

유산균 첨가 배양액이 제빵 품질 특성에 미치는 영향

문혜진 · 주나미

숙명여자대학교 생활과학부 식품영양학 전공

Effect of prefermented culture on bread quality

Hea Jin Moon, Nami Joo

Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract

The study investigated the effect of prefermentation of *Bifidobacteria longum* and *Lactobacillus plantarum* on baking quality. Firstly, two kinds of prefermentation were cultured using two lactic acid bacteria, *Bifidobacteria longum* and *Lactobacillus plantarum*. White pan bread baked with dough that had undergone these two prefermentation methods was compared with that baked with a non-prefermented control. The physicochemical properties of the three breads were analyzed, and then the physicochemical and sensory properties of the dough and baked bread were cross-analyzed. The pH of prefermentation of *Bifidobacteria longum* was lower than that of *Lactobacillus plantarum*, whereas the titratable acidity was higher. Compared to the results from analyzing the prefermentation of *Lactobacillus plantarum*, the prefermentation of *Bifidobacteria longum* was expected to give positive effects on enriching the bread flavor by creating acetic acid at a level three- to eight-fold higher than that of *Lactobacillus plantarum*. According to the mixogram data, the optimum kneading time for both *Bifidobacteria longum* prefermentation and *Lactobacillus plantarum* prefermentation was around 4.5 to 5 minutes. The speed of dough materialization decreased with increasing prefermentation culture time. The baked bread with added *Bifidobacteria longum* had a higher water content. However, the other contents were not influenced by prefermentation, but were by the culture time. The specific loaf volume, oven spring and baking loss rate all peaked at 20 hours after culture for both prefermentation cultures. The sensory test results indicated the highest preference for the bread baked with prefermented *Bifidobacteria longum* dough with a culture time ranging from 20 to 26 hours. In addition, the bread baked with prefermented *Lactobacillus plantarum* dough gave the highest preference when cultured for 20 hours.

Key words : *Bifidobacteria longum*, *Lactobacillus plantarum*, bread quality

1. 서론

한국인의 식생활은 사회, 경제적인 여러 요인으로 크게 변화하였으며, 특히 빵은 변화의 산물 중 대표적인 식품이다. 특히 제빵산업은 빵의 양산화로 대량공

급이 이루어진 1970년대에 이어, 1980년대 소비자들의 식생활의 서구화와 다양화, 외식산업의 증가, 간편한 식생활 지향 등의 물결을 타고 순조로운 성장을 계속하여 국내 제빵 시장의 규모는 현재 약 2조원으로 성장하게 되었다(장남수 등 2001). 소맥분을 기초로 하여 물, 설탕, 소금, 효모를 첨가하고 반죽한 후, 일정기간 발효시켜 오븐에서 구워낸 발효빵은 인류의 역사와 가장 오랫동안 같이 해 온 대표적인 발효식품이다. 빵의 발효는 전통적인 sour system에서 18세기 이후, 경제적인 이유로 인해 공업용으로 대량 생산된 제빵용 효모

Corresponding author: Hea Jin Moon, Sookmyung Women's University, 53-12, Chungpa-dong, Yongsan-gu, Seoul 140-742, Korea
Tel: 82-2-710-9471
Fax: 82-2-710-9467
E-mail: painmoon@hanmail.net

(*Saccharomyces cerevisiae*)로 발효원이 이동되었으나, 발효 시간은 줄어든 반면 전통적인 방법에 비해 효모 대사산물이 충분히 생성되지 못해 빵의 품질 저하의 원인이 되었다.

따라서 이러한 저하 요인을 개선하기 위한 연구가 요구 되었으며, 제조 공정, 원료 품질, 제조장비의 개선 및 개발, 품질 개량제 사용 등 여러 분야에 걸쳐 연구가 이루어졌다(Xu A 등 1992). 특히, 품질 개량제를 이용하는 방법으로 화학적인 방법이 선행되었으나 (Morad MM 과 D'Appolonia BL 1980), 현재 천연 물질을 선호하는 소비자가 증가하는 추세이고 박테리아 종균을 이용한 천연물질에 대한 관심이 제빵 분야에서도 점차 높아지고 있어 이를 사용한 품질 개선 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 sour dough에서 빵의 품질을 향상시키는 미생물인 lactic acid bacteria를 분리 동정하여 사용하는 젖산 발효법에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 그 결과, 향미 증진(Korakli M 2001), crumb 구조 형성 및 반죽 물성의 향상(Kirchhoff E 2001) 효과 등이 보고된 바 있다. 이에 본 연구에서는 제빵산업에서 일반적으로 사용되는 이스트만으로 발효하는 방법과 *Lactobacillus plantarum*를 사용하는 방법, 제빵 적성이 알려지지 않았으나 내산성 및 내담즙산성이 우수하여 정장제로서 안정한 효과를 보이는 신균주 *Bifidobacteria longum*으로 발효하는 방법으로 빵을 제조하였으며, 제빵 특성을 비교하여 박테리아 종균을 이용한 품질 개선의 기초자료로 제시하고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시료의 제조

1) 실험 재료

강력분(삼양사), 정백당(제일제당, 당도 99.7%), 식염(한주 소금, 순도 99%), instant yeast(S. I. Lesaffre, 활성 건조 효모 98.5%), 마가린(롯데삼강), skim milk(Difco Labs. Detroit. Michigan, USA), yeast extract(Difco Labs. Detroit. Michigan, USA), glucose(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd.)을 사용하였으며 *Bifidobacteria longum*(AY675246), *Lactobacillus plantarum*(AY735409)은 (주) Cell Biotech을 통해 분말 상태로 구입하여 4°C에서 보관하면서 사용하였다.

2) 시료의 제조

① 배양액의 제조

유산균 배양액은 Sugihara TF의 방법(1978)을 응용하여 제조하였다. 10% 밀가루(w/w), 10% skim milk(w/w), glucose 1%(w/w), yeast extract 0.5%(w/w)를 혼합, 63~65°C에서 40분 저온 살균 후 사용하였다.

② 빵 제조

A.A.C.C.(10-10A 1983)의 직접 반죽법(straight method)에 따라 행하였으며 원료 배합은 Table 1에 나타내었다. 물, 유산균 배양액, 밀가루, instant yeast, 설탕, 소금을 넣어 100 rpm에서 2분, 300 rpm 3분간 mixing하고, 유지를 첨가하여 100 rpm에서 2분, 300 rpm 3분간 mixing하였다. 27°C, 75% RH의 항온 항습기에서 80분 1차 발효 후 150 g씩 분할하고 15분 휴지 후 성형, 35°C 80% RH 항온 항습기에서 40분 2차 발효 후 190°C의 오븐에서 30분간 구웠다. 효모만 첨가한 경우를 Control, *Bifidobacteria longum*을 8, 14, 20, 26시간 배양하여 첨가한 경우를 BL8, BL14, BL20, BL26으로 명명하였다. 또 *Lactobacillus plantarum*을 8, 14, 20, 26시간 배양하여 첨가한 경우도 LP8, LP14, LP20, LP26으로 명명하였다.

