

## 올리고당과 당알코올을 이용한 스폰지 케익의 제조

김창순 · 이영순

창원대학교 자연과학대학 식품영양학과

### Characteristics of Sponge Cakes with Replacement of Sucrose with Oligosaccharides and Sugar alcohols

Chang Soon Kim and Young Soon Lee

Department of Foods and Nutrition, Changwon National University

#### Abstract

The characteristics of sponge cakes prepared with replacement of 30, 50, 75, or 100% of sucrose with isomaltulooligosaccharide (IOS), fructooligosaccharide (FOS), maltitol syrup (MS), or maltitol powder (MP), were examined through physical measurement and sensory evaluation. The specific gravities of foams and cake batters were not significantly different among samples ( $p < 0.05$ ). The use of IOS increased the viscosity of cake batter. The cakes containing IOS, FOS, MS, or MP were softer than control cakes (sucrose 100%). Especially cakes prepared with 30, 50% IOS, or 75, 100% MP, appeared to be fragile. When increasing levels of IOS or FOS were incorporated in the cake formula, cake crust color was getting darker than that of control cake, whereas cake containing maltitol was getting lighter as the levels of replacement increased. Generally, the volume of cake containing FOS were superior to that of control cake, whereas those of cakes containing above 50% MP were inferior. Sensory analysis of experimental cakes did not show significant differences from the control cake for softness, springiness and gumminess. Sweetness increased replacing the sucrose with FOS, MS or MP (30, 50%) and moistness increased using IOS, FOS, MS, or MP without agreement with moisture contents of cakes. Replacement of 30, 50% sucrose with MS or 30% with MP did not affect greatly the physical measurements or sensory characteristics studied.

Key words: cake, oligosaccharides, sugar alcohols, physical, sensory characteristics

#### 1. 서 론

국민 소득의 증가와 식생활패턴의 서구화에 의해 제과제빵의 소비가 증가함에 따라 최근 상당한 규모로 그 소비량이 증가되고 있다. 이들 중 케익류는 주로 지방과 설탕을 많이 함유한 고칼로리 식품으로 영양학적 불균형을 초래할 수 있다는데서 문제점을 내포하고 있다. 그리하여 비만과 여러가지 성인병에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있으므로 건강에 대한 관심도가 증가되면서 저열량 식품에 대한 관심이 해마다 늘고 있는 실정이다. 그러므로 최근 외국에서는 저열량 케익에 관한 연구가 많이 진행되고 있다<sup>1,2</sup>. 식품에서 전통적인 감미료로 가장 많이 사용되어 온 천연 감미료 설탕은 열량이 높고 흡수가 빠른 열량원으로, 최근 가공식품의 소비가 증가함에 따라 이를 섭취할 기회가 더욱 많아지게 되었다. 이로 인하여 당뇨병, 비만

증, 고콜레스테롤이나 심혈관질환 및 충치 등의 피해가 널리 알려지면서 새로운 설탕 대체 감미료에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다. 이러한 시대적 요구에 맞추어 최근 여러 가지 당유도체들이 공업적으로 생산되고 있는데 이들 중 난소화성 올리고당과 당알코올계 감미료들은 섭취 후 인슐린 분비에 영향을 주지 않으며 체내에서 소화 흡수가 어렵고 장내에 유익한 비피더스균의 증식효과와 충치 예방 등의 생리적 기능이 있는 것으로 알려져있다<sup>3,4</sup>. 분지 올리고당은 분자내의  $\alpha$ -1,6 결합이 1개 이상 존재하는 올리고당이며, 일반적으로 수분보습력이 뛰어나고, 당알코올은 당류의 케톤기나 알데하이드기를 알콜기로 치환함으로써 고리구조가 선형구조로 바뀌게 되고 이에 따라 감미도도 변하게 되며, 물리화학적인 측면에서 화학적으로 높은 안정성, 친수성, 낮은 결정성 및 Maillard 반응을 나타낸다고 보고되고 있다<sup>5,6</sup>. 이들은 기능성

식재료로서의 인식이 확대되어짐에 따라 다양한 종류의 식품에 이용이 절실히 요구되고 있다.

현재 케익류에 설탕을 고과당(High fructose corn syrup: HFCS), 솔비톨, 아스파탐이나 알리탐과 같은 인공 감미료로 대체하는 연구는 많이 이루어지고 있으나<sup>17,18)</sup>, 당질계 감미료인 올리고당, 당알코올계 감미료인 말티톨을 제과 제빵류에 이용하고자 하는 연구는 매우 드물다. 케익 배합비의 설탕을 다른 당으로 대체하는데 있어서 고려할 점은 당의 종류와 사용량이 케익제품의 부피, 조직감, 향미, 갈변화에 크게 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 일반적으로 당은 밀가루내의 전분 호화를 지연시키는 경향이 있으며 당의 종류에 따라 호화지연 정도가 다르게 나타나게 되고 그에 따른 케익의 부피나 조직감에 변화를 가져오게 된다<sup>13-15)</sup>. 또한 과당이나 포도당 같은 환원당이 많이 함유될수록 비효소적 Maillard 갈변반응이 쉽게 일어나게 된다<sup>7,8,16)</sup>.

스푼지 케익은 다른 제과 제빵류와 달리 설탕의 함량이 높아 그 대체성이 충분히 고려된다. 그러므로 달걀에 함유된 지방의 함량 이외에는 인위적인 지방의 첨가 없이 설탕 사용량의 일부를 올리고당과 당알코올로 대체하여 건강성을 고려한 저열량 스펀지 케익을 개발하고자 하였다.

