

케이크의 저장수명 연장을 위한 액체당의 사용

국 승 육

(주) 삼립 G.F. 기술연구소

Usage of Liquid Sugars for Shelf Life Extension of the Cake

Seung-Uk Kook

R & D Center, SamLip G. F. Co., Ltd., Siheung City, Kyungki Do 429-450, Korea

Abstract

Five different liquid sugars, invert sugar, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligosaccharide were compared to improve the shelf life of sponge cake and to decrease the contamination of microorganisms in the baking plant. Sucrose was used as a control. The use of 40% of liquid sugar was more effective than that of 20% on the staling and softness. Invert sugar showed the lowest water activity and the highest water holding capacity. Oligosaccharide showed the highest water activity and the lowest water holding capacity among liquid sugars used. 20% of replacement of sucrose with invert sugar decreased the contamination more than 100% of sucrose.

Key words : cake, shelf life, contamination

서 론

미생물의 증식은 제품의 수분 함량보다는 수분 활성도에 영향을 받는다¹⁾. 그러나, 수분 활성도를 미생물이 증식할 수 없도록 변화시켜 억제하는 방법은 제품의 맛과 조직을 변화시키는 경우가 있으므로 제품을 변화시키지 않고 수분 활성도를 저하시키는데는 많은 어려움이 있다. 수분 활성도를 낮추면 미생물의 증식과 생존을 제어할 수 있을 뿐 아니라, 식품내 효소의 활성, 비효소 갈변화 반응, 지방의 산화 속도를 저하시킨다²⁾. 미생물이 증식이 가능한 수분 활성도는 박테리아 0.91~1.00, 이스트 0.87~0.91, 곰팡이 0.80~0.87이다. 이스트를 사용하는 빵류 0.96~0.98, 케이크와 케이크 도넛은 0.87~0.95로, 빵류는 모든 미생물이 증식될 수 있는 수분 활성도를 가지고 있다. 그러나 수분 함량이 높다고 수분 활성도가 반드시 높은 것은 아니다³⁾. 물 속에 염이나 당류 등이 용해되어 있으면 수분 활성도는 감소한다. 수분량은 빵이나 케이크의 미생물 성장뿐 아니라 제품의 노화(staling)에도 관여하기 때문에 수분과 수분 활성도의 값은 매우 중요하다.

수분 보유력을 높이고 수분 활성도를 낮추기 위하여

보습제(humectants)를 연구 개발하고 있으나 아직 바람직한 물질이 개발되지 못하고 있다. 제빵 산업에서 수분 활성도를 낮추기 위하여 이용하는 보습제는 당류나 검류이다. 당은 다당류보다는 단당류가 수분 친화력이 강하여 더 효과적이다^{4,5)}. Icing 제조시 고과당이나 전화당을 사용한다⁶⁾, Sutton 등은 소프트 쿠키 제조시 전화당이 제품의 수분 함량을 높이며 수분 활성도를 감소시킨다고 하였고, 전화당의 사용량이 증가할수록 수분 활성도는 낮아지고 수분 함량이 높아진다고 하였다⁷⁾. 친연감미료인 꿀은 보습제로 활용하며 맛이나 향에도 큰 영향을 미친다⁸⁾. 소르비톨도 수분 활성도 감소 효과에 영향이 크다. Leung 등은 puff pastry dough 제조시 밀가루 100g 당 12g의 소르비톨을 사용하여 수분 활성도를 0.98에서 0.90으로 감소시켜 저장 안전성을 증가시켰고, 사용량이 증가할수록 효과가 더 높은 결과를 얻었다⁹⁾. 최근에 많이 개발되고 있는 올리고당도 여러 작용으로 건강을 증진시키며, 보습 효과를 가져서 보습제로 이용되고 있다¹⁰⁾. 제빵업계에서는 전분의 노화 방지나 부드러움을 개선하기 위하여 유화제를 사용하고 있다. 주로 모노글리세리드, SSL(sodium stearoyl lactylate), 설탕 지방산 에스테르 및

레시틴 등이 사용되고 있다⁵⁾, 레시틴을 효소로 분해한 lysolecithin은 유망한 노화방지제이다¹⁰⁾.

