

올리고당 시럽의 첨가에 따른 가래떡의 노화억제효과

손혜숙* · 박순옥 · 황혜진 · 임승택

고려대학교 생명공학원, *식품가공핵심기술연구센터

Effect of Oligosaccharide Syrup Addition on the Retrogradation of a Korean Rice Cake (*Karedduk*)

Hyesook Son*, Soon-Ok Park, Haejin Hwang and Seung-Taik Lim

Graduate School of Biotechnology,

*Center for Advanced Food Science and Technology, Korea University

Abstract

Effects of the addition of three commercial oligosaccharide syrups into a Korean rice cake (*Karedduk*) on the textural characteristics and retrogradation of the rice cake were examined during the storage for 5 days at 25°C and 4°C. Each syrups contained maltose (M75), isomaltose and panose (HL), or maltotetraose (G4) as major sugars. The increment (rates) in gumminess, hardness and chewiness during the storage were significantly reduced by replacing rice flour (up to 10%) with the oligosaccharides. The retardation in the textural changes by the oligosaccharides was more significant when the rice cake was stored at 25°C than at 4°C. Among the three types, HL exhibited most effective in retarding the textural changes. Thermograms by a differential scanning calorimeter (DSC) showed that the oligosaccharide increased the onset temperatures and enthalpy for the starch melting, but the recrystallinity measured from the enthalpy ratio before and after the storage was significantly reduced by the presence of the oligosaccharide. Especially with 5% HL, the recrystallinity was significantly low (72.7%) compared to rice cake without HL (88.1%). Therefore, HL had great efficiency in retarding starch retrogradation as well as textural changes of the rice cake during the storage.

Key words: rice cake, oligosaccharides, retrogradation, textural changes

서 론

생활양식의 급속한 변화와 더불어 떡류, 죽류, 과자류 및 포장쌀밥 등의 다양한 쌀 가공식품이 상품화되어 나오고 있다. 하지만, 전분이 주성분인 이들 식품은 시간의 경과에 따라 전분의 노화현상이 일어나 식품의 질감이나 맛을 저하시키는 문제점이 있다⁽¹⁾.

전분의 노화에 영향을 미치는 여러 요인중에는 전분의 종류, 전분내 아밀로즈와 아밀로펙틴의 조성, 저장온도, pH, 수분함량 등의 물리적, 화학적 조건뿐 아니라 각종 첨가물도 영향을 미친다⁽¹⁻⁷⁾. 계면활성제, 유화제, 인지질 가수분해물 등의 지방질 또는 효소 등을 쌀가루겔이나 빵에 첨가할 경우, 아밀로즈 또는 아밀로펙틴과 복합체를 형성하거나 가수분해됨으로써 전

분의 노화가 억제되는 연구가 보고되어 왔다^(8,9). 그러나 전분의 노화에 대한 당의 효과는 보고된 바가 비교적 적은 실정이며, 많은 전분질 곡류식품에 당이 첨가되므로, 전분의 호화나 노화에 미치는 당의 효과를 규명하는 것이 매우 중요하다⁽¹⁰⁾.

전분의 노화에 대한 초기 연구에서는 당이 노화를 증가시킨다는 일부 보고들이 있었으나^(11,12), 빵의 품질과 관련된 연구에서 전분에 당을 첨가했을 때 노화가 억제되어 당이 노화방지제로서의 기능이 밝혀졌고⁽¹³⁾ 빵 재료에 전분 분해효소의 첨가로 생성된 당과 저분자 물질이 노화를 억제한다는 보고가 있었다^(9,14). Kohyama와 Nishinari⁽¹⁵⁾는 고구마 전분의 호화와 노화에 대한 연구결과, 자당이 전분의 노화 억제에 효과적이라고 보고하였으며 Katsuta 등⁽¹⁶⁾은 올리고당이 포도당이나 자당보다 쌀가루겔의 노화억제에 보다 효과적임을 발표하였다. 대부분의 단당류나 이당류는 제품에 단맛을 부여하지만 올리고당의 경우에는 제품의

Corresponding author: Seung-Taik Lim, Graduate School of Biotechnology, Korea University, 5-1 Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul 136-701, Korea.

맛을 크게 변화시키지 않고 첨가될 수 있으므로 일부 식품에는 더욱 바람직하게 이용될 수 있을 것이다. 또한 일부 난분해성 올리고당류는 인체내 장내 유용세균의 증식유도, 노폐물의 원활한 대사 등과 같은 기능성을 갖는다는 점에서도 건강보조 식품첨가물로 특히 각광을 받고 있다^(17,18). 본 연구에서는 올리고당류를 첨가하여 쌀가래떡을 제조하였을 때 전분 노화에 어떤 영향을 주는지 알아보기 위하여, 3종류의 올리고당을 농도별로 첨가하여 가래떡을 만든 후 실온(25°C)과 냉장(4°C) 조건에 보관하면서 가래떡의 조직감특성-견고성, 응집성, 탄성, 겹성 및 씹힘성-의 변화를 기계적으로 측정, 비교하였으며, 시차주사열량기(differential scanning calorimeter)를 이용하여 보존기간중 전분의 재결정화를 측정하여 노화정도를 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 가래떡에 첨가된 올리고당은 시판 올리고당 시럽으로서 말토올리고당(M75), 이소말토올리고당(Healtholigo, HL), 말토테트라오즈(G4)의 3 종류로 (주)세원(Seoul, Korea)에서 무상으로 제공되었다. 각 올리고당의 수분함량, pH, 포도당 당량(dextrose equivalent, DE)은 Table 1에, 이들 올리고당의 당의 조

Table 1. Moisture content, pH and dextrose equivalent (DE) of maltotetraose (G4), high malto-oligosaccharide (M75), isomalto-oligosaccharide (HL) syrups¹⁾

	G4	M75	HL
Moisture (%)	13.82	13.50	19.05
pH	6.01	5.90	5.04
DE	22.00	50.00	60.00

¹⁾Data provided by Sewon Company Ltd.

