

당알코올 첨가 스펀지 케이크의 품질특성

이진경 · 오명숙*
가톨릭대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Sponge Cakes with Various Sugar Alcohols

Jin Kyung Lee, Myung Suk Oh*

Department of Food and Nutrition, The Catholic University of Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the use of sugar alcohols as alternative sweeteners for replacing sucrose in sponge cake. The sponge cakes were prepared with only sucrose or a 50% replacement of sucrose with various sugar alcohols (erythritol, sorbitol, and xylitol). The specific gravity of cake batter containing only sucrose was significantly higher and the viscosity was significantly lower than those containing sugar alcohol ($p < 0.001$). Among sugar alcohols, xylitol was the most similar to sucrose. The thermal characteristics, as assessed by differential scanning calorimetry, showed that sucrose delayed gelatinization of cake batter more than sugar alcohol, as the onset temperature and the peak temperature of cake batter containing only sucrose were higher than those containing sugar alcohol. The moisture content of cake containing sorbitol was the highest and that containing only sucrose was the lowest among cakes. The specific volume of cakes containing only sucrose and xylitol were higher and the baking loss rate of those were lower than other sugar alcohols. The volume and symmetry index of cake containing only sucrose were the highest among cakes ($p < 0.001$), and xylitol was similar to sucrose for the above indices. The redness (a) and yellowness (b) values of crust containing only sucrose were significantly higher than those containing sugar alcohols ($p < 0.001$). The a and b values of crumb containing erythritol were the lowest among cakes, showing a pale yellowish color. The microstructure, as assessed by scanning electron microscopy, showed that the cake containing only sucrose had more uniformly and finely distributed pores and a smoother cross section than that containing sugar alcohols. Cake containing xylitol was similar to cake containing only sucrose. Hardness, chewiness, and gumminess of cake containing only sucrose were higher than those containing sugar alcohols, whereas the adhesiveness of cakes containing sugar alcohols were higher than those containing only sucrose ($p < 0.01$). Among sugar alcohols, xylitol was the most similar to sucrose in textural properties. In a sensory quality test, the tenderness and moistness of cakes containing sorbitol and erythritol were higher than those containing only sucrose and xylitol. The overall acceptance of cakes containing xylitol and only sucrose were higher than those containing sorbitol and erythritol ($p < 0.001$). Thus, xylitol is more appropriate as a 50% replacement for sucrose than erythritol and sorbitol when preparing sponge cake.

Key Words: sponge cake, sucrose, sugar alcohol, alternative sweeteners, quality

1. 서 론

스펀지 케이크는 밀가루, 설탕, 계란의 기본재료로 구성되며 계란에 의해 팽창되는 거품형(foam cake) 케이크의 대표적인 제품으로서 전란을 사용하는 공립법과 노른자와 흰자를 분리하여 사용하는 별립법으로 만들어지고 있다(Woo 등 2006). 스펀지 케이크가 최적의 조직감과 외형을 갖는 최종제품이 되기 위해서는 반죽과정 중에 혼입된 공기가 굽기 후까지 안정적으로 유지되어야 하며(Benninon & Bamford 1997), 당의 역할도 중요한데 당의 종류와 사용

량에 따라 케이크의 품질특성이 달라진다. 케이크에서 설탕은 단맛을 줄 뿐 아니라 교반시 거품의 안정성을 증가시키고 굽기 과정에서 전분의 호화를 지연시키므로 부피변화에 영향을 주게 된다. 또한 설탕은 Maillard 반응으로 보기 좋은 색을 내며 글루텐을 형성하는 단백질이 물을 흡수하기 전에 경쟁적으로 수분과 결합하여 글루텐의 형성을 줄여주어 제품을 부드럽게 하는 기능을 하지만(Kim 등 2006), 흡수가 빠른 열량원으로 과잉 섭취할 경우 당뇨병, 비만, 고콜레스테롤증이나 심혈관 질환 및 충치 등을 유발한다. 그러나 설탕의 과다 섭취를 줄이기 위하여 설탕을 다른 당으로

*Corresponding author: Myung Suk Oh, Dept. of Food and Nutrition, The Catholic University of Korea, San 43-1, Yonkko 2-dong, Wonmi-gu, Puchon, Kyonggi-do, 420-743, Korea Tel: 82-2-2164-4315 Fax: 82-2-2164-4315 E-mail: omsfn@catholic.ac.kr

대체하게 되면, 당의 종류에 따라 케이크 제품의 부피, 조직감, 향미, 갈변화에 상당한 영향을 미칠 수 있다.

최근 설탕 대체 감미료로서 당알코올에 대한 관심과 수요가 늘고 있는데(Kim & Chun 2000; Lee 등 2001; Yoon & Kim 2003; Moon & Jang 2004; Song 등 2004), 당알코올은 인체의 소장에서는 소화되지 않고 대장에 이르러 발효되기 때문에 저칼로리 감미료이며 섭취시 인슐린의 양을 증가시키지 않아 당뇨병 환자 대상의 식품으로도 이용성이 높다(Shin 등 1999). 당알코올 중에서 감미곡선이 설탕과 비슷한 에리스리톨은 포도당을 원료로 하여 효모의 발효로 생산되며, 감미의 정도는 설탕의 70-80%정도이고 용해시 흡열량이 높아 청량감을 느끼게 해준다. 솔비톨은 포도당을 환원시켜 제조하는 당알코올로 깨끗하고 상쾌한 단맛이 있으며 감미의 정도는 설탕의 60%이다. 자일리톨은 xylose를 환원시켜 생산하는데, 부드러운 감미를 가지고 감미의 정도는 설탕과 비슷하며 충치억제 효과가 매우 높은 것으로 알려져 있다. 자일리톨의 흡습성은 솔비톨보다 낮으나 설탕보다는 더 크며 용해열이 커서 입안에서 느끼는 청량감이 크다(Kim 등 1996). 이와 같이 에리스리톨, 솔비톨, 자일리톨 등의 당알코올은 건강 기능성과 더불어 설탕과는 다른 특성을 가지나 케이크에 설탕 대신 첨가되었을 때 케이크의 품질 특성에 미치는 영향을 다각도로 조사한 연구는 그다지 발표되어 있지 않다.