본 연구의 목적은 위의 설탕 대체품의 기능성 스펀지 케익 제조에 사용 가능성을 알아보기 위하여 (1) 설탕 대체품의 사용 가능한 적정량과 적정 배합비 및 제조공정을 개발하고, (2) 그들이 스펀지 케익의 품질 특성에 미치는 영향을 물리적, 관능적 측면에서 조사하였다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 배합비

실험에 사용된 재료의 종류는 달걀, 밀가루, 설탕,

이소말토올리고당 시럽(Isomaltooligosaccharide syrup: IOS), 프락토올리고당 시럽(Fructooligosaccharide syrup: FOS), 말티톨 시럽(Maltitol syrup: MS), 말티톨 분말(Maltitol powder: MP)이다. 이들 재료는 달걀은 실험 당일 구입하여 사용하였으며, 밀가루는 (주)대한제분의 박력분 (단백질함량 7%, 수분함량 13%, 회분함량 0.45%)을 사용하였고, 올리고당은 (주)세원의 IOS와 (주)미원의 FOS이었으며, 수분의 함량은 모두 24%였다. MS((주)삼양제넥스)는 수분함량이 26%인 것을 사용하였고, MP(Towa chemical industry Co., LTD., Japan)는 순도가 98%인 것을 사용하였다. 이들의 올리고당과 당알코올의 조성비(dry basis)와 점도는 각각 Table 1과 Table 2와 같다. 달걀을 제외한 모든 재료는 실온에 보관하여 사용하였다. 실험에 사용된 스펀지 케익의 배합비는 Table 3과 같다.

### 2. 실험방법

#### (1) 스펀지 케익 제조방법

스푼지 케익은 Mizukoshi 등<sup>17)</sup>의 방법을 변형하여 사용하였는데, 그 방법은 다음과 같다.

달걀과 물을 믹싱볼에 함께 계량하여 믹싱볼의 윗부분을 랩으로 덮고 35°C 항온수조에서 두 액체의 온도가 25°C가 될 때까지 방치하였다. 그리고 저속에서

Table 2. Viscosity of oligosaccharides and maltitols at different concentrations (25°C)

	Viscosity (cP)	
	50%	Raw
Sucrose	11.6	-
IOS	17.0	3297.3
FOS	14.1	3916.7
MS	13.8	442.3
MP	11.7	-

Table 1. Manufacturers' stated composition of oligosaccharides and maltitols

(unit: %)

	ISO	FOS	MS	MP
Composition of sugar	Glucose	21.87	Fructose	1.25
	Maltose	20.42	Glucose	25.74
	Maltotriose	4.74	Sucrose	14.43
	Isomaltose	7.64	GF <sub>2</sub>	32.84
Derivatives	Pannose	20.76	GF <sub>3</sub>	20.82
	Isomaltotriose	2.15	GF <sub>4</sub>	4.92
	DP <sub>4</sub> 이상	22.52		
			Sorbitol	5.61
			Maltitol	70.51
			Mannitol	0.28
			DP <sub>3</sub> 이상	23.6
			Maltitol	98.00
			기타	2.00

GF<sub>2</sub>: Glucose-Fructose-Fructose.

GF<sub>3</sub>: Glucose-Fructose-Fructose-Fructose.

GF<sub>4</sub>: Glucose-Fructose-Fructose-Fructose-Fructose.

DP: Degree of polymerization.

Table 3. Formula for sponge cakes containing different kinds of sweetener (unit: g)

Ingredient	Replacement level of sweetener for sucrose.										
	Sucrose	IOS		FOS		MS		MP			
	100%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	75%	100%
Flour	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Egg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Water	52.0	29.3	14.1	29.3	14.1	26.7	9.8	52.0	52.0	52.0	52.0
Sucrose	240	168	120	168	120	168	120	168	120	60	-
ISO	-	94.7	157.9	-	-	-	-	-	-	-	-
FSO	-	-	-	94.7	157.9	-	-	-	-	-	-
MS	-	-	-	-	-	97.3	162.2	-	-	-	-
MP	-	-	-	-	-	-	-	72.0	120.0	180.0	240.0

30초간 전기믹서(Hobart Model: H-3841)로 혼합하였다. 설탕을 저속에서 믹서가 돌아가는 동안 30초에 걸쳐 서서히 투입하였다. 이때 IOS, FOS, MS, MP는 설탕과 같이 서서히 투입하였다. 전원을 끄고, 고무주걱으로 믹싱볼 벽에 붙은 케익 반죽을 긁어내렸다. 그리고 고속으로 5분간 섞어준 후 전원을 끄고 고무주걱으로 믹싱볼 바닥까지 케익 반죽을 긁어내렸다. 다시 중속에서 5분간 섞어 준 후 저속에서 밀가루를 1분에 걸쳐 서서히 투입하여 잘 섞이게 한 후 고무주걱으로 믹싱볼의 바닥에서 위로 케익 반죽케익 반죽을 부드럽게 잘 섞이게 하였다. 잘 섞어진 케익 반죽은 굽기 전에 비중을 측정하였다. 케익 반죽은 각각 300 g씩 케익 팬(직경 8 inch)에 담아 윗불 190°C, 아랫불 170°C로 미리 예열된 오븐(Dae Yung machinery Co.)에서 20분간 구워내었다. 구워진 케익은 실온에서 1시간 정도 식힌 후 물리적인 측정(부피, 정도, 색, 수분함량) 및 관능검사에 사용하였다.

#### (2) 물리적인 측정방법

##### 1) 거품과 케익 반죽의 비중, 점도 측정

케익 반죽의 비중(Specific Gravity)은 물의 무게에 대한 케익 반죽의 무게 비를 나타낸 것으로 AACC method 10-15<sup>18)</sup>를 사용하였다.

시럽 형태의 당원액과 50% 당용액, 케익 반죽의 점도측정은 Brookfield digital viscometer(Model DV-I + Version 2.0)를 사용하였다. 당원액과 50% 당용액의 경우 650 ml를 Brookfield 항온수조(Model No. TC-500)에 넣어 온도가 25°C로 열 평형 상태가 된 후, spindle은 number 1과 3, 회전속도 12 rpm에서 spindle이 돌아가고 10초 후의 점도 값을 측정하였다. 케익 반죽의 경우 기포형성에 의한 점도 변화를 배제한 사용된 당만의 케익 반죽의 점도에 대한 효과를 알아보기 위하여 기포가 형성되지 않도록 다음과 같이 혼

합하여 사용하였다. 먼저 달걀과 물을 저속에서 30초간 혼합한 후, 중속에서 30초 동안 설탕을 서서히 투입하면서 혼합하였다. 저속에서 2분 30초간 믹싱한 다음 믹싱볼을 주걱으로 긁어내리고, 다시 중속에서 30초간 믹싱하였다. 이렇게 만들어진 케익 반죽은 각각 500 ml를 비이커에 취하여 Brookfield 항온수조에 넣어 온도가 25°C로 열평형 상태가 된 후, spindle은 number 2, 회전속도 12 rpm에서 spindle이 돌아가고 10초 후의 점도 값을 측정하였다.