Table 2. Sugar compositions of maltotetraose (G4), high malto-oligosaccharide (M75) and isomalto-oligosaccharide (HL) syrups¹⁾

	G4	M75	HL
Glucose	1.22	3.61	16.53
Maltose	5.68	47.01	22.98
Maltotriose	10.91	20.76	6.85
Maltotetraose	53.21	0	0
Isomaltose	0	0	5.86
Panose	0	0	24.63
Isomaltotriose	0	0	1.43
Others	28.98	27.62	21.72
Total (%)	100.00	100.00	100.00

¹⁾Data provided by Sewon Company Ltd.

성은 Table 2에 나타나 있다.

가래떡의 제조

1996년산 경기미(7분도) 10 kg을 20°C의 물에 12시간 침지하여 건져낸 다음 분쇄하여 쌀가루를 만들고 여기에 올리고당을 쌀가루의 건조중량비로 2, 5, 10% (w/w) 첨가하고 총고형분과 수분의 중량비율이 3:2가 되게 수분을 첨가하였다. 이 쌀가루반죽을 시중 떡방아간에서 수증기로 30분간 상압증자하여 호화시킨 후, 압출성형기를 이용하여 가래떡(지름 2 cm×길이 30 cm)을 제조하였다.

가래떡의 노화

제조된 가래떡을 실온에서 약 30분 가량 냉각한 뒤 폴리에틸렌 랩으로 싼 다음 polypropylene 비닐봉지에 수분이 증발하지 않도록 밀봉하여 실온(25°C) 및 냉장(4°C) 조건에 5일간 보존하면서 시료로서 사용하였다.

조직감의 측정

냉장과 실온에 보관중인 가래떡을 제조일로부터 5일간 매일 취하여 시료의 5가지 조직감-견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 겹성(gumminess), 씹힘성(chewiness)-을 조직감 측정기 (TA-X2, Texture Analyzer, England) 를 이용하여 측정하였다. 시료는 보존중인 가래떡의 양단으로부터 10 cm되는 곳을 1×1×1 cm³의 정방형 크기로 절단한 후 지름 4 cm의 둥근탐침을 이용하여 2회 반복압착시험을 시행하였다. 이 때 탐침의 이동속도는 1.7 mm/sec였으며 변형율(deformation ratio)은 20%였다. 기계적측정을 통하여 얻은 가래떡의 전형적인 force-time curve로부터 측정된 compression force, work ratio, recovered height (elasticity)의 물리적 특성은 이 등^(20,21)에 의하여 보고된 바에 따라 견고성, 응집성, 탄성으로 각각 적용하였으며, 겹성은 견고성×응집성으로, 씹힘성은 겹성×탄성과의 이차적 특성으로 계산하여 얻었다.

시차주사열량기에 의한 노화도 측정

올리고당 시럽 M75, HL, G4를 쌀가루에 건조중량비로 5, 10%가 되게 첨가한 후, 고품분:수분의 비가 가래떡과 비슷하게 3:2가 되도록 조정된 시료를 시차주사열량계(DSC 6100, Seiko Instruments Inc., Japan)의 알루미늄 시료용기에 넣고 밀봉한 후 20°C에서 130°C까지 10°C/min의 속도로 가열하여 각 시료의 용융온도 및 엔탈피를 측정하였다⁽²²⁻²⁴⁾. 노화정도는 용융 측정이 끝난 시료용기를 4°C에서 7일간 방치한 후

DSC로 다시 분석하여 재결정화로 형성된 흡열곡선의 용융엔탈피를 측정하여 초기용융 엔탈피에 대한 재결정 엔탈피의 %로 재결정도를 산출하였다^(5,25). 각 시료의 결과는 3회 반복실험에 의한 평균치로 산정하였다.

통계분석

실험결과는 SAS 프로그램을 사용하여 올리고당 종류와 첨가농도, 보관온도 및 보관기간에 따른 각 분석항목간의 유의성을 general linear models (GLM) 분석과정을 통하여 검정하였다.

결과 및 고찰

조직감의 통계분석

세 종류의 올리고당 G4, HL, M75 를 첨가농도 0, 2, 5, 10%의 4수준으로 첨가한 후, 실온(25°C)과 냉장상태(4°C)에 5일간 보관하면서 매일 5 종류의 조직감 특성(견고성, 응집성, 탄성, 검성, 및 씹힘성)의 변화를 측정할 전체적인 분산분석의 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 올리고당의 종류, 첨가, 농도, 보관온도, 및