이에 본 연구에서는 스폰지 케이크 제조시 첨가 재료 중 설탕의 50%를 에리스리톨, 솔비톨, 자일리톨로 대체하여 만든 반죽 및 케이크의 품질 특성을 조사하여 당알코올의 설탕 대체 가능성을 검토하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 재료는 박력분(곰표 박력분밀가루, (주) 대한제분), 계란(덕성농장, 경기 파주), 설탕(CJ제일제당(주)), 에리스리톨(분말상, Mitsubishi Kagaku Foods Corporation, Japan), 솔비톨(분말상, LG생활건강), 자일

리톨(분말상, Sigma, USA), 우유(서울우유), 버터(무염버터, 매일유업)를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 당알코올 첨가 스폰지 케이크의 제조

스폰지 케이크의 재료 배합비율은 <Table 1>과 같으며, 설탕 단독 케이크는 설탕 100%, 당알코올 첨가 케이크는 설탕 50%, 당알코올 50%를 첨가하여, 공립법으로 제조하였다(Kim & Ahn 2007; Oh 등 2007). 당알코올 농도 50%는 예비실험 결과 케이크가 양호한 상태로 구워지는 최고 설탕 대체 농도였다. 계란의 기포성을 향상시키고 설탕 및 당알코올 등 당류의 용해성을 증가시키며 제품의 부피를 크게 하기 위하여 53°C의 물로 중탕하면서 mixing bowl을 40°C로 유지시키는 hot mixing method를 사용하였다(Lee 등 2007; Park & Chang 2007; Park 등 2008). 계란에 당류를 넣어 제과용 믹서(K5SS, Kitchen Aid, USA)를 사용하여 4단에서 2분, 6단에서 2분, 8단에서 3분, 9단에서 2분(저속에서 4분, 고속에서 5분) 교반하여 거품을 만들었다. 거품에 미리 2회 체친 밀가루를 넣고 고무주걱으로 골고루 혼합한 후, 중탕시켜 녹인 버터와 우유를 넣고 가볍게 섞어서 반죽(batter)을 완성하였다. 케이크 반죽을 지름 18 cm팬에 300 g씩 팬닝하여 175°C로 미리 예열된 오븐(M101N, LG, Korea)에서 25분간 구운 다음 실온에서 2시간 식힌 후 시료로 사용하였다.

2) 케이크 반죽의 특성

(1) 반죽의 비중, 점도, pH

반죽의 비중(specific gravity)은 케이크 제조 과정 중 밀가루와 우유, 버터를 투입한 후의 반죽 무게를 측정하여 아래 식으로 계산하였다(AACC 2000).

$$\text{비중} = \frac{\text{같은 부피의 반죽 무게}}{\text{같은 부피의 물 무게}}$$

반죽의 점도는 line spread test(Mcwilliams 1993)로 측정하였으며, 지름 5 cm, 높이 3 cm의 metal cylinder에 반죽을 채워 넣고, 즉시 metal cylinder를 들어 올려서 2분

<Table 1> Formulas for sponge cakes with sugar and various sugar alcohols

Ingredient (g)	Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol
Flour	152(100%) ²⁾	152(100%)	152(100%)	152(100%)
Whole egg	304(200%)	304(200%)	304(200%)	304(200%)
Sugar	152(100%)	76(50%)	76(50%)	76(50%)
Erythritol	-	76(50%)	-	-
Sorbitol	-	-	76(50%)	-
Xylitol	-	-	-	76(50%)
Butter	20(13.33%)	20(13.33%)	20(13.33%)	20(13.33%)
Milk	20(13.33%)	20(13.33%)	20(13.33%)	20(13.33%)

¹⁾Sucrose: sucrose 100%

Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾Flour weight basis(%)

후 반죽의 퍼짐을 각각 90°에 해당하는 4곳의 값을 측정하고, 평균값으로 나타내었다. 반죽의 pH는 mixing이 끝난 반죽 5 g에 증류수 45 mL를 넣고 충분히 교반한 후 pH측정기(Lab850, Schott, Germany)로 측정하였다(AACC 2000).

(2) 반죽의 열적특성

반죽의 열적 특성은 시차주사열량기(Netzsch DSC 200PC, Germany)로 측정하였다. 10 mg의 반죽을 알루미늄 팬에 넣고 밀봉한 후 25°C부터 125°C까지 2.5°C/min의 속도로 가열하여 흡열곡선을 얻었고, 이로부터 초기온도(onset temperature, T_0), 피크온도(peak temperature, T_P), 종결온도(end temperature, T_E), 엔탈피(enthalpy, ΔH)를 구하였다. Reference로는 empty aluminium pan을 사용하였고, 기기의 보정은 용융온도를 알고 있는 인듐(In)을 사용하였다.

3) 케이크의 이화학적 특성

(1) 케이크의 수분함량, 비용적 및 굽기 손실률

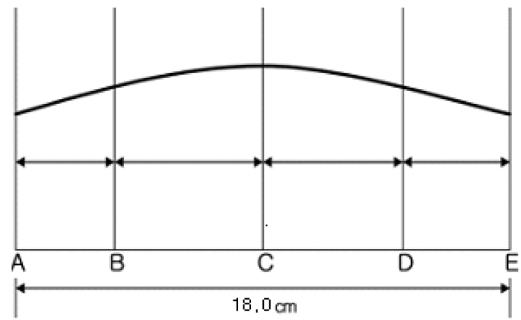
실온에서 2시간 방냉한 스폰지 케이크에서 시료를 채취하여 상압가열 건조법으로 수분 함량을 측정하였다. 케이크 crumb의 중간부분에서 2 g을 취하여 105°C의 건조기에서 향량이 될 때까지 건조시킨 후 수분함량을 측정하였다. 케이크의 비용적(specific volume)은 케이크의 무게를 재고, 종자치환법으로 부피를 측정하여 부피에 대한 무게의 비로 산출하였고, 굽기손실률은 굽기전 반죽의 무게와 구운 뒤 2시간 후의 케이크의 무게 차이를 반죽의 무게값으로 나누었다(Kim & Ahn 2007).

(2) 케이크의 외관 및 주사전자 현미경(SEM) 관찰

케이크의 부피 지표(volume index), 대칭성 지표(symmetry index), 균일성 지표(uniformity index)는 케이크의 중앙부분을 절단한 후 <Figure 1>과 같이 산출하였다(AACC 2000, Suh 등 2001). 즉, 케이크의 중심부를 수직으로 절단한 후 보이는 크럼 부위의 양끝단에 A와 E선을, 중심에 C선을, A와 C 사이에 B선을, C와 E 사이에 D선을 표시하여 높이를 측정한 후 <Figure 1>의 공식대로 부피, 대칭성, 균일성 지표를 계산하였다.

케이크의 크러스트(crust)와 크럼(crumb)의 색도는 색차계(ZE-2000, Nippon Deshoku Industries Co., Ltd, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 구하였다.

케이크의 미세구조는 Scanning Electron Microscope (SEM, Hitachi, S-4800, Japan)를 사용하여 관찰하였다. 케이크를 -80°C의 deep freezer(UB5-25, SO-LOW, Ohio, USA)에서 하루동안 냉동시킨 후 동결 건조기(XL's auto cascade multi refrigerant, Virtis, Germany)에 넣



<Figure 1> Measurement of volume, symmetry and uniformity index of sponge cake

- *Volume index=B+C+D
- *Symmetry index=2C-B-D
- *Uniformity index=B-D

<Table 2> Condition of texture analyzer for sponge cakes

Items	Operation condition
Mode	Measure force in compression
Option	TPA
Sample size	5×5×2.5 cm
Load cell	5 kg
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	2.0 mm/s
Post-test speed	2.0 mm/s
Deformation ratio	60%
Time	3 s
Trigger type	Auto-5 g
Data acquisition rate	200 pps
Plunger type	2.5 cm diameter cylinder probe

어 -45°C에서 72시간 동안 동결 건조시켰다. 동결 건조시킨 각 시료를 10×10×5 mm의 크기로 잘라 알루미늄 표본 지지대 위에 얹고 Ion Sputter(E-1045, Hitachi)를 이용하여 약 150초 동안 Pt coating한 후 SEM을 이용하여 가속전압 5 kv에서 50배율로 관찰하였다.

