

과당 첨가가 당알코올 첨가빵의 품질에 미치는 영향

[†]김 영 호
혜전대학교 제과제빵학과

Effect of Fructose on the Quality of the Bread added with Sugar Alcohol

[†]Young-Ho Kim

Dept. of Baking Science & Technology, Hyejeon College, Hongsung 32244, Korea

Abstract

This study was to evaluate the characteristics of bread and the rheology of flour dough containing sugar alcohols, after addition of fructose. In the farinogram tests, the addition of sugar alcohol changed the stability and mixing tolerance index. The stability and mixing tolerance index of farinogram increased as the amount of sugar alcohols increased. Amylograms revealed that the increase in gelatinization temperature and maximum viscosity of wheat flour dough with sugar alcohols was more than that of controls. Extensogram of dough with sugar alcohols exhibited higher extensibility and resistance. After fermentation treatment, the dough volumes prepared with only sorbitol and xylitol were lesser than those prepared after addition of fructose. The volume of loaf and specific volume of bread containing sugar alcohols with fructose significantly increased. The breads containing sugar alcohols showed greater taste, flavor and texture scores, for breads prepared with either sorbitol with fructose or xylitol with fructose, compared to breads without fructose. Overall preference scores by sensory evaluation of bread containing sugar alcohols with fructose were higher than bread with only sugar alcohols. These results indicate that the addition of fructose improves the flavor of bread containing sugar alcohols.

Key words: sorbitol, xylitol, farinograph, amylograph, extensograph

서 론

감미제는 빵과자 제품을 만드는데 중요한 재료로서 감미, 안정제, 발효조정, 이스트의 영양원 및 향과 색깔을 내는 기능을 가지고 있으며, 사용되는 감미제로서의 종류로는 자당, 포도당, 이성화당, 과당, 물엿 등의 전분당이 일반적이다(Kim 등 2002). 최근에는 의학적 관리가 필요한 당뇨환자나 다이어트에 관심이 높은 이들에게는 저칼로리 식품에 대한 요구와 그 수요가 증가하고 있으며, 건강에 대한 관심도가 증가하고 있다(Sandrou & Arvanitoyannis 2000; Lee 등 2008). 기능성 당 중의 하나인 당알코올(sugar alcohol)은 충치 예방효과(Scheie 등 1998; Maguire 등 2000), 혈당상승 억제 등 생리적 기능이 양호하고 설탕대체 물질로 사용이 가능하며, 설탕에 비해 열

량이 낮아 저열량 감미제 등 다양한 식품가공의 응용적성이 용이하다고 보고되고 있다(Park MK 2007). 당알코올은 과일, 식물 등 자연계에 존재하여 식품으로 섭취되고 있으며, 상업적으로 포도당, 맥아당, 자일로스(xylose) 등의 원료당에 수소를 첨가하여 모든 산소분자를 수산기로 전환시킨 것으로 2당류 알코올에는 maltitol, lactitol 및 palatinitol이 있으며, 단당류 알코올에는 erythritol, sorbitol 등이 있다(Shin 등 1999; Kim 등 2002). 당알코올은 식품가공, 의약품 분야 등에 다양하게 사용되고 있으며, 체내에서 불완전하게 흡수 대사되어 열량이 낮으며, 혈당의 상승을 가져오지 않을 뿐 아니라 난충치성 감미료로 설탕의 60~70%의 감미를 갖는 당이며, 인체 내에서 소장에서는 소화되지 않고 대장에서 발효하여 비피더스균 활성화 등 효과적인 생리 작용을 하기 때문에 기능성 식품으로

[†] Corresponding author: Young-Ho Kim, Dept. of Baking Science & Technology, Hyejeon College, Hongsung 32244, Korea. Tel: +82-41-630-5239, Fax: +82-41-630-5194, E-mail: kimyh77@hj.ac.kr

알려져 있다(Lee 등 1990; Lee 등 1991; Olinger & Velasco 1996). 본 실험에 사용된 솔비톨, 자일리톨은 백색의 분말, 과립 결정성 분말로 청량하고 온화한 상쾌감이 있으며, 보습효과가 우수하고 식품첨가물로 내열성, 흡습성, 저충치성, 전분의 노화방지에 사용하며, 포도당, 설탕과 같은 마이야르 반응이 일어나지 않기 때문에 제과분야에서 사용되며, 단백질 변성억제작용이 있어 연육제품의 원료인 냉동연육의 품질개량에 사용하고 있다(Kim & Cho 2002). 또한 다른 당에 비해 인체 내 흡수가 적고 설탕과 유사한 당도를 가지고 있고, 또한 섭취 시 인슐린 없이도 흡수되므로 혈당치를 상승시키지 않아 인슐린 비의존성 당뇨병환자를 위해 중요한 당 대체제로 사용할 수 있다(Felber 등 1997; Park MK 2007). 과당은 육탄당의 하나로 포도당과 함께 과일 속에 유리형태로 들어 있거나 포도당과 결합하여 슈크로스 형태로 존재한다. 제빵에서 당은 반죽의 발효가 진행되는 동안 이스트의 발효원으로 발효성 탄수화물을 공급하여 이스트에 의한 이산화탄소 생성을 촉진하여 반죽의 조직형성 및 풍미를 증진시키는 것으로 알려져 있으며, 과당은 단당류로서 이스트 발효에 필요한 중요한 당으로 이용된다.

당알코올을 이용한 식품 관련 연구로서는 당알코올을 이용한 sugar cookie의 제조(Shin 등 1999a; Shin 등 1999b), 솔비톨 첨가 시폰케이크의 품질특성(Song & Han 2015), 당알코올을 첨가한 딸기잼의 품질 특성(Park MK 2007), 당알코올 첨가 호박잼 저장 중 품질 특성(Kun & Kim 2004) 및 당알코올이 밀전분의 호화 및 노화에 미치는 영향(Shin 등 1999c) 등이 있다. 특히 당알코올은 이스트 활성을 억제시켜 반죽 발효력 저하로 빵의 부피가 감소되어 품질이 저하되는 문제점으로 지적되고 있으나(Lee 등 2008) 당알코올 첨가빵의 품질개선에 대한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 기존의 제빵 재료의 당으로 주로 사용해 오던 설탕을 대체한 당알코올 솔비톨, 자일리톨 첨가 시 제빵성 저하로 나타나는 문제점을 해결하기 위해 과당을 첨가하여 식미가 우수한 당알코올 첨가빵을 제조하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 밀가루는 대한제분 강력분, 생이스트는 오투기사, 식염은 한주정제염, 쇼트닝은 삼립유지 제품, 탈지분유는 서울우유협동조합, 솔비톨, 자일리톨 및 결정과당은 (주)이에스푸드 제품을 각각 사용하였다.