##### 2) 케익의 부피, 정도, 색깔측정

케익의 부피는 종자치환법을 사용하여 측정하였고 케익의 정도 측정은 rheometer(Yamaden, Model No. RE3305)를 이용하였다. Rheometer 측정을 위하여 스펀지 케익의 껍질이 제거된 중간 부분만 가로, 세로, 높이가 각각 3×3×3(cm)로 일정한 크기의 정육면체로 자른 후 본체 감도 2 kg, adaptor No. 3(직경 16 mm)을 사용하여 0.5 mm/sec의 속도로 시료의 표면에서 15 mm의 깊이까지 plunger가 침입되도록(변형률 50%) 하였을 때의 수치를 측정하였다.

케익 껍질과 케익 속의 색깔은 digital color measuring difference meter(Nippon Denshokul Kogyo의 Model No. ND-1001 Dp S/N 0157)로 측정하여 Hunter의 색차계인 L, a, b값과 ΔE(색도차: Color difference)로 표현하였다<sup>19,20)</sup>.

##### 3) 케익의 수분함량 및 굽기과정중의 수분손실

최종 제품의 수분 함량은 케익의 껍질부분을 제거한 중간 부분을 취하여 2단계 air-oven AACC method 44-15A<sup>18)</sup>에 의해 측정하였다. 케익 반죽 상태에서 케익의 최종제품이 만들어진 후에 수분의 손실이 얼마나 되었는지에 대해 알아보기 위해 baking loss를 측정하였다.

##### (3) 관능 검사

관능 검사에 경험이 있는 식품영양학과 대학원생 7명의 검사요원들을 선발하여 관능적 특성평가를 위하여 정량적 묘사분석(Quantitative Descriptive Analysis: QDA)방법을 실시하였고, 검사에 사용된 항목 측정 방법으로 특성에 대한 강도 측정은 15 cm 선척도를 사용하였으며, 기호도 검사에 사용된 척도는 9점 항목척도를 사용하였다<sup>21)</sup>. 묘사 분석 검사에 사용된 관능특성은 색깔(겉질, 속부분), 감미도, 향미, 부드러움, 탄력성, 촉촉함, 껌성이고, 기호도 검사에서는 색깔(겉질, 속부분), 감미도, 향미, 전체적인 조직감, 전반적인 기호도이다. 제시된 스펀지 케익의 시료는 가로, 세로, 높이가 각각 3×3×3.5 cm로 자른 것을 각각 2개씩 제시하였다. 케익의 단맛으로 미각의 피로를 줄이기 위해 최대한 입가심 물을 많이 사용하였고, 시료검사 후 바로 그 다음 시료를 제시하지 않고 약간의 시간간격(2 min)을 두어 최대한 시료 서로 간의 영향을 최소화하도록 하였다.

(4) 통계적 분석방법

실험에서 얻은 모든 data를 SPSS/PC+Program을 이용하여 통계 처리하였다. ANOVA를 이용하여 P < 0.05 수준에서 LSD multiple comparison test로 시료간 유의성을 검정하였다<sup>21,22)</sup>.

III. 결과 및 고찰

1. 거품과 케익 반죽의 비중, 점도 측정

일반적으로 달걀을 거품기로 저어 줌에 따라 기포가 포집되어 거품이 형성되면 부피가 증가하면서 비중이 감소하게 된다<sup>23)</sup>. 실험에서 당의 종류에 따라 나타난 기포와 케익 반죽의 비중은 Table 4에 나타난 바와 같이 유의적인 차이(P < 0.05)를 보이지 않았다. Coleman과 Harbers<sup>9)</sup>의 엔젤 케익에 설탕을 대신하여 HFCS를 0%, 25%, 50%, 75%, 100%를 대체한 경우 기포상태에서의 비중은 유의적인 차이가 있었으나 케익 반죽 상태에서는 100%를 제외하고 0%, 25%, 50%, 75% 대체는 유의적인 차이를 나타내지 않았다(P < 0.05). 또한 엘로우 케익 반죽에서 설탕과 말티톨을 사용한 경우에서도 각각 0.81, 0.77로 큰 차이를 나타내지 않았다<sup>24)</sup>.

당의 종류에 따른 당원액의 점도(Table 2)는 FOS나 IOS보다 MS가 현저히 낮게 나타났는데, 이것은 MS의 수분 함량이 더 높기 때문인 것으로 추측된다. Olinger와 Velasco<sup>25)</sup>에 의하면 일정한 농도에서 말티톨 분말의 점도는 설탕과 유사하게 나타났으나 말티톨 시럽은 설탕보다 약간 높은 점도를 나타냈다고 보고하였는데, 이는 본 실험의 50% 당용액의 점도측정 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 50% 당용액에서는 IOS의 점도가 가장 높게 나타났으며, 이는 케익 반죽의 점도 측정에서 IOS가 가장 높게 나타난 것과 일치한다(Table 4).

2. 케익의 부피, 경도, 색깔 측정

종자치환법으로 측정한 케익의 부피는(Table 5)

Table 4. Specific gravity and viscosity of foams or/ and cake batters

		Replacement level of sweetener for sucrose										
		Sucrose		IOS			FOS		MS		MP	
		100%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	75%	100%
Specific Gravity	Foam Batter	0.2 0.36 <sup>a</sup>	0.2 0.33 <sup>a</sup>	0.2 0.34 <sup>a</sup>	0.2 0.34 <sup>a</sup>	0.2 0.35 <sup>a</sup>	0.2 0.33 <sup>a</sup>	0.2 0.31 <sup>a</sup>	0.2 0.34 <sup>a</sup>	0.2 0.31 <sup>a</sup>	0.2 0.32 <sup>a</sup>	0.2 0.34 <sup>a</sup>
Apparent Viscosity (cP)		1930 <sup>a</sup>	2162 <sup>bc</sup>	2276 <sup>c</sup>	1878 <sup>a</sup>	1772 <sup>a</sup>	1851 <sup>a</sup>	1965 <sup>ab</sup>	1849 <sup>a</sup>	1787 <sup>a</sup>	1802 <sup>a</sup>	1783 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Means of four replicates for experimental and control cake batter, respectively, within each row with the same superscripts are not significantly different at the 95% level.

