

당알콜이 밀전분의 호화 및 노화에 미치는 영향

신인영 · 김혁일[†] · 김창순*

계명대학교 식품가공학과

*창원대학교 식품영양학과

Effect of Sugar Alcohol on Wheat Starch Gelatinization and Retrogradation

In-Young Shin, Hyuk-Il Kim[†] and Chang-Soon Kim*

Dep. of Food Science and Technology, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

*Dep. of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

Abstract

The sugar alcohols are useful alternatives to sucrose in confections because they provide desirable taste but lessen the potential risks for dental caries. The effects of sugar alcohol and their interaction on starch pasting properties were determined by the viscoamylograph with the concentration of 30%, 20%, 10% sugar alcohol in 1% CMC. The disaccharides, lactitol, maltitol, and isomalt, delayed pasting more than did monosaccharides, sorbitol and xylitol. With regard to the solubility in water, sorbitol and xylitol are more soluble than sucrose, maltitol and lactitol are almost equal and isomalt is less soluble than sucrose. Sorbitol and xylitol were highest on gelatinization. But their retrogradation occurred faster than other sugar alcohols. Lactitol and maltitol decreased gel strength more than did sucrose and other sugar alcohols.

Key words: sugar alcohols, starch, gelatinization, retrogradation

서 론

현대인들의 식생활이 간편화, 서구화됨에 따라 가공식품 특히 제과, 제빵 및 패스트푸드 등 밀가루 가공식품의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이들 식품의 감미료로 가장 많이 사용되어온 천연당 성분인 설탕은 이미 널리 알려진 바와 같이 높은 열량과 빠른 인체 흡수로 인한 당뇨병, 비만증, 고콜레스테롤이나 충치 등의 결과를 가져오기도 한다(1,2). 또한 지금까지 개발되어오고 있는 인공 감미료는 감미도가 높고 식품의 성질에 영향을 주지 않는 장점이 있지만 일부는 독성적인 면으로 인해 사용이 제한되고 있는 실정이다. 건강에 대한 관심도의 증가와 함께 저열량 식품에의 관심도 또한 증가되고 있는 추세다. 이러한 시대적 요구에, 기능성 당의 개발이 활기를 띠고 있다. 그 중 하나인 당알콜은 천연 탄수화물로부터 유래한 소재로 생리적 기능이 뛰어나고, 물리화학적 면에서 식품에의 응용적성이 매우 크다고 보고되고 있다(3-5). 당알콜은 당을 환원시켜 산소분자를 hydroxyl group으로 전환시킨 "polyol"인데 자연계에 상당히 존재하여 식품으로 섭취되고 있으며, 소량을 섭취해도 인체내에서 효과적

으로 작용한다. 뿐만 아니라 인체의 소장에서는 소화되지 않고 대장에 이르러 발효되기 때문에 저칼로리, *Bifidus* 균 증식인자 등의 생리적 기능을 보인다(2,6,7). 특히 본 실험에서 사용된 xylitol, sorbitol, lactitol, maltitol은 충치예방의 효과가 있으며 섭취시 인슐린량을 증가시키지 않기 때문에 당뇨병환자 대상의 식품으로 이용성이 높다. 또한 화학적으로 흡습성, 낮은 점도, 수분활성도 저하, 높은 동결온도 등으로 우수한 특징을 가진 것으로 보고되고 있다(8). 특히 전분의 노화지연 효과가 높아 밀가공식품을 비롯한 일반식품에 설탕 대용품으로 널리 이용될 전망이다(9). 하지만 당알콜과 전분간의 관계를 연구한 논문은 찾아보기 힘들며 옥수수 전분의 팽윤에 대한 당 및 당알콜의 효과(9), 당과 당알콜의 감자, 옥수수 전분의 호화, 노화도에 미치는 영향(10) 등에 대한 연구가 있긴 하지만 현재 제과, 제빵 및 가공식품의 주원료가 밀가루인 것에 비해 당알콜과 밀전분의 관계에 대한 연구는 매우 미약한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 당알콜이 밀전분의 호화 및 노화, 물리적 특성에 미치는 영향을 통해 당알콜의 밀가공 식품에의 사용전망을 살펴보고자 하였다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 밀전분(wheat starch)은 Midsol 50 (Midwest Grain products, Inc., Atchinson, KS, USA)으로서 수분함량이 10%이다. 대조군인 설탕(sucrose)은 (주)삼양의 가는 정백당이고, 당알콜(sugar alcohols)은 (주)Cultor의 lactitol, xylitol, isomalt와 (주)삼양제맥스의 sorbitol, 일본제품인 maltitol(Towa chemical industry Co., LTD., Japan)이며 순도가 98%인 분말형태로 사용되었다.