2. 반죽의 배합비

제빵에 사용한 원료의 배합비는 Table 1과 같다. 반죽의 물성과 제빵적성 실험을 위한 당의 함량은 설탕 8%(A)를 대조구로 하고 설탕 0%(B), 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)와 과당 첨가가 빵의 품질에 미치는 영향을 보기 위해 솔비톨 8%+과당 4%(E) 및 자일리톨 8%+과당 4%(F)로 첨가하였다. 본 실험에 사용된 과당은 선행실험에서 4%가 적정함량으로 나타나 첨가하였다.

3. 제빵 방법

제빵은 직접반죽법(straight dough method)을 사용하였다. 제조공정은 호바터 믹서(Model-200, Hobart Co., USA)를 이용하여 쇼트닝을 제외한 나머지 원료를 첨가하여 크린-업 상태까지 혼합하였다. 크린-업된 반죽에 쇼트닝을 첨가하여 1단 속도에서 3분간 혼합한 후 2단 속도에서 최적 상태의 반죽이

Table 1. Formula of white pan bread added with sugar alcohol and fructose by straight dough method

Sample ¹⁾	A	B	C	D	E	F
Bread flour	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Compressed yeast	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Salt	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Shortening	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
NFDM ²⁾	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Sugar	8	0	0	0	0	0
Sorbitol	0	0	8.0	0	8.0	0
Xylitol	0	0	0	8.0	0	8.0
Crystalline fructose	0	0	0	0	4.0	4.0
Water	63.0	64.0	63.0	63.0	63.0	63.0

¹⁾ A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%

²⁾ Non fat dry milk.

형성될 때까지 혼합하였다. 혼합 후 최종 반죽온도는 26°C가 되도록 하였고 1차 발효는 27°C, 상대습도 80%의 발효기(BP-40, Dae Young Co., Korea)에서 실시하였다. 1차 발효가 끝난 반죽은 180 g으로 분할하여 등글리기 한 후 15분간 중간 발효를 시켰다. 중간발효가 끝난 후 밀대를 사용하여 가스빼기를 하고, 반죽을 원통형으로 성형하여 식빵 틀에 3개씩(180×3) 넣고, 발효실 37°C, 상대습도 85%에서 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 190~200°C의 오븐(FDO-7102, Dae Young Co., Korea)에서 굽기를 하였다.

4. Farinograph

Farinograph(Brabender Co., Ltd., Duisburg, Germany)는 AACC(AACC. 54-21. 1985) 방법에 따라 분석하였다. Farinograph mixing bowl은 30°C±0.2°C로 유지하도록 하였다. 시료의 수분 함량은 14.0% 기준으로 300 g을 사용하였고, 곡선의 중심선이 500 BU에 도달하도록 증류수를 가하였으며, 흡수율(water absorption), 반죽발전시간(development time), 안정도(stability) 및 믹싱저항도(mixing tolerance index) 등을 측정하였다.

5. Amylograph

Amylograph(Brabender Co., Duisburg, Germany)는 AACC(AACC. 22-10. 1985) 방법에 따라 분석하였다. 시료 65 g(수분 14% 기준)에 증류수 450 mL를 첨가한 후, 현탁액으로 하여 사용하였다. 25°C부터 95°C까지 1.5°C/min로 승온시키면서 점도변화를 측정하였다. 측정개시온도는 25°C부터 시작하여 호화개시온도, 최고점온도 및 최고점도의 특성값을 측정하였다. 호화개시 온도는 초기점도가 10 BU에 도달하는 온도로 나타내었다.

6. Extensograph

Extensograph(Brabender Co., Duisburg, Germany)는 AACC(AACC. 54-10. 1985) 방법에 따라 시료 300 g(수분 14% 기준)을 farinograph 혼합기에 넣고 farinograph의 흡수율보다 2~5%의 적은 양의 증류수에 소금 2%(6 g)를 용해시킨 용액을 사용하였다. 1분간 혼합한 다음 5분간 방치하고 다시 반죽을 시작하여 farinograph의 500 BU에 곡선의 중심이 도달하도록 필요에 따라 흡수량을 조절하였다. 반죽이 끝난 다음 150 g(2개)의 반죽을 rounder에서 20번 정도 등글리기를 하여 원통형으로 성형하였다. 이를 30±2°C의 발효조에서 45, 90 및 135분간 발효시킨 후 각 시간마다 반죽의 신장도, 저항도 및 전체 면적을 측정하였다. 신장도(E)는 시작점으로부터 끝까지의 거리(mm), 저항도(R)는 그래프의 최고 높이(BU)로 나타내었다.

7. 빵부피, 비용적 측정

빵의 무게는 구운 후 실온에서 2시간 동안 냉각한 후 측정하였고, 부피는 종자 치환법(Pylar EJ 1979)으로 측정하였으며, 그 결과로부터 다음 식을 이용하여 비용적(specific volume)을 계산하였다.

$$\text{Specific volume (mL/g)} = \text{Bread volume} / \text{Bread weight}$$

8. 반죽 발효팽창력

반죽의 발효팽창력은 Table 1과 같이 반죽이 끝난 각각의 반죽 10 g을 채취하여 실험조각이 용이하도록 덧가루를 바르고, 100 mL 메스실린더에 넣은 후 온도 27°C, 상대습도 80%의 발효실에서 60분간 발효시켜 반죽의 부피를 측정하였다.

9. 색도

빵의 내상과 껍질의 색도는 색도계(CM-3500, Minolta Co., Japan)를 이용하여 측정하였고, Hunter system에 의하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 값으로 나타내었다. L값은 0(검정색)에서 100(흰색)까지, a값(적색도)은 -80(녹색)에서 100(적색)까지, b값(황색도)은 -70(청색)에서 70(황색)까지 측정하였다. 표준판은 백색판을 사용하였고, 이 백색판이 나타내는 L, a, b는 각각 89.2, 0.923, 0.783 이었다.

