

Trehalose가 식빵의 품질 특성에 미치는 영향

김영자¹ · 이정훈² · 정구춘³ · 이시경^{2*}

¹건국대학교 농축대학원 바이오식품공학과

²건국대학교 생명자원 식품공학과

³건국대학교 화학과

Effects of Trehalose on Quality Characteristics of White Pan Bread

Young-Ja Kim¹, Jeong-Hoon Lee², Koo-Chun Chung³, and Si-Kyung Lee^{2*}

¹Dept. of BioFood Science & Technology, Graduate School of Agriculture & Animal Science,

²Dept. of Bioresources and Food Science, and

³Dept. of Chemistry, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT This study was carried out to evaluate the effects of trehalose on quality characteristics of white pan bread. Basic formula consisted of bread flour, 6% sucrose, and 0, 2, 4, 6% trehalose, respectively. Loaf volume, specific loaf volume, baking loss rate, moisture content, water activity, crumb color, and sensory evaluation scores were determined for quality characteristics of bread. White pan bread containing 4% trehalose had a higher loaf volume of 2,140 mL and specific loaf volume of 3.96 mL/g. Baking loss rate of white pan bread was the lowest in the loaf containing 6% trehalose. In crumb texture analysis, hardness of loaf containing 4% of trehalose was the lowest after 7 days of storage. Moisture content and water activity of white pan breads increased with increasing level of trehalose. Color of crumbs was the brightest in the loaf containing 6% trehalose. White pan bread containing 4% trehalose scored better in the sensory evaluation than the others. As a result, trehalose affected quality characteristics of white pan bread. Especially, the addition of 4% trehalose to white pan bread had beneficial effects on quality characteristics.

Key words: quality characteristics, white pan bread, trehalose

서 론

빵이란 밀가루를 주재료로 반죽을 만들어 효모에 의하여 발효시켜 굽거나 찌거나 튀기거나 하여 만드는 제품을 말한다(1). 소득 수준의 향상으로 외식문화가 발달함에 따라 빵에 대한 인식도 변하여 간식에서 주식의 개념으로 바뀌고 양보다는 질에 관심을 가지게 되었으며 소비량도 매년 증가하고 있다. 일본에서 처음 개발되어 식품의 품질 개량을 목적으로 사용하는 trehalose는 여러 종류의 식물, 조류, 곰팡이, 효모, 세균, 곤충, 무척추 동물 등에서 발견되나 포유동물에는 없는 것으로 알려져 있다(2). Trehalose(α , α -trehalose)는 포도당 두 분자가 α , α -1,1-glucoside 결합을 하고 있는 이당류로(3), 산에 의하여 쉽게 가수분해 되지 않고 glucosidase에 의해서도 분해되지 않는다. 감미도는 설탕에 비하여 45% 정도(4,5)이며, 인체에 해가 없어 하루 50 g까지는 섭취하여도 무방하다(6). 전통적으로는 효모나 버섯 같은 식물로부터 추출하였으나 화학적 합성, 미생물 발효공법,

효소를 이용한 maltose로부터 전환, 최근에 유전자 조합 기술 등으로 대량 생산할 수 있는 기술이 개발되었다(7). 그러나 Masaru(8)는 maltose를 이용한 trehalose 생산은 경제성 때문에 산업적으로 이용할 수가 없고, *Sulfolobus solfataricus*에 전분으로부터 trehalose를 생산하는 열에 안정한 효소가 있다는 것을 보고하여 미생물 발효공법으로 생산하는 방법을 개발하였다.

Trehalose는 단백질과의 수소결합, 유동성 제한, 수화능력 등의 기능 때문에 식품에 첨가 시 지방과 단백질의 안정화에 큰 영향을 미친다. Imamura 등(9)은 단백질을 냉동건조시킬 때 trehalose를 첨가하면 단백질 분자내로 침투되어 단백질과 당분자간의 상호작용으로 탈수 시 분자구조의 변형을 방지한다고 하였다. 식품가공분야에 trehalose를 이용하는 범위가 점차 확대되는 것은 수화능력, 열에 대한 안정성, 비환원당, 설탕보다 낮은 감미 및 감미의 지속성 등 때문이다. 과자류를 비롯하여 음료, 채소나 과일 가공품, 빵류, 해산물 가공, 냉동·냉장식품 등에 이용하고 있다(6). 또한 trehalose는 식품의 바람직하지 않은 향, 쓴맛, 떼은맛 등을 억제하고 신맛을 증가시켜 식품의 맛과 품질을 개선하는데 탁월한 효과를 가지고 있다(10). 모찌에 trehalose를 3% 사용하면 강한 수분보유능력으로 부드러움이 오래 지속

Received 9 January 2014; Accepted 11 February 2014

*Corresponding author.

E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr, Phone: +82-2-450-3759

된다고 Tanaka(11)는 보고하였다.

본 연구에서는 여러 가지 기능이 우수한 trehalose를 제빵분야에 이용하고자 설탕을 6% 사용하는 식빵 제조에 밀가루 사용량 대비 trehalose를 0, 2, 4, 6% 첨가하였다. 제품의 특성에 미치는 영향으로 부피 및 비용적, TPA에 의한 조직감, 수분 함량, 수분활성도, crumb 색도 등의 분석 및 관능검사를 실시하여 부드러움을 개선하고 노화를 지연하는 효과를 얻고자 하는 목적에서 실험하였다.

