	0	38.18	45.30	50.32	57.83	0.99
	0.5	44.72	58.06	66.66	68.12	0.54
	1.0	47.95	57.93	68.00	71.85	0.78
	2.0	47.16	52.56	70.00	73.44	1.09

- ¹⁾Onset temperature
- ²⁾First peak temperature
- ³⁾Second peak temperature
- ⁴⁾Conclusion temperature
- ⁵⁾Enthalpy of endotherm

비교하기 위하여 DSC로 측정된 결과는 Table 1, 2와 같다. 노화 쌀가루의 용융 피크는 38.18~72.62°C에 걸쳐 흡열곡선을 보였으며 두개의 피크를 나타내었다. 용융피크는 SE1670과 대두유를 첨가하였을 때 높은 온도쪽으로 이동하였으며 엔탈피는 감소하였다. 엔탈피도 α-아밀라아제-요드법의 결과와 비슷한 경향으로 20°C에서 저장했을 때 더 낮은 값을 보였으나 첨가수준에 따른 경향은 일정하지 않았으며 대두유의 경우 2.0% 첨가하고 4°C 저장했을 때 대조군보다 높은 값을 보였다. X-선 회절도에 의한 피크는 Fig. 4와 같이 생쌀가루(F)가 회절각도(2θ) 15.0°, 17.2°, 23.5°에서 피크를 보이는 전형적인 A형이었고, 호화 쌀가루(A)는 회절각도(2θ) 19.7°에서 피크를 나타내는 V-형을 보였

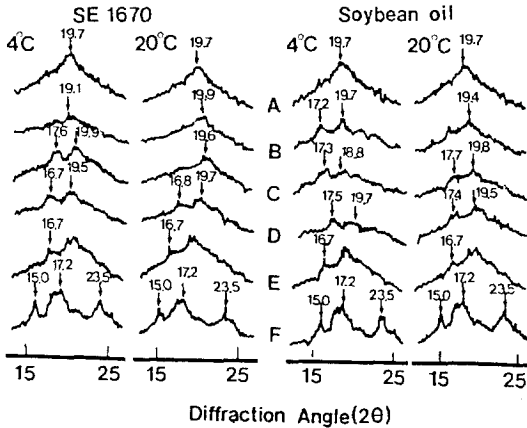


Fig. 4. X-ray diffractograms of retrograded rice flour of 3 day stored gels with different SE1670 and soybean oil levels at 4°C and 20°C A, gelatinized; B, 2.0%; C, 1.0%; D, 0.5%; E, 0%; F, native

Table 3. Relative degree of retrogradation of rice flour gels stored for 3 days by different measuring methods

Lipid additives	Storage temp (°C)	Content (%)	Relative DR (%) ¹⁾		
			α-Amylase	DSC	X-ray dif-
SE 1670	20	0.5	99.1	79.3	83.3
		1.0	90.4	89.7	73.3
		2.0	50.2	65.6	0
	4	0.5	97.1	99.0	70.0
		1.0	95.0	75.8	58.3
		2.0	77.5	70.7	0
Soybean oil	20	0.5	96.7	96.6	76.7
		1.0	98.5	79.3	73.3
		2.0	96.4	82.8	78.3
	4	0.5	93.1	54.5	88.3
		1.0	90.3	78.8	85.0
		2.0	102.1	110.1	88.3

¹⁾RelativeDR(%) = $\frac{\text{DR of rice flour gels with additives}}{\text{DR of rice flour gels without additives}} \times 100$

으며 노화 쌀가루(B,C,D,E)는 2θ=19.6~20.0°에서 V형 피크가 있으면서 16.8~17.1°에서 B형 피크가 강해지는 전형적인 노화 전분의 결정형 양상을 보였다. SE 1670의 경우 저장온도에 관계없이 2.0% 첨가시 2θ=16.9°의 피크는 없었으며 0.5%와 1.0% 첨가시에는 첨가하지 않은 것 보다 낮은 강도를 보였다. 대두유의 경우는 저장온도나 첨가수준과는 관계없이 모두 2θ=19.8°, 16.9°, 17.0°에서 피크를 보였다. α-아밀라아제-요드법, DSC, X-선 회절도 방법으로 얻은 노화도 결과를 대조군을 100%로 하여 상대적으로 비교하면 Table 3과 같이 상대적 노화도는 차이를 보이나 경

향은 비슷하였는데 X-선 회절도의 경우에는 피크의 강도를 비교하였을 때 노화도의 작은 차이를 구분하기 힘들었다. 즉 α-아밀라아제-요드법과 DSC를 이용하면 같은 경향의 결과를 보일 뿐만 아니라 조건에 따른 노화도의 차이를 비교할 수 있었으나 X-선 회절도의 피크양상으로는 그 구별이 어려웠다. 결과적으로 슈크로오스 지방산 에스테르를 쌀가루겔에 첨가하면 전분의 노화를 억제하였고 억제 정도는 첨가수준에 따라 차이를 보였으며, 20°C에서 저장했을 때 더욱 효과가 큼을 알수 있었고 대두유의 경우에는 20°C에서 1일 저장한 경우에만 노화억제 효과가 뚜렷하였다.