(3) 케이크의 조직감 측정

케이크의 조직감은 Texture Analyzer(Model TX XT2, Stable Micro System, England)를 이용하여 시료를 2회 연속적으로 압착시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 경도(hardness), 부서짐성(fracturability), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 겹성(gumminess)을 측정하였다. 측정 조건은 <Table 2>와 같다.

4) 케이크의 관능적 특성

(1) 특성차이 검사

케이크의 관능적 품질특성을 조사하기 위하여 식품영양학과 학생 12명을 대상으로 냄새, 향미, 조직감, 외관 등의 특성차이를 검사하였다. 검사 전 패널에게 특성의 개념과 정의를 확립시키고 검사 방법에 관한 예비교육을 실시한 후 임

의 세 자리 숫자가 적힌 흰색 접시에 시료를 담아 제공하였다. 각 시료의 평가 사이에 생수가 제공되었고 조사는 7점 척도로 나타내도록 하였으며 1점에 가까울수록 강도가 약함을, 7점에 가까울수록 강도가 강함을 나타내도록 하였다.

(2) 기호도 조사

케이크의 기호도 조사를 위해 일반학생 50명(남: 20명, 여: 30명)을 대상으로 외관, 향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등의 기호도 조사를 실시하였다. 시료는 임의의 세 자리 숫자가 적힌 흰색 접시에 담아 제공하였으며, 모든 시료들의 평가 사이에 입가심을 위한 생수를 제공하였다. 조사는 7점 척도로 이루어졌으며, 1점으로 갈수록 싫음을, 7점으로 갈수록 좋음을 나타내도록 하였다.

5) 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하여 이루어졌으며, 그 결과들은 SAS(SAS 9.1, Cary, North Carolina, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test로 유의차를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 케이크 반죽의 특성

1) 반죽의 비중, 점도, pH

반죽의 비중, 점도, pH를 <Table 3>에 나타내었다. 반죽의 비중은 혼입되는 공기의 양이 많을수록 가벼워져 비중이 작아지는데 본 연구에서 반죽의 비중은 0.30-0.34의 범위로 일반적인 스펀지 케이크의 비중값인 0.45-0.5의 범위(Pyler 1988; Mizukoshi 1991)보다 작았는데 이는 본 연구의 스펀지 케이크의 배합비율이 가벼운 스펀지로 하였기 때문으로 생각된다. 반죽의 비중을 비교해 보면 설탕단독 반죽의 비중이 0.34로 가장 커서 반죽이 묵직하고 당알코올 중에서는 에리스리톨 첨가 반죽의 비중이 가장 작아 가장 가벼운 반죽인 것을 나타내었으며 자일리톨 첨가 반죽의 비중은 0.33으로 설탕 단독 반죽의 비중과 비슷한 값을 나타내었다. Hwang 등(1999)의 연구에서 반죽의 비중이 0.35일 때 케이크가 가장 부피가 크고 경도가 낮다고 하였으며, 본

연구에서 설탕 단독 케이크의 비중이 0.34로 Hwang 등(1999)의 연구에서의 최적 비중인 0.35와 가장 가까운 값을 나타내었다. Park 등(2008)은 반죽의 비중은 제품의 가공적성에 영향을 주어 비중이 크면 부피가 줄고 조밀한 기공으로 인해 씹힘성이 떨어지며, 비중이 작으면 매우 약하고 부서지기 쉬운 크럼이 제조된다고 보고하였다. Yang 등(2003)도 같은 무게의 반죽을 구울 때 비중이 크면 부피가 작아지고 비중이 작으면 부피가 커지므로 일정한 비중을 맞추는 것이 중요하며, 비중은 내부조직에도 영향을 미쳐 비중이 크면 무겁고 조밀한 케이크가 만들어지고 비중이 작으면 고르지 못하고 거친 케이크가 만들어진다고 하여 반죽의 비중이 케이크의 품질에 큰 영향을 미치는 것을 보고하였다.

Line spread test에 의한 반죽의 점도는 수치가 작을수록 점도가 높은 것을 의미하는데, 반죽의 점도는 4.22-4.81의 범위였다. 설탕 단독 반죽의 점도는 4.81로 가장 낮았고, 당알코올 중에서는 에리스리톨 첨가 반죽의 점도가 4.22로 가장 높았다. 케이크 반죽의 점도가 높으면 표면으로 기포의 이동이 어려워 기포의 안정성이 높아지게 되므로 반죽의 점도는 기포를 유지하는데 중요한 요인으로 알려져 있다. Kim & Walker(1992)는 반죽의 점도가 높을수록 반죽에 더 많은 공기가 혼입된다고 보고하였는데, 본 연구 결과에서도 반죽의 점도가 가장 낮은 설탕 단독 반죽이 비중이 높아서 기포가 덜 포함된 것을 나타내었다.

반죽의 pH는 설탕 단독 반죽이 8.10으로 가장 낮았는데, 반죽의 pH는 케이크의 부피, 조직감과 관계가 있고(Ash & Colmey 1973; Choi & Kim 1990) 케이크의 착색정도에 영향을 미친다고(Lee 등 2002) 보고되어 있다.

2) 반죽의 열적특성

설탕은 감미 외에 전분의 호화를 지연시켜 케이크가 원활하게 팽화하는데 중요한 역할을 하므로 설탕 외의 당으로 대체할 때 대체당의 호화거동을 조사할 필요가 있게 된다. <Table 4>에 DSC에 의한 케이크 반죽의 열적 특성을 나타내었다. 반죽의 호화가 시작되는 시점의 온도인 onset temperature(T_0)는 설탕단독 반죽과 당알코올 첨가 반죽 사이에 유의적인 차이를 나타내었으며($p < 0.01$) 설탕 단독 반죽의 호화개시가 당알코올 첨가 반죽보다 지연되었는데, 당

<Table 3> Specific gravity, viscosity and pH of sponge cake batters with sugar and various sugar alcohols¹⁾

	Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol	F-value
Specific gravity	0.34±0.01 ^{a2)}	0.30±0.01 ^d	0.31±0.00 ^c	0.33±0.01 ^b	55.11 ^{***3)}
Viscosity	4.81±0.11 ^a	4.22±0.14 ^c	4.39±0.12 ^{bc}	4.44±0.14 ^b	19.51 ^{***}
pH	8.10±0.00 ^c	8.19±0.04 ^b	8.35±0.04 ^a	8.29±0.02 ^a	26.52 ^{***}

¹⁾Sucrose: sucrose 100%

Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾Mean±SD

Means in each row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

³⁾*** significant at $p < 0.001$.