2. 실험 방법

1) 반죽 특성

① 반죽의 Mixograph측정

Mixograph (National Manufacturing Co., Lincoln, NE)를 사용하여 반죽형성시간(mixing time), ascending angle, descending angle, mixing tolerance 및 7분 후의 mixogram 높이(height after 7 min)를 측정하였다. 이때, spring index bar는 11번 위치에 놓았으며 50 g movable weight 3개를 사용하여 측정하였다.

② 반죽의 이화학적 특성

가) pH와 적정산도

Mixing 직후와 1차, 2차 발효 후의 pH와 적정산도를 반죽 10 g으로 측정하였다. pH는 배양액의 흡광도 측정과 동일하게 균질, 여과하여 pH/Ion meter (Model 34, Beckman Instrument Inc., Fullerton, CA, USA)로 측정하였고, 적정산도는 10 mL를 1%(w/v) phenolphthalein-50% ethanol을 5방울 적가해서 혼합, 0.1 N NaOH용액으로 중화 적정(pH 8.3)하여 적정산도

를 구하였다.

나) 반죽의 팽창력

500 mL 메스실린더에 50 g의 반죽을 넣고 메스 실린더의 입구는 10 mL 증류수로 적신 모면으로 덮은 후 호일로 감싸 30°C incubator에서 30분 간격으로 발효된 정점을 측정, mL로 나타내었다. Mixing 종료 시 최종 반죽 온도는 27±0.5°C이며 메스실린더는 30°C incubator에 넣어 예열된 것을 사용하였다(日本 イースト工業會 1987).

2) 제빵 특성

① 이화학적 특성

가) pH와 적정산도

제조된 빵의 pH는 겉껍질을 제거한 빵의 중앙 부분 10 g을 취하여 90 mL 증류수를 함께 넣어 균일하게 섞고 25°C에서 30분간 방치한 후 pH / Ion meter (Model 34, Beckman Instrument Inc., Fullerton, CA, USA)로 3회 반복 측정하여 구하였다. 적정산도는 빵의 중앙 부분 10 g을 취하여 증류수 90 mL을 가하여 10배 희석 한 후³⁶⁾, 4°C incubator에서 30분간 방치하였다. 반응액 10 mL를 취하여 1 % (w/v) phenolphthalein-50% ethanol 지시약을 5방울 적가해서 혼합하고 0.1 N NaOH용액으로 중화 적정(pH 8.3)하였다.

나) 수분 함량 및 색도

제조된 빵의 수분함량은 수분측정기(IR moisture analyzer, BOECO Co., Germany)로 측정하였다. 빵의 내부색은 color difference meter(Colorimeter CR-200, Minolta Co., Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b

(황색도)의 색채 값을 측정하였으며, 표준백판(Standard Plate)의 L값은 99.75, a값은-0.38, b 값은+1.88이었다.

다) 조직감

25°C에서 24시간 저장시킨 빵의 중앙부위를 10 mm로 슬라이스 한 다음 40×20×75 mm로 절단하여 Rheometer (Compac-100, Sun Sci. Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 최대 힘을 10 kg_r 로 하고 table speed는 30 mm/min, chart speed는 120 mm/min, 측정 시료 높이는 10 mm, 측정 깊이는 7.5 mm, probe No. 32를 사용하여 기계적 특성에 속하는 요소인 경도(Hardness), 씹힘성(Chewiness), 점착성(Gumminess)을 측정하였다.

② 비용적과 굽기손실율

소성이 완료된 빵의 무게를 측정된 후, 유채 씨를 이용한 중자 치환법(Plyler EJ 1979)으로 측정, 비용적(mL/g)으로 나타내었다. 빵의 굽기손실률(Fujiyama Y 1981)은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{굽기손실률(\%)} = \frac{\text{반죽 중량(g)} - \text{제품의 중량(g)}}{\text{반죽 중량 (g)}} \times 100$$

③ 관능 검사

제조된 빵의 색, 맛, 향기, 조직감, 전반적인 기호도를 5점 Scoring Test로 평가하였다. 숙명여자대학교 식품영양학 전공 대학원생 10명에게 시료를 복합필름으로 포장하여 25°C에서 24시간 경과 후 제공하였다.

④ SEM에 의한 관찰

주사 현미경(Scanning electron Microscope, JSM-5410, Hitachi)을 이용하여 미세구조를 측정하였다. 급속 동결기(Freeze Dryer, Operon)에서 -70°C로 24시간

Table 1. Formulas for white bread prepared with and without preferment

Ingredient	Control	BL8 ³⁾	BL14	BL20	BL26	LP8 ⁴⁾	LP14	LP20	LP26 (%)
Flour	100	99	99	99	99	99	99	99	99
Water	70	60	60	60	60	60	60	60	60
Instant dry yeast	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Salt	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sugar	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Skim milk	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Margarine	5	5	5	5	5	5	5	5	5
B preferment ¹⁾		10	10	10	10				
L preferment ²⁾						10	10	10	10

¹⁾B preferment : media culture 10 g+0.1 g *Bifidobacterium longum* (37°C)

²⁾L preferment : media culture 10 g+0.1 g *Lactobacillus plantarum* (37°C)

³⁾ BL 8, 14, 20, 26 : add *Bifidobacteria longum* cultivating for 8, 14, 20, 26 hours

⁴⁾ LP 8, 14, 20, 26 : add *Lactobacillus plantarum* cultivating for 8, 14, 20, 26 hours

동결한 후, 10×10×2 mm 크기로 액체 질소에 침지시킨 후 동결 건조기에서 24시간 동결하여 White Gold coating로 코팅을 한 다음 주사 현미경으로 50배 확대하여 구조를 촬영하였다.

⑤ 안정도와 노화도

소성이 완료된 빵의 안정도를 관찰하기 위해 오븐에서 꺼내 실온에서 2시간 방치한 후 빵의 내부를 15 mm× 15 mm로 잘라 페트리디쉬 접시에 담아 복합필름(PET/CCP)에 넣어 밀봉한 후 25℃에서 곰팡이 번식을 관찰하였다. 노화도는 빵을 실온에서 1시간 방치 후 복합필름(PET/CCP)에 넣어 포장하고 25℃에서 4일간 저장하면서 시료를 채취하여 Rheometer (Compac-100, Sun sci. Co., Japan)로 빵의 절단면을 측정하였다. Limiting moduldus는 시료 식빵을 4℃의 incubator에 7일간 저장한 후 측정한 값으로 결정하였다. 측정 조건은 조직감 측정 시와 동일하였고 빵의 노화 속도는 Avrami이론(Kim SK 와 D'Appolonia 1977)에 의해 구하였다.

3) 통계분석

모든 실험결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 Package Program으로 분산 분석(ANOVA)하였다. 사후검정은 Duncan's Multiple Range Test에 의해 분석하였다(송문섭과 조신섭 2002).