보관기간의 요인들이 종합적으로 가래떡의 조직감 특성에 미친 영향은 F-분산비가 모두 0.01% 이내의 유의수준을 보이므로 이들 요인들이 모두 가래떡의 견고성, 응집성, 탄성, 검성 및 씹힘성에 기여하였음을 보여주었다. 그러나 이들 요인들이 종합적으로 조직감특성에 미친 기여정도는 견고성, 응집성, 검성, 씹힘성순으로 각각 회귀계수(R²) 0.989, 0.938, 0.987, 0.988를 보이므로 높았으나 탄성은 0.618로 비교적 낮은 값을 보였다. Table 4에는 실제 이들 4가지의 주요 실험요인들과 이들의 상호작용이 각각의 조직감 특성에 미친 영향이 정리되어 있다. 먼저 올리고당의 종류는 독립적으로 견고성(hardness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)에 0.01%의 유의성을 보인 반면, 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness)에는 3종류의 올리고당간에 유의적인 차이를 보이지 않았음을 관찰할 수 있다. 반면에, 올리고당의 첨가농도는 응집성에 0.02%의 유의성을 보였으며 탄성은 첨가농도간 유의적인 차이가 없었던 것으로 나타났다. 가래떡의 보관온도와 보관기간은 각각 5가지 조직감특성 모두에 0.01%의 유의수준을 보이므로 가래떡의 보관조건이 조직감

Table 3. Overall F-value and R² for the relationship of the textural properties of a Korean rice cake (Karedduk) to the oligosaccharide types and concentrations, and storage conditions

	Textural properties				
	Hardness	Cohesiveness	Springiness	Gumminess	Chewiness
F-values	179.89*	30.42*	3.23*	152.52*	165.92*
R ²	0.989	0.938	0.618	0.987	0.988
CV ¹⁾	11.287	1.707	2.793	12.116	11.813

¹⁾coefficient of variation.

*P<0.0001.

Table 4. Significance levels for the relationship of the textural properties of the rice cake to the oligosaccharide type and concentration, and storage temperature and period

Sources	Factors	Hardness	Cohesiveness	Springiness	Gumminess	Chewiness
oligosaccharide type (type)		0.0001	0.6623	0.2682	0.0001	0.0001
concentration (con)		0.0001	0.0020	0.5317	0.0001	0.0001
storage temperature (temp)		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
stroage period (day)		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
temp x type		0.0001	0.6950	0.9186	0.0001	0.0001
temp x con		0.0001	0.1326	0.0001	0.0001	0.0001
type x con		0.0001	0.6315	0.9429	0.0001	0.0001
day x temp		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
day x type		0.0001	0.9752	0.0127	0.0001	0.0001
day x con		0.0001	0.0004	0.0115	0.0001	0.0001
temp x type x con		0.0003	0.2640	0.8895	0.0014	0.0005
day x temp x type		0.0006	0.9882	0.4484	0.0122	0.0018
day x temp x con		0.0001	0.0003	0.0244	0.0001	0.0001
day x type x con		0.0001	0.8060	0.1422	0.0002	0.0001
day x temp x type x con		0.0001	0.9994	0.2253	0.0002	0.0001

에 매우 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한 가래떡의 조직감변화는 올리고당의 종류, 농도, 보관온도 및 보관기간이 각각 독립적으로 영향을 미칠뿐만 아니라 이들의 상호작용에 의하여서도 영향을 받는 것으로 나타났다. 견고성과 씹힘성은 모든 상호작용에 의하여 0.01%의 높은 유의수준을 보인 반면, 응집성과 탄성은 대체로 통계적 유의성을 보이지 않았다. 이 결과는 올리고당의 종류(type)와 첨가농도(con)가 응집성과 탄성에 독립적으로 유의성을 보이지 않는데 기인하는 것으로 올리고당 종류와 첨가농도(type x con), 올리고당 종류와 보관온도(type x temp), 올리고당 종류와 보관기간(type x day), 첨가농도와 보관온도(con x temp), 또는 첨가농도와 보관기간(con x day)과 같은 이중 상호작용과, 올리고당 종류와 첨가농도가 각각 또는 함께 포함된 삼중 및 사중 상호작용시에 조직감특성에 대한 유의수준이 특히 낮은 것으로 관찰되었다.

조직감의 변화

실온 및 냉장보관시 시간의 경과에 따른 올리고당 함유 가래떡의 견고성(hardness)의 변화는 Fig. 1과 2에 나타난 바와 같다. Fig. 1은 이소말토올리고당(HL)을 10%까지 첨가시 저장온도 및 기간에 따른 견고성의 변화를 보여주고 있는데, 냉장저장(4°C)시 실온저장(25°C)의 경우보다 시간에 따른 견고성의 증가가 컸으며, 올리고당의 첨가량이 많을수록 견고해지는 경향이 억제되었다. 실온보관의 경우에는 보관 1일째까지

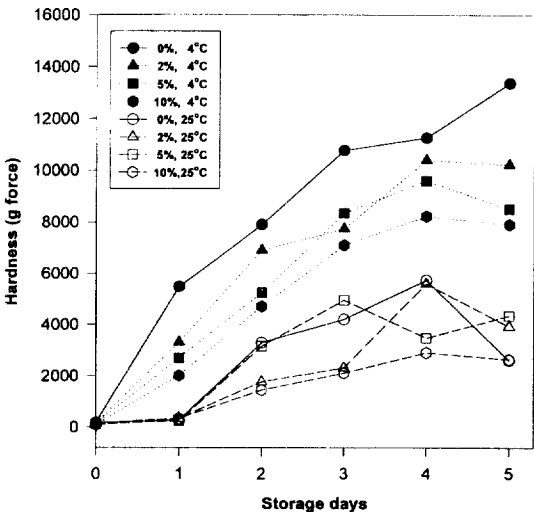


Fig. 1. Effect of isomalto-oligosaccharide (0~10%) on the hardness of a Korean rice cake (Karedduk) during the storage at 4° or 25°C for 5 days.