밀전분 현탁액의 아밀로그램(amylogram) 측정

설탕 및 당알콜을 10~30%(전체용액 기준)를 함유한 5.5% 밀전분 용액(점도 보정용으로 1% CMC사용, 밀전분의 수분함량 14%로 맞춰줌)을 각각 제조한 후 amylograph (Viskoamylograph type 801360, Brabender Co., Germany)를 실행(torque 75/min)하였다. 이때 시작온도 30°C에서 95°C까지 가열(1.5°C/min)하고 이 온도에서 15분간 유지시킨 후 50°C로 냉각(1.5°C/min) 하여 15분간 유지시켰다.

밀전분의 겔강도(gel strength) 측정

설탕 및 당알콜 용액 10~30%를 함유(전체용액 기준)한 8% 밀전분 용액을 각각 제조한 후 amylograph를 사용하였다. 이때 시작온도 30°C에서 95°C까지 가열(1.5°C/min, torque 75/min)하고 10분간 유지시킨 후 알루미늄호일을 두른 유리접시(지름 5cm, 깊이 3.3cm)에 부어 6시간 동안 식혔다. 여기에 작은 알루미늄접시를 덮어 수분흡습을 방지하고 4°C(냉장), 25°C(실온)에서 22시간 저장한 후 컵 윗부분의 여분의 gel을 cheese cutter로 잘라서 제거한 후 Rheometer(Model No. RE 3305, 본체감도 2kg, Yamaden)로 겔강도를 측정(원통형의 plunger 지름 1.6 cm, sample내로 침투하는 깊이 5mm, speed 0.5mm/s, 위치는 sample 정중앙)하였다.

밀전분의 팽윤력(swelling power) 측정

설탕 및 당알콜 용액 10~30%를 함유(전체용액 기준)한 1.77% 밀전분 용액을 원심분리관에 붓고 95°C water bath에서 1시간 동안 homogenizer로 교반(speed 200rpm)하면서 전분의 swelling이 최대로 일어나게 하였다. 그 후 원심분리(speed 3,000 rpm, 30min)를 하고 나서 상등액과 paste의 무게를 측정한 값을 다음의 식을 이용하여 팽윤력(swelling power)으로 나타내었다(11).

$$\text{Swelling power} = \frac{\text{Wt. of sedimented paste(g)} - \text{Wt. of sugar in paste(g)}}{\text{Wt. of starch (dry substance)}}$$

저온저장(cold storage), 냉동과 해동조건(freeze and thaw condition)에서 밀전분 겔의 안정성(gel stability) 측정

8% 밀전분용액에 대한 30% 설탕 및 당알콜용액으로 위의 겔강도와 같은 제조조건으로 겔을 만들어서 사용하였다.

저온저장(cold storage, 4°C)

겔(gel)을 3등분하여 용기에 담아 램으로 밀봉하여 비닐팩에 싸서 4°C(냉장)에서 저장하였다. 3, 6, 10일 저장 후 시료를 꺼내어 glass funnel(filter paper type: GF/C)로 진공여과 과정을 통하여 분리된 물을 제거한 후 처음 겔 무게에 대한 분리된 물의 비율로 syneresis를 나타내었다.