III. 연구결과 및 고찰

1. 반죽의 특성

1) 반죽의 Mixograph 측정

배양액이 밀가루에 미치는 영향을 알기 위한 Mixogrph

측정 결과는 Table 2와 같다. 최적 반죽 시간(Mixing time)은 LP8이 6분으로 가장 길게 나타났으며, Peak height은 Control이 12.2 cm로 높았다. Ascending angle은 반죽형성시간을 나타내는데, 배양액을 첨가한 경우가 낮은 각도를 나타내었으며 *Bifidobacteria longum* 배양액을 첨가한 경우가 *Lactobacillus plantarum* 배양액을 첨가한 것보다 전반적으로 낮았다. Descending angle은 배양액의 배양시간이 증가할수록 높은 값을 나타냈고 Mixing tolerance는 반죽의 안정성을 나타내는데 Control보다 배양액 첨가 시 낮은 값을 나타내었다. 본 실험결과 Tanaka K 등(1967)의 산과 소금은 밀가루 반죽 신장에 대한 저항도를 증가시켜 밀가루의 흡수율을 감소시키며 pH가 감소함에 따라 반죽은 불완전해지고 혼합시간이 짧아진다는 결과와, Hosoney RC 와 Brown RA(1983)의 pH 감소에 따라 mixograph의 반죽 생성 시간이 감소한다고 한 결과와 일치하는 경향이었다.

2) 반죽의 이화학적 특성분석

① pH와 적정 산도

반죽의 mixing 직후, 1차, 2차 발효 후의 pH와 적정 산도 측정치는 Fig. 1~2와 같다. Control에 비해 배양액을 첨가한 반죽이 낮은 pH를 나타내었으며, 배양시간이 길수록, 발효가 진행될수록 pH는 낮게 나타났다. 적정 산도는 Control에 비해 배양액 첨가 반죽이 높았으며 배양시간이 길수록 적정 산도는 높게 나타났고 전반적으로 *Bifidobacteria longum*이 *Lactobacillus plantarum*에 비해 높게 측정되었다.

② 시간에 따른 발효팽창력 측정

반죽의 발효팽창력 측정결과는 Fig. 3에 나타내었

Table 2. Mixogram of wheat flour dough added preferment with various fermentation time

Process	Mixing time (min)	Peak height (cm)	Ascending angle (°)	Desending angle (°)	Mixing tolerance (unit)	Height after 7min (unit)
Control	4.5	12.2	13	15	9	7
BL 8	4.5	10.4	10	9	7	6
BL14	5	9.3	9	9	7	5.5
BL20	4.8	8.7	9	11	6	5
BL26	4.5	8.5	8	13	8	5
LP 8	6	10.5	11	10	5	6
LP14	5	10.4	10	13	7	6
LP20	4.5	9.5	11	11	7	5
LP26	4.5	9.6	9	16	8	6

으며 60분에 급격히 증가하여 120분에 최고치를 나타내는 경향을 보였고, 첨가한 배양액의 배양 시간에 관계없이 모두 동일한 경향을 보였다. 120분이 지나면 부피가 감소하는 것으로 나타났으며, LP20이 150분이 후에 부피감소가 일어난 것을 제외하고는 모두 동일하였다.

2. 빵의 품질 특성

1) 이화학적 특성

① pH와 적정산도

빵의 pH와 적정산도 결과는 Table 3과 같다. Control은 5.88인 것에 비해 *Bifidobacteria longum*는

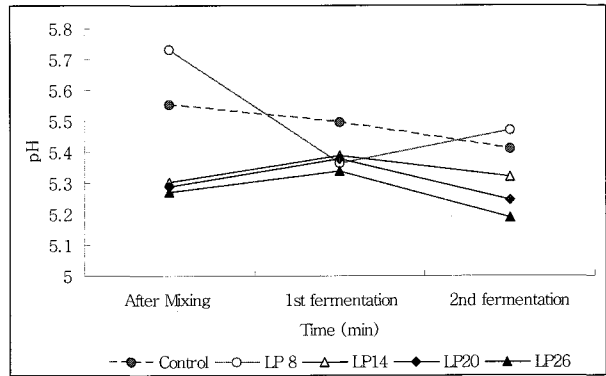
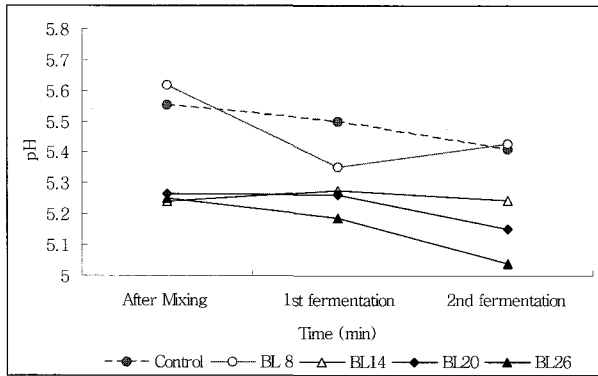


Fig. 1. Change of pH during incubation of dough with and without preferment with various fermentation.

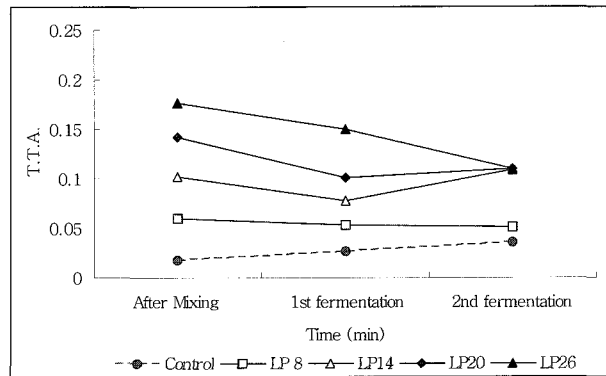
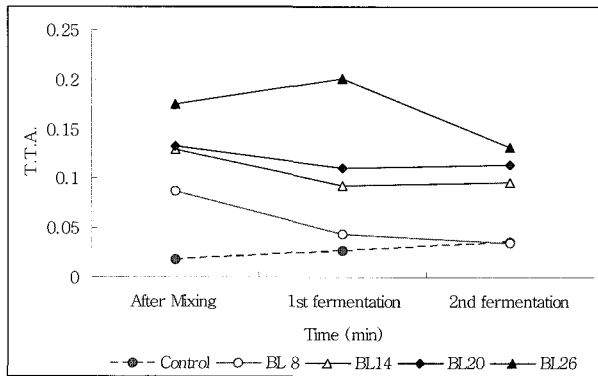


Fig. 2. Change of titratable acidity during incubation of dough with and without preferment with various fermentation time.