본 실험은 케이크 제품의 저장 수명(shelf life) 개선을 위하여 설탕의 일부를 액체당(액당)으로 대치하여 액당에 의한 케이크 제품의 노화 진행, 수분 활성도, 수분 함량 및 미생물 오염으로 인한 부패 등의 영향을 평가하여, 케이크 제품의 품질을 개선하기 위한 가장 적절한 조건과 물질을 선택한 연구 결과이다.

재료 및 방법

1. 배합률 및 제조 공정

실험용 케이크의 배합비는 박력분 100%, 계란 100%, 설탕 100%, 유화제 3%, 베이킹 파우더 2%, 물 20%이었다. 각 %는 밀가루를 기준한 Baker's percent 이었고 설탕 사용량의 20, 40%를 액당으로 대치시 수정 급수량은 Table 1과 같다.

케이크의 제조는 Hobart Mixer(N-50, Hobart Co., U.S.A.)에 Whipper를 이용하여 1단으로 1분간 계란 유화제를 완전히 풀어 준 다음 같은 속도로 1분간 설탕을 투입하였다. 1단으로 4분간 설탕을 계란에 완전히 해동시킨 다음 2단으로 3.5~4분간 혼합하여 1차 비중을 0.35~0.37로 맞추었다. 비중이 조절된 다음, 1단으로 서서히 혼합하면서 박력분, 베이킹 파우더 및 물을 서서히 투입하여 반죽 제조를 완료하였다. 팬에 분할하여 오븐(200°C)에서 16분간 소성한 후 팬에서 제품을 분리시켜 25°C에서 35분간 냉각 후 폴리에틸렌 백에 포장하여 측정용 시료로 사용하였다.

2. 사용 원료

제품 제조에 사용된 밀가루는 케이크용 박력분으로 단백질 함량 7.6%(N=5.7), 회분 0.42% 및 수분 14%인 D 회사 제품으로, 일반 성분은 AOAC법에 따라 분석하였다. 설탕은 정백당을 사용하였다. 전화당은 총 고형분 77%로, 전화당 73%, 회분 0.3% 및 설탕 4.0%로

Table 1. Adjusted water contents

a b	Invert sugar	High maltose syrup	High fructose corn syrup	High sorbitol syrup	Oligosaccharide
20%	15.4	16.4	15.0	14.0	15.0
40%	10.8	12.8	10.0	8.0	10.0

a: Percent replacement fo sucrose with liquid sugars,
b: Name of liquid sugars

구성된 미국 Crompton & Knowles Corporation사 제품 (상품명 Nulomolon)을 사용하였다. 물엿은 수분 18%, D. E. (dextrose equivalent) 61인 제품을 사용하였고, 고과당은 수분 25%, 과당 55% 및 과당+포도당 94% 제품을 사용하였다. 소르비톨은 고형분 함량 70%였다. 올리고당은 이소말토올리고당으로 고형분 함량이 75%이었다. 각 액당의 수분 함량은 전화당 23%, 물엿 18%, 고과당 25%, 소르비톨 30% 및 올리고당 25%를 함유하였고, 수분 활성도는 각각 전화당 0.661, 물엿 0.603, 고과당 0.680, 소르비톨 0.695 및 올리고당 0.731이었다.

3. Rheometer에 의한 노화 진행 상태 측정

제품의 노화는 Sun Rheometer (Model CR 2000, Japan)로 분석하였고, 직경 35mm 아답타를 사용하였다. 측정 조건은 table speed (1~300mm/min) : 90, chart speed (1~100 No/sec), load cell (1 or 10 kg) : 1, critical area (mm) : 314, sample height (m/m) : 30, sample width (bending .. mm) : 40, span length (bending .. mm), deformation (mm or g) : 1, graph scale (1, 2, 3, 4, 5) : 1 이었다. 노화 진행 상태의 측정은 제품 제조 후 25°C에 보관된 시료를 측정전 가로 4cm, 세로 4cm, 높이 3cm로 절단, 10개를 준비하여 레오미터로 측정하여 오차 범위가 큰 상, 하 값은 제외하고 8개의 평균값을 자료로 하였다. 제품 제조 24시간 후부터 측정을 시작하여 2일 간격으로 4회, 7일까지 실시하였다.