10. 관능검사

빵의 관능검사는 실온에서 1일 저장한 빵으로 실시하였다. 훈련된 관능검사위원 제과제빵과 2학년 학생 12명으로 구성되어 9점 채점법의 기호도 검사를 사용하여 비교 채점하였다. 시료는 난수표에 의한 세 자리 숫자가 기록된 수로 표시하고, 접시에 담아 칸막이 있는 개인 검사대에 제공하였다. 평가는 맛, 향미, 조직감 및 색상에 대하여 냄새와 색상을 먼저 평가하도록 하였다. 평가는 매우 좋다 9점, 좋다 7점, 보통이다 5점, 나쁘다 3점, 매우 나쁘다 1점으로 하였다.

11. 빵의 외관

식빵의 단면구조를 나타내기 위하여 실온에서 냉각시킨 식빵의 가운데 부분을 반으로 자르고, 디지털카메라(Lumix DMC-FX38, Panasonic, Japan)를 사용하여 촬영하였다.

12. 통계처리

본 실험에서 얻어진 모든 측정결과는 statistical analysis system(SAS, ver. 9.1)을 이용하여 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)을 실시하였으며, 5% 유의수준($\alpha=0.05$)에서 Duncan의 다범위검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 시료간의 유의차를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. Farinograph 특성

반죽의 물성 변화를 관찰하기 위해 강력분에 설탕 8%(A), 설탕 0%(B), 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D), 솔비톨 8%+과당 4%(E) 및 자일리톨 8%+과당 4%(F)를 첨가하여 farinogram의 흡수율, 반죽도달시간, 반죽형성시간, 안정도 및 믹싱내구력 등을 실험한 결과는 Table 2와 같다.

반죽의 흡수율은 대조구인 설탕 8%(A)와 당알코올인 솔비톨 8%(C) 및 자일리톨 8%(D)는 각각 63.25±0.06%, 63.10±0.10% 및 63.20±0.10%로 설탕과 당알코올 첨가구간의 흡수율 변화는 보이지 않았으나, 과당을 첨가한 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)의 흡수율은 각각 62.43±0.06%, 62.43±0.12%로 대조구에 비해 당 함량 증가 시 흡수율은 다소 감소하는 경향을 보였다. 본 실험에서 E와 F의 흡수율이 감소되는 결과는 밀가루 반죽의 설탕 함량 증가 시 파리노그램의 흡수율이 감소한다는 Tong 등(2010)의 결과와 같은 경향을 보였다. 반죽형성 초기단계의 물 흡수와 관계되는 반죽도달시간은 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가 시는 2.10±0.10 min, 2.00±0.00 min으로 설탕 8%(A) 1.53±0.06 min에 비해 당알코올 첨가 시 반죽도달시간은 다소 길어지는 것으로 나타났다. 반죽의 안정도는 솔비톨 8%(C), 자일리톨 6%(D)는 18.33±0.29 min, 19.33±0.29 min이었고, 솔비톨, 자일리톨에 과당을 4% 첨가한 E, F는 각각 19.33±0.29분, 19.17±0.29분으로 나타나, 설탕 0%(B) 첨가구의 16.83±0.15분에 비해 당알코올 첨가 시 반죽의 안정도는 유의성 있게 길어지는 것으로 나타났다. Kim 등(2014)은 트레할로스가 빵용 반죽의 물성 특성에 미치는 영향에서 트레할로스 첨가에 따라 안정도는 짧아진다고 하였는데, 본 실험에서는 당알코올과 과당 첨가 시는 안정도

가 길어지는 것으로 나타났다. 믹싱내구력은 설탕 8%(A) 58.33±2.89 BU에 비해 당알코올 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)는 각각 40.33±0.29 BU, 41.83±2.75 BU로 감소하는 경향을 보였으며, 과당 첨가구 E, F에서도 각각 41.83±2.75 BU, 48.50±0.50 BU로 나타나, 본 실험에서 당알코올을 첨가 시 믹싱내구력은 설탕첨가구에 비해 약해지는 것으로 나타났다.

2. Amylograph 특성

강력분에 설탕 8%(A), 설탕 0%(B), 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D), 솔비톨 8%+과당 4%(E) 및 자일리톨 8%+과당 4%(F)를 첨가하여 amylogram의 호화개시온도, 최고점도온도 및 최고점도 등을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 호화개시온도는 대조구 설탕 8%(A)가 73.33±0.29°C, 설탕 0%(B)는 68.60±0.53°C로 설탕 무첨가 시는 호화개시온도가 낮아졌다. 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)는 각각 77.17±0.76°C, 78.33±0.29°C로 당알코올 첨가 시 대조구보다 호화개시온도가 상승하였고, 과당 첨가구 E, F에서도 호화개시온도가 상승하는 것으로 나타났다. Jang 등(1975)은 설탕이 호화전분에 미치는 영향에 대한 연구에서 설탕농도가 증가하면 전분의 호화온도가 상승한다고 하였고, Lee 등(2014)은 트레할로스를 함유한 빵 반죽의 물성연구에서 트레할로스 당 함량이 증가할수록 호화개시온도가 상승한다고 하였다. 이는 본 실험에서 설탕과 당알코올인 솔비톨, 자일리톨 첨가 시 호화개시온도가 상승한 결과와 일치하였다. 최고점도온도에서 대조구 설탕 8%(A)는 93.67±0.58°C이었다. 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)는 93.50±0.50°C, 94.50±0.50°C이었고, 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)는 각각 94.30±0.50°C 및 93.50±0.50°C로 나타나 대조구에 비해 당 알코올 및 과당 첨가 시 최고점도온도의 차이는 나타나지 않았다. 최고점도는 설탕 무첨가구(B)가

Table 2. Farinogram characteristics of dough added with sugar alcohol and fructose

Sample ¹⁾	A	B	C	D	E	F
WA ²⁾ (%)	63.25±0.10 ^{b7)}	63.47±0.06 ^a	63.20±0.10 ^b	63.10±0.10 ^b	62.43±0.06 ^c	62.43±0.12 ^c
AT ³⁾ (min)	1.53±0.06 ^b	1.47±0.06 ^b	2.10±0.10 ^a	2.00±0.00 ^a	2.07±0.12 ^a	2.13±0.15 ^a
DT ⁴⁾ (min)	18.12±0.21 ^c	18.57±0.12 ^c	20.30±0.20 ^b	21.17±0.15 ^a	21.21±0.10 ^a	21.13±0.15 ^a
Sta ⁵⁾ (min)	19.13±0.12 ^a	16.83±0.15 ^c	18.33±0.29 ^b	19.33±0.29 ^a	19.33±0.29 ^a	19.17±0.29 ^a
MTI ⁶⁾ (BU)	58.33±2.89 ^a	43.38±5.77 ^c	40.33±0.29 ^c	41.83±2.75 ^c	41.83±2.75 ^c	48.50±0.50 ^b

¹⁾ A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%

²⁾ WA, Water absorption

³⁾ AT, Arrival time

⁴⁾ DT, Development time

⁵⁾ Sta, Stability

⁶⁾ MTI, Mixing tolerance index

⁷⁾ Different letters (^{a-c}) within a same row differ significantly ($p<0.05$). The values are means±S.D. of three experimental data.