재료 및 방법

실험재료

빵 제조용 재료로 밀가루(강력 1등급, 대한제분, 인천, 한국), 효모(조효화학, 안산, 한국), 설탕(제일제당, 인천, 한국), 쇼트닝(삼양사, 인천, 한국), 제빵개량제(S-500, Puratos Korea, 서울, 한국), 소금((주)한주, 울산, 한국), trehalose((주)하야시바라, 오카야마, 일본) 등을 사용하였다.

식빵의 제조

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 식빵을 제조하였다. 식빵은 AACC 방법(10-10b)(12)을 수정하여 직접법(straight dough method)으로 제조하였고 배합물은 Table 1과 같다. 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 한꺼번에 믹싱 볼에 넣고 저속 3분, 중속 2분 동안 혼합 후 쇼트닝을 투입하고 저속 3분, 중속 15분간 믹싱 하여 반죽을 제조하였다. 반죽온도는 27°C가 되도록 하였고 온도 27°C, 상대습도 75%의 1차 발효실(Fresh proofer, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 60분간 발효시켰다. 발효한 반죽을 무게 540 g씩 분할하여 둥글리기 한 후 실온에서 15분간 중간 발효시켰다. 중간 발효한 반죽을 정형하여 식빵 틀(21×9×8.5 cm)에 넣고, 온도 40°C, 상대습도 85%의 2차 발효실에서 50분간 발효하여 온도 윗불 190°C, 밀불 190°C의 데크오븐(FDO-7104, Electric Deck Oven, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd.)에서 35분간 구워 1.5시간 실온에서 냉각시킨 후 폴리

Table 1. Formulas for white pan bread containing different amounts of trehalose (unit: g)

Ingredients	Control	Trehalose		
		2%	4%	6%
Bread flour	1,000	1,000	1,000	1,000
Water	640	640	640	640
Fresh yeast	25	25	25	25
Granulated sugar	60	60	60	60
Salt	20	20	20	20
Shortening	30	30	30	30
Bread improver	15	15	15	15
Trehalose	0	20	40	60
Total	1,790	1,810	1,830	1,850

에틸렌 포장지로 포장하여 분석에 사용하였다.

부피 및 비용적

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 제조한 식빵을 냉각·포장하여 25°C에서 12시간 보존 후 종자치환법(13)으로 부피를 측정하였다. 각각의 시료 5개씩 측정하여 그 평균값을 자료로 하였다. 제품의 비용적(mL/g)은 부피(mL)를 제품중량(g)으로 나누어 구하였다.

굽기손실률

Trehalose를 0, 2, 4, 6% 첨가하여 제조한 식빵을 구운 후 1시간 30분 냉각하여 측정된 무게와 분할한 반죽 무게로 아래 공식에 따라 굽기손실률(%)을 구하였다.

$$\text{굽기손실률}(\%) = \frac{a-b}{a} \times 100$$

a: 반죽 무게, b: 식빵 무게

조직감

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 제조한 식빵의 조직감을 Texture Profile Analyzer(TAXT2, Test Analyser, Stable micro systems, Haslemere, UK)로 24시간 이후부터 2일 간격으로 7일간 측정하였다. 측정 조건은 force threshold 20 g, acquisition rate 200 pps, contact area 1.0 mm², contact force 5.0 g, pre-test speed 1.0 mm/sec, test speed 0.3 mm/sec, post-test speed 2.0 mm/sec, strain 80.0%, probe size 22 mm 등이었다. 식빵의 crumb 중 가장 내부의 것을 가로, 세로, 높이 각각 15 mm 두께로 슬라이스 하여 측정하였다. 2회 연속 압착하였을 때 얻어지는 force-time curve로부터 경도(hardness)를 10회 반복 측정하여 최대값과 최소값을 제외하고 평균값을 구하여 자료로 하였다.

수분 함량

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 제조한 식빵의 수분 함량은 제품을 냉각 후 포장하여 25°C에 보존하면서 24시간 이후부터 2일 단위로 7일간 측정하였다. 수분 함량은 건조감량법(14)으로 측정하여 아래의 공식에 따라 산출하였으며 각각의 시료 3개씩 측정하여 그 평균을 자료로 하였다.

$$\text{수분}(\%) = \frac{b-c}{b-a} \times 100$$

a: 칭량접시 무게(g)

b: 칭량접시와 검체의 무게(g)

c: 건조 후 향량이 되었을 때의 무게(g)

수분활성도

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 제조한 식빵을 냉각 후 포장하여 25°C에 보존하면서 24시

간 이후부터 2일 간격으로 7일간 수분활성도 측정기(NAGY/AQS-2-TC, Gaufelden, Germany)로 수분활성도를 측정하였다. 시료를 믹서기로 균일하게 갈아 측정기 cell에 채운 후 미리 25°C로 조절하여 놓은 측정기 chamber에 cell을 삽입하여 수분활성도 값이 변하지 않을 때까지 측정하였으며 시료당 5회씩 측정하여 자료로 하였다.

Crumb 색도

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 제조한 식빵의 crumb 색도를 Color Reader(DR-10, Minolta, Co., Ltd., Osaka, Japan)로 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였다. Hunter system에 의하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)의 값을 나타냈으며 L값은 0(검정색)에서 100(흰색)까지, a값(적색도)은 -80(녹색)에서 100(적색)까지, b값(황색도)은 -70(청색)에서 70(황색)까지였다. 표준판은 백색판을 사용하였고 백색판이 나타내는 L, a, b 값은 각각 89.2, 0.923, 0.783이었다. 15 mm 두께의 제품을 가로 10 cm, 세로 10 cm 크기로 잘라 10회씩 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

관능검사

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여

제조한 식빵의 관능검사는 대학 및 대학원생 남녀 30명을 대상으로 본 실험의 목적과 평가방법에 대하여 교육시킨 후 실시하였다. 식빵을 냉각하여 15 mm 두께로 잘라 폴리에틸렌 포장지에 2개씩 포장하여 24시간 상온에 보존 후 미국제 빵학교(15) 기준인 Table 2의 bread scoring sheet에 따라 설문지를 작성·배포하여 개인별로 점수표에 점수를 작성하도록 하였다. 최상위와 최하위를 제외하고 평균값을 자료로 하였다.

