

천연제빵 발효 Starter의 개발

이종열 · 이시경[†] · 조남지* · 박원종**

건국대학교 응용생물화학과

*해전대학 호텔제과제빵과

**공주대학교 식품공학과

Development of the Formula for Natural Bread-making Starter

Jong-Youl Lee, Si-Kyung Lee[†], Nam-Ji Cho* and Won-Jong Park**

Dept. of Applied Biology and Chemistry, KonKuk University, Seoul 133-701, Korea

*Dept. of Baking Technology, Hyejeon College, Chungnam 350-702, Korea

**Dept. of Food Engineering, GongJu National University, Chungnam 340-800, Korea

Abstract

A starter formulation was developed to substitute a baker's yeast with natural starter when manufacturing bread products. To develop an active starter, starter was formulated varying with types of wheat flours, level of water contents and various nutrients. Activities of starter were investigated in terms of viable counts of microbes and change of pH and total titratable acidity. Domestic wheat flours contain 100 times more number of lactic acid bacteria than yeast regardless of types of wheat flours. The more protein contents in wheat flours, the more stable microbes in starter. This was considered to be the result of buffering effect of wheat proteins. The optimum level of protein content to ensure the activity of starter was more than 12.0%. Optimum level of water content in active starter was 110% based on strong flour. The more water or the less water had the tendency of decreasing viable counts of microbes. Addition of salt and sucrose had increased the activity of starters. However oligosaccharides did not affect the activity of starter. The optimum concentrations of salt and sucrose were 1.0% and 5.0% respectively. Bread with the starter was higher scored than breads with yeast in terms of all the quality and sensory characteristics except their volumes. In conclusion, a starter formulated with strong flour 100%, water 110%, salt 1% and sucrose 5% was considered to have high potential as a substitute of yeast in making natural bread.

Key words: natural bread-making starter, yeast, nutrients

서 론

빵의 제조는 B.C. 7000년부터 제조되기 시작하였으며 B.C. 3550년경의 빵 화석을 보면 빵을 sour dough를 이용하여 발효시킨 후 오븐에서 구운 것으로 추정된다(1). 그 당시 sour dough는 곡류를 거칠게 갈아 물을 첨가한 죽 상태로 만든 것으로 이 곡류 혼합물에 존재하고 있던 야생효모와 함께 젖산균의 발효를 통하여 부풀은 것으로 예측된다. Sour dough는 1868년 상업용 효모가 출현하기 전까지 빵의 발효 방법의 하나로 사용되어 왔으며 빵 제조의 starter(빵종균) 의미로 이용되고 있다(2).

빵의 발효에는 효모에 의한 알코올 발효와 젖산균에 의한 젖산발효가 동시에 관여하며 이들에 의한 발효산물은 빵에 풍미를 부여하고 기호성을 향상시킨다(3). 효모와 젖산균은 빵을 발효하는 동안에 이산화탄소를 발생하여 반죽을 부풀

리며 생성된 부산물에 의하여 반죽을 산성화시키고 효소의 작용에 의하여 반죽의 물리적 성질과 단백질의 생물가(biological value)를 개선시킨다. 그리고 젖산, 초산 등의 유기산을 생성하여 제품의 보존기간을 늘려주고 병원성 세균의 성장을 억제시키며 질병예방에 기여하기도 한다(4).

빵의 발효에 관여하는 효모로는 제빵에서 통상 사용하는 *Saccharomyces cerevisiae* 이외에 San Francisco sour dough에서 분리된 *S. exiguus*, *S. inusitatus* 및 *S. uvarum* 등이 있으며 젖산균으로는 *Lactobacillus sanfrancisco*가 있다(5). 또한 Spanish wheat dough의 발효에 관여하는 젖산균으로는 *L. plantarum*, *L. brevis*, *Streptococcus faecium* 및 *Leuconostoc mesenteroides* 등이 분리되었다(6).