Table 5. Effect of replacing oligosaccharides and maltitols on volume and firmness of sponge cakes

		Replacement level of sweetener for sucrose										
		Sucrose		IOS			FOS		MS		MP	
		100%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	75%	100%
Volume (cc)		1200.3 <sup>abc</sup>	1204.5 <sup>abc</sup>	1203.0 <sup>abc</sup>	1244.0 <sup>c</sup>	1240.5 <sup>c</sup>	1189.5 <sup>abc</sup>	1228.0 <sup>bc</sup>	1189.5 <sup>abc</sup>	1154.0 <sup>a</sup>	1166.0 <sup>ab</sup>	1152.0 <sup>a</sup>
Firmness (g)		117.60 <sup>f</sup>	86.38 <sup>ab</sup>	84.44 <sup>a</sup>	90.80 <sup>bcd</sup>	92.00 <sup>cd</sup>	90.00 <sup>bcd</sup>	91.70 <sup>cd</sup>	92.33 <sup>d</sup>	94.96 <sup>d</sup>	84.02 <sup>a</sup>	87.21 <sup>abc</sup>

<sup>a-c</sup> Means of ten replicates for experimental and control cake, respectively, within each row with the same superscripts are not significantly different at the 95% level.

FOS 30%와 50%에서 서로 유의적인 차이 없이 가장 큰 부피를 나타내었고, 다음으로 MS 50% > 대조구, IOS 30%, IOS 50%, MS 30%, MP 30% > MP 75% > MP 50%, MP 100% 순이었다. 즉 설탕 총사용량의 50% 이상을 MP로 대체하게 되면 케익의 부피는 감소하는 것을 알 수 있었으며, FOS 사용으로 케익의 부피가 향상되었다. IOS나 MS 함유 케익은 설탕 100% 사용한 대조구 케익과 유사한 부피를 나타내었다. 케익에 따라 서로 다른 부피를 나타낸 것은 기포성이나 케익의 점도 보다는 아마도 당의 종류에 따른 호화 지연 정도의 차이로<sup>13-15)</sup> 오븐 내에서의 케익 반죽의 팽창이 다르게 나타난 것으로 추측된다. Kamel과 Rasper<sup>1)</sup>에 의하면 유헤제를 사용한 저열량 케익 제조시 배합비 설탕양의 30%를 솔비톨로 대체한 경우 케익 반죽의 낮은 비중에도 불구하고 부피는 더 감소하였다.

케익의 경도(Table 5)는 설탕 100% 함유한 대조구 케익이 가장 높은 값을 나타내었고, 올리고당이나 말티톨을 함유한 케익은 대조구 케익보다 경도가 낮게

나타났으며, 특히 IOS나 MP 75%, 100%를 함유한 케익이 다른 케익에 비하여 경도가 유의적으로 더 낮았으며 이들은 포장시 조심스럽게 다루지 않으면 쉽게 부스러지는 경향이 있었다.

케익 겉질 및 케익 속의 색깔은 Hunter 색차계의 L, a, b,  $\Delta E$  값으로 표시하였는데, 측정된 값은 각각 Table 6, 7과 같다. 겉질 색깔은 명도를 나타내는 L값의 경우 말티톨 함유량 비율이 증가할수록 연하게 나타났으며 MS 30%, 50%, 혹은 MP 30%로 설탕이 대체된 케익에서는 설탕 100% 사용된 대조구 케익과 비슷한 L값을 나타내었다. MP 75%, 100%의 케익 겉질의 색깔에서 적색도는 다른 케익에서보다 낮았으며, 반면에 FOS 30% 케익이 가장 적색이 많이 나타났고, b값은 (+)값의 황색도로 MP 75%, MP 100%의 케익 겉질이 가장 높은 황색도를 나타내었고,  $\Delta E$ 값은 IOS와 FOS에서 가장 큰 색차가 나타났고, 반면 MP 75%, MP 100%에서 색차가 가장 적게 나타났다. 설탕을 IOS나 FOS로 대체한 케익이 다른 케익과 비교하

Table 6. Cake crust color measurements (L, a, b,  $\Delta E$  value)

	Replacement level of sweetener for sucrose										
	Sucrose		IOS		FOS		MS		MP		
	100%	30%	50%	30%	50%	30%	30%	50%	50%	75%	100%
L	40.63 <sup>d</sup>	31.26 <sup>b</sup>	29.54 <sup>ab</sup>	30.27 <sup>ab</sup>	28.90 <sup>a</sup>	39.41 <sup>cd</sup>	38.83 <sup>c</sup>	40.30 <sup>cd</sup>	41.92 <sup>c</sup>	45.93 <sup>f</sup>	54.37 <sup>g</sup>
a	9.22 <sup>bc</sup>	10.07 <sup>c</sup>	9.75 <sup>c</sup>	10.14 <sup>c</sup>	9.40 <sup>c</sup>	9.82 <sup>c</sup>	8.67 <sup>bc</sup>	9.87 <sup>c</sup>	8.71 <sup>bc</sup>	7.71 <sup>b</sup>	4.03 <sup>a</sup>
b	16.45 <sup>ef</sup>	11.59 <sup>c</sup>	10.30 <sup>ab</sup>	10.62 <sup>b</sup>	9.85 <sup>a</sup>	15.96 <sup>de</sup>	15.65 <sup>d</sup>	16.40 <sup>def</sup>	17.03 <sup>f</sup>	18.63 <sup>g</sup>	18.82 <sup>g</sup>
$\Delta E$	59.10 <sup>cd</sup>	67.05 <sup>f</sup>	68.61 <sup>g</sup>	68.01 <sup>fg</sup>	69.08 <sup>g</sup>	60.22 <sup>de</sup>	60.50 <sup>e</sup>	58.17 <sup>c</sup>	57.93 <sup>c</sup>	54.54 <sup>b</sup>	46.39 <sup>a</sup>

\*g Means of twenty four replicates for experimental and control cake, respectively, within each row with the same superscripts are not significantly different at the 95% level.