는 초기상태를 유지하다 2일째부터 견고성이 증가하였다. 견고성의 증가폭을 비교해 볼 때 실온저장시 올리고당의 억제효과가 냉장시보다 다소 높은 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 3가지 올리고당 모두에서 비슷하게 나타났다. Fig. 2 에서는 G4, M75, HL 각각 10% 첨가시, 시간의 경과에 따른 견고성의 변화를 보여주고 있다. 마찬가지로 저장기간에 따른 견고성의 증가도 올리고당(10%)에 의해 감소되었으며, 올리고당의 종류에 따른 차이는 두드러지지 않았다. 실온보관의 경우 5일째에 갑자기 견고성이 감소하는 경향을 나타낸 이유는 이 때 육안으로 식별할 수 있을 정도로 색이 변하였으며 냄새가 난 것으로 보아 미생물에 의한 분해로 조직감이 연화된 것으로 추정된다.

응집성(cohesiveness)의 경우에는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 냉장보관시 G4, HL, M75 모두 보관 1일 후에 응집성이 급격히 낮아진 후 2일, 3일, 4일까지 큰 변화없이 비슷한 값을 유지하였으며 올리고당 종류간 유의성있는 차이를 보이지 않았다. 실온보관의 경우에는 1일까지는 초기수준을 유지하다 2일째부터 낮아지는 양상으로 기간의 경과에 따라 또는 올리고당의 첨가량에 따라 냉장보관시 보다 변화는 약간 크나 전체적으로 아주 완만한 것으로 역시 통계적 유의성이 아주 낮은 것으로 관찰되었다. 단지, 냉장보관시에는 올리고당 첨가가 응집성에 영향을 미치지 못하였으나 상온 보관의 경우 각 올리고당 10% 첨가구간에서 약

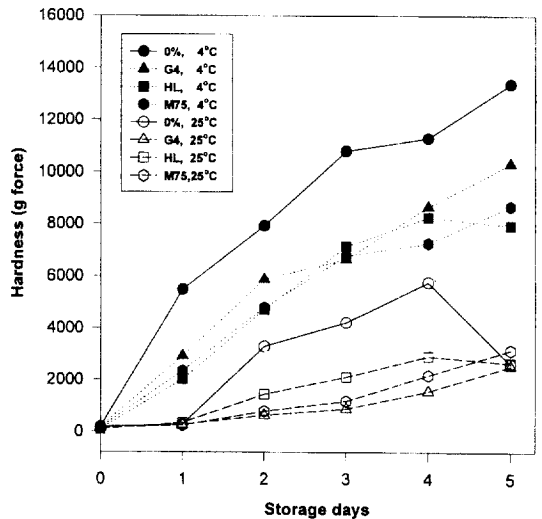


Fig. 2. Effect of oligosaccharide types (10% based on solid weight) on the hardness of the rice cake during the storage at 4° or 25°C for 5 days. G4: maltotetraose, HL: isomalto-oligosaccharide, M75: high malto-oligosaccharide.

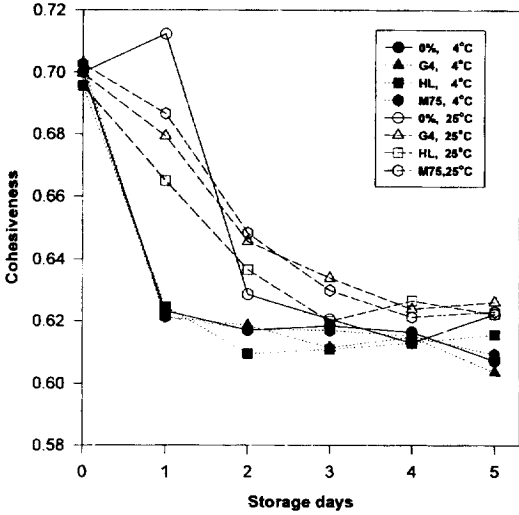


Fig. 3. Effect of oligosaccharide types (10% based on solid weight) on the cohesiveness of the rice cake during the storage at 4° or 25°C for 5 days. G4: maltotetraose, HL: isomalto-oligosaccharide, M75: high malto-oligosaccharide.

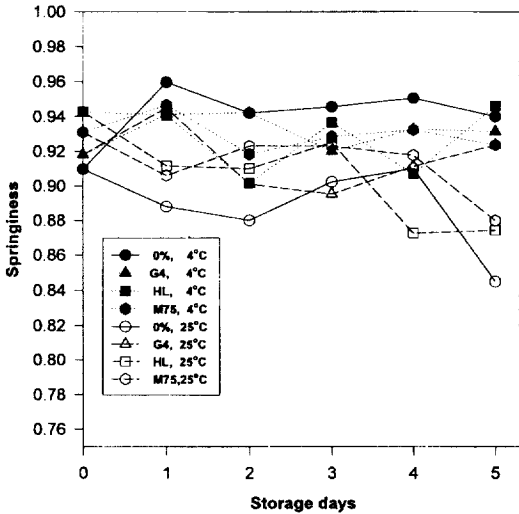


Fig. 4. Effect of oligosaccharide types (10% based on solid weight) on the springiness of the rice cake during the storage at 4° or 25°C for 5 days. G4: maltotetraose, HL: isomalto-oligosaccharide, M75: high malto-oligosaccharide.

간의 안정효과를 나타낸 것으로 관찰되었다.