노화 진행 상태는 레오미터로 경도 측정 모드에서 측정하여 얻은 max weight, distance, strength를 다음 공식에 따라 계산하여 구한 경도로 평가하였다.

$$\text{Strength} = \frac{\text{최대중량} \times \text{중력가속도}}{\text{Cell 면적}} = \frac{\text{Max weigh} \times 980.665}{\text{Cell 면적}} \text{ (Dyne/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Hardness} = \text{Strength} \times \frac{\text{샘플의 높이}}{\text{측정거리}} \text{ (Dyne/cm}^2\text{)}$$

4. 수분 활성도 및 수분 함량 측정

수분 활성도는 25°C에서 thermoconstanter Humidat·TH2 / TH1(Novasina, Swiss)로 측정하였다. 측정전에 25°C에서 3종류의 salt tablet(25°C:0.901, 25°C:0.529, 25°C:0.113)으로 보정하였다. 측정은 2일 간격으로 4회, 제조 후 7일까지 하였으며 측정용 시료는 25°C에 보관된 제품을 막서로 분쇄하여 측정용 셀에

취하여 챔버에 넣은 후 시작하여 수분 활성도 값이 변화하지 않는 시점을 종말점으로 하여 시료당 2회씩 측정한 평균값을 자료로 하였다.

시료의 수분 함량은 적외선 수분측정계(FD-100, Mettler, Japan)를 사용하여 가열 건조 중량 측정법(시료에 적외선 조사법)으로 측정하였다. 시료의 종류에 따라 온도 조절이 가능한 자동 수분 측정계로 식품 공전 제 7 일반 시험법, 일반성분 시험법, 수분 시험법에 의한 수분 분석 방법을 변형 발전시켜서, 측정 전에 영점을 조절하고 설정 온도를 230°C(이때 시료에 조사되는 온도 : 105°C)로 입력하고 수분 측정시와 동일한 방법으로 준비된 2~3g의 시료를 셀에 올려 놓고 측정하였다. 수분의 양이 변하지 않는 점을 수분량으로 결정하여, 식품 공전의 상암 가열 건조법으로 동일한 시료를 측정하여 오차 범위를 0.02% 이내가 되도록 하여 그 값을 자료로 하였다.

5. 미생물에 의한 오염 부패율 분석

설탕을 대조로 하여 액당의 종류에 따라 Baker's percent로 20, 40% 대치하여 동일한 방법으로 각각의 시료를 제조한 후 25°C에서 35분간 냉각 후 폴리에틸렌 백에 각 12개 쪽 개별 포장 후 32°C 배양기에 보관하여 미생물의 발생 빈도수를 1일 2회 9일째까지 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 노화 진행 상태의 변화

1) 액당 20% 대치 효과

설탕을 대조로 하여 다섯 종류 액당(전화당, 물엿, 고과당, 소르비톨, 올리고당)을 20% 대치하여, 동일 방법으로 제조한 제품과 비교하기 위해 레오미터로 경도를 측정하여 얻은 노화에 미치는 영향은 Fig. 1과 같다. 케이크의 노화는설탕은 100% 사용할 때가 가장 빠르게 진행되었고(수치가 높은 것이 하중이 많이 걸리는 것으로, 시료가 단단함을 나타냄), 액당을 사용하면 대부분 효과가 나타났다. 시간이 경과할수록 전화당이 가장 낮은 값을 보였고 올리고당과 소르비톨이 그 다음으로 효과를 나타낸다. 고과당이 액당 중 가장 높은 값을 나타내 액당 중 노화 진행 억제에 가장 낮은 효과를 보였다. 제조 후 1일 후부터 5일까지는 노화 진행을 나타내는 경도가 높게 나타나 노화가 빠르게 진전되었고, 5일에서 7일 사이에 그래프의 기울기가 완만하여 초기보다 느리게 진행되었다. 전화당을 제외한 고과당, 올리고