Table 3. Amylogram characteristics of wheat flour added with sugar alcohol and fructose

Sample ¹⁾	A	B	C	D	E	F
ST ²⁾ (°C)	25.00±0.00 ^{NS6)}	25.00±0.00	25.00±0.00	25.00±0.00	25.00±0.00	25.00±0.00
GT ³⁾ (°C)	73.33±0.29 ^{c7)}	68.60±0.53 ^d	77.17±0.76 ^b	78.33±0.29 ^a	78.00±0.50 ^a	78.17±0.29 ^a
MT ⁴⁾ (°C)	93.67±0.58 ^{cd}	97.33±0.29 ^a	93.50±0.50 ^d	94.50±0.50 ^b	94.30±0.50 ^b	93.50±0.50 ^d
MV ⁵⁾ (BU)	810.00±10.00 ^b	770.00±10.00 ^c	836.67±5.77 ^a	830.00±10.00 ^a	828.00±10.00 ^{ab}	823.33±5.77 ^{ab}

¹⁾ A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%

²⁾ ST, Starting temperature

³⁾ GT, Gelatinization temperature

⁴⁾ MT, Temperature at max. viscosity

⁵⁾ MV, Max. viscosity

⁶⁾ NS, Not significance

⁷⁾ Different letters (^{a-c}) within a same row differ significantly ($p<0.05$). The values are means±S.D. of three experimental data.

770.00±10.00 BU에 비해 설탕 8%(A)는 810.00±10.00 BU로 나타나 설탕 첨가 시 최고점도는 높게 나타났으며, 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)는 836.67±5.77 BU, 830.00±10.00 BU, 과당 첨가구 E, F는 각각 828.00±10.00 BU, 823.33±5.77 BU로 나타나, 당알코올, 과당 첨가 시 최고점도는 대조구에 비해 증가하는 것으로 나타났다. Shin 등(1999)은 당알코올이 밀전분의 호화 및 노화에 미치는 연구의 아미로그래프에서 20% 이상 당알코올 용액 중 단당류인 솔비톨과 자일리톨이 전분의 팽윤을 억제시키는 이당류로서의 설탕보다 호화개시온도와 최고점도가 유의적으로 높아 대체당으로서 밀전분의 호화에 효과가 있고, Kim 등(2014)은 트레할로스 함량 첨가량이 많을수록 최고점도는 높아진다고 하였다. 이는 본 실험에서 당알코올 함량 증가에 따라 최고점도가 높아지는 결과와 일치하였다.

3. Extensograph 특성

밀가루에 설탕 8%(A), 설탕 0%(B), 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D), 솔비톨 8%+과당 4%(E) 및 자일리톨 8%+과당 4%(F)를 첨가한 extensogram 결과는 Table 4와 같다.

신장도는 설탕 8%(A)의 45분, 90분 및 135분에서 각각 208.33±2.89 mm, 203.33±2.89 mm 및 218.33±2.89 mm로 시간 경과 시 신장도는 감소했다가 증가하였다. 솔비톨 8%(C)에서 45분, 90분 및 135분은 206.67±2.89 mm, 205.00±5.00 mm 및 220.00±5.00 mm로 나타났고, 자일리톨 8%(D) 45분, 90분 및 135분은 각각 208.33±2.59 mm, 203.33±2.89 mm 및 223.33±7.64 mm로 나타나, 당알코올 첨가에 따른 시간 경과 시 신장도는 감소했다가 증가하는 것으로 나타났다. 특히 135분에서 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)이 각각 220.00±5.00 mm, 223.33±

Table 4. Extensogram characteristics of dough added with sugar alcohol and fructose after 45, 90 and 135 min rest time

Rest time		A ¹⁾	B	C	D	E	F
Water absorption (%)		59.33±0.29 ^{b2)}	61.57±0.40 ^a	59.17±0.29 ^b	59.17±0.29 ^b	57.50±0.50 ^c	57.33±0.29 ^c
Extension (mm)	45 min	208.33±2.89 ^a	203.33±2.89 ^b	206.67±2.89 ^{ab}	208.33±2.59 ^{ab}	206.67±2.89 ^{ab}	205.00±5.00 ^{ab}
	90 min	203.33±2.89 ^a	191.67±2.89 ^b	205.00±5.00 ^a	203.33±2.89 ^a	208.33±2.89 ^a	208.33±2.89 ^a
	135 min	218.33±2.89 ^a	183.33±2.89 ^b	220.00±5.00 ^a	223.33±7.64 ^a	218.33±2.89 ^a	216.67±2.89 ^a
Resistance to extension (B.U)	45 min	485.00±5.00 ^a	443.33±5.77 ^d	461.67±2.89 ^c	473.33±2.89 ^c	478.33±2.89 ^{ab}	471.67±2.89 ^b
	90 min	576.67±63.51 ^c	581.67±2.89 ^c	660.00±10.00 ^{bc}	673.33±5.77 ^{ab}	708.33±7.64 ^a	725.00±5.00 ^a
	135 min	653.33±5.77 ^d	593.33±5.77 ^c	745.00±5.00 ^c	780.00±10.00 ^b	778.33±2.89 ^b	800.00±5.00 ^a
Area under curve (cm ²)	45 min	122.67±2.52 ^a	112.33±2.52 ^b	124.00±3.46 ^a	124.33±4.04 ^a	127.67±2.52 ^a	122.67±2.52 ^a
	90 min	161.67±1.53 ^d	142.33±2.52 ^c	184.00±4.58 ^c	190.33±2.52 ^b	194.00±4.58 ^b	200.33±2.52 ^a
	135 min	174.67±4.51 ^d	146.67±1.53 ^c	182.67±2.52 ^c	191.00±3.61 ^b	193.00±3.61 ^b	211.67±2.89 ^a

¹⁾ A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%

²⁾ Different letters (^{a-c}) within a same row differ significantly ($p<0.05$).