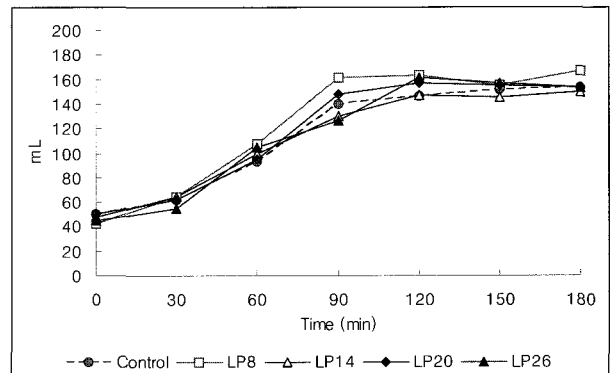
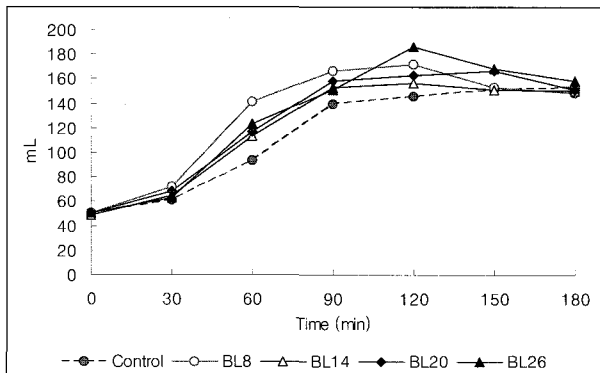


Fig. 3. Change of expansion rate during fermentation during incubation of dough with and without preferment with various fermentation time.

5.39~5.69로 나타났으며, *Lactobacillus plantarum* 배양액 첨가군의 경우 5.53~5.78로 나타나 Control에 비해 낮은 pH를 나타내었다. 이원배치 분산분석 결과 pH에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 18.968(p<0.01)이고 배양시간에 대해서는 214.323(p<0.01)으로 나타났으며 사후검정 결과, pH는 각 시간당 편차가 있었다. 적정 산도는 Control이 0.17인 것에 비해 *Bifidobacteria longum* 배양액 첨가군은 0.18~0.25로, *Lactobacillus plantarum* 배양액 첨가군은 0.17~0.23로 나타나 Control에 비해 높은 적정 산도를 보였으며 일반적으로 *Bifidobacteria longum* 첨가군이 *Lactobacillus plantarum* 첨가군에 비해 높은 적정 산도를 나타내었다. 통계적으로 적정산도에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 152.461(p<0.01)이고, 배양시간에 대한 주 효과 검정은 17.315(p<0.01)로 나타났으며 적정산도에서는 Control과 BL8, LP20과 LP26 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

② 수분 함량

Table 4를 보면 수분함량이 *Bifidobacteria longum* 첨가군의 경우 36.14~37.12%로 나타났으며, *Lactobacillus plantarum* 첨가군의 경우 34.26~36.34%로 *Bifidobacteria longum* 첨가군보다 낮게 나타났다. 이원배치 분산분석 결과 수분함량에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 348.033(p<0.01)이고 배양시간에 대한 주 효과 검정은 254.490 (p<0.01)으로 나타났으며 사후검정 결과 LP8이

외의 모든 군에서 유의적으로 Control보다 수분함량이 많은 것으로 나타났는데, 이것은 수분과 결합 가능한 관능기를 가진 성분들이 젖산균을 첨가한 빵에 더욱 많이 존재하기 때문인 것으로 여겨진다(Barker B 등 1992).

③ 색도

색도 측정 결과는 Table 5에 나타내었다. L값은 Control의 경우 가장 밝았으며, *Lactobacillus plantarum* 첨가군이 *Bifidobacteria longum* 첨가군보다 낮게 나타났다. a값은 Control의 경우 -2.67로 나타났고 *Lactobacillus plantarum* 첨가군이 *Bifidobacteria longum* 첨가군보다 높게 나타났다. b값은 *Lactobacillus plantarum* 첨가군이 *Bifidobacteria longum* 첨가군보다 낮게 나타났다. 이것은 각각의 배양액 고유의 색상과 배양시간이 지속될수록 배양액이 현탁해지기 때문인 것으로 사료된다. 배양시간이 지속될수록 각 항목에 대한 이원배치 분산 분석 결과 L값에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 1922.375(p<0.01)이고 배양시간에 대해 108.290(p<0.01)으로 나타났고 사후 검정 결과, 각 시간별로 유의적 차이를 보였다. a값에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 46.368(p<0.01)이고 배양시간에 대한 주 효과 검정은 11.991(p<0.01)로 나타났다. 사후 검정 결과, 8, 20시간에서 유의적 차이를 보였고 14, 26 시간에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. b값에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 778.765(p<0.01), 배양

Table 3. Change of titratable acidity in bread with and without preferment with various fermentation time

Process	pH	T.T.A. ³⁾
Control	5.88±0.042 ^{g1)2)}	0.168±0.006 ^a
BL8	5.69±0.010 ^c	0.177±0.006 ^a
BL14	5.54±0.030 ^{cd}	0.217±0.006 ^c
BL20	5.39±0.020 ^a	0.237±0.006 ^d
BL26	5.58±0.010 ^d	0.253±0.006 ^e
LP8	5.78±0.025 ^f	0.170±0.000 ^a
LP14	5.55±0.020 ^{cd}	0.207±0.001 ^b
LP20	5.53±0.020 ^c	0.230±0.000 ^d
LP26	5.48±0.020 ^b	0.230±0.006 ^d
F value	preferment time 18.968 ^{**} 214.323 ^{**}	152.461 ^{**} 17.315 ^{**}

¹⁾Values are mean ± standard deviation of 3 replications.
²⁾Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
³⁾T.T.A.: Titratable acidity in terms of lactic acid.
^{**}:p< 0.01

Table 4. Moisture of bread added preferment with various fermentation time

Bread	Moisture (%)
Control	35.19±0.013 ^{b1)2)}
BL8	36.14±0.035 ^{cd}
BL14	36.36±0.023 ^{cde}
BL20	36.66±0.168 ^e
BL26	37.12±0.221 ^f
LP8	34.26±0.061 ^a
LP14	36.05±0.045 ^c
LP20	36.43±0.046 ^{dc}
LP26	36.34±0.032 ^{cde}
F value	preferment time 348.033 ^{**} 254.490 ^{**}

¹⁾Values are mean ± standard deviation of 3 replications.
²⁾Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
^{**}:p< 0.01

시간에 대한 주 효과 검정은 407.613(p<0.01)으로 나타났다, 사후검정 결과 배양시간에 따라 차이를 보였다.