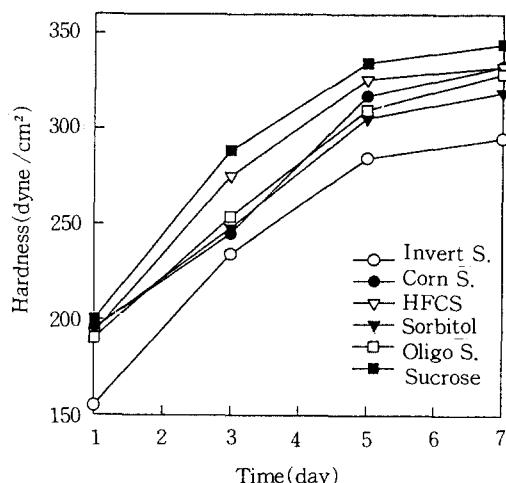


Fig. 1. Effect of 20% replacement of sucrose with invert sugar syrup, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligo saccharide on cake hardness.

당, 소르비톨 등도 비슷한 효과를 나타냈으며 시간의 경과에 따라 고과당이 빠른 노화 현상을 보였다.

2) 액당 40% 대치 효과

설탕의 40%를 액당으로 대치할 때 나타난 효과는 Fig. 2와 같다. 40%를 대치하면 20%의 경우보다 전체적으로 경도가 낮아져서 제품의 노화 진행을 지연시키는 효과가 커졌고, 20% 대치시와 마찬가지로 전화당이 가장 낮은 값을 보여주었다. 이것은 Morley³⁾의 단당류, 즉 분자량이 적은 물질이 물과의 친화력이 강하여 수분 보유성이 강하다는 결과와 일치하였다. 다음은 소르비톨, 물엿, 올리고당 순으로 나타나 20% 대치시와 비슷한 결과를 얻었다. 역시 고과당이 높은 수치를 보여주었고, 전화당과 기타 당의 초기 및 최종 노화 진행 상태에 현저한 차이가 있었고 기타의 당은 초기와 최종 경도에 차이가 있었다. 40% 사용시 역시 제조 후 1일 후부터 5일까지 그레프의 기울기가 심하여 노화가 빠르게 진행되고, 5일에서 7일까지는 완만한 기울기를 나타내 노화는 20% 대치시와 마찬가지로 초기에 노화가 빠르게 진행되었다.

2. 수분 활성도 및 수분 함량에 대한 영향

1) 액당 20% 대치 효과

설탕을 대조로 하여 Baker's percent로 각각의 액당을 20% 대치하였을 때의 케이크에 대한 제품의 수분

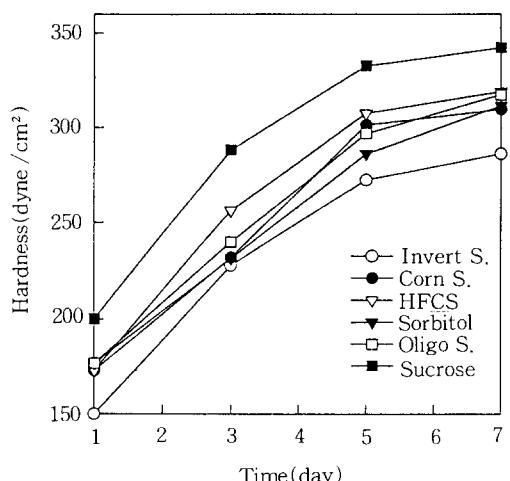


Fig. 2. Effect of 40% replacement of sucrose with invert sugar syrup, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligosaccharide on cake hardness.