냉동과 해동(freeze and thaw)

냉동(-20°C, 24시간)과 해동(25°C, 4시간) 사이클이 3번 반복되도록 하여 사이클 마다 glass funnel(filter paper type: GF/C)을 이용한 진공여과과정을 통하여 겔(gel)로부터 분리된 물을 모은 후 위와 같이 처음 겔 무게에 대한 분리된 물의 비율로 syneresis를 나타내었다.

$$\text{Syneresis(\%)} =$$

$$\frac{\text{Wt. of water separate after cold storage or freeze and thaw cycle}}{\text{Wt. of starch gel} \times 100}$$

결과 및 고찰

당알콜이 밀전분의 amylogram에 미치는 영향

점도보정을 하지 않은 5.5% 밀전분의 amylogram의 경우는 첫 번째 호화 개시단계의 점도가 나타나지 않아 점도변화를 명확히 알 수 없었고 점도변화의 첫 번째 시점이 89.25°C였으나 1% CMC(carboxy methyl cellulose)사용으로 amylogram의 baseline이 상승되면서 밀전분의 호화개시온도가 61.5°C로서 명확히 나타나고 그 점도변화가 더 구체화 되었다(Table 1). 따라서 시료에 CMC를 사용함으로써 전분입자의 팽윤력 및 점도상승으로 전분에서 초기단계 호화시작점의 강도 및 amylogram의 민감도가 증가되게 된다. 또한 Table 1에서 보듯이 1% CMC와 5.5% 밀전분 각각의 amylogram 점도는 낮지만 혼합하면 CMC에 의해 전분수화가 커지고 공유결합, 반데르발스 힘에 의해 점도가 급격히 올라가게 된다. 10%의 당용액에서는 당 종류에 따른 차이가 크게 나타나지 않았고, 20% 이상의 당용액에서 각각 유의적인 차이가 났으며, 농도가 높을수록 호화개시온도가 높아서 호화를 지연시켰다. 이는 당알콜을 첨가한 용액중에 함유된 물분자와 당이 수화하기 때문에 전분입자의 팽윤을 크게 억제(6)하여 전분호화를 지연시킨 것으로 생각된다. Sorbitol, xy-

Table 1. Effect of sugar alcohols and their interaction on wheat starch pasting properties determined viscoamylograph

	Initial pasting temperature (°C)			Peak height (B.U.) (P)	Height at 95°C 15min. (B.U.) (H)	Height at 50°C (B.U.) (C)	Breakdown (P-H)			Consistency (C-H)			Setback (C-P)								
	10	20	30				10	20	30	10	20	30	10	20	30						
1% CMC	0			50	50	70	0			20			20								
5.5% Starch	-			65	65	227.5	0			162.5			162.5								
1% CMC + 5.5% starch	61.5			420	440	747.5	-20			307.5			327.5								
Sugar concentration (% on 5.5% wheat starch soln.)																					
1% CMC + 5.5% starch + sugar	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30			
Sucrose	61.5	64.5	72	440	380	240	540	530	385	850	770	630	-100	-150	-145	310	240	245	410	390	390
Sorbitol	60	64.5	69	510	430	275	545	570	410	870	810	648	-35	-140	-135	325	240	238	360	380	373
Xylitol	61.5	61.5	68	490	470	265	540	540	443	870	840	658	-50	-70	-176	330	300	216	380	370	393
Maltitol	61.5	64.5	69	465	350	210	550	515	340	845	772	590	-85	-165	-130	295	257	250	380	422	380
Lactitol	61.5	66	72	420	410	205	513	460	290	795	710	530	-93	-50	-85	283	250	240	375	300	325
Isomalt	61.5	66	70.5	455	412	180	542	460	218	810	690	450	-87	-48	-38	268	230	232	355	278	270