<Table 4> DSC properties of cake batters with sugar and various sugar alcohols¹⁾

	Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol	F-value
T _O (°C) ²⁾	76.80±1.56 ³⁾	69.57±1.56 ^b	68.40±0.00 ^b	66.25±3.04 ^b	12.69 ^{***4)}
T _P (°C)	99.85±1.06 ^a	95.97±1.08 ^b	94.80±0.71 ^b	96.45±1.63 ^b	7.28 [*]
T _E (°C)	113.10±0.71	113.03±1.65	110.15±3.04	112.95±0.92	1.34
ΔH (J/g)	763.25±44.48	629.77±32.09	619.30±99.56	609.85±86.20	2.49

¹⁾Sucrose: sucrose 100%

Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾T_O: Onset temperature, T_P: Peak temperature, T_E: Conclusion temperature, ΔH: enthalpy

³⁾Mean±SD

Means in each row with different superscript letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

⁴⁾*, ** significant at p<0.05, p<0.01, respectively.

<Table 5> Moisture contents, weight, volume, specific volume and baking loss of sponge cakes with sugar and various sugar alcohols¹⁾

	Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol	F-value
Moisture contents (%)	37.81±0.11 ²⁾	38.90±0.15 ^{ab}	39.59±0.87 ^a	38.59±0.63 ^{bc}	5.89 ³⁾
Weight (g)	266.15±0.83 ^a	265.46±0.71 ^{ab}	264.78±0.69 ^b	265.88±0.71 ^a	5.64 ^{**}
Volume (mL)	1040.83±35.27 ^a	944.00±19.49 ^c	968.18±22.61 ^{bc}	995.83±19.60 ^b	16.74 ^{***}
Specific volume (mL/g)	3.91±0.12 ^a	3.56±0.07 ^c	3.66±0.08 ^b	3.75±0.08 ^b	16.29 ^{***}
Baking Loss (%)	12.54±0.30 ^c	13.10±0.21 ^b	13.43±0.24 ^a	12.96±0.18 ^b	20.23 ^{***}

¹⁾Sucrose: sucrose 100%

Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾Mean±SD

Means in each row with different superscript letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

³⁾*, **, *** significant at p<0.05, p<0.01, p<0.001, respectively.

알코올 첨가군 사이에서는 유의차를 나타내지 않았다. Peak temperature(T_P) 역시 설탕단독 반죽과 당알코올 첨가 반죽 사이에 유의적인 차이를 나타내었으며(p<0.05) 설탕단독 반죽의 피크온도가 더 높았는데, 당알코올 첨가군 사이에는 유의차를 나타내지 않았다. 호화 종결온도인 end temperature (T_E)는 설탕 단독 반죽과 당알코올 첨가 반죽 사이에 유의차가 나타나지 않았다. 초기피크와 종결피크 사이의 면적을 통해 반죽의 호화에 필요한 에너지를 나타내는 피크의 면적 (enthalpy, ΔH)은 유의차는 나타나지 않았으나 설탕 단독 반죽이 가장 컸다. 이상으로 설탕 단독 반죽의 경우 당알코올 첨가 반죽보다 호화가 지연되는 것을 알 수 있었는데, Ikawa(1998)와 Yukitomo & Ikawa(2000)는 당알코올이 전분의 호화온도를 낮게 하고 이것이 원인으로 케이크의 부피가 작아졌다고 보고 하였다.

2. 케이크의 이화학적 특성

1) 케이크의 수분함량, 비용적 및 굽기 손실률

케이크의 수분함량, 비용적 및 굽기 손실률을 <Table 5>에 나타내었다. 수분함량은 설탕 단독 케이크가 당알코올 첨가 케이크에 비해 유의적으로 적었다(p<0.05). 당알코올 첨가 케이크 중에서는 솔비톨 첨가 케이크가 수분함량이 39.59%로 가장 높았는데, 이것은 솔비톨의 흡습성이 가장 높기 때문으로 생각된다. Ahn 등(1999)은 수분 함량은 케이크 조직감의 중요한 인자로 작용한다고 하였으며, Yang 등(2003)은 케이크의 수분함량으로 케이크의 촉촉한 정도

를 알 수 있고 높은 수분함량을 갖는 케이크는 촉촉한 질감과 부드러운 느낌을 준다고 하였다.

설탕 단독 케이크는 솔비톨 첨가를 제외한 당알코올 첨가 케이크와 무게는 유의차가 없었으나, 부피는 당알코올 첨가 케이크보다 유의적으로 더 컸다(p<0.001). 이는 설탕은 글루텐이 과다하게 형성되는 것을 억제하며 굽는 동안에 글루텐 골격이 형성되는 시간을 가장 많이 지연시켜 부피를 유지시키기 때문이며(Kim 1998), 본 연구에서도 반죽의 열적 특성 측정 결과 설탕이 당알코올보다 호화를 더 지연시켜 골격의 형성을 늦추는 것으로 생각되었다. Ronda 등(2005)의 연구에서도 설탕 첨가 케이크의 부피가 자일리톨, 솔비톨 등의 당알코올 첨가 케이크의 부피보다 커서 본 연구와 일치하였다. 비용적은 설탕 단독 케이크가 당알코올 첨가 케이크에 비하여 유의적으로 컸다(p<0.001). 당알코올 첨가 케이크 중에서는 자일리톨 첨가 케이크가 설탕과 가장 비슷한 비용적을 나타내었다. Kim(2005)은 케이크의 부피는 공기의 혼입, 구울 때 케이크의 골격을 형성시켜 주는 글루텐의 양, 밀가루 내의 전분에 의한 반죽 점성 유지 및 굽는 동안 전분의 호화가 영향을 미친다고 하였다. 케이크의 품질 특성에서 중요한 최적의 부피를 갖기 위해서는 굽기 과정에서 케이크의 팽화와 더불어 구운 후에 팽창된 구조의 안정성이 중요하다고 생각된다.

케이크의 굽기 손실률은 솔비톨 첨가 케이크가 13.43으로 가장 컸고 설탕 단독 케이크가 12.54로 가장 작았다(p<0.001). 케이크는 굽기 과정에서 반죽에 열이 가해지면

<Table 6> Volume, symmetry, uniformity index and color value of sponge cakes with sugar and various sugar alcohols¹⁾

		Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol	F-value
Volume index		139.54±3.46 ^(a2)	118.77±2.68 ^d	124.99±1.75 ^c	128.58±2.03 ^b	63.68 ^{***3)}
Symmetry index		1.12±2.15 ^a	-4.99±1.45 ^b	-6.46±2.92 ^b	-1.74±2.33 ^a	12.58 ^{***}
Uniformity index		2.08±1.63	0.57±0.36	0.98±0.85	0.96±0.85	2.11
Crust color	L ⁴⁾	38.96±1.88 ^a	37.49±1.10 ^b	39.11±1.36 ^a	34.62±1.68 ^c	18.34 ^{***}
	a	16.16±0.49 ^a	13.56±0.70 ^b	13.56±0.86 ^b	14.02±0.38 ^b	43.96 ^{***}
	b	17.81±0.93 ^a	16.11±0.82 ^b	16.33±0.85 ^b	16.21±0.69 ^b	10.20 ^{***}
Crumb color	L	75.30±0.71	75.02±0.49	75.26±0.64	75.69±0.74	1.28
	a	-2.05±0.09 ^a	-2.61±0.18 ^c	-2.35±0.12 ^b	-2.36±0.11 ^b	19.49 ^{***}
	b	25.09±0.20 ^b	24.34±0.29 ^c	26.57±0.24 ^a	26.40±0.22 ^a	129.54 ^{***}

¹⁾Sucrose: sucrose100%

Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾Mean±SD

Means in each row with different superscript letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

³⁾*** significant at p<0.001.