활성도는 Fig. 3과 같다. 24시간 후의 수분 활성도는 올리고당이 0.872로 가장 높고, 다음으로 고과당 0.861이었다. 설탕을 포함한 나머지 액당도 거의 같은 결과를 보여 주었다. 시간 경과에 따른 감소율이 크지는 않았으나 설탕을 사용한 제품의 감소 폭이 크고 최종값도 가장 낮았다. 최초에 높은 값을 나타낸 올리고당이 시간 경과에 따라 감소 폭이 심하여, 올리고당으로 만든 제품은 다른 액당보다 제품 내에 자유수를 많이 함유하고 있어서 수분 증발율이 심한 것으로 나타났다. 소르비톨, 물엿, 고과당 등은 감소 폭이 다른당에 비하여 적었으며, 물엿과 고과당의 감소폭이 적은 것은 물엿의 D.E.가 60% 이상이어서 많은 단당류를 함유하고, 고과당은 전조 고형분으로 과당 포도당의 합계가 94% 이상이어서 역시 단당류 이당류를 많이 함유하고 있기 때문에 수분 친화력이 강하기 때문이다. 7일 후에는 전화당이 액당 중 가장 낮은 값을 나타내 Sutton 등이 soft cookies에서 설탕을 전화당으로 대치하여 수분 활성도 값을 낮춘 값과 일치하였고, 수분 활성도 값의 변화에 영향을 나타내지 않아 보습제로서 양호한 것으로 입증되었다.

설탕 및 액당의 케이크에 대한 보습 효과를 평가하기 위한 케이크의 수분 함량은 Fig. 4와 같다. 설탕을 100% 사용한 제품의 24시간 후의 수분 함량은 26.6%로 가장 낮은 값을 나타냈고, 액당으로 20% 대치한 경우 수분 함량이 높아 액당이 보습제로 작용하는 것으로 나타났다. 제조 24시간 후 설탕이 가장 낮은 수분 함량

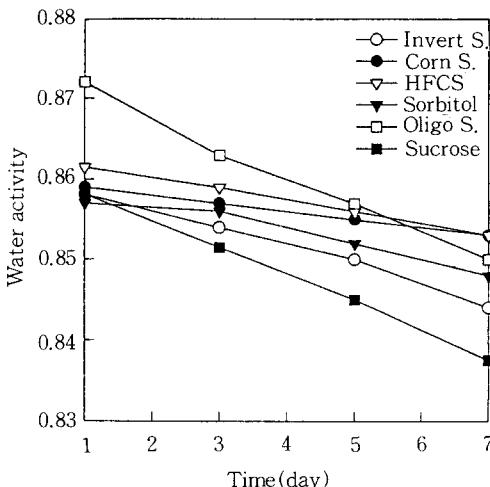


Fig. 3. Effect of 20% replacement of sucrose with invert sugar syrup, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligosaccharide on cake water activity.

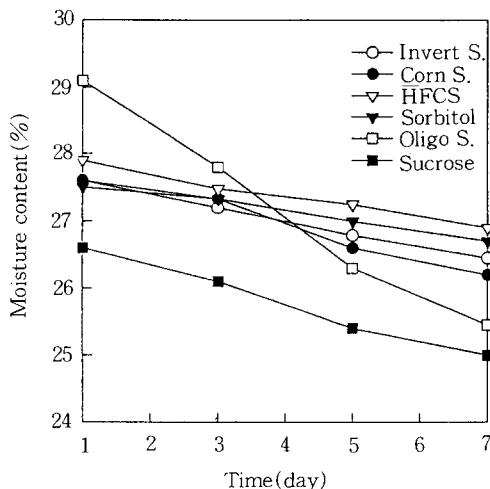


Fig. 4. Effect of 20% replacement of sucrose with invert sugar syrup, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligosaccharide on cake moisture content.

을, 올리고당이 가장 높은 수분 함량을 나타냈고, 다른 액당은 27.5~27.9%로 거의 차이를 보이지 않았다. 시간 경과에 따른 수분 증발율은 올리고당이 가장 심하게 나타나 다른 당에 비해 수분 친화력이 약한 것으로 나타났다. 다른 액당은 큰 변화폭을 보이지 않았고 제품 제조 후 7일 후에는 고과당이 높은 값을, 올리고당이 낮은

값을 나타냈다.