litol, maltitol의 20%, 30%용액에서 밀전분의 호화개시온도는 sucrose보다 대체로 같거나 낮았고, 최고점도는 sucrose보다 sorbitol, xylitol이 높았고 maltitol, lactitol, isomalt는 대체로 낮은 경향을 나타내었다. 특히 각각의 농도에서 단당류인 sorbitol, xylitol은 이당류인 sucrose에 비해 최고점도가 높은 것은 Kim과 Walker(12)의 단당류가 이당류보다 점도증가효과를 크게 한다는 연구와 일치하였다. 또 모든 당알콜용액에서 입자의 붕괴에 의한 점도의 감소없이 낮은 점도를 유지하며 가열과 냉각과정을 통해 점도가 서서히 증가하였다. 냉각점도는 모든 농도에서 lactitol, isomalt가 대조구보다 현저하게 낮았고, sorbitol, xylitol은 대조구보다 전분용액의 결합강도를 높여 냉각점도가 높아 점조성이 안정하였다. Setback은 당농도가 높을수록 당알콜의 setback이 낮았으며 20%이상 당알콜 용액 중 lactitol, isomalt가 현저하게 낮았다(Table 1). 따라서 이당류인 lactitol, isomalt의 첨가로 노화도의 지표인 냉각점도와 setback이 현저하게 낮아져서 다른 당알콜보다 노화지연효과가 있는 것으로 나타났다.

당알콜이 밀전분의 겔강도(gel strength)에 미치는 영향

겔강도는 저장온도가 낮을수록 높았고 당농도가 높을수록 낮게 나타났다. 이것은 고농도의 당용액일수록 전분 호화시 당이 공존하는 자유수를 탈수하여 전분 수화를 방해하고, 전분 분자간의 결합을 저해하므로 겔 안정성이 저하되기 때문이다. 겔은 전분현탁액이 호화되면서 점도가 상승하게 되고 이 고농도의 호화액은 냉각되면서 전분 겔이 급속히 형성되는데(12), 전분현탁액에 당이 첨가되어 수용액 안에서 당이 수화(hydration)되기 때문에 탈수제로서 작용하여 당의 농도가 클 때는 전분현탁액에서 전

분의 침전을 억제하는 효과를 가진다(13). 따라서 30% 이상 당농도에서의 겔강도가 20%, 10%보다 낮아 당이 전분의 노화를 지연시킬 수 있다. 겔강도는 10% 당용액에서는 당 종류에 따른 뚜렷한 변화가 나타나지 않다가 20%에서 maltitol, lactitol이 낮았으며, 30%에서 대조구인 sucrose보다 sorbitol, xylitol이 유의적으로 높고 isomalt가 당알콜 중 유의적으로 낮아서 전분식품의 노화지연과 저장성에 효과가 있음이 나타났다(Table 2). 또한 겔강도 값은 amylogram의 점도값과 경향이 비슷했는데, 이는 이당류가 단당류보다 더 팽윤을 지연시키는 성질이 있다는 Kim과 Walker(12)의 연구와 같이 이당류인 30% lactitol과 maltitol의 점도가 팽윤의 지연으로 인해 단당류인 sorbitol과 xylitol보다 낮게 나타남을 알 수 있다. 당의 농도에 따른 점도변화를 살펴보면, 10%, 20%, 30%의 점도에서 20% 당첨가 용액의 점도가 제일 높았다. Isomalt와 25°C에서 저장한 lactitol을 제외하고는 모두 20%에서의 겔강도가 가장 높았는데, 특히 20% sorbitol, xylitol의 값이 유의적으로 높았다. 이것은 당이 전분의 점도를 증가시켜 20%의 겔강도가 10% 경우보다 높지만, 30% 이상의 당농도에서는 당이 혼합물중의 물분자에 수화되어 전분 입자의 팽윤을 억제하고 당의 탈수작용에 의한 전분의 유효수분함량(effective moisture content)이 감소되어 호화전분의 경우 노화가 지연되므로(13) 30% 이상의 당농도에서 노화지연과 저장성에 효과가 있음을 알 수 있다.