⁴⁾L: degree of lightness (Black 0↔100 White), a: degree of redness (Green - ↔ + Red), b: degree of yellowness (Blue - ↔ + Yellow)

수분이 팽창하면서 수증기로 변하여 반죽에 형성된 기포로 빠져나가므로 굽기 손실이 발생하게 된다. 본 연구에서 설탕 단독 케이크의 굽기 손실률이 작은 것은 설탕이 반죽의 안정성을 증가시켜 바디감을 부여하므로(Ikawa 1998) 조직이 안정되어 크럼과 크러스트의 분리가 일어나지 않고, 이에 따라 크러스트에서 수분 손실이 덜 일어난 것으로 생각된다. 반면 솔비톨 첨가 케이크는 굽기 손실률이 컸는데, 이는 솔비톨 반죽은 기포 유지 능력이 적고 케이크 구조를 형성하는 힘이 약하여 팽창 후 수축하여 부피가 작아지고 크럼과 크러스트의 분리가 일어나서 크러스트의 수분 증발이 많이 일어난 것으로 생각된다. Lee 등(2007)도 매생이 분말이 첨가되면서 스펀지 케이크의 반죽이 불안정하게 되고, 이로 인해 생긴 크고 불균일한 기공들 때문에 굽기 중 손실률이 증가되었다고 보고하여 케이크 반죽의 안정성이 굽기 손실률에 영향을 있음을 보고하였다.

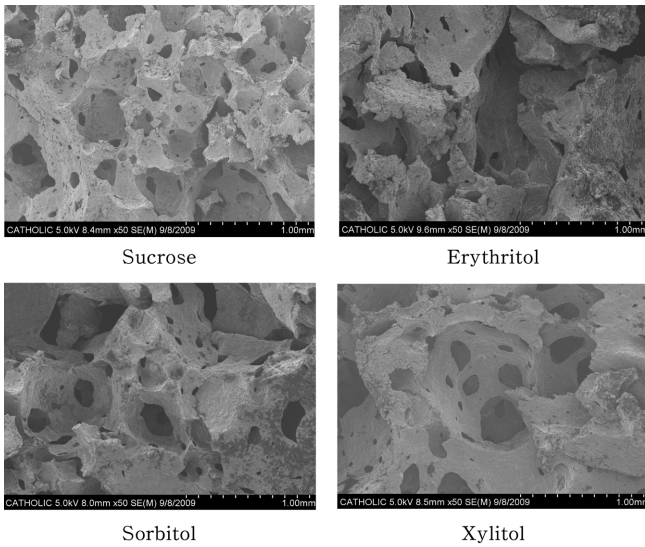
2) 케이크의 외관 및 주사전자 현미경(SEM) 관찰

케이크의 부피지표(volume index), 대칭성지표(symmetry index), 균일성 지표(uniformity index), 색도를 <Table 6>에 나타내었다. Volume index는 설탕 단독 케이크가 가장 크고 자일리톨, 솔비톨, 에리스리톨 첨가 케이크의 순이었다. Symmetry index는 케이크 모양의 균형을 나타내는 지표로 설탕 단독 케이크는 1.12로 케이크의 가운데 높이가 가장 높았고 자일리톨 첨가 케이크는 -1.74로 당알코올 첨가 케이크 중에서는 가장 높아 설탕 단독 케이크와 비슷한 모양을 나타내었다. 에리스리톨과 솔비톨 첨가 케이크는 각각 -4.99와 -6.46으로 낮은 수치를 나타내어 케이크의 가운데 부분이 함몰되어 있음을 나타내었다. Uniformity index는 스펀지 케이크 좌우의 대칭성을 나타내는 것으로 설탕 단독 케이크와 당알코올 첨가 케이크 사이에 유의적인 차이를 나타내지 않았는데, Park 등(2008)의 연구에서 스

폰지 케이크 제조시 콩섬유를 첨가한 경우도 uniformity index에 유의적 차이를 보이지 않아 본 연구와 같은 경향을 나타내었다. 이상의 부피, 대칭성, 균일성 결과를 종합해 보면 당알코올 첨가 케이크보다 설탕단독 케이크가 부피가 더 크면서 모양도 균형 잡혀 있다는 것을 알 수 있으며, 설탕에 가장 근접한 당알코올은 자일리톨인 것을 알 수 있다.

케이크의 색도에서 크러스트의 명도는 솔비톨 첨가, 설탕 단독, 에리스리톨 첨가, 자일리톨 첨가 케이크 순으로 어두워졌다. 적색도를 나타내는 a값과 황색도를 나타내는 b값은 설탕 단독 케이크가 당알코올 첨가 케이크보다 유의적으로 더 높았다(p<0.001). Lee 등(2002)은 반죽의 pH가 케이크의 착색정도에 영향을 주어 pH가 높을수록 당의 카라멜화와 아미노카보닐 반응에 의한 착색이 용이하다고 하였으나, 본 연구에서 당알코올 첨가 반죽의 pH가 설탕 단독 반죽의 pH보다 높고 갈변반응 속도가 빨라지는 pH값 범위를 나타내었음에도 불구하고 설탕 단독 케이크 크러스트의 적색도와 황색도가 더 높았다. 이것은 크러스트의 색이 열분해에 의해 생성 증가된 환원당과 아미노화합물간의 Maillard반응에 의하여 가장 큰 영향을 받게 되는데 당알코올은 aldehyde기 또는 ketone기가 없으므로 Maillard 반응이 나타나지 않고 카라멜화 반응에서도 당알코올은 높은 열 안정성이 있어서 착색이 일어나지 않기 때문이다(Lee 등 1991). Lin 등(2003), Ronda 등(2005)의 연구에서도 당알코올 첨가 케이크 색상이 연해지는 것을 보고하고 있다. 크럼의 명도는 유의차를 보이지 않았으며 a값, b값은 모두 에리스리톨 첨가 케이크가 유의적으로가장 낮아서(p<0.001), 에리스리톨 첨가에 의해 케이크의 황색도가 연해지는 것을 나타내었다. 전반적으로 크럼의 색상 차이는 크러스트의 색상차만큼 크지 않았다.