7.64 mm로 무설탕(A) 183.33±2.89 mm에 비해 신장도가 길어졌으나 설탕, 당알코올 첨가에 따라서는 신장도의 차이는 나타나지 않았으며, 과당 첨가구 E, F의 135분에서 218.33±2.89 mm 216.67±2.89 mm로 당알코올 첨가구와 비교 시에도 차이는 보이지 않았다.

저항도는 대조구 설탕 8%(A)가 45분에서 485.00±5.00 BU 이었고, 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)에서 각각 461.67±2.89 BU, 473.33±2.89 BU로 나타나, 당알코올 첨가 시는 저항도는 약간 감소하는 경향을 보였다. 시간이 더 경과한 135 min에서도 대조구 A는 653.33±5.77 BU로 나타났다. 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)의 저항도는 각각 745.00±5.00 BU, 780.00±10.00 BU로 나타났고, 과당첨가구 E, F의 135분 경과 후는 각각 778.33±2.89 BU, 800.00±5.000 BU로 나타나, 당알코올과 과당 첨가가 대조구 설탕 첨가 비교 시 시간 경과에 따라 저항도는 증가하는 것으로 나타났다.

반죽에서 밀가루 발효력을 나타내는 면적(area under curve)에서 설탕 8%(A)의 45분, 90분 및 135분은 각각 122.67±2.52 cm², 161.67±1.53 cm² 및 174.67±4.51 cm²로 경과시간이 길어질수록 면적이 증가하였으며, 솔비톨 6%(C) 첨가 시 45분, 90분 및 135분은 124.00±3.46 cm², 184.00±4.58 cm² 및 182.67±2.52 cm²로 당알코올 첨가에 따라 대조구(A)에 비해 면적은 증가하는 것으로 나타났고, 과당 첨가구 E, F의 135분 경과 시 193.00±3.61 cm², 211.67±2.89 cm²로 나타나 설탕 무첨가구(B)의 146.67±1.53 cm²에 비해 면적은 유의적으로 증가하였다. 이상의 실험에서 솔비톨, 자일리톨, 과당 첨가구는 설탕 무첨가(B)와 비교 시 반죽의 저항도 및 면적은 증가하였으나, 당알코올 첨가구(C, D)와 과당 첨가구(E, F) 간의 신장도, 저항도 및 면적에서는 큰 차이가 나타나지 않은 결과를 볼 때 제빵 시 당알코올 첨가에 따른 빵 부피 감소는 반죽의 물성 변화보다는 당알코올이 이스트의 활성 억제로 발효력이 약

해져 당알코올 첨가빵의 부피 감소되는 주 요인으로 생각된다.

4. 색도

식빵의 crumb과 crust의 색도를 조사한 결과는 Table 5와 같다. Crumb의 명도를 나타내는 L값은 설탕 8%(A)가 77.96±1.76로 나타났다. 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가빵은 각각 72.95±0.50, 72.28±1.18로 대조구보다 낮은 값을 나타내었다. 과당을 첨가한 E, F는 각각 76.97±0.89 76.12±0.69로 대조구와 차이는 보이지 않았다. 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)에 비해서는 유의적인 차이를 나타내었다. 적색도 a값에서 대조구 설탕 8%(A) 빵은 -2.02±0.05였다. 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가빵은 각각 -2.33±0.41, -2.24±0.17로 대조구에 비해 값이 낮아졌으며, 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)는 각각 -1.87±0.06, -1.90±0.02로 대조구와 비슷한 값을 보였다. 황색도 b값은 설탕 8%(A) 빵이 11.88±0.21이었다. 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가빵이 12.96±0.20, 12.97±0.65로 나타났고, 당알코올에 과당을 첨가한 E, F 빵은 각각 11.13±0.52, 11.74±0.15로 값이 대조구와는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

빵의 crust는 아미노화합물과 환원당과의 반응으로 인한 메일라드반응에 기인한다. 빵의 crust의 색도 L값을 보면 설탕 8%(A)는 38.09±1.06, 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가 빵은 각각 49.75±0.51, 51.55±0.43로 나타났으며, 당알코올에 과당을 4%씩 첨가한 E, F는 각각 40.44±0.66, 42.18±0.69로 대조구에 비해 L값이 다소 높아졌다. 적색도 a값은 설탕 8%(A) 14.86±0.49에 비해 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)는 17.15±0.13, 17.80±0.31로 다소 증가하는 현상을 나타내었다. 황색도 b값은 설탕 8%(A)의 20.97±0.77, 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)는 31.66±0.45, 33.80±0.46으로 나타나, 대조구에 비해 당알코올 첨가 시 유의적인 차이를 보였으며, 과당 첨가구 E, F는

Table 5. Color values of bread crumb and crust added with sugar alcohol and fructose

Sample	Bread crust			Bread crumb		
	L ¹⁾	a	b	L	a	b
A ²⁾	38.09±1.06 ³⁾	14.86±0.49 ^d	20.97±0.77 ^d	77.96±1.76 ^a	-2.02±0.05 ^{ab}	11.88±0.21 ^b
B	61.57±0.51 ^a	13.95±0.20 ^e	36.46±0.48 ^a	73.05±0.90 ^b	-1.91±0.15 ^a	11.40±0.53 ^{bc}
C	49.75±0.51 ^c	17.15±0.13 ^b	31.66±0.45 ^c	72.95±0.50 ^{bc}	-2.33±0.41 ^b	12.96±0.20 ^a
D	51.55±0.43 ^b	17.80±0.31 ^a	33.80±0.46 ^b	72.28±1.18 ^{bc}	-2.24±0.17 ^{ab}	12.97±0.65 ^a
E	40.44±0.66 ^e	15.48±0.52 ^{cd}	20.48±0.79 ^e	76.97±0.89 ^a	-1.87±0.06 ^a	11.13±0.52 ^b
F	42.18±0.69 ^d	15.91±0.30 ^e	21.95±0.61 ^d	76.12±0.69 ^a	-1.90±0.02 ^a	11.74±0.15 ^b

¹⁾ L: Lightness 0~100, a: Redness -60~+60, b: Yellowness -60~+60

²⁾ A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%

³⁾ Different letters (a~f) within a same column differ significantly ($p<0.05$).