당알콜이 밀전분의 팽윤력(swelling power)에 미치는 영향

당알콜의 팽윤력은 당농도가 높아질수록 낮게 나타났고, 모든 당 농도에서 sorbitol, xylitol이 대조구인 sucrose의 값보다 높게 나타났다(Table 3). Bean 등(14)의

Table 2. Gel strength of 8% wheat starch with different concentration of sugar alcohols at 4°C and 25°C

8% Wheat starch	4°C(refrigerate temp.)			25°C(room temp.)		
	175.3±4.2			110.3±4.5		
	Sugar concentration (% on 8% wheat starch soln.)					
Sugar	10	20	30	10	20	30
Sucrose	181.7± 3.5	199.7± 6.8	73 ±2.7	126.7±5.1	134 ±1.7	46.3± 3.2.
Sorbitol	185.7±10.9	210 ± 4.4	147.7±9.1	130.3±7.1	155.3±5.9	117.7±10
Xylitol	171.7± 5.1	208.7± 4	176.3±2.1	110.3±4.4	135 ±3	107 ± 6.1
Maltitol	178.3± 5.7	193 ± 5.3	66.7±6.8	129.7±8.4	132.3±3.5	41.7± 1.5
Lactitol	182.3± 2.5	197 ±10.4	44 ±3.6	135.3±2.5	125.3±3.8	28.3± 1.2
Isomalt	206.7± 7.6	199.3± 9.8	25.7±4	148.3±4	136.7±8.7	25.3± 0.6

Table 3. Swelling power values of sugar and sugar alcohol

1.77% Starch	Swelling power ¹⁾		
	6.9		
	Sugar concentration (% on 1.77% wheat starch soln.)		
Sugar	10	20	30
Sucrose	6.5	5.4	3.7
Sorbitol	6.7	5.8	4.1
Xylitol	6.6	5.8	4.1
Maltitol	6.5	5.4	3.6
Lactitol	6.4	5.2	3.3
Isomalt	6.2	5.0	3.1

¹⁾Swelling power=

$$\frac{\text{Wt. of sedimented paste}-\text{Wt. of sugar in paste}}{\text{Wt. of starch (dry substance)}} : \text{Average of two determination}$$

당의 농도가 증가함에 따라 전분입자의 팽윤이 지연되어 결국 전분의 호화를 지연시킨다는 연구는 본 실험 결과에서 당이 첨가되지 않은 전분의 팽윤력이 가장 크고 당농도가 높아질수록 팽윤력이 낮아진다는 결과와 일치하였다. Spies와 Hosney(15)는 당에 의한 전분입자의 팽윤억제는 전분입자내의 무정형영역(amorphous region)에서 당분자와 전분분자간의 교차결합정도에 기인된다고 밝혔고, Savage와 Osman(9)은 일반적으로 이당류가 전분의 팽윤을 지연시키는데 있어 단당류에 비해 더 많은 영향력을 가지고, 당농도가 높아질수록 전분입자의 팽윤지연에 많은 영향력을 미친다고 하였는데, 이는 본 실험에서

10%, 20%, 30% 모든 당농도에서 각 당알콜의 분자구조의 상이성에 따라 전분분자와의 교차결합의 정도가 달라 나타나 팽윤력이 각각 다르게 나타났고(12), 단당류인 sorbitol과 xylitol이 이당류인 maltitol, lactitol, isomalt보다 팽윤력이 높게 측정됨으로써 확인할 수 있었으며, 낮은 이당류보다 단당류인 sorbitol, xylitol이 전분 호화시 첨가되면 밀전분 호화에 대한 효과가 더 커진다.

저온저장(cold storage), 냉동과 해동조건(freeze and thaw condition)에서 당알콜이 밀전분의 겔 안정성(gel stability)에 미치는 영향

저온저장에서의 전분겔의 안정성이 더 높았고, 당을 첨가한 겔의 syneresis(수분분리)값이 당을 첨가하지 않은 것보다 높았다. 모든 저장조건에서 30% sorbitol과 xylitol이 대조구인 sucrose보다 syneresis값이 유의적으로 낮아서 겔 안정성을 크게 하고, maltitol, lactitol, isomalt는 안정성을 낮게 했다(Table 4). 이는 단당류인 sorbitol, xylitol이 이당류인 나머지 당알콜보다 전분의 호화를 촉진시켜 호화 점도를 높게 하고 이의 냉각시 겔 구조를 안정하게 하여 겔 형성력을 높게 하며 또한 겔 저장시 겔의 안정성을 높여 수분보유 능력을 높게 한다고 판단된다. 이 결과는 밀 전분의 amylogram, 겔강도, 팽윤력과도 일치하는 경향을 보였다. 또 저온 저장기간 동안 겔의 syneresis값이 일정하게 유지되었고 냉동 후 해동 cycle에서