L: Measures lightness and varies from 100 for perfect white to zero black.

a: Measures redness when plus, gray when zero, and greenness when minus.

b: Measures yellowness when plus, gray when zero, and blueness when minus.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Table 7. Cake crumb color measurements (L, a, b,  $\Delta E$  value)

	Replacement level of sweetener for sucrose										
	Sucrose		IOS		FOS		MS		MP		
	100%	30%	50%	30%	50%	30%	30%	50%	50%	75%	100%
L	66.42 <sup>e</sup>	65.43 <sup>bcde</sup>	64.09 <sup>ab</sup>	63.63 <sup>a</sup>	65.26 <sup>bcde</sup>	65.85 <sup>cde</sup>	64.91 <sup>abcde</sup>	64.28 <sup>abc</sup>	64.63 <sup>abcde</sup>	65.70 <sup>bcde</sup>	66.29 <sup>de</sup>
a	-2.92	-2.60	-2.48	-2.43	-2.49	-2.97	-3.02	-2.75	-3.10	-3.04	3.19
b	15.76 <sup>bc</sup>	15.54 <sup>bc</sup>	15.95 <sup>c</sup>	14.39 <sup>a</sup>	15.36 <sup>bc</sup>	15.43 <sup>bc</sup>	15.39 <sup>bc</sup>	15.20 <sup>b</sup>	15.36 <sup>bc</sup>	15.80 <sup>bc</sup>	15.53 <sup>bc</sup>
$\Delta E$	34.19	34.67	36.06	35.51	34.99	33.85	35.37	34.75	35.58	34.89	34.24

\*\* Means of twenty four replicates for experimental and control cake, respectively, within each row with the same superscripts are not significantly different at the 95% level.

L: Measures lightness and varies from 100 for perfect white to zero black.

a: Measures redness when plus, gray when zero, and greenness when minus.

b: Measures yellowness when plus, gray when zero, and blueness when minus.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

여 껌질 색깔이 더 어두우면서 적색을 많이 나타내었으며, 대체 비율이 30%에서 50%로 증가함에 따라 케익은 더욱 어두워지는 경향을 나타내었다.

Coleman과 Harbers<sup>8)</sup>에 의하면 설탕을 대체하여 HFCS를 사용한 엔젤케익의 껌질 색깔은 L값에서 HFCS를 각각 25%, 50%를 대체한 케익은 설탕을 사용한 것과 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 75%, 100%를 대체한 케익에서 더 진하게 유의적인 차이를 나타내었다. a값에서는 50%이상 대체한 것에 대하여 유의적인 차이를 보였다. 김 등<sup>4)</sup>의 보고에서는 열에 대한 올리고당의 잔존율을 나타내었는데 140°C, 1시간 가열하였을 때 IOS는 5% 가량 분해되었고, 설탕은 30%, FOS는 94%정도 분해되고 160°C 이상에서는 거의 다 분해되는 것으로 나타나 FOS는 열에 대해 불안정한 것으로 나타났다. 이것은 FOS에서 껌질 색깔이 가장 어둡게 나타난 것을 설명할 수 있는데 열분해에 의해 생성 증가된 환원당과 아미노 화합물의 Maillard 반응에 의한 갈변화로 추측된다. 이 등<sup>6)</sup>의 보고에 의하면 단백질의 농도를 일정하게 하고 환원당농도를 높여 줄수록 갈색화 반응은 직선적으로 증가하였으나. 비환원성인 말티톨 분말 100%를 사용한 경우는 다른 당에 비하여 가장 높은 L값을 나타내었다. 김 등<sup>25)</sup>의 보고에서도 IOS, FOS > 설탕 > 말티톨 순으로 Maillard 반응이 적게 일어났으며 Olinger와 Velasco<sup>24)</sup>에 의하면 여러 가지 비환원성 기능성 당(lactitol, maltitol, isomalt, sorbitol 등)과 설탕을 이용하여 만든 엘로우 케익을 비교한 실험에서 껌질 색깔의 경우 설탕을 사용한 대조구보다 말티톨을 사용한 케익에서 가장 연하게 나타난 것은 본 실험의 결과와 일치한다. Table 2에 나타난 바와 같이 IOS와 FOS는 glucose, maltose, fructose와 같은 환원성 당이 본래 함유되어 있고 특히 FOS는 열에 불안정하여 카라멜화 뿐만 아니라 Maillard 갈변 반응이 많이 일어나는 것으로 생각된다. 케익 속의 색깔에서 FOS 30% 케익이 가장 어두운 것으로 나타났으나 대체로 껌질 색깔의 측정치 만큼 시료간의 큰 차이는 없었다(Table 7).

**3. 외관**

대조구, MP 75%, 100% 사용한 케익 표면에는 주름이 형성되지 않았으나 IOS, FOS, MS, MP 30%, 50%의 경우는 주름이 형성되었다. 이것은 오븐 내에서 팽창된 케익이 오븐 밖으로 나옴에 따라 나타나는 표면의 가라앉음으로 인하여 발생된다. IOS, FOS의 대체 비율이 높을수록 오븐에서 팽창이 더 많이 일어나고 따라서 심하게 가라앉는 현상이 나타났다. 그러나 오븐에서 꺼낸 즉시 케익 팬을 평평한 곳에 얹어서 케익을 재빨리 들어내면 주름이 생기는 것을 방지할 수 있음을 확인하였다. MP 75%, 100%의 케익 반죽은 오븐 내에서 대조구 케익 반죽과 비슷하게 팽창하였고 오븐에서 꺼낸 후에도 안정적이었다. 케익의 grain은 대조구와 비슷한 양상을 나타내어 대부분 균일하게 형성되었다. MP의 대체 비율이 높은 케익은 충분한 부피가 형성되지 않아 조밀한 cell 구조를 형성하였다.