각각 20.48±0.79 21.95±0.61로 당알코올 첨가에 비해 유의적으로 값이 낮아지는 것으로 나타났다. 이상의 실험에서 솔비톨, 자일리톨만 첨가한 빵의 껍질 색도는 설탕만을 사용하여 구운 식빵의 껍질에 비해 갈변이 적게 일어난 것을 볼 수 있었다.

5. 반죽의 발효팽창력

솔비톨, 자일리톨 및 과당을 첨가한 반죽의 발효팽창력은 Table 6에 나타내었다. 반죽의 발효팽창력을 보면 대조구 설탕 8%(A)는 30.88±0.62 mL, 설탕 0%(B)는 22.43±0.82 mL로 설탕을 첨가하지 않은 경우 발효팽창력이 대조구에 비해 떨어졌다. 제빵 시 첨가되는 당 이외에 밀가루 자체에 함유되어 있는 당은 1~1.5% 정도이며, 이중 이스트에 의하여 직접 이용될 수 있는 당은 약 1/3 정도이다. 이스트의 발효에 중요한 당은 단당류(포도당, 과당), 이당류(맥아당, 자당) 및 저분자량 글루코프럭탄이다(Cho & Kim 2002). 따라서 설탕 8% 첨가는 이스트의 발효에 필요한 충분한 먹이로 제공되었지만, 설탕 무첨가 시는 밀가루에 함유된 소량의 당은 이스트의 발효당 함량으로 부족하여 반죽 팽창력이 낮아진 것으로 판단된다.

솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 반죽의 발효팽창력은 각각 16.85±0.41 mL, 17.78±0.38 mL로 나타나 당알코올 첨가 시는 대조구 설탕 8%(A) 30.88±0.62 mL에 비해 발효팽창력이 크게 감소되는 것으로 나타났다. Lee 등(2008)은 자일리톨을 첨가한 반죽은 발효 시 자일리톨 영향으로 발효가 제대로 일어나지 않는다는 결과와 일치하였다. 또한 당알코올 첨가반죽(C, D)과 무설탕 첨가반죽(B)을 비교해 보면 솔비톨(C), 자일리톨(D) 반죽의 발효팽창력은 각각 16.85±0.41 mL, 17.78±0.38 mL로 무설탕(B) 22.43±0.82 mL에 비해 발효팽창력 더 떨어지는 결과를 나타내었다. 이는 당알코올이 이스트 활성을 저해하여 발효팽창력을 저하시켜 발효가 제대로 일어나지 않는 결과로 생각된다.

이러한 당알코올을 솔비톨, 자일리톨 첨가로 이스트 발효력이 저하되는 문제점을 해결하기 위해 이스트의 중요한 발효성 탄수화물인 단당류 과당(fructose)을 이용하여 당알코올 첨가로

인해 억제된 이스트 활성을 높이고자 과당 첨가한 반죽의 실험에서 적정함량으로 나타난 4% 과당을 첨가한 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)의 발효 팽창 부피는 각각 31.88±0.5 mL, 32.28±0.33 mL로 나타나, 당알코올만 첨가된 솔비톨 8%(C) 16.85±0.41 mL와 자일리톨 8%(D)의 17.78±0.38 mL의 반죽팽창도와 비교하면 과당을 첨가함으로써 당알코올 첨가반죽의 발효팽창력이 크게 증가하는 결과로 볼 때 당알코올 첨가반죽에 과당의 첨가가 이스트 활성을 높이는 것으로 나타났다

6. 식빵 부피와 비용적

대조구인 설탕 8%(A)와 설탕 0%(B), 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D), 솔비톨 8%+과당 4%(E) 및 자일리톨 8%+과당 4%(F)을 첨가한 빵의 부피와 용적비의 결과는 Table 6과 같다. 빵의 부피는 대조구 설탕 8%(A)는 2,028±10.00 mL, 설탕 0%(B)는 1,748.33±7.64 mL로 설탕 무첨가 시 발효성 당 공급 부족으로 이스트의 활성이 저하되어 빵의 부피가 감소하였다. 솔비톨 8%(C)와 자일리톨 8%(D) 첨가빵의 부피는 각각 1,386.67±7.64 mL, 1,360.67±5.51 mL로 일반적으로 식빵의 설탕 함량 8%(A)의 2,028±10.00 mL와 비교해 보면 솔비톨, 자일리톨만 첨가한 빵의 부피는 현저하게 감소되어 품질의 문제점으로 나타났다.

빵의 부피는 글루텐의 양과 질, 이스트나 당에 따라 영향을 받으며, 여러 요소들이 상호 작용을 하는 것으로 알려져 있으며, 발효 중 가스발생력에 영향을 미치는 원료들은 이스트, 당, 소금 및 이스트푸드 사용과 제빵 시 반죽온도, 효소활성도, 반죽의 pH 등이 있으며, 이들 인자들이 서로 상호작용으로 가스 발생력에 영향을 준다(Bae 등 2005). Shin 등(1999)은 당알코올이 밀전분의 호화 및 노화에 미치는 영향에서 밀전분의 겔강도와 전분 호화억제 효과가 있다고 하였다. 이와 같이 제빵의 품질에 미치는 여러 원인과 영향을 고려해 보면 당알코올 첨가 시 빵의 부피가 감소되어 품질의 저하를 가져오는 것은 솔비톨, 자일리톨이 이스트의 활성을 억제시켜 발효

Table 6. Baking properties of bread added with sugar alcohol and fructose

	Bread					
	A ¹⁾	B	C	D	E	F
Loaf volume (mL)	2,028.00±10.00 ^{b2)}	1,748.33±7.64 ^c	1,386.67±7.64 ^d	1,360.67±5.51 ^e	2,015.33±4.51 ^a	2,018.00±3.61 ^{ab}
Dough volume (mL)	30.88±0.62 ^{ab}	22.43±0.82 ^d	16.85±0.41 ^f	17.78±0.38 ^f	31.88±0.53 ^a	32.28±0.33 ^a
Loaf weight (g)	479.13±1.0 ^c	482.88±0.32 ^b	483.25±2.03 ^b	487.35±1.01 ^a	483.57±1.51 ^a	489.02±0.89 ^a
Specific volume	4.23±0.02 ^a	3.62±0.02 ^d	2.87±0.03 ^c	2.77±0.01 ^f	4.17±0.02 ^b	4.15±0.01 ^b

¹⁾ A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%

²⁾ Different letters (^{a-f}) within a same row differ significantly ($p<0.05$).