Table 4. Syneresis of wheat starch gels(8% solids) in 30% sugar solution after cold storage and freeze-thaw treatment

Type of starch gel	Syneresis ¹⁾ (%) after cold storage at 4°C			Syneresis(%) after freeze-thaw		
	3 Days	6 Days	10 Days	1 Cycle ²⁾	2 Cycles	3 Cycles
8% starch	5	9	12	22.9	25.3	31.2
Type of 30% sugar						
Sucrose	24.1	29.2	31.2	36.9	43.0	48.7
Sorbitol	13.8	16.5	20.3	29.8	33.4	35.6
Xylitol	14.2	17.8	21.5	34.1	36.3	42.9
Maltitol	26.4	30.1	33.3	39.1	45.2	53.5
Lactitol	28.3	33.3	35.9	41.8	46.4	55.5
Isomalt	39.9	44.7	47.6	51.1	52.9	59.0

¹⁾Syneresis(%) = wt. of water separated cold storage or freeze and thaw/wt. of starch gel × 100 : average of two determination

²⁾Cycle = freeze(-20°C, 24hr) after thaw(25°C, 4hr)

는 겔 구조가 큰 불안정성을 보여 syneresis값이 높게 나타났다. 그리고 당알콜 중 sorbitol이 저장기간 중 일정한 저장성을 보였고 maltitol은 sucrose와 가장 유사한 syneresis값을 나타내었다. 따라서 대체당으로서 sorbitol과 xylitol은 겔형성이 응용되는 식품의 안정성을 높여 이의 응용적성이 높고 또한 maltitol, lactitol, isomalt는 저장중 겔화(gelling)와 노화(firming)의 속도를 늦추어 노화지연에 효과가 있어서 식품산업에서의 응용 가능성이 높다고 사료된다.

요 약

설탕(sucrose)의 대체당으로서 기능성이 우수한 당알콜(sugar alcohols)의 이용전망을 살펴보기 위해 밀전분의 호화와 노화도의 지표인 amylogram, 겔강도(gel strength), 팽윤력(swelling power), 겔 안정성(syneresis)을 측정하여 당알콜이 이에 미치는 영향을 연구하였다. Amylogram에서 20% 이상 당알콜용액 중 단당류인 sorbitol과 xylitol이 전분의 팽윤을 억제시키는 이당류로서의 sucrose보다 호화개시온도와 최고점도가 유의적으로 높아 대체당으로서 밀전분의 호화에 효과가 있는 것으로 나타났다, 이당류인 maltitol, lactitol, isomalt가 냉각중 겔 형성을 억제하고 노화도를 측정할 수 있는 냉각점도와 setback이 유의적으로 낮아 다른 당알콜보다 노화지연효과가 있다고 사료된다. 겔강도에서는 20% 이상 당알콜 중 대조구인 sucrose보다 sorbitol, xylitol의 겔강도가 유의적으로 높아서 겔형성이 이용되는 식품제조에 유용하고, 이당류인 maltitol, lactitol, isomalt의 겔강도가 낮게 나타나 전분식품의 노화지연과 저장성에 효과가 있다고 사료된다. 대부분의 당알콜이 모두 20%에서의 겔강도가 가장 높았는데, 이는 당이 전분용액의 점도를 증진시키는 효과는 있으나 30% 이상의 당농도에서는 당이 혼합물 중의 물 분자에 수화되어 전분 입자의 팽윤을 억제하고 당의 탈수 작용에 의한 노화 지연으로 30% 이상의 당농도에서 노화 지연과 저장성에 효과가 있는 것으로 사료된다. 팽윤력은 당농도가 높아질수록 전분팽윤을 억제하여 낮았고, 모든 농도에서 단당류인 sorbitol, xylitol이 용해도가 높기 때문에 sucrose보다 전분의 팽윤력을 증대시켜 높은 경향을 나타내므로 밀전분 호화에 효과가 있는 것으로 사료된다. 저온저장, 냉동과 해동 저장조건 모두에서 30% 당용액 sorbitol과 xylitol이 대조구인 sucrose보다 syneresis(수분분리) 값이 유의적으로 낮고 겔 안정성이 가장 커서 대체당으로서 sorbitol과 xylitol은 겔형성이 응용되는 식품의 안정성을 높이고 maltitol, lactitol, isomalt는 저장중 gelling과 firming의 속도를 늦추어 노화지연 효과와 저장성에 효과가 있음이 나타났다. 따라서 본 실험 결과 당