통계분석

각 항목에 대하여 3회 반복 실험하였고 결과는 평균값±표준편차(mean±SD)로 나타냈다. 통계분석은 Statistical Analysis System(SAS, ver. 8.2)(16) 통계 프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시료 간의 유의성 검증은 $P<0.05$ 수준으로 던컨의 다중 범위시험법(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

결과 및 고찰

부피 및 비용적 분석

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 만든 식빵의 부피와 비용적을 분석한 결과는 Table 3과 같고 빵의 단면은 Fig. 1과 같다. 부피는 대조구가 1,976 mL,

Table 2. Bread scoring sheet for sensory evaluation

Portion	Perfect score	Penalized for (check faults)
External		
Volume	10	too small, too large
Color of crust	8	not uniform, streaked, light, dark, dull
Symmetry of form	3	low end, protruding crust, uneven top, shrunken side, low side, small end, low middle, flat top
Evenness of bake	3	light side, light bottom, dark bottom, spotty bottom, light end
Character of crust	3	thick, tough, hard, brittle
Break and shred	3	one side only, wild break, insufficient, no shred, shell, insufficient
External subtotal	30	
Internal		
Grain	10	open coarse, non-uniform, thick cell walls, holes
Color of crumb	10	gray, dark, streaky, dull
Aroma	10	strong, lack of, musty, sharp, gassy, foreign
Taste	15	flat, salty, sour, unpleasant aftertaste, foreign
Mastication	10	doughy, dry, tough, gummy
Texture	15	rough-harsh, lumpy, core, crumbly, ridged, too loose, too compact
Internal subtotal	70	
Total score	100	

Table 3. Loaf volumes and specific loaf volumes of white pan bread containing different amounts of trehalose

	Control	Trehalose (%)		
		2	4	6
Loaf volume (mL)	1,976±20 ^{b1)}	2,002±18 ^b	2,140±22 ^a	2,105±16 ^a
Specific loaf volume (mL/g)	3.65±0.03 ^b	3.70±0.02 ^b	3.96±0.04 ^a	3.89±0.02 ^a

¹⁾Values are mean±SD.

^{a,b}Means with the same superscript in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

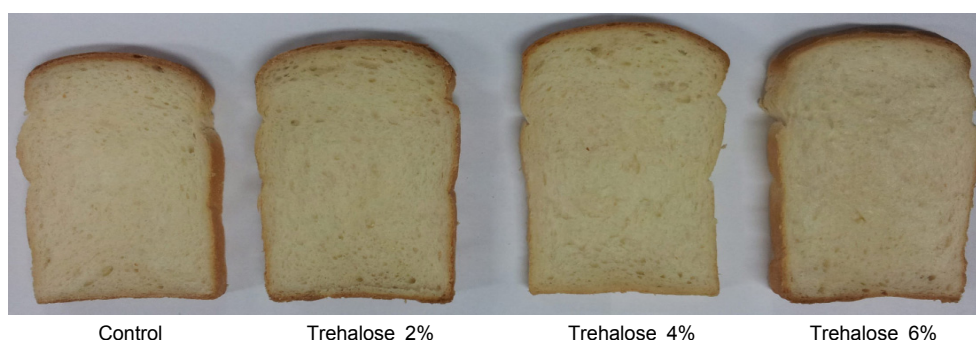


Fig. 1. Internal shape of white pan breads.

trehalose 2% 첨가구가 2,002 mL, 4% 첨가구가 2,140 mL, 6% 첨가구가 2,105 mL로 4% 첨가구가 가장 크고 대조구가 가장 작았으며 대조구와 시험구간에 유의적 차이가 있었다($P<0.05$). 비용적은 대조구가 3.65 mL/g, trehalose 2% 첨가구가 3.70 mL/g, 4% 첨가구가 3.96 mL/g, 6% 첨가구가 3.89 mL/g으로 4% 첨가구가 가장 크고 대조구가 가장 작았으며 대조구와 시험구간에 유의적 차이가 있었다($P<0.05$). 비용적은 빵 1 g이 차지하는 부피로 비용적이 크면 빵의 부피가 큰 것을 의미하는데, 보통 뚜껑이 없는 식빵의 비용적은 미국에서 3.35~3.47 mL/g이고 일본에서 3.15~3.35 mL/g이 표준인데(1), 대조구 및 시험구의 비용적이 이들 범위보다 다소 높았다. Ronald(15)는 식빵에서 비용적은 제조공정의 준수와 제품의 특성을 판단할 수 있는 지표라고 하였다. 적절한 비용적의 제품에 비하여 비용적이 작으면 내상이 조밀하여 부드럽지 못한 무거운 제품이 되고, 비용적이 크면 발효가 지나쳐 너무 가볍고 부드러운 제품이 되어 냉각 중 주저앉는다. 같은 무게의 반죽을 발효하여 구웠을 때 제품의 부피와 비용적이 큰 것은 발효가 잘된 것을 의미하며 부피와 비용적이 크면 내부에 기공이 많아 제품이 부드럽게 되어 제품의 조직감에도 영향을 줄 것으로 생각된다.