력 감소로 발효팽창력이 저하되는 원인과 관계가 있는 것으로 생각된다.

따라서 당알코올 첨가 시 이스트의 활성을 높이기 위해 과당을 첨가한 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)로 제조한 빵의 부피는 각각 2,015.33±4.51 mL, 2,018.00±3.61 mL로 나타나, 당알코올만 첨가한 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)의 빵부피 1,386.67±7.64 mL, 1,360.67±5.51 mL와 비교해 보면 E와 F의 빵 부피가 크게 증가되어 품질의 문제점이 개선됨을 알 수 있었다. 비용적 역시 당알코올만 첨가 사용한 C, D의 비용적은 2.87±0.03, 2.77±0.01로 과당을 첨가한 E와 F가 각각 4.17±0.02 cc/g, 4.15±0.01 cc/g으로 비용적이 크게 증가하였다. 이는 일반적인 식빵 배합비 설탕 8%(A) 첨가구의 용적비 4.23±0.02 cc/g과 유사한 값을 얻게 되어 당알코올 첨가 시 부피가 감소되는 품질저하는 과당을 첨가하여 이스트 활성도를 높여 빵의 부피를 증가시키는 효과를 볼 수 있었다. 비용적이란 빵의 밀도를 나타내며, 비용적이 크면 더 가볍고 팽창되어 부드러우며 작으면 기공이 조밀하여 딱딱한 빵임을 나타내는 상관관계를 가지고 있다(Kim 등 1999).

7. 관능평가

관능평가는 9점 채점법의 기호도 검사를 사용하여 실시한 결과는 Table 7과 같다. 맛과 풍미에서 당알코올만 첨가한 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)가 가장 낮게 나타났고, 텍스처 역시 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가구가 낮게 나타났다. 전반적인 선호도에서 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)의 선호도는 대조구 설탕 8%(A)와 거의 같은 선호도로 평가되었으며, 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)의 당알코올만 첨가한 빵은 선호도가 낮게 나타났다. 따라서 솔비톨, 자일리톨 첨가 제빵 시 과당을 첨가함으로써 이스트의 발효력 향상으로 빵의 부피가 증가되어 품질이 개선됨을 알 수 있었다.

8. 빵의 외관

빵의 단면의 구조는 Fig. 1과 같다. 대조구 설탕 8%(A)는 정상적인 식빵의 기공과 부피를 볼 수 있으나, 설탕 0%(B)는 작고 균일한 기공으로 나타났고, 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가빵은 부피가 작고 내부기공이 조밀하게 나타났다. 과당을 첨가한 솔비톨 8%+과당 4%(E), 자일리톨 8%+과당 4%(F)는 대조구 설탕함량 8%(A)를 첨가한 빵과 같은 정상적

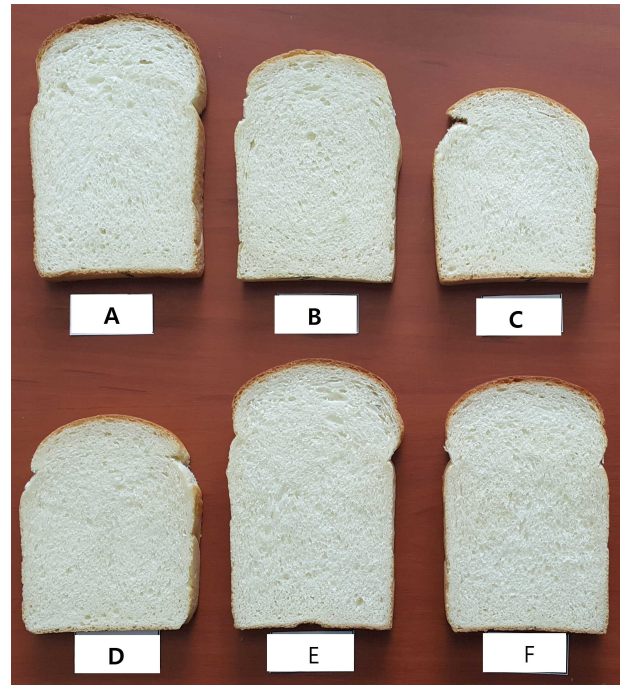


Fig. 1. Appearances of white pan bread with sugar alcohol and fructose. A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%.

Table 7. Sensory evaluations of bread added with sugar alcohol and fructose

	Bread					
	A ¹⁾	B	C	D	E	F
Taste	7.75±0.75 ^{b2)}	6.83±1.19 ^c	5.25±0.75 ^d	5.00±0.85 ^d	8.18±0.67 ^a	8.12±0.90 ^{ab}
Flavor	7.83±0.72 ^b	7.00±0.95 ^c	6.17±0.94 ^d	6.08±0.79 ^d	8.15±0.79 ^a	8.18±0.67 ^a
Texture	8.17±0.83 ^a	6.83±1.27 ^b	5.83±0.94 ^c	5.67±0.89 ^c	8.12±0.65 ^a	8.10±0.52 ^a
Color	8.17±0.58 ^a	7.17±1.03 ^b	6.75±0.97 ^b	6.75±0.75 ^b	8.17±0.49 ^a	8.13±0.72 ^a
Overall preference	8.33±0.89 ^a	7.17±0.83 ^b	5.83±1.16 ^c	5.95±0.83 ^c	8.27±0.89 ^a	8.20±0.80 ^a

Each values represent the means and standard deviations of ratio by 12 judges using 9-point scale (1: very poor, 9: very good).

¹⁾ A, dough with 8% sugar; B, dough with 0% sugar; C, dough with 8% sorbitol; D, dough with 8% xylitol; E, dough with 8% sorbitol+fructose 4%; F, dough with 8% xylitol+fructose 4%

²⁾ Different letters (a-d) within a same row differ significantly ($p < 0.05$).

인 부피를 나타내어 솔비톨, 자일리톨에 과당을 첨가함으로써 당알코올 첨가빵의 품질이 개선됨을 볼 수 있었다.