**4. 수분함량과 굽기 과정 중의 수분손실**

케익의 수분 함량과 굽는 과정중의 수분손실은 유의적인 차이(P < 0.05)를 나타내지 않았다(Table 8). 이러한 경향은 다른 연구자들의 실험 결과에서도 나타났다. Olinger와 Velasco<sup>24)</sup>에 의하면 설탕을 사용한 대조구와 말티톨을 사용한 쿠키의 경우 굽기 과정중의 수분 손실은 각각 14.0%와 13.9%로 차이를 보이지 않았고, 김 등<sup>4)</sup>의 보고에서도 저장 중에는 IOS와 FOS가 수분 보습력이 우수하다고 보고하였으나, 저장 전에는 설탕, IOS, FOS에서 차이가 나지 않은 것으로 나타났다.

**5. 관능검사**

(1) QDA

케익의 관능검사 QDA 결과(Table 9) 케익 껌질의 색깔이 가장 진하다고 답한 케익은 FOS 30%, FOS 50%로 나타났다. 다음으로 IOS 50% > IOS 30% > MS 30% > 대조구, MS 50%, MP 30% > MP 75%, MP 50%, MP 100% 순으로 나타났는데 이것은 기계적인

**Table 8. Moisture content<sup>a)</sup> and baking loss<sup>b)</sup> of sponge cakes**

	Replacement level of sweetener for sucrose										
	Sucrose	IOS		FOS		MS		MP			
	100%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	75%	100%
Moisture content (%)	29.4	30.3	30.4	29.4	29.9	29.1	28.7	29.0	29.5	29.1	28.9
Baking loss (%)	14.6	14.9	14.9	14.5	14.8	15.2	15.1	14.9	15.2	15.3	15.1

<sup>a),b)</sup> Means of ten replicates for experimental and control cake.

Table 9. Quantitative Descriptive Analysis (QDA) data for sensory attributes of sponge cakes

	Replacement level of sweetener for sucrose										
	Sucrose		IOS		FOS		MS		MP		
	100%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	75%	100%
Crust color	7.90 <sup>f</sup>	11.28 <sup>de</sup>	12.98 <sup>ef</sup>	13.10 <sup>f</sup>	13.13 <sup>f</sup>	10.27 <sup>d</sup>	8.45 <sup>c</sup>	8.45 <sup>c</sup>	5.28 <sup>ab</sup>	5.86 <sup>b</sup>	3.58 <sup>a</sup>
Crumb color	8.52	9.12	7.30	8.64	7.82	8.38	8.35	7.97	7.68	7.01	7.01
Sweetness	8.86 <sup>bcd</sup>	7.42 <sup>ab</sup>	8.21 <sup>abc</sup>	10.46 <sup>cd</sup>	10.94 <sup>d</sup>	9.96 <sup>cd</sup>	10.06 <sup>cd</sup>	10.32 <sup>cd</sup>	10.18 <sup>cd</sup>	8.28 <sup>abc</sup>	5.98 <sup>a</sup>
Flavor	7.87	10.42	9.65	11.08	9.02	8.04	9.07	7.94	8.50	9.46	8.62
Softness	7.15	6.72	8.59	7.44	8.28	7.73	8.45	7.82	7.85	7.44	9.05
Springiness	9.77	8.57	9.14	8.93	8.98	10.34	8.90	9.84	9.00	9.22	9.38
Moistness	4.80 <sup>a</sup>	6.38 <sup>ab</sup>	9.29 <sup>cd</sup>	8.50 <sup>bcd</sup>	8.47 <sup>bcd</sup>	10.56 <sup>d</sup>	10.03 <sup>cd</sup>	10.18 <sup>cd</sup>	10.22 <sup>cd</sup>	9.00 <sup>cd</sup>	7.97 <sup>bc</sup>
Gumminess	5.33	6.94	6.43	6.50	6.84	5.59	8.09	7.30	8.74	7.58	5.35

<sup>a-f</sup> Means of fourteen observations for experimental and control cake, respectively, within each row with the superscripts are not significantly different at the 95% level.

Line scale is: left=light;right=dark, left=less sweet;right=very sweet, left=less soft;right=very soft, left=less moist;right=very moist.

측정치와 비슷한 경향을 보였다. 반면에 케익 속의 색깔은 기계적인 측정치(Table 7)와는 달리 케익 서로 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 감미도는 대조구 케익 보다 더 단맛을 나타낸 케익은 FOS 30%, 50%, MS 30%, 50%, 그리고 MP 30%, 50%이었으며, 그들 중 FOS 50%가 가장 강한 단맛을 나타내었다. IOS로 대체한 케익은 대조구 케익 보다 감미가 낮게 나타났다. 그러나 이러한 케익의 감미도는 단일 감미료의 감미도와는 다른 경향을 나타내었다. 김 등<sup>25)</sup>에 의하면 설탕의 감미도가 1일 때 IOS, FOS, 말티톨의 경우 각각 0.4, 0.3, 0.8로 보고하였고, 이 등<sup>9)</sup>에 의하면 FOS, MS의 경우 설탕 감미도 1을 기준으로 FOS 감미도는 0.44~0.53이고, 말티톨은 0.40~0.61이었다. Olinger와 Velasco<sup>24)</sup>의 경우 설탕 감미도 1일 때 말티톨 감미도는 0.85로 보고하였는데 이것은 사용당의 조성비에 따라 감미도의 차이가 있는 것으로 추측된다. 일반적으로 포도당이나 과당과 같은 환원성 단당류가 비효소적 갈변 반응을 더욱 쉽게 일으키는데<sup>20)</sup> 케익에 사용된 재료 즉, 당종류나 그 조성의 차이에 따라 설탕만 사용할 때와 달리 카라멜 반응이나 Maillard 반응에 의한 바람직한 혹은 바람직하지 못한 향미 물질이 생성될 수 있다. 그러므로 식품 내에서의 감미물질들이 다른 성분들과 함께 존재하여 복합적인 상호 반응에 의하여 나타나는 감미도는 단일 감미물질만의 상대 감미도와는 반드시 일치한다고 할 수는 없다. 향미, 부드러움, 탄력성, 점성은 케익 서로간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 대체로 설탕 100% 사용한 대조구 케익과 유사하게 나타났다. 촉촉함은 MS 30%가 가장 촉촉하다고 답하였다. 올리고당과 말티톨이 사용된 모든 케익에서 대조구 케익보다 유의적으로

촉촉함을 더 느꼈으며, 이 결과는 시료간 유의적인 차이가 없었던 수분 함량과 일치하지 않았다.