케이크 내부의 미세구조를 관찰하기 위하여 단면을 주사전자 현미경으로 관찰한 결과는 <Figure 2>와 같다. 설탕



<Figure 2> Microstructure of sponge cakes with sugar and various sugar alcohols¹⁾ by SEM (Scanning Electron Microscope)

¹⁾Sucrose: sucrose 100%
Sugar alcohol : 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

단독 케이크는 기공의 크기가 작고 균일하며 많은 공기세포를 포함하였고 단면이 매끄러웠다. 에리스리톨 첨가 케이크는 기공의 크기가 크고 불균일하며 일부는 기공을 유지하는 벽이 무너져 터널을 이루고 있으며 단면이 약하여 매끄럽지 못하였다. 솔비톨 첨가 케이크는 기공의 크기가 에리스리톨 첨가 케이크보다는 작고 균일하였으나 단면이 매끄럽지 못하고 견고하지 않아서 꺼끌꺼끌해 보였다. 자일리톨 첨가 케이크는 기공이 설탕 단독 케이크 보다는 크고 불균일하지만 다른 당알코올 첨가 케이크와 비교하면 가장 균일하고 단면도 매끄러워 견고하였다. 에리스리톨 첨가 케이크의 구조가 가장 불균일한 것은 에리스리톨의 용해성이 낮아 녹지 않고 분산되어 글루텐이 조직구조를 지탱하는 것을 방해하였기 때문으로 생각되며, 설탕 단독 케이크의 내부구조는 설탕의 안정화 작용에 의해 가장 균일하고 매끄러운 구조를 나타낸 것

으로 생각된다. Kim & Ahn(2007)도 스펀지 케이크 제조 시 계란 대체물질로서 WPI(whey protein isolate)를 첨가하였을 때 품질 특성이 높은 대체 비율 케이크의 미세구조는 기공이 균일하고 단면이 매끄러우나 품질특성이 낮은 케이크에서는 기공의 발달이 제대로 되어 있지 않고 찌그러져 본 연구에서와 마찬가지로 미세구조의 역할을 보고하였다.

3) 케이크의 조직감

케이크 크럼의 조직감은 <Table 7>과 같다. 경도(hardness)는 설탕 단독 케이크가 당알코올 첨가 케이크보다 유의적으로 컸다(p<0.001). 당알코올 첨가 케이크 중에서는 자일리톨 첨가 케이크의 경도가 가장 크고, 솔비톨 첨가 케이크의 경도가 가장 작았다(p<0.001). Chabot(1979)는 케이크의 텍스처에 영향을 주는 요인은 케이크의 수분함량, 완성된 제품의 기공 발달 정도 및 부피 등과 관련이 있다고 하였는데 본 연구에서 설탕 단독 케이크의 안정된 구조와 수분함량이 경도에 영향을 미친 것으로 생각된다. 부서짐성(fracturability)은 케이크군들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 부착성(adhesiveness)은 설탕 단독 케이크가 가장 작았고(p<0.05), 당알코올 첨가 케이크 사이에는 유의차가 없었다. 당알코올 첨가 케이크가 설탕 단독 케이크보다 부착성이 큰 것은 당알코올 첨가 반죽의 점성이 높아 끈적임이 컸던 것 때문으로 생각된다. Kim & Yoon(2004)은 당알코올을 이용한 빵설기의 연구에서 설탕에 비하여 당알코올을 이용하였을 경우 부착성이 높다고 하여 본 연구와 일치하였다. 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness)은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 검성(gumminess)과 씹힘성(chewiness)은 경도와 같은 경향으로 설탕 단독 케이크가 가장 크고 그다음 자일리톨 첨가, 에리스리톨 첨가, 솔비톨 첨가 케이크의 순이었다(p<0.001). Kawasome 등(1990)은 케이크의 경도, 검성, 씹힘성은 입안 촉감과 유의적 상관관계가 있다고 하였는데 본 연구에서도 경도, 검성, 씹힘성이 설탕 단독 케이크와 당알코올 첨가 케이크 간 조직감의 가장 큰 특성 차이를 나타낸 것으로 생각된다.

<Table 7> Textural properties of sponge cakes with sugar and various sugar alcohols¹⁾

Texture	Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol	F-value
Hardness (g)	296.35±10.72 ^{a2)}	239.08±2.55 ^c	224.22±9.10 ^d	254.03±12.73 ^b	80.75 ^{***3)}
Fracturability	3.86±1.83	3.39±1.35	2.50±0.91	3.10±1.52	1.55
Adhesiveness	0.85±0.60 ^b	1.63±0.76 ^a	1.83±0.42 ^a	1.78±0.30 ^a	5.57 [*]
Springiness	0.94±0.03	0.91±0.02	0.91±0.02	0.92±0.02	2.61
Cohesiveness	0.79±0.00	0.79±0.01	0.79±0.01	0.79±0.01	2.44
Gumminess	234.64±7.97 ^a	189.52±2.42 ^c	175.92±6.11 ^d	200.08±9.69 ^b	97.22 ^{***}
Chewiness	220.38±11.40 ^a	172.78±3.03 ^c	160.28±5.64 ^d	184.37±12.56 ^b	62.52 ^{***}

¹⁾Sucrose: sucrose 100%

Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾Mean±SD

Means in each row with different superscript letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

³⁾*, *** significant at p<0.05, p<0.001, respectively.

<Table 8> Sensory characteristics of sponge cakes with sugar and various sugar alcohols¹⁾

Characteristics	Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol	F-value
Crust color	3.79±0.89 ^{b2)}	4.79±0.71 ^a	3.29±1.07 ^b	4.57±0.65 ^a	10.77*** ³⁾
Crumb color	3.64±0.93	4.05±0.62	4.14±0.66	3.93±0.62	1.35
Air hole Uniformity	4.64±1.34 ^a	3.32±1.06 ^b	3.07±1.38 ^b	3.93±0.83 ^{ab}	5.30*
Flavor	3.71±0.99	3.37±1.30	3.36±1.15	4.07±1.49	1.09
Sweetness	4.21±1.72 ^a	3.26±1.56 ^b	3.29±1.27 ^{ab}	4.50±0.94 ^a	3.05*
Aftertaste	3.86±1.10 ^{ab}	3.26±1.59 ^b	3.43±0.85 ^b	4.50±1.22 ^a	2.93*
Tenderness	3.87±0.92 ^b	5.00±0.91 ^a	5.18±1.17 ^a	4.40±0.91 ^{ab}	5.10**
Moistness	3.80±1.01 ^b	4.77±1.24 ^a	5.27±1.27 ^a	4.47±1.13 ^{ab}	3.72*

¹⁾Sucrose: sucrose100%, Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾Mean±SD

Means in each row with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

³⁾*, **, *** significant at $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$, respectively.