2) 액당 40% 대치 효과

설탕 사용량의 40%를 액당으로 대치하였을 경우의 수분 활성도를 Fig. 5에 나타냈다. 20% 대치시 보다 일반적으로 높은 수분 활성도 값을 나타내 액당을 많이 사용하면 수분 활성도 값이 증가하였다. 20% 대치시와는 다르게 초기의 수분 활성도 값이 변화하였다. 24시간 후에 측정된 수분 활성도는 올리고당과 물엿이 0.875로 가장 높고, 고과당이 0.867, 소르비톨 0.865, 전화당 0.860 순으로 나타났다. 시간 경과에 따른 수분 활성도의 감소 폭은 7일 후에 올리고당 0.830, 전화당 0.842, 고과당 0.846, 소르비톨 0.849, 물엿 0.860으로 올리고당의 수분 활성도가 가장 큰 변화를 나타냈고 소르비톨이 가장 적었다. 고과당은 20% 대치시와는 다르게 전화당 다음으로 낮은 수분 활성도를 나타내 보습제로서 가장 우수한 것으로 나타났다.

설탕 사용량의 40%를 액당으로 대치한 제품의 수분 함량은 Fig. 6과 같다. 40% 대치시는 20% 대치시보다 설탕 단독 사용시보다 전체적으로 높은 수분 함량을 보여 주었으며 제품 제조 후 24시간 후에는 올리고당이 가장 높은 수분 함량을 나타냈고, 기타 당은 29%를 전후하여 차이를 보이지 않았다. 시간의 경과에 따른 수분 증발율은 올리고당이 29.8%에서 26.4%로 가장 심한 감소율을 나타냈고, 기타의 액당은 감소 폭이 일정하고, 큰 변화도 보이지 않았다. 제조 7일 후에도 20% 대치시

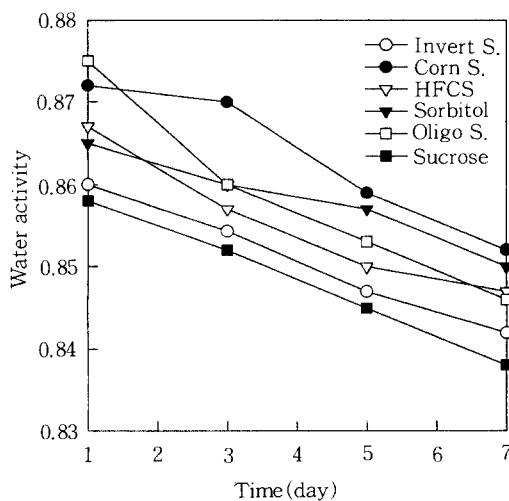


Fig. 5. Effect of 40% replacement of sucrose with invert sugar syrup, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligosaccharide on cake water activity.

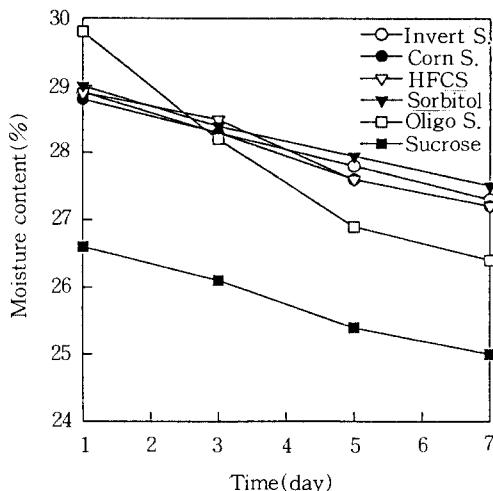


Fig. 6. Effect of 40% replacement of sucrose with invert sugar syrup, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligosaccharide on cake moisture content.

보다 높은 수분을 나타내 액당을 많이 사용하면 수분 함량이 많은 부드러운 제품을 얻을 수 있다. 이것은 노화 진행 상태의 분석 결과와 일치하였다.

3. 미생물에 의한 오염 부패율의 영향

제조된 시료를 25°C에서 35분 냉각 후 각 12개씩 개별 폴리에틸렌 백에 포장하여 32°C 배양기에 보관하면서 미생물 발생 번도수를 관찰하여 Table 2의 결과를 얻었다. 설탕의 20% 대치시 전화당외의 액당은 보존성이 좋지 않았다. 노화 진행 억제는 설탕을 사용할 때보다 양호하였으나, 수분 활성도와 수분 함량이 설탕 보다 높아져서 미생물 증식 억제 효과를 나타내지 못하였다. 전화당만 설탕을 사용할 때에 비해 미생물 증식 억제 효과가 약간 있었다. 40% 대치시에는 설탕을 사용할 때보다 빠르게 미생물이 증식하였고 올리고당은 매우 저조한 효과를 나타냈다. 이것은 설탕을 사용할 때보다 부드러운 제품을 제조할 수는 있으나 수분 활성도와 수분 함량이 매우 높아 미생물이 이용할 수 있는 자유수를 많이 함유하고 있기 때문이다.