알콜 중에서 sorbitol, xylitol이 sucrose보다 호화에 효과가 있는것으로 보아 제과, 제빵 등 밀 가공 식품제조에서 최종 제품의 바람직한 품질을 얻을 수 있고 제조공정 시간과 비용을 줄여서 산업적 경제성이 높다고 판단된다. 또한 maltitol, lactitol, isomalt은 노화 지연 효과가 크므로 밀 가공식품의 저장능력을 향상시켜 제품의 안정성을 높이는 것으로 사료된다.

문 헌

1. Bean, M. M. and Osman, E. M. : Behavior of starch during food preparation. II. Effect of different sugar on the viscosity and strength of starch pastes. *Food Res.*, **24**, 665-670(1959)
2. Kim, C. S. and Walker, C. E. : Effect of sugar and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. *Cereal Chem.*, **69**, 212-215(1992)
3. Lee, C. H., Souane, M., Lee, H. D. and Kim, S. Y. : Studies on the functional properties of sugar derivative sweeteners. *Korean J. Dietary Culture*, **5**, 431-436(1978)
4. Lee, C. H., Han, B. J., Kim, N. Y., Lim, J. K. and Kim, B. C. : Studies on the browning reaction of sugar derivative sweeteners. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 52-56(1991)
5. Deffenbaugh, L. B., Lincoln, N. E. and Walker, C. E. : Use of the rapid analyzer to measure starch pasting properties. I. Effect of sugars. *Starch/Stärke*, **41**, 461-467(1989)
6. Shuey, W. C. and Tipples, K. H. : *The amylograph handbook*. ACC(American Association of Cereal Chemists), pp.3-6(1980)
7. Hamano, H. : Functional properties of sugar alcohols as low-calorie sugar substitutes. *Food Ind. Nutr.*, **2**, 1-6(1997)
8. Kim, J. R., Yook, H. K., Hong, S. Y., Park, C. K. and Park, K. H. : Physical and physiological properties of isomaltuligosaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 170-175(1995)
9. 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)
10. Hase, S., Kawamura, U. and Yasui, T. : Effects of sugar alcohols on the gelatinization and retrogradation of starch. *Rept. Natl. Food Res. Inst.*, **38**, 73-84(1981)
11. Takahashi, S. and Seib, P. A. : Paste and gel properties of prime corn and wheat starches with and without native lipids. *Cereal Chem.*, **65**, 474-483(1988)
12. Kim, C. S. and Walker, C. E. : Changes in starch pasting properties due to sugar and emulsifiers as determined by viscosity measurement. *J. Food Sci.*, **4**, 1009-1013(1992)
13. 김광욱 : 밀누말의 호화 및 호화에 영향을 미치는 인자. *식품영양정보*, **3**, 49-57(1987)
14. Bean, M. M., Yamazaki, W. T. and Donelson, D. H. : Wheat starch gelatinization in sugar solution. I. Sucrose : Microscopy and viscosity effects. *Cereal Chem.*, **55**, 936-944(1978)
15. Spies, R. D. and Hosney, R. C. : Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.*, **59**, 128-134(1982)