<Table 9> Sensory acceptance of sponge cakes with sugar and various sugar alcohols¹⁾

Characteristics	Sucrose	Erythritol	Sorbitol	Xylitol	F-value
Crust color	5.30±1.02 ^{a2)}	4.41±1.53 ^b	5.57±1.24 ^a	5.00±1.47 ^{ab}	3.13* ³⁾
Crumb color	5.70±1.18 ^a	4.50±1.26 ^b	5.26±1.25 ^{ab}	5.04±1.34 ^{ab}	3.49*
Air hole Uniformity	4.30±1.11 ^{ab}	3.68±0.89 ^c	3.87±1.14 ^{bc}	4.60±0.87 ^a	4.01*
Flavor	5.13±1.29 ^a	3.73±1.16 ^c	4.22±1.38 ^{bc}	4.88±1.17 ^{ab}	5.89*
Sweetness	4.70±1.52 ^a	3.86±1.28 ^b	4.09±1.16 ^{ab}	4.84±1.28 ^a	2.96*
Aftertaste	5.26±1.18 ^a	3.77±1.31 ^c	4.43±1.31 ^{bc}	4.60±1.35 ^{ab}	5.06*
Tenderness	4.57±1.50 ^{ab}	4.09±1.11 ^b	4.26±1.14 ^b	5.20±1.15 ^a	3.74*
Moistness	5.26±1.45 ^a	4.09±1.15 ^b	4.57±1.04 ^b	5.48±1.00 ^a	6.88**
Acceptance	5.04±0.77 ^a	3.59±1.10 ^c	4.26±0.92 ^b	5.52±0.92 ^a	19.52***

¹⁾Sucrose: sucrose100%

Sugar alcohol: 50% replacement of sucrose with sugar alcohol

²⁾Mean±SD

Means in each row with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

³⁾*, **, *** significant at $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$, respectively.

3. 케이크의 관능적 특성

1) 특성차이 검사

케이크의 품질에 관한 특성차이 검사 결과는 <Table 8>에 나타내었다. 크러스트의 색은 에리스리톨과 자일리톨 첨가 케이크가 높아서 진하다고 평가하였고 설탕 단독 케이크와 솔비톨 첨가 케이크가 연하다고 평가하여($p<0.001$) 색도의 L값과 같은 경향이였다. 크럼의 색은 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 기공의 균일성은 설탕 단독, 자일리톨 첨가 케이크가 균일하다고 평가하였으며 에리스리톨 첨가, 솔비톨 첨가 케이크는 그보다 균일성이 떨어졌는데($p<0.05$), 이러한 결과는 <Figure 2>의 미세구조 관찰 결과와 일치하는 것이다. 풍미는 당류 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단맛은 설탕 단독, 자일리톨 첨가 케이크가 단맛 정도가 비슷하고 솔비톨 첨가, 에리스리톨 첨가 케이크는 그보다 단맛이 떨어진다고 평가하여($p<0.05$), 당류의 감미순서와 대체로 일치하였다(Oh & Choi 2002). 후미는 자일리톨 첨가 케이크가 가장 강하고 설탕 단독 케이크, 솔비톨 첨가, 에리스리톨 첨가 케이크의 순으로 후미가 약하다고 평가하였다. 부드러움과 촉촉함은 솔비톨 첨가, 에리스리톨 첨가 케이크가 설탕 단독, 자일리톨 첨가 케이크보다 더 높다

고 평가하였는데, 이는 수분함량 및 경도측정 결과와 일치하는 것이다.

2) 기호도 조사

당알코올 첨가 케이크에 대한 기호도 조사 결과는 <Table 9>에 나타내었다. 에리스리톨 첨가 케이크는 크러스트 색상, 크럼의 색상에서 가장 낮은 기호도를 나타내었고, 나머지 케이크들은 비슷한 기호도를 나타내었다($p<0.05$). 에리스리톨 첨가 케이크 색의 기호도가 떨어지는 것은 크러스트 색은 어두운 반면 크럼 색은 황색도가 너무 연하기 때문으로 생각된다. 자일리톨 첨가, 설탕 단독 케이크는 기공의 균일성, 풍미, 단맛, 후미, 부드러움, 촉촉함 등의 여러 특성에 대하여 기호도가 높았고, 솔비톨 첨가, 에리스리톨 첨가 케이크는 이들 특성에 대한 기호도가 떨어졌다($p<0.05$). 설탕은 모든 당류 중에서 가장 기호도가 높은 당이며 자일리톨은 설탕과 비슷한 풍미를 가지므로 설탕단독 케이크와 자일리톨 첨가 케이크의 풍미가 높으며, 에리스리톨 첨가, 솔비톨 첨가 케이크는 조직이 너무 연하여 케이크로서 알맞은 부드러움을 가지지 않아 기호도가 떨어지는 것으로 생각된다. 전반적인 기호도는 자일리톨 첨가 케이크, 설탕 단독 케

이크가 높은 기호도를 나타내었고, 그 다음이 솔비톨 첨가 케이크이며 에리스리톨 첨가 케이크가 가장 낮은 기호도를 나타내었다. 설탕 단독 케이크와 자일리톨 첨가 케이크에 비하여 에리스리톨 첨가, 솔비톨 첨가 케이크는 작은 부피에 비하여 높은 수분함량과 부착성을 가지고 있으므로 케이크의 씹힘성이 없고 끈적이는 느낌을 주어 전반적인 기호도가 떨어지는 것으로 생각된다. 이처럼 자일리톨이 솔탕 대체 감미료로서 가장 우수한 것은 자일리톨의 감미의 질이 설탕과 유사하고 용해도가 높기 때문으로 생각된다(Yukitomo & Ikawa 2000).

IV. 요약 및 결론

스펀지 케이크 제조시 당알코올의 대체 가능성을 조사하기 위하여 재료 중 설탕의 50%를 에리스리톨, 솔비톨, 자일리톨로 대체하여 만든 반죽 및 케이크의 품질 특성을 조사하였다. 반죽의 비중은 설탕단독 반죽이 당알코올 첨가 반죽보다 유의적으로 컸고 점도는 설탕단독 반죽이 당알코올 첨가 반죽보다 유의적으로 낮았는데($p < 0.001$), 당알코올 중에서는 자일리톨 첨가 반죽이 설탕 단독 반죽과 가장 비슷한 성질을 나타내었다. pH는 설탕단독 반죽이 당알코올 첨가 반죽보다 유의적으로 작았다($p < 0.001$). 반죽의 열적특성은 설탕 단독 반죽의 호화개시온도, 피크온도가 당알코올 첨가 반죽보다 더 높아서 설탕단독 반죽의 호화가 당알코올 첨가 반죽보다 지연되는 것을 나타내었다. 수분함량은 솔비톨 첨가 케이크가 가장 많았고, 설탕단독 케이크가 가장 적었다($p < 0.05$). 케이크의 비용적은 설탕단독 케이크가 가장 컸고 자일리톨, 솔비톨, 에리스리톨 첨가 케이크 순으로 작아졌다($p < 0.001$). 굽기 손실률은 설탕단독 케이크가 가장 작고, 솔비톨 첨가 케이크가 가장 컸다($p < 0.001$). 외관특성의 부피지표(volume index) 및 대칭성지표(symmetry index)는 설탕단독 케이크가 가장 컸으며, 자일리톨은 설탕과 가장 비슷한 특성을 나타내었다($p < 0.001$). 크러스트 색도는 설탕단독 케이크가 당알코올 첨가 케이크보다 a값과 b값이 컸으며($P < 0.001$), 크림 색도는 에리스리톨 첨가 케이크가 a값과 b값이 가장 작아서 황색도가 연한 것을 나타내었다($P < 0.001$). 내부조직의 미세구조는 설탕단독 케이크가 기공의 크기가 작고 균일하며 단면이 매끄러웠으며, 자일리톨 첨가 케이크는 설탕단독 케이크 보다는 불균일하나 다른 당알코올 첨가 케이크보다는 비교적 단면이 매끄럽고 균일하였다. 기계적 조직감에서 당알코올 첨가 케이크는 설탕 단독 케이크보다 경도, 씹힘성, 겹침성이 줄어들었고 부착성이 커졌는데, 자일리톨 첨가 케이크는 설탕 단독 케이크와 가장 비슷한 조직감을 나타내었다. 관능검사 결과 솔비톨 첨가, 에리스리톨 첨가 케이크는 씹힘성이 없는 부드러움과 끈적임으로 설탕 단독 케이크보다 기호도가 떨어졌으나, 자일리톨 첨가 케이크는 설탕 단독 케이크와 기호도에 차이가 없