요 약

동진비 쌀가루에 슈크로오스 지방산 에스테르(SE 1670)와 대두유를 0.5, 1.0, 2.0% (w/w, 쌀가루 건물당) 첨가하여 50% 쌀가루겔을 제조하고 20°C와 4°C에서 1, 3, 6일간 저장하면서 노화도를 α-아밀라아제-요드법으로 측정하고 DSC와 X-선 회절도로 비교하였다. 쌀가루겔의 노화도는 첨가물의 종류와 첨가수준에 관계없이 모든 시료에 있어 20°C 저장에 비하여 4°C 저장했을 때 노화가 더 빨리 진행되었다. SE1670과 대두유의 첨가수준이 증가할수록 노화도는 감소하였고 특히 1일 저장시 노화억제 효과가 컸다. 저장기간이 길어질수록 SE1670 첨가로 인한 노화억제 효과는 뚜렷하였으나 대두유를 첨가한 시료의 노화도는 큰 변화가 없었다. SE1670 첨가시 DSC에 의한 노화 용융 엔탈피는 α-아밀라아제-요드법과 같은 경향이었으나 대두유를 첨가했을 때는 달랐다. X-선 회절도에서는 첨가물질에 따라 2θ=16.7°에서 피크가 감소하였으나 뚜렷한 차이는 없었다.

감사의 글

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

문 헌

1. Del Rosario, R.R. and Pontiveros, C.R.: Retrogradation of some starch mixtures. *Starch*, **35**, 86 (1985)
2. 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)
3. Longton, J. and LeGrys, G.A.: Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of aging wheat starch gels. *Starch*, **33**, 410 (1981)

4. 김정옥 : 저장온도와 수분함량이 쌀 전분겔의 노화에 미치는 영향. 전남대학교 석사학위논문 (1994)
5. Kulp, K. and Ponte, Jr. J.G.: Staling of wheat pan bread: Fundamental cause. *CRC Critical Reviews Food Sci. Nutri.*, **15**, 1 (1981)
6. Legendijk, J. and Penning, S.H.J.: Relation between complex formation of starch with monoglycerides and firmness of bread. *Cereal Sci. Today*, **15**, 354 (1970)
7. Eliasson, A.-C.: Retrogradation of starch as measured by differential scanning calorimetry. In *New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates*. Hill, R.D. and Munck, L.(ed.), Elsevier Science Pub., p.93 (1985)
8. 이신경, 신말식 : 계면활성제 첨가 고구마 전분의 호화 와 노화특성. 한국농화학회지, **37**, 463 (1994)
9. Eliasson, A.-C. and Ljunger, G.: Interactions between amylopectin and lipid additives during retrogradation in a model system. *J. Sci. Food Agric.*, **44**, 353 (1988)
10. Pierce, M.M. and Walker, C.E.: Addition of sucrose fatty acid ester emulsifier to sponge cakes. *Cereal Chem.*, **64**, 222 (1987)
11. Tsuge, H., Hishida, M., Watanabe, S. and Goshima, G.: Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in food and foodstuffs. *Starch*, **42**, 213 (1990)
12. Shin, M.-S.: Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 116 (1991)
13. Kim-Shin, M.S., Mari, F., Rao, P.A., Stengle, T.R. and Chinachoti, P.: ¹⁷O nuclear magnetic resonance studies of water mobility during bread staling. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 1916 (1991)
14. Levine, H. and Slade, L.: Influence of glassy and rubbery states on the thermal, mechanical and structural properties of doughs and baked products. In *Dough Rheology and Baked Product Texture: Theory and Practice*, Faridi, H. and Fabion, J.M. (ed.), Van Nostrand Reinhold. Avi. (1981)
15. Takahashi, S. and Seib, D.A.: Paste and gel properties of prime com and wheat starches with and without native lipids. *Cereal Chem.*, **65**, 475 (1988)
16. 주나미, 전희정 : 지방첨가가 녹두전분 gel의 texture에 미치는 영향. 제2보 관능검사에 의한 평가 및 관능검사와 기계적 검사의 상관관계. 한국조리과학회지, **8**, 21 (1992)

(1995년 12월 7일 접수)