가래떡의 탄성(springiness)은 냉장보관전 초기에는 올리고당을 첨가하지 않은 대조군의 수치가 가장 낮았으나 보존기간이 경과함에 따라 첨가군보다 높아지는 경향을 보였다. 하지만 실온(25°C)에서 저장한 경우에는 Fig. 4와 같이 올리고당을 첨가한 구간의 탄성

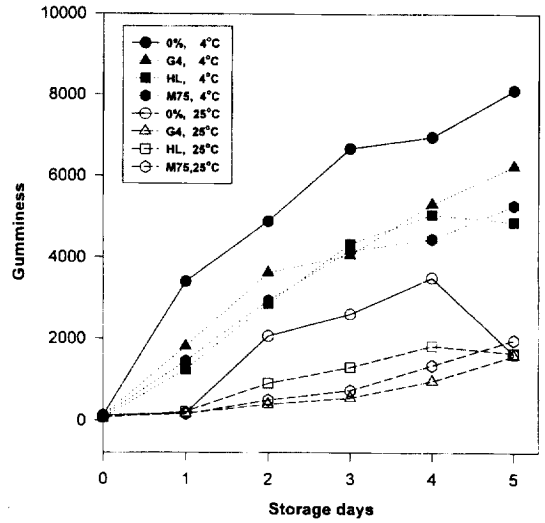


Fig. 5. Effect of oligosaccharide types (10% based on solid weight) on the gumminess of the rice cake during the storage at 4° or 25°C for 5 days. G4: maltotetraose, HL: isomalto-oligosaccharide, M75: high malto-oligosaccharide.

정도가 대조군보다 대체로 높은 편이었다. 전체적으로 탄성의 경우, 첨가된 올리고당 종류나 기간경과에 따른 변화에도 일정한 경향을 나타내지 않는 것은 이미 Table 3과 4를 통하여 살펴 본 바와 같이 전체적으로 측정치의 탄성에 대한 낮은 기여도(R^2)와 낮은 유의수준 결과와도 상통하는 것으로 이해된다. 따라서 올리고당 첨가는 가래떡의 탄성에 큰 영향을 미치지 않았다.

검성(gumminess)의 변화 양상은 Fig. 5에 나타나 있다. 검성은 견고성 \times 응집성으로 나타내는데 Fig. 3에서 응집성의 결과가 0.6~0.7 범위에서 시료간의 변화가 미비하므로 검성의 결과는 Fig. 2에 나타난 견고성의 결과와 매우 흡사하다. 냉장 보관시 가래떡의 검성 즉 뭉치는 성질은 견고성과 거의 비슷한 경향으로 시간의 경과에 따라 거의 직선적으로 증가하는 양상을 보였다. 실온 보관시 검성은 보관 1일까지는 변화가 없다가 2일째부터 높아졌으며 대조군의 경우 5일차에는 미생물에 의한 오염으로 다시 감소하였다. 올리고당 첨가시료는 대체적으로 올리고당을 첨가하지 않은 대조군보다 낮은 수치를 보였으며 G4가 10% 첨가된 가래떡을 실온에서 저장한 경우에는 보존기간에 따라 가장 낮은 검성을 보여 주었다.

씹힘성(chewiness)의 경우도 Fig. 6과 같이 견고성과 비슷한 양상을 보여주었으며 냉장보관에서는 시간이 지남에 따라 증가되는 경향을 나타내었다. 실온보관

의 경우에는 1일에는 초기상태와 거의 같은 정도를 유지하다가 2일째부터 대체로 증가하는 경향을 나타내었다. 썩힘성의 경우에도 견고성이나 검성과 마찬가지로 올리고당의 첨가농도에 따라 G4, HL, M75 모두 점차 낮은값을 나타내는 경향으로 냉장과 실온보관 모두 10%의 올리고당 첨가시에 가장 낮은 썩힘성 수치를 보였다.

올리고당 G4, HL, M75 첨가에 따른 가래떡의 조직감 특성은 탄성을 제외한 견고성, 응집성, 검성 그리고 썩힘성에 있어 올리고당을 첨가한 시료가 첨가하지 않은 시료보다 보관기간 전반에 걸쳐서 냉장과 실온보관시 모두 낮은 변화율을 보이므로 전체적으로 올리고당의 첨가는 가래떡의 관능적 품질의 안정화에 기여하는 것으로 나타났다. 안정화의 효과는 올리고당의 첨가농도가 증가할수록 그 효과가 큰 것으로 나타났으며 특히 실온 보관시에 효과가 두드러지는 것으로 관찰되었다. 올리고당의 종류에 따라서는 견고성과 검성의 경우 3가지 올리고당의 종류간에 통계적 유의차를 보이지 않았으나 응집성과 탄력성의 경우에는 변화 경향에 일관성은 부족하나 이소말토올리고당(HL)이 비교적 낮은 변화율을 보였다. 견고성과 검성, 썩힘성의 변화 경향이 비슷한 이유는 검성이 견고성과 응집성과의 이차적인 결합으로 얻었고 썩힘성은 검성과 탄성과의 이차적인 결합으로 얻은 결과이기 때문인 것으로 이해된다. 참고로, 10%의 올리고당을

첨가한 가래떡의 단맛은 일상적으로 떡에 설탕이나 꿀을 발라먹는 정도보다 약간 약한 정도의 단맛수준이었다.