반죽에서 젖산균은 효모에 의하여 발효되는 동안에 균 수가 크게 감소하는 경향을 보이거나 발효하는 동안에 젖산과 초산을 생성하여 빵의 풍미에 영향을 미치며 반죽의 산성화

[†]Corresponding author. E-mail: lesikyung@kkucc.konkuk.ac.kr
Phone: 82-2-450-3759, Fax: 82-2-456-7283

를 가속화시켜 반죽의 기계적 내성을 증가시키는 역할을 한다(7). 한편, 젖산발효를 제빵에서 더 효과적으로 이용하기 위해서는 효모와 함께 젖산균이 잘 자랄 수 있는 환경을 조성해 줄 필요가 있다. 전통적으로 이들 젖산균을 제빵에 사용하기 위한 방법으로 밀가루, 물 및 호밀가루를 섞어서 내재된 젖산균을 활성화시킨 다음 밀가루와 물을 더 첨가하여 starter의 양을 증량시킨 후 일부는 제빵 원료로 사용하고 일부는 밀가루와 물을 섞어 starter로 다시 발효시켜 사용하는 방법(8)이 이용되어 왔다. 그러나 이러한 전통적 발효법에 의한 빵의 제조는 발효시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라 starter의 배합비율 및 제조 공정이 제조사별로 각각 달라 표준화하기 어려운 단점 때문에 그 사용이 제한되어 왔다.

최근 들어 자연 발효 빵(sour dough bread)이 건강빵으로 인식되면서 국내에서 이에 관한 연구 및 생산에 대한 접목이 급증하고 있다(9). Cho 등(10)은 bifidobacteria를 밀가루 반죽 속에 첨가하여 발효시킨 후 제빵에 첨가한 결과 반죽의 물성 및 저장성을 개선하는 천연 제빵 개량제로서의 효과를 보였을 뿐만 아니라 빵의 풍미를 개선하는 효과를 보였다고 보고하였다. Kim 등(11)은 혼합젖산균을 첨가한 밀가루 용액의 반복 유가식 발효의 연구에서 온도, 산소 및 밀가루 용액의 평균 추가 간격시간이 발효에 미치는 영향을 보고하였고 Cho(12)는 젖산균 생육에 필요한 starter(밀가루 brew) 조성을 보고하였다.

한편, 통상의 제빵 공정에서 starter를 상업용 효모 대신 첨가하여 빵 반죽을 팽창시키기 위해서는 상업용 효모의 균수와 거의 같은 수로 효모 및 젖산균을 starter에 증식시켜야 한다. 효모 및 젖산균의 증식은 밀가루의 회분함량, 수분의 첨가비율 및 영양원의 존재에 따라 크게 영향을 받는다. 밀가루는 약 0.5%의 회분을 함유하고 있는 빵용 밀가루 또는 2등급 밀가루가 적합한 것으로 보고(13)되어 있으나 밀가루 성분 특히 단백질 함량이 starter의 활성화에 미치는 보고는 전무하며 또한 starter의 수분 첨가 비율 및 영양원이 starter의 효모 및 젖산균의 증식에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 starter의 활성을 최대로 나타낼 수 있는 밀가루 단백질 함량, 수분 첨가 비율 및 영양원을 탐색하여 적정 starter 배합비율을 제시하고자 하였으며 식빵 제조에 첨가하면서 식빵의 품질 특성 및 관능성에 미치는 영향을 고찰하여 starter의 상업적 이용 가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

대한 제분(주)에서 생산된 중력분 및 강력분(1등급)을 사용하였으며 단백질 함량을 강력분(1등급)보다 2% 증가시킨 고강력분은 강력분(1등급)에 활성글루텐(100% vital wheat gluten, Sung Rim Co., Korea)을 혼합한 후 사용하였다. 사용

한 밀가루의 일반성분은 Table 1과 같다. 설탕은 시판용 정백당(제일제당(주)), 식염(한주소금(순도 98.00%), 생이스트(오뚜기(주)), 쇼트닝(롯데삼강(주)) 그리고 순도 50% 이상의 프락토 올리고당(대상(주))을 구입하여 사용하였다. 정량에 사용한 표준 용액은 0.1 N NaOH로 국산 1급을 사용하였다.