굽기손실률 분석

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 만든 식빵의 굽기손실률을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 반죽 540 g으로 구운 식빵의 냉각 후 무게는 대조구가 482 g, trehalose 2% 첨가구가 488 g, 4% 첨가구가 490 g, 6% 첨가구가 491 g으로 4%와 6% 첨가구는 유의적 차이가 없으나 대조구보다는 무거웠으며 유의적 차이를 보인 것은

($P<0.05$) trehalose의 수분보유능력 때문인 것으로 생각된다. 굽기손실률은 대조구가 10.74%, trehalose 2% 첨가구가 9.62%, 4% 첨가구가 9.25%, 6% 첨가구가 9.07%로 6% 첨가구가 가장 적었고 대조구가 가장 커 trehalose 첨가가 굽기손실률을 줄이는데 효과가 있는 것으로 나타났다.

보통 식빵의 굽기손실률은 23분 구웠을 때 11.5%이며 (17), Kotoki와 Deka(18)는 설탕이 1.5% 첨가된 반죽으로 구운 빵의 굽기손실률은 11.8%이었으나 꿀을 4% 첨가하였을 때는 8.9%로 감소하여 꿀의 수분보유능력이 우수하다고 하였는데, 이는 본 실험에서 trehalose 첨가로 굽기손실률이 적어진 결과와 일치하였다. 이상의 결과는 제품의 경도나 노화에 영향을 줄 것으로 생각된다. 굽기 동안 발생하는 수분손실은 냉각 후 보존 시 빵의 신선도 유지에 좋지 않은 영향을 주어 노화 진행이 빨라진다.

조직감 분석

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 만든 식빵을 25°C에 7일간 저장하면서 2일 간격으로 경도를 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 저장 1일에 대조구가 262.4 g, trehalose 2% 첨가구가 246.63 g, 4% 첨가구가 243.62 g, 6% 첨가구가 257.6 g으로 대조구가 가장 높았고 trehalose 4% 첨가구가 가장 낮아 유의적 차이가 있었으나($P<0.05$) 2% 첨가구와는 유의적 차이가 없었다. 저장 기간이 경과함에 따라 식빵의 경도 값은 높아져 저장 3일에 대조구가 312.6 g으로 가장 높았고 trehalose 6% 첨가구가 248.8 g으로 가장 낮았으나 4% 첨가구와는 유의적 차이가 없었다($P<0.05$). 이러한 경향은 저장 7일에도 유사하여 대조구가 499.73 g으로 가장 높았고 trehalose 4% 첨가구가 362.4

Table 4. Baking loss rate of white pan bread containing different amounts of trehalose

Items	Control	Trehalose (%)		
		2	4	6
Dough weight (g)	540±0.0 ^{a1)}	540±0.0 ^a	540±0.0 ^a	540±0.0 ^a
Loaf weight (g)	482±2.0 ^b	488±1.6 ^a	490±1.4 ^a	491±2.2 ^a
Loss weight (g)	58±0.6 ^a	52±0.5 ^b	50±0.5 ^c	49±0.3 ^d
Baking loss rate (%)	10.74±0.30 ^a	9.62±0.20 ^b	9.25±0.20 ^c	9.07±0.24 ^c

¹⁾Values are mean±SD.

^{a-d}Means with the same superscript in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

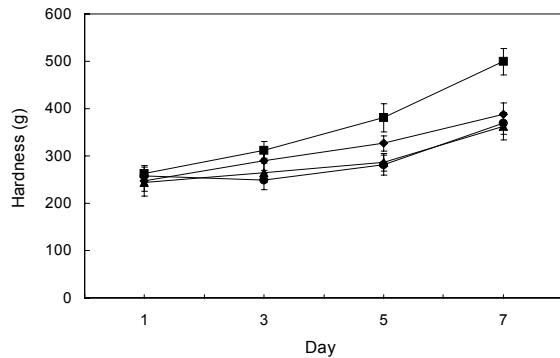


Fig. 2. Hardness of white pan bread containing different amounts of trehalose. ■, control; ◆, trehalose 2%; ▲, trehalose 4%; ●, trehalose 6%.

g으로 가장 낮아 유의적 차이가 있었다($P < 0.05$). 경도 측정 결과는 trehalose를 4% 첨가하였을 때 부피와 비용적이 큰 결과(Table 3)와 일치하였다. Kopjar 등(19)은 딸기 페이스 트 제조 시 trehalose를 0, 3, 5, 10%(w/v) 첨가하여 TPA (Texture Profile Analyser)로 경도를 측정한 결과 증발 농축하였을 경우에는 29.89 N에서 14.72 N으로 감소하였고 냉동건조 하였을 경우에는 184.83 N에서 44.95 N으로 감소하였다고 하여, 본 실험에서 trehalose가 경도를 낮춘 결과와 일치하였다. Minervini 등(20)도 꿀, 과당, 포도당, trehalose, 검류 등을 첨가하여 제조한 sourdough를 냉동 및 해동하여 구운 제품의 경도를 측정한 결과 꿀을 첨가한 것이 가장 낮았고 포도당과 과당 및 trehalose와 꿀 등을 첨가한 순으로 낮았다고 하였다. 한편 Gil 등(21)은 단백질 함량 10.73%의 밀가루에 물 60%, 63%, 66%를 첨가하여 빵을 만들어 압착시험으로 견고성을 측정한 결과, 물을 많이 첨가한 빵의 수분 함량이 높아 부드러웠다고 하였는데, 본 실험에서 trehalose 첨가량에 따른 빵의 수분 함량을 측정한 결과(Fig. 3), trehalose 첨가량이 많을수록 수분 함량이 높은 것도 빵이 부드러워지는 결과에 영향을 준 것으로 생각된다.