초기 쌀전분의 용융현상

쌀가루에 함유되어 있는 전분의 호화특성을 DSC로서 측정된 결과, 호화개시온도(T_o : onset temperature), 호화종결온도(T_c : conclusion temperature), 그리고 용융엔탈피는 Table 5와 Fig. 7에 나타난 바와 같다. 올리고당을 함유한 경우 호화 개시온도(T_o)는 쌀가루만을 반응시킨 대조시료 71.4°C에 비하여 약간 증가추세를 보였다. HL 10%를 첨가하였을 경우, 73.4°C로 가장 높은 증가를 나타냈다. 반면 호화종결온도(T_c)는 대조군과 실험군에서 큰 차이를 나타내지 않았다. 용융엔탈피는 대조시료 17.6에 비해 올리고당 첨가시에 모두

Table 5. Effects of oligosaccharide types and concentrations on the melting of starch in rice flour

	Content (%)	T_o (°C) ¹⁾	T_c (°C) ²⁾	ΔH ³⁾ (J/g)
Control	0	71.37±0.60	132.57±1.40	17.62±2.17
G4	5	72.33±2.57	133.33±1.23	20.27±1.54
	10	72.77±0.45	131.80±1.05	19.54±3.03
M75	5	71.13±0.49	130.37±0.45	16.40±6.25
	10	71.77±0.81	131.70±2.33	20.29±3.99
HL	5	71.70±0.99	131.95±0.92	21.58±0.12
	10	73.35±0.64	132.90±0.71	24.43±0.59

¹⁾onset temperature.

²⁾conclusion temperature.

³⁾melting enthalpy.

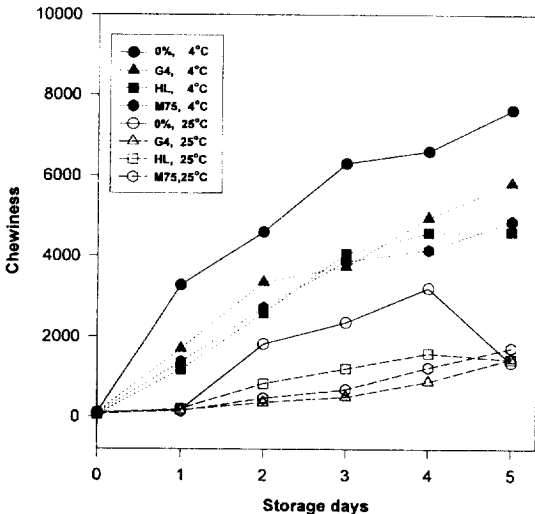


Fig. 6. Effect of oligosaccharide types (10% based on solid weight) on the chewiness of the rice cake during the storage at 4° or 25°C for 5 days. G4: maltotetraose, HL: isomalto-oligosaccharide, M75: high malto-oligosaccharide.

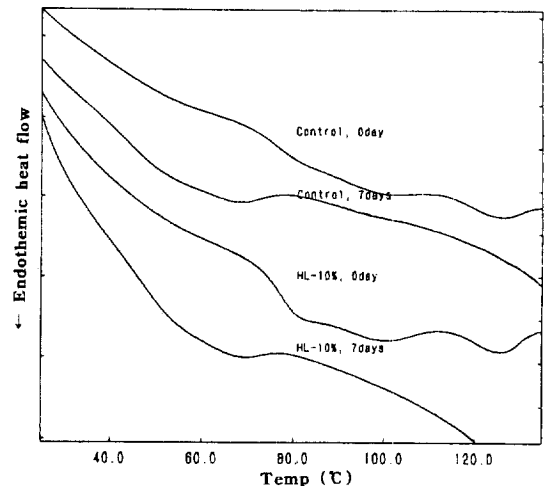


Fig. 7. DSC thermogram of 0 day and 7 days stored rice flour with addition of HL. HL: isomalto-oligosaccharide.

증가하였고, HL을 첨가한 시료에서는 용융온도 및 엔탈피증가가 더욱 현저하였다. 여기에 제시된 용융 엔탈피값은 올리고당을 포함한 전체 고형분중량으로 산출되었다. 전체 고형분함량이 일정한 상태에서 올리고당이 첨가되었으므로 쌀전분의 농도는 오히려 감소하게 된다. 따라서, DSC상의 쌀가루의 용융현상은 전분의 결정구조에서 기인하므로 올리고당 첨가에 의한 전분의 함량감소는 전분의 용융엔탈피 (ΔH)의 감소가 예상되었다. 하지만 올리고당 첨가에 의하여 용융엔탈피가 상승되었음은 이 들 올리고당이 전분의 용융을 저지하고 있음을 나타내고 있다. 이러한 현상은 올리고당이 전분 또는 수분과의 결합때문으로 사료된다. 즉, 전분의 용융에 필요한 전분분자의 유동성을 저지하거나 용융에 이용될 수 있는 수분의 함량이 상대적으로 줄어들기 때문이다. 특히, HL이 다른 올리고당에 비하여 전분 용융저지력이 높은 이유는 Table 1과 Table 2에 나타난 높은 DE값과 당 조성에서 보여 주듯이 수분결합력이 강한 단당류와 이당류의 함량이 많기 때문으로 이해되며, 또한 panose, isomaltose 등의 높은 수분보습 효과에 기인하는 것으로 사료된다⁽¹⁷⁾. 이러한 이성질체 당류에 의한 차이에 대하여는 보충연구가 필요할 것이다.