④ 조직감

조직감 측정 결과는 Table 6에 제시하였으며 경도(Hardness)는 Control이 6904.40이며, *Bifidobacteria longum* 첨가군이 6756.54~7189.25로 *Lactobacillus plantarum* 첨가군의 6843.59~7384.00보다 낮았으며 BL20이 6756.34로 가장 낮은 값을 나타내었다. 썩힘성은 Control이 4.02로 가장 낮은 값을 나타내었으며, *Bifidobacteria longum* 첨가군이 4.32~6.16로 *Lactobacillus plantarum* 첨가군의 4.49~6.11보다 낮은 값을 나타내었다. 점착성에서는 Control이 42.90로 측

정되었고 *Bifidobacteria longum* 첨가군이 31.41~43.13로 *Lactobacillus plantarum* 첨가군의 39.86~42.59보다 높았다.

이원배치 분산분석 결과, 경도에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 494960.2(p<0.01)이고 배양시간에 대한 주효과 검정은 446936.6(p<0.01)으로 나타났으며 각 시간별로 유의적 차이를 보였다. 썩힘성에 대한 균의 주 효과 검정은 유의적인 차이가 없었으며 배양시간에 대한 주효과 검정은 152.830(p<0.01)으로 나타났고 각 시간별로 유의적 차이가 나타났다. 점착성에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 64.715(p<0.01)로 나타났고, 배양시간에 대한 주효과 검정은 33.026(p<0.01)으로 나타났고 각 시간별로 유의적 차이를 보였다.

Table 5. Color of various bread

Bread	Hunter's color value			
	L	a	b	
Control	71.217±0.336 ¹⁾²⁾	-2.667±0.075 ^{bc}	11.287±0.050 ^b	
BL8	69.833±0.176 ^d	-2.563±0.127 ^{cd}	12.083±0.051 ^c	
BL14	70.147±0.185 ^c	-2.710±0.122 ^{ab}	12.133±0.046 ^c	
BL20	70.607±0.146 ^c	-2.813±0.032 ^a	12.613±0.047 ^b	
BL26	69.973±0.113 ^d	-2.643±0.047 ^{bc}	12.083±0.012 ^e	
LP8	66.983±0.081 ^a	-2.376±0.078 ^e	10.887±0.071 ^a	
LP14	67.460±0.122 ^b	-2.430±0.043 ^e	11.387±0.081 ^c	
LP20	68.647±0.059 ^c	-2.627±0.023 ^{bc}	12.343±0.032 ^t	
LP26	68.533±0.021 ^c	-2.483±0.058 ^{de}	11.960±0.036 ^d	
F value	preferment time	1922.375 ^{**}	46.368 ^{**}	778.765 ^{**}
		108.290 ^{**}	11.991 ^{**}	407.613 ^{**}

¹⁾Values are mean ± standard deviation of 3 replications.

²⁾Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05).

** :p< 0.01

Table 6. Rheometer of bread

Process	Hardness(g)	Chewiness(g)	Gumminess(g)	
Control	6904.40±0.57 ¹⁾²⁾	4.02±0.13 ^a	42.90±0.67 ^c	
BL8	7189.25±0.44 ^b	6.17±0.11 ^b	33.74±1.07 ^a	
BL14	6967.54±1.34 ^c	5.21±0.07 ^t	33.60±0.78 ^{ab}	
BL20	6756.34±0.54 ^a	4.32±0.34 ^b	43.14±0.77 ^e	
BL26	6783.16±0.24 ^b	4.57±0.04 ^{bc}	35.56±1.14 ^b	
LP8	7384.00±0.75 ^t	6.12±0.11 ^b	38.00±0.71 ^c	
LP14	7038.27±0.83 ^t	4.97±0.14 ^{ab}	39.86±1.04 ^{cd}	
LP20	6843.60±0.49 ^c	4.50±0.04 ^b	40.97±1.02 ^{de}	
LP26	7270.59±0.67 ^h	4.80±0.12 ^{cd}	42.59±0.41 ^e	
F value	preferment time	494960.2 ^{**}	0.222 ^{NS}	64.715 ^{**}
		446932.6 ^{**}	152.830 ^{**}	33.026 ^{**}

¹⁾Values are mean ± standard deviation of 3 replications.

²⁾Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05).

** :p< 0.01 NS: not significant.

2) 물리적 특성

① 비용적, 오븐스프링 및 굽기 손실률

Table 7에 비용적, 오븐스프링 및 굽기손실률에 대한 결과를 제시하였으며, 비용적에 대하여 *Bifidobacteria longum* 첨가군이 5.44~5.99범위를 보였고 BL20이 가장 높았으며 *Lactobacillus plantarum* 첨가군이 5.48~5.83으로 나타났고 LP20이 최고치를 나타내었다. 이월배치 분산분석 결과 균의 주 효과 검정은 F값이 158.926 (p<0.01)이고 배양시간에 대해서는 624.485(p<0.01)로 나타났으며 사후검정결과 각 배양시간에 따라 유의적인

Table 7. Specific loaf volume, oven spring, and baking loss rate of bread added preferment with various fermentation time

Process	Specific loaf volume(mL/g)	Oven spring(cm)	Baking loss rate(%)
Control	5.681±0.146 ^{c(1)(2)}	1.933±0.058 ^c	11.991±0.226 ^b
BL8	5.442±0.031 ^a	1.840±0.010 ^b	10.372±0.164 ^a
BL14	5.820±0.025 ^e	2.427±0.030 ^e	14.097±0.367 ^{ef}
BL20	5.994±0.020 ^g	3.237±0.020 ^g	14.424±0.368 ^f
BL26	5.897±0.022 ^f	2.830±0.010 ^f	12.111±0.384 ^b
LP8	5.482±0.010 ^b	1.607±0.025 ^a	12.454±0.166 ^{bc}
LP14	5.784±0.015 ^d	2.107±0.020 ^d	13.846±0.222 ^c
LP20	5.834±0.022 ^e	2.810±0.020 ^f	14.300±0.317 ^{ef}
LP26	5.662±0.000 ^e	2.410±0.020 ^e	12.873±0.000 ^d
F preferment	158.926 ^{**}	1711.125 ^{**}	29.329 ^{**}
value time	624.485 ^{**}	4924.125 ^{**}	142.829 ^{**}

¹⁾Values are mean ± standard deviation of 3 replications.
²⁾Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05).
^{**}:p< 0.01 NS: not significant.

차이를 보였다. 오븐 스프링은 *Bifidobacteria longum* 첨가군은 1.80~3.20으로 BL20일 때 가장 높았고 *Lactobacillus plantarum* 첨가군은 1.60~2.80으로 LP20에서 최고치를 나타냈다. 오븐스프링에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 1711.125(p<0.01)이고 배양시간에 대해서는 4924.125(p<0.01)로 나타났으며 각 시간에 따라 유의적 차이를 나타내었다. 본 실험에서 배양시간에 따라 높이 및 부피가 증가하였다가 감소하는 경향을 보였는데 이는 souring에 따라 생성되는 발효산물이 저조하거나 과도한 경우 빵의 부피가 감소한다는 Rihrtich N 과 Bruckne G 등(1966)의 보고와 일치하였다. 굽기 손실률의 경우 *Bifidobacteria longum* 첨가군이 10.37~14.42, *Lactobacillus plantarum* 첨가군이 12.45 ~14.30로 나타났으며, 배양 20시간 때 최고치를 나타냈다. 굽기손실률에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 26.329(p<0.01)이고 배양시간에 대해서는 142.829 (p<0.01)로 나타났으며 각 시간에 따라 유의적 차이를 보였다.