수분 함량 분석

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 만든 식빵을 25°C에 7일간 보존하면서 2일 간격으로 crumb 수분 함량을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 저장 1일에 대조구가 38.16%, trehalose 2% 첨가구가 38.48%, 4% 첨가구가 39.26%, 6% 첨가구가 40.32%로 대조구의 수분 함량이 가장 적었고 trehalose 첨가량이 많을수록 수분 함량은 높았다. 저장 3일과 5일에도 같은 경향을 나타냈으며 저장 7일에는 대조구가 35.86%이었고 trehalose 2% 첨가구가 35.84%로 유의적 차이가 없었으나($P < 0.05$), 4% 첨가구는 36.87%, 6% 첨가구는 38.2%로 첨가량이 많을수록 수분 함량이 높아 trehalose의 수분보유능력이 빵의 수분 함량에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Tanaka(11)는 trehalose의 강한 수분보유능력 때문에 모찌에 3% 사용 시 부드러움이 오래 지속되었다고 보고하였는데, 본 실험에서 treha-

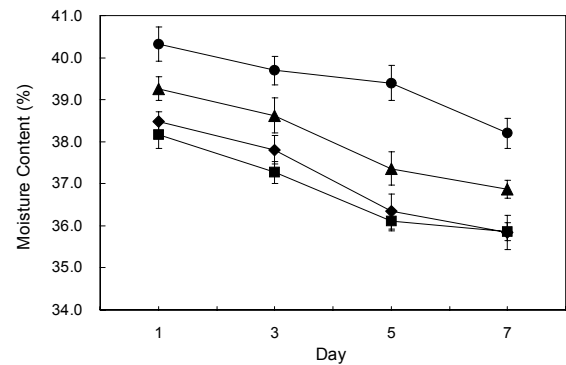


Fig. 3. Effect of trehalose on moisture content of white pan breads. ■, control; ◆, trehalose 2%; ▲, trehalose 4%; ●, trehalose 6%.

lose 첨가량이 많을수록 수분 함량이 높아 부드러울 것으로 예상되고 특히 조직감 측정에서 trehalose 첨가량이 많을수록 경도가 낮아진 결과와 굽기손실률이 적은 결과와 일치하였다. Kang 등(22)은 쌀가루 대비 trehalose를 0, 1, 2, 3% 첨가하여 만든 즉석 백설기의 수분 함량을 측정한 결과 대조구에 비하여 trehalose 첨가량이 증가할수록 수분 함량이 높았고 백설기 부위별 수분 함량 차이가 감소되었다고 하여, 본 실험에서 trehalose 첨가량이 많을수록 수분 함량이 높은 결과와 일치하였다. 빵·과자류·음료·시리얼과 같은 제품에서 감미를 낮추고 높은 흡수력으로 제품을 부드럽게 유지하며 갈변을 방지하여 과도한 갈색 방지 및 전분의 노화 방지로 shelf-life를 연장하여 신선한 제품을 장시간 유지할 수 있어 trehalose를 식품산업에 이용하고 있다(6).

수분활성도 분석

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 만든 식빵을 25°C에 7일간 보존하면서 2일 간격으로 수분활성도를 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 저장 1일에 대조구가 0.931, trehalose 2% 첨가구가 0.941, 4% 첨가구가 0.943, 6% 첨가구가 0.946으로 대조구가 가장 낮았고 trehalose 첨가량이 많을수록 수분활성도 값은 높은 것으로 나

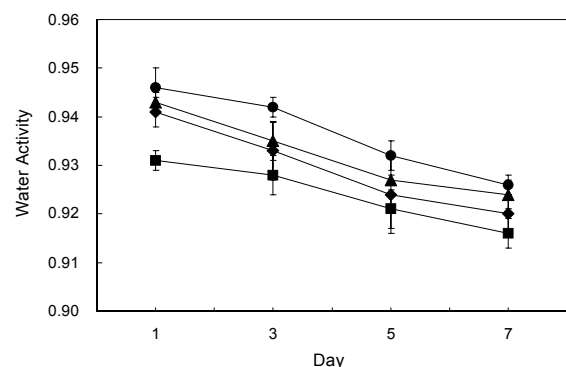


Fig. 4. Effect of trehalose on water activity (A_w) of white pan breads. ■, control; ◆, trehalose 2%; ▲, trehalose 4%; ●, trehalose 6%.

타났다. 저장 기간이 경과함에 따라 수분활성도 값은 낮아졌으나 대조구와 시험구간에 낮아지는 경향은 유사하였다. 저장 7일에 대조구가 0.916, trehalose 2% 첨가구가 0.920, 4% 첨가구가 0.924, 6% 첨가구가 0.920으로 대조구가 가장 낮았고 시험구들 간에는 유의적 차이가 없었다($P<0.05$).

Puhr와 D'Appolonia(23)는 세 종류의 경질춘맥으로 만든 빵의 crumb 수분활성도는 0.995~0.975라 하였는데 본 실험 결과보다 높은 것은 밀가루의 질, 배합률, 제조방법 등이 영향을 준 것으로 생각된다. Czuchajowska와 Pomeranz(24)는 표준 빵 반죽의 수분 함량은 40%이고 구운 빵은 35% 정도인데 빵 제조 시 정상적인 흡수율, 3% 증가시킨 반죽과 감소시킨 반죽의 수분활성도를 비교 분석한 결과 흡수율이 높은 반죽은 구운 빵에 자유수 함량이 높아 수분활성도가 높아진다고 하였다. 빵 제조에 첨가되는 물은 반죽을 오븐에서 구울 때 전분의 호화, 단백질의 변성, 효모와 효소의 불활성화, 향과 색의 형성, 구운 제품의 노화 등과 같은 빵의 특성에 영향을 미친다.