요약 및 결론

당알코올인 솔비톨과 자일리톨을 첨가하였을 때의 반죽물 성과 빵의 품질특성을 조사하였다. 당알코올과 설탕첨가구간의 farinogram의 반죽흡수율 차이는 보이지 않았으며, 당알코올 첨가 시 반죽도달시간과 안정도는 길어지는 것으로 나타났다. Amylogram에서 당알코올 첨가 시 호화개시온도와 최고점온도는 증가하였다. Extensogram은 솔비톨, 자일리톨 및 과당 첨가는 시간 경과 시 신장도는 길어지고, 저항도는 증가하였다.

식빵의 색도에서 crumb의 L값은 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)는 설탕 8%(A) 첨가와 차이는 보이지 않았으나, 설탕 8%(A) 첨가빵은 설탕 0%(B)보다 높았다. 적색도 a 값은 설탕 8%(A) 빵에 비해 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 첨가빵은 값이 낮아졌으며, 솔비톨 8%+과당 4%(E), 자일리톨 8%+과당 4%(F)는 설탕 8%(A)보다 높았다.

발효 후 반죽팽창력에서 솔비톨, 자일리톨만 첨가한 반죽은 대조구 설탕 8%(A)와 설탕 0%(B)보다 낮게 나타났으며, 당알코올에 과당을 첨가한 반죽팽창력은 대조구와 같은 수준으로 팽창하였다. 빵의 부피는 과당을 첨가한 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)의 부피가 당알코올만 첨가한 솔비톨(C), 자일리톨(D) 빵보다 부피가 크게 증가하였다.

관능평가는 맛과 풍미, 텍스처에서 당알코올만 첨가한 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D)가 낮았고, 전체적인 선호도는 과당을 첨가한 솔비톨 8%+과당 4%(E)와 자일리톨 8%+과당 4%(F)의 선호도가 높았으며, 솔비톨 8%(C), 자일리톨 8%(D) 빵은 선호도가 낮게 나타났다. 따라서 설탕을 대체한 솔비톨, 자일리톨 첨가빵 제조 시 과당을 첨가함으로써 이스트의 발효력 향상으로 품질이 개선된 당알코올 첨가빵을 제조할 수 있었다.

References

AACC. 1985. The American Association of Cereal Chemists, Approved method. The Association st. Paul, Minn. sec. 22-10

AACC. 1985. The American Association of Cereal Chemists, Approved method. The Association st. Paul, Minn. sec. 54-10

AACC. 1985. The American Association of Cereal Chemists,

Approved method. The Association st. Paul, Minn. sec. 54-21

Bae JH, Lee JH, Kwon KI, Park GS, Lee JG, Choi HJ, Jeong SY. 2005. Quality characteristics of the white bread by addition of Jujube extracts. *Kor J Food Sci Technol* 37: 603-610

Cho NJ, Kim YH. 2002. Baking Ingredient for Bread-making. pp. 116, 172. B&C World, Seoul, Korea

Felber JP, Tappy L, Vouillamoz D, Randin JP, Jequier E. 1997. Metabolic response to lactitol and xylitol in healthy men. *Am J Clin Nutr* 65:947-950

Jang JK, Lee SH, Cho SC, Pyun YR. 1975. Effect of sucrose on glass transition, gelatinization in limited water systems. *Cereal Chem* 52:702-713

Kim SK, Cho NJ, Kim YH. 1999. Baking Science for Bread-making. pp. 97. B&C World, Seoul, Korea

Kim YH, Cho NJ. 2002. Baking Ingredient for Bread-making. pp. 97. B&C World, Seoul, Korea

Kim YJ, Lee JH, Chung KC, Lee SK. 2014. Effect of trehalose on rheological properties of bread flour dough. *Kor J Food Sci Technol* 46:341-346

Kun JL, Kim MR. 2004. Quality evaluation of pumpkin replaced sucrose with sugar alcohol during storage. *J East Asian Soc Dietary Life* 14:123-130

Lee CH, Han BJ, Kim NY, Kim BC. 1991. Studies on the browning reaction of sugar derivative sweeteners. *Korean J Food Sci Technol* 23:52-56

Lee JH, Kim YJ, Chung KC, Lee SK. 2014. Effect of trehalose on rheological properties of bread flour dough. *Korean J Food Sci Technol* 46:341-346

Lee SJ, Paik JE, Han MR. 2008. Effect of xylitol on bread properties. *Korean J Food & Nutr* 21:56-63

Lee CH, Park CS, Han BJ. 1990. Studies on the rheological properties of sugar derivative sweeteners. *Korean J Food Sci Technol* 22:852-857

Maguire A, Rugg-Gunn J, Wright G. 2000. Adaptation of dental plaque to metabolise maltitol compared with other sweeteners. *J Dent* 28:51-59

Olinger PM, Velasco VS. 1996. Opportunities and advantages of sugar replacement. *Cereal Foods World* 41:110-121

Park MK. 2007. Quality characteristics of strawberry jam containing sugar alcohol. *Korean J Food Sci Technol* 39:44-49

P Tyler EJ. 1979. Physical and chemical test methods. vol. II, In: Baking Science and Technology. pp. 891-895. Sosland Pub-

- lishing Co, Kansas, USA,
- Sandrou DK, Arvanitoyannis IS. 2000. Low-fat calorie foods: Current state and perspectives. *Crit Rev Food Sci Nutr* 10:427-447
- Scheie AA, Fejerskov O, Danielsen B. 1998. The effects of xylitol-containing chewing gums on dental plaque and acidogenic potential. *J Dent Res* 77:1547-1552
- Shin IY, Kim HI, Kim CS, Whang K. 1999a. Characteristics of sugar cookies with replacement of sucrose with sugar alcohols (I) Organoleptic characteristics of sugar alcohols. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:850-857
- Shin IY, Kim HI, Kim CS, Whang K. 1999b. Characteristics of sugar cookies with replacement of sucrose with sugar alcohols (II) Textural characteristics of sugar alcohol cookie. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:1044-1050
- Shin IY, Kim HI, Kim CS. 1999c. Effect of sugar alcohol on wheat starch gelatinization and retrogradation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:1251-1255
- Song YN, Han JA. 2015. Effect of sorbitol on the physico-chemical and microbial characteristics of chiffon cake. *Korean J Food Sci Technol* 47:645-651
- Tong Q, Zhang X, Wu F, Tong J, Zhang P, Zhang J. 2010. Effect of honey powder on dough rheology and bread quality. *Food Res Int* 43:2284-2288
-

Received 18 October, 2016

Revised 09 November, 2016

Accepted 03 December, 2016