었다. 따라서 스펀지 케이크 제조시 설탕의 50%를 당알코올로 대체할 경우 자일리톨 첨가가 가장 적합하며 건강 기능성 뿐 아니라 품질특성에서도 소비자들이 선호하는 스펀지 케이크를 제조할 수 있을 것으로 생각된다.

■ 참고문헌

AACC method 2000. Approved method of the AACC. 10th ed.
 Ahn JM, Song YS. 1999. Physico-chemical and sensory characteristics of cakes added sea mustard and sea tangle powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28(3):534-541
 Ash DJ, Colmey JC. 1973. The role of pH in cake baking. *The Bakers Digest*, 47(2):36-42
 Bennion EB, Bamford GST. 1997. The technology of cake making. 6th ed., Blackie Academic and Professional. London. pp 275-288
 Chabot JF. 1979. Preparation of food science sample for SEM. *Scanning Electron Microscopy*, 3(3):279-286
 Choi YJ, Kim KO. 1990. Replacement of sucrose with other sweetener in sponge cakes. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 6(2):59-65
 Hwang YK, Kim SY. 1999. Effects of the amount of egg and specific gravity on the quality of the sponge cake. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 15(4):377-381
 Ikawa Y. 1998. Effects of sucrose replacement on baking process of sponge cakes. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, 45(6):357-363
 Kawasome S, Yamamoto Y. 1990. Effect of butter content on the texture of sponge cakes. *J Home Econ. Jpn.*, 41(1):71-75
 Kim CH, Ahn MS. 2007. The quality characteristics of sponge cake with varied levels whey protein isolate. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 23(1):41-49
 Kim CS, Walker CE. 1992. Interaction between starches, sugars and emulsifiers in high-ratio cake model system. *Cereal Chem.*, 69(2):206-212
 Kim HS, Yoon JY. 2004. Effects of various sugar alcohols on the sensory properties of Mulberry rice cake. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 20(5):520-528
 Kim MY, Chun SS. 2000. The effects of fructo-oligosaccharide on the quality characteristics of strawberry jam. *Korea J. Soc. Food Sci.*, 16(6):530-537
 Kim MY, Lee YM, Kim Y, Suh DS, Chung SJ, Kim KO. 2006. Relative sweetness of sucralose in a cookie system and physicochemical and sensory properties of low calorie cookies containing sucralose. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 38(4):501-505
 Kim SY, Oh DK, Kim SS, Kim CJ. 1996. Novel sweetener for the sugarless candy manufacture. *Food Sci. Industry*, 29(3):53-61
 Kim YA. 1998. Effects of fructo-oligosaccharide and isomaltoligosaccharide on quality and staling of cake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27(5):875-880

- Kim YA. 2005. Effects of Lycium chinese powders on the quality characteristics of yellow layer cake. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34(3):403-407
- Lee CH, Han BJ, Kim NY, Lim JK, Kim BC. 1991. Studies on the browning reaction of sugar derivative sweetener. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23(1): 52-56
- Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee YS. 2007. Quality characteristics of sponge cake added with Mesangi (*Capsosiphon Fulvescens*) powder. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 23(1):83-89
- Lee JS, Kim HS, Lee YJ, Jung IC, Bae JH, Lee JS. 2007. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of *Grifola frondosa* powder. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 39(4):400-405
- Lee KA, Lee YJ, Ly SY. 2001. Effects of isomaltooligosaccharides on the Yackwa quality. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30(2):261-265
- Lee KA, Lee YJ, Yang JS. 2002. Effects of irradiated egg white on the quality of angel food cake. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 18(1):30-33
- Lin SD, Hwang CF, Yeh CH. 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. *J. Food Sci.*, 68(6):2107-2110
- McWilliams MW. 1993. *Foods: Experimental perspectives*, 2nd edition. K. Davis ed. MacMillan. New York. pp 80-81
- Mizukoshi M. 1991. Phenomena of suspension(2). Thermal expansion of cake batter. *Pain*, 38(5):46-49
- Moon SW, Jang MS. 2004. Effect of xylitol on the taste and fermentation of Dongchimi. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 20(1):42-48
- Oh MS, Kim HY, Lee YS, Kim HS. Physicochemical and sensory characteristics of sponge cake system prepared with domestics and imported wheat flour. *Korean J. Food Culture*, 22(6):813-819
- Oh SH, Choi HS. 2002. *Sweeteners handbook*. Hyoil Publishing. Seoul. pp 114-120
- Park JY, Park YS, Chang HG. 2008. Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy fiber flour. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 40(4):412-418
- Park YS, Chang YS. 2007. Quality characteristics of sponge cake containing various levels of black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 39(4):406-411
- Pyler EJ. 1988. *Baking science and technology*. vol II. Sosland Publishing Co. Kensas City. pp 997-998
- Ronda F, Gomez M, Blanco CA, Calallero. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chem.*, 90:549-555
- Shin IY, Kim HI, Kim CS. 1999. Effect of sugar alcohol on wheat starch gelatinization and retrogradation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28(6):1251-1255
- Song IS, Lee KM, Kim MR. 2004. Quality characteristics of pumpkin jam when sucrose was replaced with oligosaccharides during storage. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 20(3):279-286
- Woo IA, Kim YS, Choi HS, Song TH, Lee SK. 2006. Quality characteristics of sponge cake with added dried sweet pumpkin powders. *Korean J. Food Nutr.*, 19(3):254-260
- Yang HY, Cho YJ, Oh SS, Park KH. 2003. Effects of ratio and temperature of soybean oil or butter on the quality of sponge cake. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 35(5):856-864
- Yoon JY, Kim HS. 2003. Effect of xylitol and erythritol on the quality characteristics of yuza tea. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 19(6):737-744
- Yukitomo K, Ikawa Y. 2000. Baking process of sponge cake with xylitol. *J. Cookery Sci. Jpn.*, 33(1):18-24

2010년 6월 28일 신규논문접수, 9월 13일 수정논문접수, 9월 28일
수정논문접수, 10월 6일 채택