식품산업에서 trehalose의 수분보유능력은 수분손실이 나 냉동으로부터 식품을 보호하는 역할을 하고 전분의 노화 방지, 단백질의 변성 방지, 불포화지방산의 분해 억제 등과 같은 기능 때문에 사용범위가 증가하고 있다(25,26).

Crumb 색도 분석

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 만든 식빵의 crumb 색도를 색차계로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 명도를 나타내는 L값은 대조구가 71.4, trehalose 2% 첨가구가 72.9, 4% 첨가구가 74.1, 6% 첨가구가 75.5로 대조구가 가장 낮아 어두웠고, 시험구 중에는 첨가량이 많을수록 명도 값이 높아져 식빵의 crumb 색이 밝은 것으로 나타났다. 적색도를 나타내는 a값은 대조구가 0.9로 시험구들의 0.7~0.8보다 높아 다소 어두웠고, 황색도를 나타내는 b값은 대조구와 시험구간에 11.2~11.6으로 유의적 차이가 없이 유사하였다($P<0.05$). Trehalose 첨가량이 많을수록 빵 crumb 색의 명도 L값이 높아진 것은 trehalose가 설탕과 같이 포도당 두 분자로 이루어진 이당류의 흰색 결정(27)으로 빵 crumb 색을 밝게 하는데 영향을 주었기 때문으로 생각된다. 빵을 오븐에서 굽는 동안 전분과 설탕은 가수분해되어 갈변반응에 관여하는데(28), 이당류인 trehalose는 비

환원당으로 아미노산이나 단백질과의 작용으로 마이야르 반응이 일어나지 않아(5) trehalose가 첨가된 본 실험의 빵 내부와 외부를 어둡게 하는데 영향을 미치지 못하였다.

관능검사

Trehalose를 밀가루 사용량 대비 0, 2, 4, 6% 첨가하여 만든 식빵을 24시간 후에 평가한 관능검사 결과는 Table 6과 같다. 식빵의 외부평가에서 부피는 trehalose 4% 첨가구가 9.3점으로 가장 높은 점수를 얻었고, 대조구가 8.3점으로 가장 낮은 점수를 얻었다. 이것은 유채 씨로 빵의 부피를 측정할 결과 Table 3과 빵의 내부 사진 Fig. 1에서 나타난 결과와 일치하였다. 껍질색, 대칭성, 브레이크 앤 슈레드 등은 대조구와 시험구간에 유사한 점수를 얻어 유의적 차이가 없었다($P<0.05$). Higashiyama(5)는 trehalose가 비환원당으로 아미노산이나 단백질과의 작용으로 발생하는 마이야르 반응이 일어나지 않는다고 하여 빵의 껍질색에는 영향을 주지 않은 것으로 보고하였다. 본 실험에서 껍질특성은 trehalose 4%와 6% 첨가구가 다소 높은 점수를 얻었고 대조구가 가장 낮은 점수를 얻었다. 외부 평가 합계에서 trehalose 4% 첨가구가 27.8점으로 가장 높은 점수를 얻었고 대조구가 26.5점으로 낮은 점수를 얻어 유의적 차이는 있었으나($P<0.05$) 모두 상품성은 있었다.

식빵의 내부평가에서 기공은 trehalose 4% 첨가구가 9.2점으로 가장 높은 점수를 얻었고 대조구가 8.4점으로 가장 낮은 점수를 얻었다. 이것은 빵의 부피와 관련이 있는 것으로 발효가 잘되어 부피가 알맞으면 기공의 크기가 일정한 내상이 되기 때문인 것으로 생각된다. 내부 색은 trehalose 6% 첨가구가 9.2점으로 가장 높은 점수를 얻었고 대조구가 7.6점으로 가장 낮은 점수를 얻었다. Trehalose는 설탕과 같이 백색의 입자로 첨가량이 많을수록 내부 색상을 희게 하는데 영향을 주었기 때문으로 생각되는데, crumb 색도 측정에서 trehalose 첨가량이 많을수록 L값이 증가한 결과와 일치하였다. 향은 trehalose 첨가량이 많을수록 높은 점수를 얻었다. Draženka 등(29)은 고형분 함량이 10.72%인 살구 푸레를 냉동건조 하여 수분 함량이 적은 살구 푸레 제조 시 설탕과 trehalose를 첨가하여 향기성분에 중요한 물질인 휘발성 물질의 잔류성을 분석한 결과 설탕보다 trehalose를 첨가하였을 때 휘발성 물질의 잔류량이 많아 향기성

Table 5. Color values of white pan bread containing different amounts of trehalose

Color type	Value			
	Control	Trehalose 2%	Trehalose 4%	Trehalose 6%
L	71.4±0.23 ^{d1)}	72.9±0.45 ^c	74.1±0.30 ^b	75.5±0.55 ^a
a	0.9±0.04 ^a	0.7±0.02 ^b	0.7±0.08 ^b	0.8±0.04 ^b
b	11.2±0.20 ^a	11.4±0.30 ^a	11.5±0.26 ^a	11.6±0.23 ^a

¹⁾Values are mean±SD.