Starter 제조 및 배양

Doerry와 Hutz(13)의 방법에 따라 starter를 Table 2와 같이 제조한 후 배양하였다. Starter의 배양방법은 1일째는 밀가루 1.0 part에 물 1.1 part를 혼합한 후 30°C에서 24시간 동안 정치 배양하였다. 2일째는 배양된 starter 2.1 part에 물 2.2 part, 밀가루 2.0 part를 첨가하여 다시 30°C에서 24시간 동안 정치 배양하였다. 3일째는 배양된 starter 6.3 part 중 2.1 part만 취하여 물 2.2 part, 밀가루 2.0 part와 다시 혼합한 후 30°C에서 24시간 동안 정치 배양하였다. 4일째도 3일째와 동일한 방법으로 배양하였다.

최대 활성을 보이는 stater 배합을 결정하기 위하여 밀가루는 강력분(1등급)을 control로 하고 중력분 및 고 강력분을 대체하여 위와 동일한 방법으로 밀가루의 단백질 함량이 starter 활성화에 미치는 영향을 조사하였으며 또한 수분함량이 starter의 활성화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 starter의 수분 함량을 밀가루 함량(강력분)을 기준으로 60%, 110% 및 200%로 변화시켰다. 그리고 강력분에 물을 110% 첨가한 starter에 설탕, 식염, 올리고당 등의 영양원을 각각 첨가하면서 영양원이 starter의 활성화에 미치는 영향을 조사하였다.

Table 1. Proximate composition of various wheat flours (%)

Types	Moisture ¹⁾	Protein	Ash
All-purpose flour	14.0	9.2	0.36
Strong flour	14.0	12.3	0.49
High-protein flour	14.0	14.3	0.54

¹⁾Moisture content of all flours was controlled to 14.0%.

Table 2. Multiple-stage starter build-up procedure
(any weight unit)

Day	Sourdough	Quantity ¹⁾			Multiplier	Maturing time (hrs) 30°C
		Water ²⁾	Flour ³⁾	Total		
1	-	1.1	1.0	2.1	1	24
2	2.1	2.2	2.0	6.3	2	24
3	2.1	2.2	2.0	6.3	2	24
4	2.1	2.2	2.0	6.3	2	24

¹⁾To determine the effect of nutrients on starter activity, sugar (0, 5, 10%), salt (0, 1, 2%) and oligosaccharide (0, 5, 10%) is added respectively and alternatively to the starter based on 100% of strong flour and 110% of water.

²⁾To determine the effect of water level on starter activity, 60%, 110% and 200% of water is added alternatively based on 100% of strong flour.

³⁾To determine the effect of protein contents on starter activity, all purpose flour, strong flour and high-gluten flour is added alternatively based on 110% of water.

생균수 측정

생균수 측정은 4일간 starter를 배양하면서 24시간마다 starter 배지 10 g을 취하여 생리식염수(0.85% NaCl) 90 mL와 혼합한 후 시료를 단계적으로 희석한 다음 젖산균은 Bromo Cresol Purple agar plate에 도말하여 30°C에서 48시간 배양한 후 콜로니수가 30~300개가 나타나는 평판을 선택하여 균수를 측정하였다. 효모는 Potato Dextrose Agar 평판배지를 사용하여 30°C에서 48시간 배양한 후 위와 동일한 방법으로 측정하였다.

pH 및 산도 측정

Starter를 4일 동안 배양(30°C)하면서 24시간마다 starter 20 g을 취하여 비이커에 넣고 100 mL의 증류수를 가한 다음 균일하게 혼합하여 pH meter(8417, Hanna instruments, Singapore)로 pH를 측정하였으며, 총산도는 위의 용액을 0.1 N NaOH로 pH 6.6까지 적정한 후 소모된 0.1 N NaOH의 mL 수로 나타내었다(13).

Starter의 발효팽창력 측정

24시간 동안 배양된 starter 100 g을 취해 AACC 22-14 (14)의 방법에 따라 발효 팽창관에 넣고 4일 동안 발효 팽창력을 측정하여 팽창된 높이를 cm로 나타내었다.