McCullough 등<sup>10)</sup>에 의하면 HFCS를 많이 대체 할수록 수분함량에는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 관능 검사의 촉촉함은 유의적인 차이를 나타내었다.

#### (2) 기호도 검사

케익의 기호도 검사결과에서는(Table 10) 케익 껍질과 케익 속 색깔에서 유의적인 차이가 나타났는데 이들이 나타낸 경향은 IOS, FOS, MP 100%로 대체한 케익은 싫어하는 쪽으로 MS, MP 30%, 50%, 75% 대체의 경우 대조구와 비슷한 약간 좋아하는 쪽으로 기호도가 나타났다. 따라서 케익 껍질 색깔은 너무 진하거나 너무 연한 것보다는 대조구 케익과 비슷한 약간 먹음직한 황갈색을 더 선호하는 것으로 나타났다. 감미도, 향미, 전체적인 조직감, 전체적인 기호도에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았는데, 좋지도 싫지도 않은 쪽에 가깝다고 할 수 있다. 감미도의 경우 QDA 특성 강도의 측정값에서는 유의적인 차이를 보였으나 기호도에서는 차이가 나타나지 않았다.

#### 6. 열량가

올리고당과 당알코올의 열량가에 대하여 외국에서 발표된 것을 살펴보면 Olinger와 Velasco<sup>24)</sup>는 말티톨은 3.0 kcal/g의 열량을 내는 것으로 보고하였으나, 미국의 FDA에 의하면 4.0 kcal/g를, E.C.에서는 2.4 kcal/g를 제안하고 있고 Deis<sup>26)</sup>는 95% 프락토올리고당은 1.6~2.5 kcal/g의 열량을 낸다고 하였다. 한편 국내의 발표에 의하면 이소말토올리고당, 프락토올리고당, 말티톨의 경우 각각 2.4 kcal/g, 1.5 kcal/g, 1.6 kcal/g로 보고되고 있다<sup>25)</sup>. 그러므로 IOS, FOS는 약 2 kcal/g, 말

**Table 10. Acceptability scores for sensory attributes of sponge cakes**

	Replacement level of sweetener for sucrose										
	Sucrose		IOS		FOS		MS		MP		
	100%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	75%	100%
Crust color	6.57 <sup>b</sup>	3.07 <sup>a</sup>	2.79 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>	2.71 <sup>a</sup>	6.57 <sup>b</sup>	6.43 <sup>b</sup>	6.57 <sup>b</sup>	5.21 <sup>b</sup>	5.71 <sup>b</sup>	3.71 <sup>a</sup>
Crumb color	6.71 <sup>d</sup>	5.43 <sup>abc</sup>	4.79 <sup>a</sup>	5.14 <sup>ab</sup>	4.71 <sup>a</sup>	6.07 <sup>bcd</sup>	6.43 <sup>cd</sup>	6.36 <sup>bcd</sup>	6.21 <sup>bcd</sup>	5.57 <sup>abcd</sup>	5.57 <sup>abcd</sup>
Sweetness	5.57	4.64	4.79	5.14	5.00	6.00	5.07	5.64	4.64	5.07	6.00
Flavor	5.36	4.43	3.93	4.93	4.79	5.71	4.50	5.21	5.00	4.36	4.57
Overall texture	5.00	4.79	5.50	4.93	5.00	5.93	5.36	6.07	5.50	5.07	5.57
Overall acceptability	5.71	4.57	4.93	4.36	5.00	5.93	5.64	6.29	5.07	5.07	5.07

<sup>a-d</sup> Means of fourteen observations for experimental and control cake, respectively, within each row with the same superscripts are not significantly different at the 95% level. Score scale is: 1=dislike extremely; 9=like extremely.

**Table 11. Expected energy values of sponge cakes with replacement of oligosaccharides and maltitols for sucrose**

	Replacement level of sweetener for sucrose										
	Sucrose		IOS		FOS		MS		MP		
	100%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	75%	100%
Energy (kcal/100 g)	296.3	275.4	261.4	275.4	261.4	285.9	278.9	285.9	278.9	270.1	261.4
Ratio <sup>a)</sup>	1	0.930	0.882	0.930	0.882	0.965	0.941	0.965	0.941	0.912	0.882

<sup>a)</sup> Energy of experimental cake / Energy of sucrose 100% control cake

티톨은 약 3 kcal/g의 열량을 이용하여 대체 감미료의 종류와 대체 비율에 따라 케익의 열량을 계산하면 Table 11과 같다. 대조구 케익 열량은 296.33 kcal/100 g으로 가장 높고, IOS 50%, FOS 50%, MP 100% 케익은 261.37 kcal/100 g로 가장 적은 열량을 나타내어 약 12%의 열량 감소가 가능하였다.

#### IV. 요약

설탕을 일부 혹은 전부(30%, 50%, 75%, 100%)를 두 종류의 올리고당(IOS, FOS)과 말티톨 시럽 및 분말로 대체하여 열량을 낮춘 기능성 스폰지 케익을 제조하였으며, 설탕 대체품별 케익의 물리적, 관능적 검사를 통하여 스폰지 케익 품질 특성을 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 거품과 케익 반죽의 비중은 사용된 설탕 대체품들간에 유의적 차이가 없었고(P < 0.05), IOS의 대체(30%, 50%)는 케익 반죽의 점도를 유의적으로 상승시키는 효과가 있었다. 말티톨 시럽 사용은 분말 상태에서보다 50% 당용액과 케익 반죽에서 점도가 약간 높게 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다.
2. 설탕의 30%, 50%를 FOS로 대체 하였을 때 케익

의 부피가 유의적으로 증가되었으나 반면에 MP 50% 이상 대체시 대조구 케익보다 부피가 훨씬 감소하는 경향을 나타내었다. IOS나 MS를 함유한 케익은 대조구와 부피가 유사하였다.