^{a-d}Means with the same superscript in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

L, degree of lightness (white 100 ↔ 0 black); a, degree of redness (red +100 ↔ -80 green); b, degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue).

Table 6. Sensory evaluation of white pan breads containing different amounts of trehalose

Portion	Perfect Score	Control	Trehalose (%)		
			2	4	6
External					
Volume	10	8.3±0.2 ^{c1)}	8.8±0.4 ^b	9.3±0.3 ^a	9.2±0.2 ^a
Color of crust	8	7.5±0.2 ^a	7.6±0.1 ^a	7.5±0.3 ^a	7.2±0.2 ^b
Symmetry	3	2.6±0.2 ^a	2.7±0.1 ^a	2.7±0.2 ^a	2.8±0.1 ^a
Evenness of bake	3	2.8±0.1 ^a	2.7±0.2 ^b	2.8±0.2 ^a	2.7±0.1 ^b
Character of crust	3	2.6±0.2 ^b	2.7±0.1 ^a	2.8±0.2 ^a	2.7±0.3 ^a
Break & shred	3	2.7±0.2 ^a	2.7±0.1 ^a	2.7±0.3 ^a	2.7±0.2 ^a
External subtotal	30	26.5±0.3 ^d	27.2±0.2 ^c	27.8±0.2 ^a	27.3±0.1 ^b
Internal					
Grain	10	8.4±0.2 ^c	8.6±0.3 ^b	9.2±0.1 ^a	9.0±0.2 ^a
Color of crumb	10	7.6±0.4 ^d	8.2±0.2 ^c	8.5±0.3 ^b	9.2±0.3 ^a
Aroma	10	7.8±0.3 ^d	8.4±0.3 ^c	9.2±0.2 ^b	9.5±0.2 ^a
Taste	15	12.8±0.3 ^d	13.2±0.3 ^c	14.4±0.2 ^a	13.8±0.2 ^b
Mastication	10	8.2±0.2 ^b	9.2±0.3 ^a	9.3±0.4 ^a	9.2±0.2 ^a
Texture	15	13.4±0.1 ^c	14.2±0.2 ^b	14.7±0.1 ^a	14.3±0.2 ^b
Internal subtotal	70	58.2±0.2 ^d	61.8±0.24 ^c	68.3±0.18 ^a	65.0±0.22 ^b
Total score	100	84.7±0.25 ^d	89.0±0.23 ^c	96.1±0.18 ^a	92.3±0.16 ^b

¹⁾Values are mean±SD.

^{a-d}Means with the same superscript in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

본 보존효과가 우수하였다고 하였는데, 이는 본 실험에서 trehalose 6% 첨가구의 향이 가장 높은 점수를 얻은 결과와 일치하였다. 맛, 식감, 조직은 trehalose 4% 첨가구가 높은 점수를 얻었고 대조구가 낮은 점수를 얻었는데, trehalose는 설탕에 비하여 45% 정도의 감미를 가지고 있어 trehalose 첨가로 빵의 감미가 상승하여 대조구보다 높은 점수를 얻었으나 6% 첨가구는 식빵으로서 단맛이 강하여 첨가구들 중 다소 낮은 점수를 얻은 것으로 나타났다.

내부평가 합계는 trehalose 4% 첨가구가 68.3점으로 가장 높은 점수를 얻었고, 대조구가 58.2점으로 가장 낮은 점수를 얻었다. 외부와 내부평가 종합점수에서 trehalose 4% 첨가구가 가장 높은 점수를 얻었고 대조구가 84.7점으로 가장 낮은 점수를 얻어 trehalose 첨가가 식빵의 품질 개선에 효과가 있는 것으로 나타났다. Selomulyo와 Zhou(30)는 꿀은 효과가 우수한 반죽개량제로 과거부터 빵 제조에 사용하여 왔는데, 냉동 혹은 비냉동 반죽으로 빵 제조 시 품질 개선으로 전분의 노화 지연, 껍질과 crumb 색도 개선 등의 효과를 나타냈다고 하였다. Alma 등(31)도 포도당, 과당, 설탕 등은 제빵에서 효모 발효에 중요한 탄소원으로 발효가 잘된 반죽으로 빵을 구우면 부피, 기공, 향, 맛, 부드러움 등에 영향을 미친다고 하였는데, 본 실험에서 효모가 발효할 수 있는 trehalose(32)를 첨가한 식빵의 품질이 개선된 결과와 일치하였다.

요 약

Trehalose가 식빵의 품질 특성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 밀가루 대비 설탕을 6% 첨가한 것을 대조구로 하여

설탕 6%와 함께 trehalose를 각각 2, 4, 6% 첨가하여 식빵을 제조하였다. 부피 및 비용적, 굽기손실률, 조직감, 수분 함량, 수분활성도, crumb 색도 등을 분석하였고 관능검사를 실시하였다. 부피와 비용적은 trehalose 4% 첨가구가 2,140 mL 및 3.96 mL/g으로 가장 컸고, 굽기손실률은 6% 첨가구가 9.07%로 가장 적었다. 조직감 분석에서 경도는 저장 7일까지 trehalose 4% 첨가구가 가장 낮았다. 수분 함량과 수분활성도는 저장 7일 동안 trehalose 6% 첨가구가 가장 높았고, crumb 색도는 6% 첨가구가 가장 밝은 것으로 나타났다. 관능검사에서 trehalose 4% 첨가구가 96.1점으로 가장 높은 점수를 얻었다. 이상의 trehalose 첨가량을 달리한 식빵 제조 실험에서 제품 특성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타나 빵에 활용 시 품질 향상에 효과가 있을 것으로 사료되었다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 건국대학교 학술 진흥연구비 지원에 의한 논문임

REFERENCES

1. Lee JH, Yun MS, Bog JH, Park DG, Son DH, U HS, Lee GJ, Jo HL. 2012. *New practical bread & cake*. Jigumoon-whasa, Seoul, Korea. p 34, 138.
2. Elbein AD. 1974. The metabolism of alpha, alpha-trehalose. *Adv Carbohydr Chem Biochem* 30: 227-256.
3. Birch GG. 1963. Trehalose. In *Advances in Carbohydrate Chemistry*. Wolfrom ML, Tyson RS, eds. Academic Press, New York, NY, USA. p 201-225.