② 관능 평가

내부 색, 기공의 밀도(density of cell), 향, 조직감 및 전반적인 기호도에 대한 관능검사를 한 결과는 Table 8과 같다. 내부 색상은 LP20이 2.30으로 가장 밝았으며, BL8이 가장 황색이 강한 것으로 나타났다. 이월배치 분산 분석 결과 내부 색도에 대한 균의 주 효과 검정은 F값이 12.00(p<0.01)이고 배양시간에 대해서는 56.782(p<0.01)로 나타났으며 배양시간에 따라 유의적인 차이를 보였다. 기공의 밀도 항목에서 Control은 3.20으로 나타났고 BL8, LP14가 기공의 밀도가 영성하

Table 8. Sensory evaluation of bread.

Bread	Crumb color	Density of cell	Taste	Flavor	Softness	Overall quality
Control	2.57±0.12 ^{ab(1)(2)}	3.20±0.35 ^{bc}	2.10±0.17 ^a	2.70±0.00 ^a	3.07±0.58 ^c	2.37±0.58 ^c
BL8	3.97±0.23 ^e	2.00±0.35 ^a	3.33±0.12 ^b	3.57±0.23 ^b	2.83±0.12 ^{bc}	2.13±0.58 ^b
BL14	3.63±0.12 ^d	2.73±0.12 ^b	3.23±0.12 ^b	3.50±0.17 ^b	2.77±0.58 ^{bc}	2.23±0.58 ^{bc}
BL20	2.77±0.23 ^{bc}	3.33±0.29 ^c	3.23±0.12 ^b	2.87±0.23 ^b	3.83±0.29 ^d	3.70±0.58 ^e
BL26	2.93±0.58 ^c	3.10±0.00 ^{bc}	3.47±0.06 ^b	3.37±0.06 ^b	4.20±0.17 ^c	3.67±0.71 ^c
LP8	3.53±0.31 ^d	2.93±0.55 ^{bc}	3.43±0.47 ^b	3.53±0.25 ^b	2.70±0.36 ^b	2.85±0.58 ^d
LP14	3.40±0.00 ^d	2.83±0.12 ^{bc}	3.47±0.06 ^b	3.47±0.58 ^b	2.10±0.00 ^a	1.67±0.71 ^a
LP20	2.30±0.17 ^a	3.40±0.00 ^c	3.30±0.00 ^b	3.37±0.58 ^b	3.80±0.17 ^d	3.55±0.58 ^c
LP26	3.07±0.58 ^c	3.20±0.35 ^c	3.43±0.06 ^b	3.37±0.58 ^b	3.67±0.58 ^d	3.60±0.71 ^c
F value preferment	12.00 ^{**}	6.612 [*]	2.641 ^{NS}	1.02 ^{NS}	19.102 ^{**}	0.103 ^{NS}
value time	56.782 ^{**}	11.626 ^{**}	8.182 ^{**}	1.476 ^{NS}	92.102 ^{**}	277.128 ^{**}

¹⁾Values are mean ± standard deviation of 2 replications.
²⁾Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05).
^{*}:p< 0.05, ^{**}:p< 0.01 NS: not significant.

였으며 BL20, LP20이 가장 조밀하였다. 기공의 밀도에
 서 균에 대한 주 효과 F값이 6.612(p<0.01)이고 배양
 시간에 따라서는 11.626(p<0.01)이고 배양 20시간과 26
 시간 사이에서 유의적 차이를 보였다. 기공의 밀도는
 기포의 막이 얇고 팽창한 경우, 단면에 일정한 크기의
 기공이 있을 경우, 기공의 막이 얇고 팽창이 잘된 경
 우에 좋은 기공의 밀도를 가지게 되며 뛰어난 오븐스
 프링을 가진 식빵의 기공은 원형보다는 타원형에 가깝
 게 나타난다(Kim SK 와 D'Appolonia 1977). 맛에서 균
 에 대한 주 효과는 유의적이지 않았으며, 배양 시간에
 대한 주 효과는 F값이 8.18(p<0.01)로 나타났다. 냄새
 에서 균과 배양시간에 따른 주효과는 유의적이지 않았
 다. 빵의 부드러운 정도에 대한 항목에서 BL20, LP20
 에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 통계적으로 부드
 러운 정도에 대한 균에 대한 주 효과는 F값이 19.102
 (p<0.01)이며 배양 시간에 대해서는 F값이 92.102
 (p<0.01)로 나타났고, 사후검정 결과, 배양 BL20, BL26
 시간에서 유의적인 차이가 없었다. 전반적인 기호도를
 보면 Control의 2.36보다 BL20, BL26, LP20이 높은 기
 호도를 보였으며, BL8, LP14가 가장 낮은 기호도를 나
 타내어 20시간 이상의 배양을 한 경우가 좋은 평가를
 받음을 보였다. 전반적인 기호도에서 균에 대한 주 효
 과는 유의적이지 않았으며 배양시간에 대한 주 효과는

277.128(p<0.01)로 나타났다. 이러한 결과는 alcohol,
 carbonyl 화합물, esters와 함께 젖산 발효 시 생성되는
 organic acid가 빵의 풍미에 영향을 준 것으로 추정된
 다(Hong JU 2000).

3) SEM에 의한 단면도 관찰

글루텐의 그물망구조의 비교를 위해 SEM에 의해
 Control, BL20, LP20의 빵의 단면도를 측정된 결과(Fig.
 4). 배양액을 첨가한 균은 대조군에 비해 기공 형태가
 둥글고 기공벽이 얇으며 조각들이 보이지 않았다.
 BL20은 LP20에 비해 random하고 크기가 크며 기공벽
 이 얇았다. BL20의 경우 기공벽 사이에 구멍이 보이는데
 이것은 유산균이 효모생육조건을 좋게 하여 gas의
 발생량이 많아져 벽이 얇아지면서 작은 기공들이 합쳐
 진 것으로 생각되었다.