제빵방법

제빵은 Finny(15)의 방법을 변형한 직접반죽법을 사용하였으며 제빵에 사용한 원료의 배합비는 Table 3과 같다. 제조공정은 4일째 완성된 starter를 밀가루와 함께 첨가한 후 Hobart mixer A-200(Hobart Co., Troy, USA)를 이용하여 반죽이 최적으로 형성될 때까지 혼합하였다. 혼합 후 최종 반죽온도는 26°C가 되도록 하였다.

1차 발효는 27°C, 상대습도 75%의 발효기(Mapo Co., Seoul, Korea)에서 90분 동안 실시하였다. 1차 발효가 끝난 반죽은 150 g으로 분할하여 둥글리기한 후 10분간 중간 발효를 시켰다. 중간 발효가 끝난 후 밀대를 사용하여 가스빼기를 하고 반죽을 원통형으로 성형하여 빵틀에 3개씩(150 g×3) 넣고 37°C, 상대습도 85%의 발효기에서 틀의 상단 1 cm 높이로 반죽이 팽창할 때까지 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 190~200°C의 오븐(D-1, Darang Co., Sweden)

Table 3. Baking formula of control and bread with starter¹⁾

Ingredients	Control (%)	Bread with starter (%)
Flour	100	70
Starter ²⁾	0	63
Salt	2	1.65
Shortening	3.0	3.0
Water	60.0	27.0
Sugar	2	2
Yeast	3	0

¹⁾Based on flour weight and baker's percent.

²⁾Starter consists of 30% flour and 33% water.

에서 25분간 구운 후 빵의 내부 온도가 35°C가 될 때까지 냉각시켜 폴리에틸렌 수지로 포장한 후 25°C에서 저장하였다.

빵의 평가

CrumbScan(American Institute of Baking, USA)은 빵의 crumb-grain을 판단하는데 사용되는 기본적인 파라미터 값들을 image processing algorithm program으로 전환하는 컴퓨터 프로그램으로 스캐너를 통하여 빵의 크럼 조직과 기공상태의 이미지를 읽은 후 이들 파라미터 값을 해석하여 빵 기공의 미세 정도, 기공의 형태, 빵의 부피 및 moulding error를 측정한다. 기공의 미세 정도는 기공의 크기가 감소함에 따라 증가하는 수학적 변환식을 기본으로 측정하는데 composite fineness의 점수가 클수록 더 미세함을 나타낸다. 기공의 형태는 둥근 기공인지 또는 타원형 기공인지를 측정하며 기공이 아주 둥근 형태를 나타낼 때의 값을 1.0으로 하여 타원 형태가 증가할수록 값은 1.0을 초과하게 된다. 빵의 부피는 빵의 절단 면적과 빵의 길이를 crumbScan에서 계산하여 cubic inch로 나타내며 선택적 algorithm을 통하여 moulding error를 탐지한다(16).

관능검사

빵의 관능검사는 훈련된 패널요원 10명을 대상으로 냄새, 맛, 텍스처 및 색상에 대하여 기호도 검사를 실시한 후 1(매우 좋음)에서 5(매우 나쁨)까지의 점수를 사용하여 통계처리하였다(17).

결과 및 고찰

원료 밀가루의 생균수

원료 밀가루에 존재하는 효모는 평균 1.1×10^3 cfu/g이었으며 반면 젖산균은 평균 3.0×10^5 cfu/g을 나타내어 젖산균이 효모보다 100배정도 더 많이 함유되어 있었다(Table 4). Sugihara 등(8)은 soda cracker 제조에 사용되는 밀가루에 존재하는 젖산균수가 2.4×10^4 cfu/g으로 그리고 효모의 균수는 10^2 cfu/g이하라고 보고한 바 있으나 이는 본 실험의 결과보다는 낮았다. 한편, 밀가루의 종류에 따른 효모와 젖산균의 수는 밀가루 종류에 관계없이 거의 유사한 균수를 나타내었다.