DSC에 의한 노화도측정

노화정도의 지표로서 용융된 시료를 저장한 후 Table 6에서 용융엔탈피를 측정하여 전분의 재결정도를 비교하였다. 올리고당 G4를 첨가하였을 경우를 살펴보면 대조시료의 재결정도가 88.1%인데 비하여 5% 첨가군이 80.3%, 10% 첨가군이 78.0%로 G4 첨가시에는 5~10%의 재결정화 지연효과를 보였다. M75 첨가의 경우, 대조시료의 결정도가 88.1%인데 비하여 5% 첨가군이 82.3%, 10% 첨가군이 65.0%로 측정되어,

5% 경우 5.8%, 10% 첨가한 경우에는 23.1%의 노화지연 효과를 보였다. 이는 5% 첨가의 경우 G4에 비해 M75가 7.8%에서 5.8%로 약간 적은 노화지연효과를 보였지만 10%첨가시에는 M75가 G4보다 더 큰 노화억제작용을 보였다. HL을 첨가한 경우에도 5% 첨가군이 72.7%, 10% 첨가군이 68.9%로 측정되어 각각 약 15%, 20% 정도의 노화지연효과를 나타내었다. 특히 5% 첨가시 HL은 약 15%의 노화지연효과를 나타내어 7.8% 와 5.8%를 보인 G4나 M75보다도 노화억제작용이 큰 것으로 나타났다.

호화개시온도(T_0)는 대조시료와 올리고당 첨가시료 모두 Table 6과 같이 4°C에서 7일간 저장으로 재결정된 시료가 초기시료보다 낮은 수치를 보였으며, Fig. 7에서처럼 좁은 온도범위에서 용융이 나타났다. 본 실험의 올리고당첨가에 따른 전분의 노화억제는 Slade와 Levine이 당류가 전분질 식품에 대해 노화억제효과를 나타낸다고 보고한 것⁽¹³⁾과도 일치하였다.

이상의 결과로써 이당류와 삼당류가 주성분인 M75와 HL이 사당류가 주성분인 G4보다 노화지연효과가 큰 것으로 조사되었으며, 특히 5%의 HL를 첨가한 경우, 노화억제효과가 두드러지는 결과를 나타내었다. Table 5에서 보면 저장전 초기의 쌀전분의 용융엔탈피를 비교한 결과에서도 HL이 함유된 시료의 엔탈피값이 M75함유 시료보다 약 4 J/g 정도 높게 나타나고 있다. 이러한 결과는 말토오스가 주성분인 M75와 비교할 때 HL의 주성분인 isomaltose 및 panose의 독특한 성질로서 이해되며 이들 α -1,6 결합의 당류가 쌀전분의 용융 및 노화를 억제하는 효과가 α -1,4 결합 당류에 비하여 높은 결과라고 사료된다. 이러한 올리고당류는 전분과 경쟁적으로 수분과 결합을 하여, 전분이 이용할 수 있는 수분이 더욱 감소하게 되며 전분분자 상호간의 회합이 어려워져 새로운 미셀(micell)구조의 형성

Table 6. Onset temperature (T_0) and enthalpy (ΔH) for the melting, and recrystallinity of the retrograded rice cake containing oligosaccharides¹⁾

	Oligosaccharide (%)	T_0 (°C)	ΔH (J/g)	Recrystallinity ²⁾ (%)
Control	0	40.77±1.57	15.54±3.79	88.1
	G4	39.80±3.02	16.30±0.54	80.3
G4	5	41.17±1.08	15.18±0.99	78.0
	10			
M75	5	42.35±0.78	13.54±1.28	82.3
	10	44.60±3.76	13.20±1.60	65.0
HL	5	42.30±1.74	15.73±0.43	72.7
	10	44.50±1.78	16.77±1.59	68.9

¹⁾recrystallized at 4°C for 7 days.

²⁾ $\frac{\Delta H \text{ for retrograded flour}}{\Delta H \text{ for native flour}} \times 100$

이 용이하지 않아 노화가 지연되는 것으로 이해된다.

결론적으로, 본 실험에 사용한 3종류의 올리고당은 가래떡의 저장중 조직감변화를 최소화하고, 전분의 노화를 억제하여 제품의 유통에 따른 품질 안정화와 식품의 조직감 특성의 향상에 기여하는 것으로 관찰되었다. 특히 이소말토올리고당(HL)의 노화지연효과가 두드러져 앞으로 이용가능성이 높은 것으로 사료된다.

요 약

올리고당이 가래떡의 조직감변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 당 조성이 다른 3가지 올리고당류(M75, HL, G4)를 쌀가루에 고품분대치로 10% 까지 첨가하여 제조한 후 실온(25°C)과 냉장(4°C) 조건하에서 5일간 보관하면서 조직감의 변화를 기계적으로 측정하였다. 가래떡의 조직감특성은 사용된 올리고당의 종류, 첨가농도, 보관온도 및 보관기간에 따라 유의적인 차이(p<0.0001)를 나타내므로 이들이 모두 가래떡의 견고성, 응집성, 탄성, 검성 및 씹힘성에 영향이 있음을 나타내었다. 모든 시료는 올리고당을 첨가하였을 때, 올리고당을 첨가하지 않은 경우보다, 올리고당의 종류나 보관온도에 관계없이 시간경과에 따라 낮은 조직감 변화를 보였으며, 당농도가 증가할수록 조직감의 변화는 감소하는 경향으로 가래떡의 관능적 품질의 안정화에 효과를 보였다. 특히 DE값이 높은 M75 및 HL이 G4보다 노화억제에 더욱 기여하였으며 isomaltose 및 panose의 함량이 높은 HL이 maltose가 주성분인 M75보다 노화억제효과가 더 높았다. 호화된 전분젤을 4°C에서 7일간 저장한 후 DSC를 이용하여 전분의 노화현상을 측정된 결과, 올리고당을 첨가했을 때 호화개시온도가 처음보다 낮아졌으며, 올리고당의 첨가농도가 증가함에 따라 재결정도는 낮은 비율을 나타냈다. 올리고당의 종류중 maltotetraose가 주성분인 G4보다 이당류, 삼당류가 주성분인 M75와 HL의 노화지연효과가 큰 것으로 나타났고, 특히 HL은 5% 첨가로도 약 15%의 높은 전분 재결정화 억제효과를 나타내므로 조직감 측정 결과와 비교적 일치된 결과를 보였다.