4) 저장성

① 안정도

발효액 첨가균의 저장성을 측정하기 위해 10일간
 20℃에서 저장하면서 곰팡이를 관찰한 결과는 Table 9
 와 Fig. 5에 나타내었다. Control은 발효액 첨가균에 비
 해 곰팡이 생성 시기가 3일정도 빠르고, 쉽게 번식하
 였고 BL20과 LP20은 서로 비슷한 정도를 보였다. 이

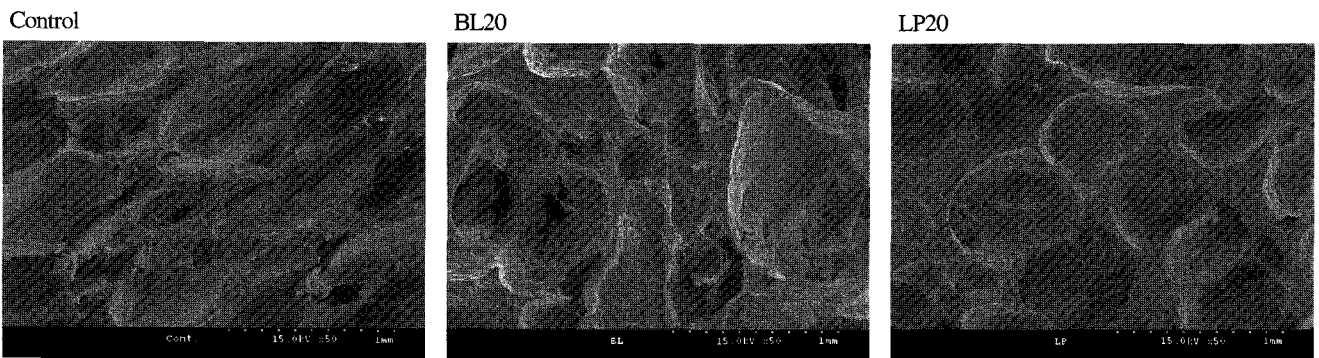


Fig. 4. SEM of bread with and without preferment.

Table 9. Comparison of preservation period for the breads prepared with various preferment

Process	Day										Average of preservation day
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Control	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	4
BL20	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	7
LP20	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	7

- : did not show mold growth by naked eyes.
 + : Show mold growth by naked eyes.

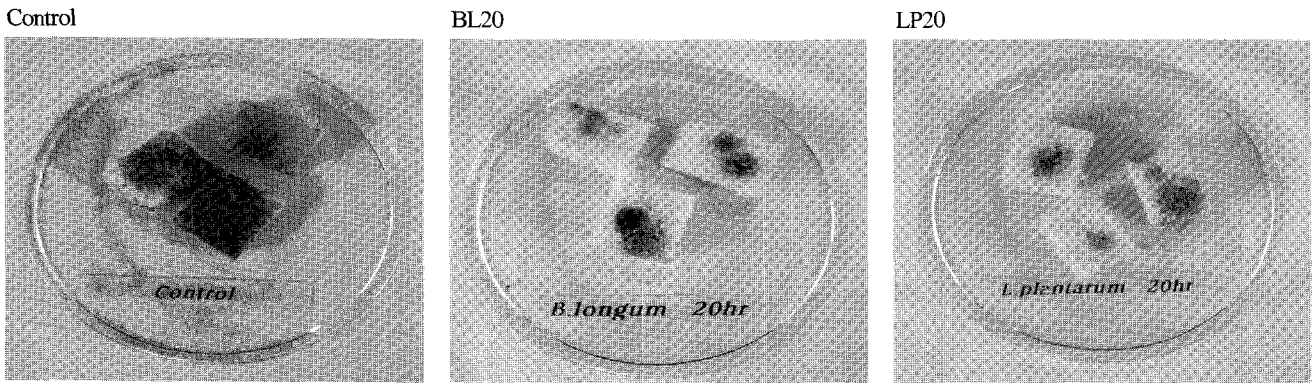


Fig. 5. Observation of molds produced during the storage for 10 days at room temperature(25°C) in the bread with and without fermented products.

러한 결과는 dough에서 생성된 젖산, 초산에 의해 곰팡이의 생육이 억제되며 저장기간이 연장되는 것으로 보고한 Park KJ의 연구(1994)와 유사하였으며, 천연 보존제로서의 *Bifidobacteria longum*과 *Lactobacillus plantarum*에 대한 연구의 필요성을 제시하였다.

② 노화도

노화도를 측정된 결과는 Table 10과 Fig. 6, 7과 같으며, Avrami 지수는 Control과 BL20, LP20에서 모두 1에 가까운 값을 보였다. 기울기로 본 시간상수(1/k)는 Control에 비해 모두 높은 수치로 낮은 노화속도를 나타내었으며, LP20과 BL20은 유사한 값을 나타내었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 *Bifidobacteria longum*과 *Lactobacillus plantarum* 를 이용하여 배양액을 제조하고, 배양액의 이화학적 특성을 분석하였으며, 발효액을 빵에 사용하

여, 반죽과 제빵에서의 이화학적, 관능적 특성을 비교 분석하였다.

1. *Bifidobacteria longum*과 *Lactobacillus plantarum* 모두 pH는 배양 8시간까지 급속히 감소하다가 그 후엔 완만하게 감소하였고, 적정 산도는 배양 시간 4시간 때에 급격히 상승하여 배양 8시간 때부터 약 6시간 단위로 증가하는 추세를 보였으며 *Bifidobacteria longum*이 *Lactobacillus plantarum*에 비해 높게 나타났다.
2. 반죽의 품질특성은 각 단계에서 Control에 비해 pH

Table 10. Firmness data of breads during storage at 25°C

Storage temp.(°C)	Process	E0	EL	n ¹⁾	1/k ²⁾
25	Control	6904.07	12532.87	1.15	7.70
	BL20	6756.73	12530.56	1.13	9.27
	LP20	6844.10	12644.88	1.13	9.20

¹⁾ n: Avrami exponent

²⁾ k: Kinetic Rate Constant

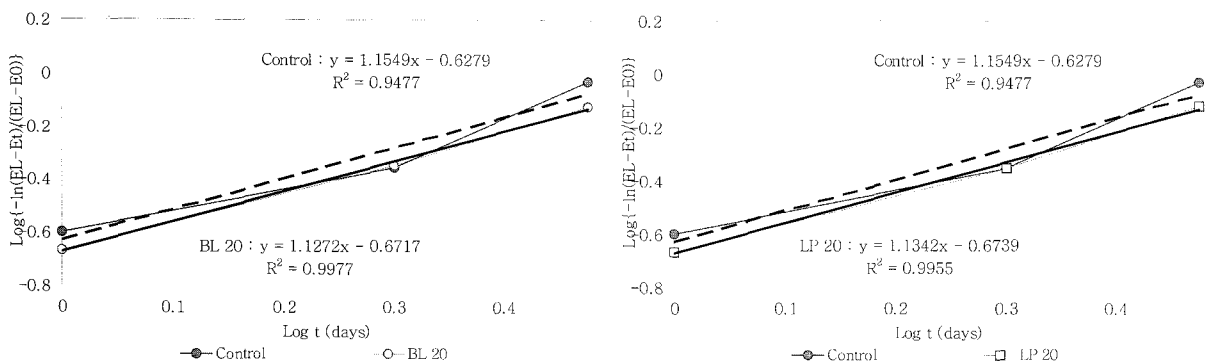


Fig. 6. Plot of log against $\log\{-\ln(E_L-E_t)/(E_L-E_0)\}$ = against Log t of bread with and without preferment.