3. 올리고당이나 말티톨 사용은 경도가 낮은 부드러운 케익을 형성하였으며 특히 IOS 30%, 50%, MP 75%, 100%로 대체된 케익은 케익의 구조가 약하게 형성되어 경도가 유의적으로 가장 낮았다.

4. MP 사용 케익 점질 색깔은 그 대체 비율이 증가함에 따라 L값은 증가하고 a값은 감소하면서 갈색의 열은 정도가 증가하였으나 IOS나 FOS를 대체한 케익은 대조구에 비하여 낮은 L값과 높은 a값으로 어둡고 적색이 많이 나타났다.

5. 관능 검사에서 케익 점질의 색깔은 기계적 측정치와 비슷한 경향을 나타냈으나 케익 속의 색깔은 시료간에 유의적인 차이가 없었다. 감미도는 FOS, MS, MP 각각 30%, 50%로 대체된 케익이 대조구 케익보다 강하게 느껴졌고 촉촉함은 올리고당과 말티톨이 사용된 모든 케익은 설탕 100% 사용한 대조구 케익보다 더 촉촉하였으며, 특히 말티톨로 대체된 케익들이 촉촉한 정도가 높았다. 그러나 케익의 수분 함량과는 일치하지 않았다. 부드러움, 탄력성, 검성은 유의적인

차이가 없이 대조구 케익과 비슷하였다.

6. 기호도 검사에서 케익 겹질이나 케익 속의 색깔은 너무 진하거나 너무 연한 것보다는 대조구 케익과 비슷한 황갈색을 선호하는 것으로 나타났다.

사용된 올리고당 IOS, FOS나 말티톨로 대체된 스펀지 케익은 설탕 100% 사용한 케익과 비교하여 크게 나쁘지 않거나 훨씬 나은 특성을 보이므로 스펀지 케익 제조에 그들의 이용이 가능함을 확인하였다.

### 참고문헌

- Kamel, B.S. and Rasper, V.F.: Effect of emulsifiers, sorbitol, polydextrose, and crystalline cellulose on the texture of reduced-calorie cake, *J. Texture Studies*, **19**: 307 (1988).
- Rasper, V.F. and Kamel B.S.: Emulsifier/Oil system for reduced calorie cakes, *JAOCs*, **66**(4): 537 (1989).
- Frye, A.M. and Setser, C.S.: Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes, *Cereal Chem.*, **69**(3): 338 (1992).
- 김정렬, 육 철, 권혁건, 홍성용, 박찬구, 박경호: 이소 말토올리고당과 프락토올리 고당의 물리적 성질 및 생리학적 특성, *한국식품과학회지*, **27**(2): 170 (1995).
- 이철호, Moussa Souane, 이현덕, 김선영: 당유도체 감미료의 식품기능성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **5**(4): 431 (1990).
- 이철호, 한복진, 김나영, 임재각, 김봉찬: 당유도체 감미료의 갈색화 반응에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **23**(1): 52 (1991).
- Koepsel, K.M. and Hoseney, R.C.: Effect of corn syrup in layer cakes, *Cereal Chem.*, **57**(1): 49 (1980).
- Coleman, P.E. and Harbers, C.A.Z.: High fructose corn syrup: Replacement for sucrose in angel cake. *J. Food Sci.*, **48**: 452 (1983).
- Freeman, T.M.: Sweetening cake and cake mixes with alitame. *Cereal Foods World*, **34**(12): 1013 (1989).
- McCullough, M.A.P., Johnson, J.M., and Phillips, J. A.: High fructose corn syrup replacement for sucrose in shortened cakes, *J. Food Sci.*, **51**(2): 536 (1986).
- Tubmarx, J., Marx, B.D., and Johnson, J.M.: High-fructose corn syrup cake made with all-purpose flour or cake flour, *Cereal Chem.*, **67**(5): 502 (1990).
- 최영진, 김광옥: 대체 감미료를 사용한 sponge cake의 특성, *한국조리과학회지*, **6**(2): 59 (1990).
- 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 (1959).
- Bean, M.M., Yamazaki, W.T., and Donelson, D.H.: Wheat starch gelatinization in sugar solutions. II. Fructose, glucose, and sucrose cake performance, *Cereal Chem.*, **55**(6): 945 (1978).
- Kim, C.S. and Walker, C.E.: Effect of sugar and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry, *Cereal Chem.*, **69**(2): 212 (1992).
- Thompson, C.M., Mickelsen, O., Schimmel, R., Frunk, K., and Kakade, M.L.: Taste perception and flavor acceptance of cakes prepared with monosaccharides, *Nutr. Reports Inter.*, **21**: 913 (1980).
- Mizukoshi, M., Kawada, T., and Matsui, N.: Model studies of cake baking. I. Continuous observations of starch gelatinization and protein coagulation during baking, *Cereal Chem.*, **56**(4): 305 (1979).
- American Association of Cereal Chemists: Approved method of the AACC, 8th ed, (1983).
- 이철호, 박춘상, 한복진, 김봉찬, 장지향: 대체감미료 당유도체의 유변성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **22**(7): 852 (1990).
- Hodge, J.E. and Osman, E.M.: Carbohydrates. In "Principles of Food Science," Marcel Dekker, Inc., New York, Vol. 4, p. 94 (1976).
- 김광옥, 김상숙, 성내경, 이영춘: 관능검사 방법 및 응용, *신광출판사*, p. 131 (1993).
- 경북대학교 통계학과편: SPSS/PC+사용법, 자유아카데미, p. 123 (1994).
- Palmer, H.H.: Eggs. In "Food Theory and Applications." John Wiley and Sons, Inc., New York, p. 527 (1982).
- Olinger, P.M. and Velasco, V.S.: Opportunities and advantages of sugar replacement, *Cereal Foods World*, **41**(3): 110 (1996).
- 김상용, 오덕근, 김석신, 김철재: 무설탕 과자 제조에 사용되는 신규 감미료, *식품 과학과 산업*, **29**(3): 53 (1996).
- Deis, R.C.: Adding bulk with adding sucrose, *Cereal Foods World*, **39**(2): 93 (1994).

(1997년 5월 1일 접수)