감사의 글

본 실험에 사용된 올리고당 시료를 제공하여 준 (주)세원에 감사드립니다. 본 논문은 CAFST의 지원으로 출판되었습니다(CAFST journal No. 97018).

문 헌

1. 김정옥, 최차란, 신말식, 김성곤, 이상규, 김왕수 : 쌀전분젤의 노화에 수분함량과 저장온도가 미치는 영향. 한국식품과학회지, **28**(3), 552 (1996)
2. 고용덕, 최옥자, 박석규, 하희숙, 성락계 : 저장조건에 따른 쌀 전분의 이화학적 성질 변화. 한국식품과학회지, **27**(3), 306 (1995)
3. 김정옥, 신말식 : 저장온도에 따른 쌀가루 젤의 노화. 한국농화학회지, **39**(1), 44 (1996)
4. 금준석, 이상효, 이현유, 이찬 : 아밀로스 함량과 Gel consistency의 차이에 의한 품종별 쌀전분의 노화특성. 한국식품과학회지, **28**(6), 1052 (1996)
5. 현창기, 박관화, 김영배, 윤인화 : 쌀전분의 Differential Scanning Calorimetry. 한국식품과학회지, **20**(3), 331 (1988)
6. Del Rosario, R.R. and Pontiveros, C.R.: Retrogradation of some starch mixtures. *Starch/Starke*, **35**, 86 (1985)
7. 이신영, 이상귀, 김광중, 권익부 : 쌀전분의 이화학적 성질에 미치는 명반첨가 의 영향. 한국식품과학회지, **25**(4), 355 (1993)
8. 문세훈, 김정옥, 이신경, 신말식 : 슈크로오스 지방산 에스테르와 대두유 첨가 쌀가루젤의 노화. 한국식품과학회지, **28**(2), 305 (1996)
9. Kweon, M.R., Park, C.S., Auh, J.H., Cho, B.M., Yang, N.S., and Park K.H.: Phospholipid hydrolysate and antistaling amylase effects on retrogradation of starch in bread. *J. Food Sci.*, **59**(5), 1072 (1994)
10. l'Anson, K.J., Miles, M.J., Morris, V.J., Besford, L.S., Jarvis, D.A., and Marsh, R.A.: The effects of added sugars on the retrogradation of wheat starch gels. *J. Cereal Sci.*, **11**, 243 (1990)
11. Germani, R., Ciacco, C.F., and Rodriguez-Amaya, D.B.: Effects of sugars, lipids and type of starch on the mode and kinetics of retrogradation of concentrated corn starch gels. *Starch/Starke*, **35**(11), 377 (1983)
12. Maxwell, J.L., and Zobel, H.F.: Model studies on cake staling. *Cereal Foods World*, **23**, 124 (1978)
13. Levine, H., and Slade, L.: Water as a plasticizer: Physicochemical aspects of low-moisture polymeric systems. In *Water Science Reviews* Vol. 3, Franks, F. (Ed.), Cambridge Univ. Press, p.79-185 (1987)
14. Lin, W., and Lineback, D.R.: Changes in carbohydrate fractions in enzyme-supplemented bread and the potential relationship to staling. *Starch/Starke*, **42**(10), 385 (1990)
15. Kohyama, K., and Nishinari, K.: Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. Agri Food Chem.*, **39**, 1406 (1991)
16. Katsuta, K., Nishimura, A., and Miura, M.: Effects of saccharides on stabilities of rice starch gels. I. Mono and disaccharides. *Food Hydrocolloid*, **6**, 387 (1992)
17. 김정렬, 육철, 권혁진, 홍성용, 박찬구, 박경호 : 이소말토올리고당과 프락토 올리고당의 물리적 성질 및 생리학적 특성. 한국식품과학회지, **27**(2), 170 (1995)
18. 안장우, 홍 승서, 박관화, 서진호 : *Aspergillus niger* 유래의 transglucosidase의 이소 말토올리고 당 생성반응 특성. 한국식품과학회지, **28**(2), 273 (1996)
19. 김영인, 금준석, 이상효, 이현유 : 쌀가루의 제분방법에 따른 증편의 노화도 특성. 한국식품과학회지, **27**(6),

- 834 (1995)
20. 이철호, 채수규, 이진근 : 식품공업품질관리론, 유림문화사, 286 (1989)
 21. 이철호, 손혜숙 : 반응 표면분석에 의한 Imitation Cheese의 조직감 형성. 한국식품과학회지, **17**(5), 361 (1985)
 22. 김광옥, 이영춘 : 식품의 관능검사, 학연사, 359 (1989)
 23. Yost, D.A. and Hosney, R.C.: Annealing and glass transition of starch. *Starch/Starke*, **38**(9), 289 (1986)
 24. Knutson, C.A.: Annealing of maize starches at elevated temperatures. *Cereal chem.*, **67**(4), 376 (1990)
 25. Krueger, B.R., Knutson, C.A., Inglett, G.E., and Walter, C.E.: A DSC study on the effect of annealing on gelatinization behavior of corn starch. *J. Food Sci.*, **52**(3), 715 (1987)
 26. Jacobs, H., Eerlingen, R. C., Clauwaert, W., and Delcour, J.A.: Influence of annealing on the pasting properties of starches from varying botanical sources. *Cereal Chem.*, **72**(5), 480 (1995)
-
- (1997년 9월 8일 접수)