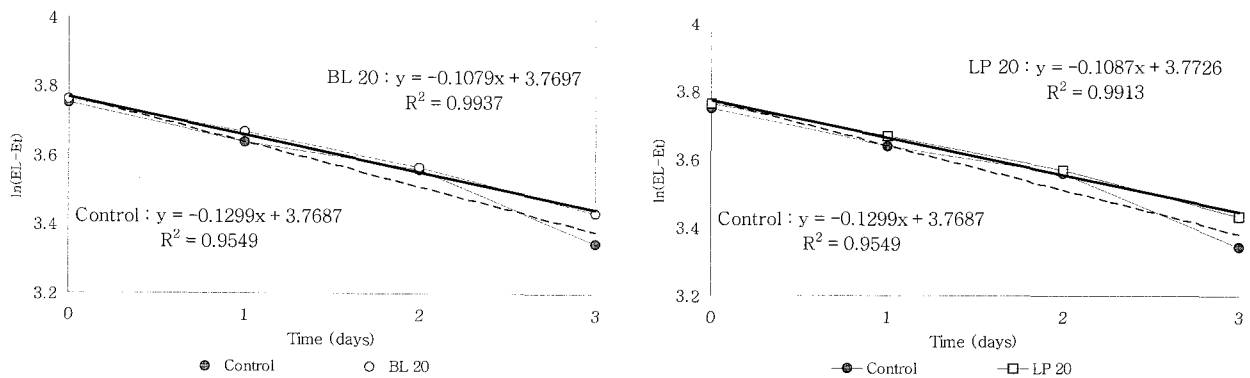


Fig. 7. Plot of log against $\log(E_L - E_0)$ against t of bread with and without preferment.

는 낮고 적정산도는 높게 나타났으며, 반죽의 시간당 발효 팽창력도 Control에 비해 높았다. *Bifidobacteria longum* 첨가 반죽이 *Lactobacillus plantarum* 첨가 반죽에 비해 낮은 pH와 높은 적정산도를 나타내었고, 발효팽창력에서도 높은 수치를 나타내었다.

3. 빵의 특징은 반죽에서와 유사한 경향을 보였고, 수분함량에서 Control의 35%에 비해 배양액을 첨가한 경우가 36~67%로 나타났고, 비용적 및 오븐스프링, 굽기 손실을에서 Control에 비해 비용적이 높고 오븐 스프링이 뛰어났으며 *Bifidobacteria longum* 첨가균이 *Lactobacillus plantarum* 첨가균에 비해 비용적, 오븐스프링이 더 높았다. 관능적 검사 중 전반적인 기호도는 BL20, BL26, LP20에서 높은 기호도를 보였다.
4. 상기의 결과 중 가장 바람직하다고 사료된 배양 20 시간의 배양액을 첨가한 빵과 Control과의 단면을 SEM으로 관찰한 결과, BL20에서 바람직한 오븐스프링 및 기공의 밀도에서 나타나는 타원형의 기공 모양과 얇은 기공벽을 확인 할 수 있었고, 저장성에서 안정도에서도 Control에 비해 3일 뒤에 곰팡이를 시각으로 확인할 수 있었으며 Avrami이론에 의한 노화도 측정 결과, LP20과 BL20 모두 Avrami지수 n은 1에 가까운 수치를 나타내어 배양액은 밀가루 전분의 결정화 mode에는 영향을 미치지 않으며, 시간속도(1/k)에는 Control에 비해 낮은 노화속도를 나타내었다.

본 연구는 소량의 발효액으로 단기간에 걸쳐 시행되었으므로 대량 발효를 통한 넓은 범위의 연구가 보완

되어야 할 것이다.

참고문헌

- 송문섭, 조진섭. 2002. SAS를 이용한 통계자료분석. 자유아카데미. pp 81-116
- 장남수, 강남희, 장혜영. 2001. 지역사회와 영양학. 광문각. pp 24-25
- A.A.C.C. 1983. Approved method of the American Association of Cereal chemists. St. paul Minn 8.
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- Bae SH, Rhee C, Yang HC. 1982. Studies on Bread-Baking Properties of Naked Barley Flour and Naked Barley Wheat Flour Blends I. Variations of loaf volume of naked barley bread and mixed naked barley-wheat bread prepared by lactic acid method. Korean Food sci 14(4):370-374
- Barker B, Ortolà C, Barker S, Fernandez. F. 1992. Storage of packaged white bread. III.Effects of sour dough and addition of acids on bread characteristics. Z. Lebensm Unters Forsch 194:442-449
- Fujiyama Y. 1981. In the method of experiment. Japan International Baking School Tokyo Japan
- Hong JU. 2000. Effect of Cooking Method to Barley Bread Using Sourdough Prepared by Enterococcus sp. Isolated from Barley Powder and Lactobacillus sp, Doctor's dissertation. Dong-A University
- Hoseney RC, Brown RA. 1983. Mixograph studies. V. Effect of pH. Cereal Chem 60:12-129
- Kim SK, D'Appolonia. 1977. Effects of pentosan on the retrogradations of wheat starch gels. Cereal Chem 54:15-160
- Kirchhoff E, Schieberle P. 2001. Determination of Key Aroma Compounds in the Crumb of a Three-Stage Sourdough Rye Bread by Stable Isotope Dilution Assays and Sensory Studies. J Agric Food Chem 49(9): 4304-4311
- Kook SU. 1996. Development of Starter Cultures for the Extension

- of the Shelf Life of Bread. Korean Food and Nutr 9(3):236-241
- Korakli M, Rossmann A, Ganzle MG, Vogel RF. 2001. Sucrose Metabolism and Exopolysaccharide Production in Wheat and Rye Sourdoughs by *Lactobacillus sanfranciscensis*. J Agric Food Chem 49(11): 5194-5200
- Morad MM, D'Appolonia BL. 1980. Effect of surfactants and baking procedure on pasting of bread crumb. Cereal Chem 57:141-144
- Park KJ. 1994. The effect of microorganism producing organic acids on the shelf life of white bread. The jour. of Industrial Science (2):197-198
- Plyler EJ. 1979. Physical and chemical test methods. Baking science and technology, II. Sosland Pub Co. Merrian Kansas 891-895
- Rihrtich N, Bruckne G. 1966. Das Getreide Verlag Paul Prey I 159
- Sugihara TF. 1978. Microbiology of the soda cracker process, I. Isolation and identification of microflora. J Food Pro 41:980-982
- Tanaka K, Furukawa K, Matsumoto H. 1967. The effect of acid and salt on the farinogram and extensogram of dough. Cereal Chem 44:678-682
- Xu A, Chung OK, Ponte J. 1992. Bread crumb amylograph studies. I. Effect of shortening, flour lipid and surfactants. Cereal Chem 69:495-501
- 日本 イースト工業會. 1987. パン用酵母の試験法

(2005년 11월 29일 접수, 2006년 6월 11일 채택)