요약

빵의 저장 수명은 액당이 보유하고 있는 수분 함량을 계산하여 급수를 동일하게 조정한 후 제품을 제조하여

Table 2. Effect of 20, 40% replacement of sucrose with invert sugar syrup, corn syrup, high fructose corn syrup, sorbitol and oligosaccharide on microorganism contamination of cake

Storage day	Liquid sugars										Sucrose	
	Invert S		Corn S		HFCS		Sorbitol		Oligo S			
	20 ^a	40 ^b	20	40	20	40	20	40	20	40		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	92	0	0	0	6	0	
5	0	1.7	0	25	0	8	0	17	0	17	0	
6	8 ^c	42	33	33	33	0	42	58	8	33	17	
7	8	33	25	42	0	0	17	25	42	0	25	
8	8	18	42	0	17	0	8	0	50	0	17	
9	33	0	0	0	33	0	33	0	0	0	42	

HFCS : High fructose corn syrup, a: 20% replacement of sucrose, b: 40% replacement of sucrose, c: spoilage % of each sample

레오미터로 제품의 경도를 측정하고 수분 활성도, 수분 함량 및 제품의 미생물 오염에 의한 부패 현황 등을 비교 분석하였다. 케이크의 저장 수명에 미치는 당의 영향 및 실험 결과는 다음과 같았다.

- 액당을 사용하면 설탕을 단독 사용하는 것보다 제품이 부드럽고 노화가 지연되었으며, 20%보다는 40%를 사용하는 경우가 더 효과가 있었고, 그 중 전화당의 효과가 가장 좋았다.
- 수분 활성도는 액당은 설탕을 100% 사용할 때보다 높이고, 전화당이 액당 중 낮은 값을 올리고당이 가장 높은 값을 나타냈다.
- 제품의 수분 함량에 대한 영향은 액당이 설탕보다 수분 보유력이 우수하며, 수분 증발율은 전화당이 적었고 올리고당이 가장 컸다.
- 액당 20% 대치시 전화당은 설탕에 비해 미생물 오염에 의한 부패율이 낮았다.

참고문헌

- David, J. A. : Shelf life improvement of bakery food, *American Society of Bakery Engineers, Proceedings*, 66(1985).
- 김동훈 : 식품화학, 탐구당, 서울, p.12-34(1992).
- Robert, G. M. : Water migration, *American Society of Bakery Engineers, Proceedings*, 123(1987).
- Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y. & Jeffer, H. C. : Water activity & moisture content of dough and bread, *Cereal Chemistry*, 66(2), 128(1989).
- Pyler, E. J. : *Baking Science and Technology*, Sosland Publishing Co., p.424-427(1988).
- 한국제과고등학교 : 재료과학, 정문사문화, 서울, p. 178~186(1994).
- Sutton, T. L., Stitley, J. W. & Dibben, R. A. : Effect of invert syrup on water activity and texture of soft cookies, *Bull. 9(4)*, Am. Inst. Baking, Manhattan, KS (1987).
- Scott, W. S. : Honey in bakery foods, *Bull. 10(7)*, Am. Inst. Baking, Manhattan, KS (1987).
- Leung, H. K., Matlock, J. P., Meyer, R. S. and Morad, M. M. : Storage stability of a puff pastry dough with reduced water activity, *J. of Food Science*, 49, 1405(1984).
- Kwon, M. R. and Park, C. S., Auh, J. H., Cho, B. M., Yang, N. S. and Park, K. H. : Phospholipid hydrolysate and antistaling amylase effects on retrogradation of starch in bread, *Ann. RCNBMA*, 3, 19 (1994).

(1996년 8월 14일 접수)