4. Ohtake S, Wang YJ. 2011. Trehalose: current use and future applications. *J Pharm Sci* 100: 2020-2053.
5. Higashiyama T. 2002. Novel functions and applications of trehalose. *Pure Appl Chem* 74: 1263-1269.
6. Richards AB, Krakowka S, Dexter LB, Schmid H, Wolterbeek AP, Waalkens-Berendsen DH, Shigoyuki A, Kurimoto M. 2002. Trehalose: a review of properties, history of use and human tolerance, and results of multiple safety studies. *Food Chem Toxicol* 40: 871-898.
7. Murao S, Nagano H, Ogura S, Nishino T. 1985. Enzymatic synthesis of trehalose from maltose. *Agric Biol Chem* 49: 2113-2118.
8. Masaru K. 1999. Trehalose production with a new enzymatic system from *Sulfolobus solfataricus* KM1. *J Mole Catalysis B: Enzymatic* 6: 223-233.
9. Imamura K, Ogawa T, Sakiyama T, Nakanishi K. 2003. Effects of types of sugar on the stabilization of protein in the dried state. *J Pharm Sci* 92: 266-274.
10. Takeuchi K, Banno N. 2000. Function and application of trehalose: Application of cosmetical and pharmaceutical field. *Fragrance J* 5: 101-103.
11. Tanaka K. 2009. Development of trehalose and its properties. *Food Ind* 52: 45-51.
12. AACC. 1985. *Approved methods of AACC*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Methods 10-10b.
13. Hallén E, İbanoğlu S, Ainsworth P. 2004. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *J Food Eng* 63: 177-184.
14. KFDA. 2002. *Korean Food Code*. Korean Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 3-4.
15. Ronald HZ. 1993. *Bread lecture book*. American Institute of Baking, Manhattan, KS, USA. p 1311, 1317.
16. SAS. 2001. User's guide. ver. 8.2. SAS Institute, Cary, NC, USA.
17. Pyler EJ. 1988. *Baking science and technology*. Sosland Publishing Company, Kansas City, MO, USA. Vol II, p 742.
18. Kotoki D, Deka SC. 2010. Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity. *J Food Sci Technol* 47: 128-131.
19. Kopjar M, Pilizota V, Hribar J, Tiban NN, Subaric D, Babic J, Pozrl T. 2008. Influence of trehalose addition on instrumental textural properties of strawberry pastes. *Int J Food Prop* 11: 646-655.
20. Minervini F, Pinto D, Di Cango R, De Angelis M, Gobbetti M. 2011. Scouting the application of sourdough to frozen dough bread technology. *J Cereal Sci* 54: 296-304.
21. Gil MJ, Callejo MJ, Rodríguez G. 1997. Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z Lebensm Unters Forsch A* 205: 268-273.
22. Kang HJ, Kim SH, Lim JK. 2010. Effect of trehalose on moisture and texture characteristics of instant *Baekseolgi* prepared by microwave oven. *Korean J Food Sci Technol* 42: 304-309.
23. Pühr DP, D'Appolonia BL. 1992. Effect of baking absorption on bread yield, crumb moisture, and crumb water activity. *Cereal Chem* 69: 582-586.
24. Czuchajowska Z, Pomeranz Y, Jeffers HC. 1989. Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal Chem* 66: 128-132.
25. Kubota M, Sawatani I, Oku K, Takeuchi K, Murai S. 2004. The development of α,α -trehalose production and its applications. *J Appl Glycosci* 51: 63-70.
26. Kazuyuki O, Ikuo S, Sumio S, Mitsuyuki K, Kanou T, Sae M, Mayumi K, Michio K, Shigeharu F. 2002. Functional properties of trehalose. *J Appl Glycosci* 49: 351-357.
27. Nishant KJ, Ipsita R. 2008. Effect of trehalose on protein structure. *Protein Sci* 18: 24-36.
28. Edoardo C, Antonella F, Iolanda A, Lamia AA, Vincenzo F. 2008. Characterization of the Maillard reaction in bread crisps. *Eur Food Res Technol* 228: 311-319.
29. Draženka K, Tomislav L, Karin KG, Jasenka GK, Mara B. 2005. Trehalose improves flavour retention in dehydrated apricot puree. *Int J Food Sci Technol* 40: 425-435.
30. Selomulyo VO, Zhou W. 2007. Frozen bread dough: effects of freezing storage and dough improvers. *J Cereal Sci* 45: 1-17.
31. Alma DTV, Jorge CP, Rosalva ME, Reynold RFR, Gustavo FGL, Georgina CD. 2010. Dough and crumb grain changes during mixing and fermentation and their relation with extension properties and bread quality of yeasted sweet dough. *Int J Food Sci Technol* 45: 530-539.
32. Trevisol ET, Panek AD, Mannarino SC, Eleutherio EC. 2011. The effect of trehalose on the fermentation performance of aged cells of *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Microbiol Biotechnol* 90: 697-704.