밀가루 단백질 함량이 bread starter의 활성화에 미치는 영향

생균수의 변화: 단백질 함량이 다른 밀가루를 이용하여 starter를 제조하여 발효기간의 변화에 따른 starter내에 함유된 효모와 젖산균의 생균수에 미치는 영향을 조사하기 위

Table 4. Enumeration of yeast and lactic acid bacteria in wheat flours (unit: cfu/g)

Types	Yeast	Lactic acid bacteria
All-purpose flour	1.0×10^3	3.0×10^5
Strong flour	1.2×10^3	3.7×10^5
High-gluten flour	1.1×10^3	2.0×10^5

하여 밀가루 종류별로 30°C에서 발효시킨 결과는 Table 5, 6과 같다.

밀가루의 단백질 함량에 따른 효모 균수의 변화를 보면 (Table 5) 중력분, 강력분 및 고 강력분에서 4일간 배양하는 동안 효모 균수가 모두 10^3 cfu/g을 유지하면서 그 수가 거의 증가하지 않았다. 한편 고 강력분에서 효모 균수가 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었다.

단백질 함량에 따른 젖산균 균수의 변화(Table 6)를 보면 밀가루 단백질 함량에 관계없이 starter를 4일간 배양하는 동안 젖산균은 계속 증식하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 soda cracker를 4일간 발효하는 동안 세균 수가 크게 증가하였다는 Sugihara 등(8)의 보고와 매우 유사하였다.

이상의 실험에서 효모 및 젖산균의 균수는 배양하는 동안 밀가루 단백질 함량에 따라 차이를 보이지 않았으나 단백질 함량이 높을수록 균수가 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 starter의 배양시간이 길면 길수록 단백질 함량이 높은 밀가루를 사용하는 것이 starter의 활성에 좋은 영향을 미치며 또한 starter의 배양시간은 강력분을 사용할 경우 2일이나 3일정도의 배양시간으로 충분한 활성을 보일 것으로 생각된다.

pH 및 적정 산도의 변화 : 밀가루의 단백질 함량이 starter의 pH 및 총산도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 밀가루의 단백질 함량이 낮을수록 pH의 저하 폭이 컸으며 적정산도는 크게 증가하였다. 이러한 pH와 적정산도의 변화는 배양하는 동안 starter내 존재하는 젖산균의 생균수 증가(Table 6)와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각되며 생균수가 지수 함수적으로 증가하는 배양 2일까지는 pH 및 적정 산도가 크게 감소 또는 증가하였다. 이러한 경향은 밀가루 단백질 함량이 낮은 중력분에서 단백질 함량이 높은 강력분 또는 고 강력분보다 컸다.

Cho 등(10)은 bifidobacteria를 배양한 탈지분유 배지와 밀가루 배지에서 단백질 함량이 많은 탈지분유 배지의 bifidobacteria의 생균수가 밀가루 배지보다 많았으나 pH는 오

Table 5. Changes of viable yeast in flours with different protein content at 30°C during 4 days (unit: cfu/g)

Types	Incubation time (days)				
	0	1	2	3	4
All-purpose flour	1.0×10^3	1.5×10^3	3.0×10^3	3.0×10^3	3.0×10^3
Strong flour	1.2×10^3	1.9×10^3	3.5×10^3	3.9×10^3	4.0×10^3
High-gluten flour	1.1×10^3	2.0×10^3	4.0×10^3	4.2×10^3	4.5×10^3

Table 6. Changes of viable lactic acid bacteria in flours with different protein content at 30°C during 4 days (unit: cfu/g)

Types	Incubation time (days)				
	0	1	2	3	4
All-purpose flour	3.0×10^5	2.0×10^6	3.1×10^9	3.9×10^9	3.1×10^9
Strong flour	3.7×10^5	3.0×10^6	3.9×10^9	4.5×10^9	5.0×10^9
High-gluten flour	2.0×10^5	3.5×10^6	4.3×10^9	5.0×10^9	6.0×10^9

Table 7. The effect of wheat flour proteins on pH and total titratable acidity in bread starter

Days	pH			TTA		
	All-purpose flour	Strong flour	High gluten flour	All-purpose flour	Strong flour	High gluten flour
0	6.05	6.04	6.03	3.0	3.1	3.1
1	5.32	5.39	5.36	6.8	5.9	5.4
2	4.53	4.82	4.84	11.3	8.6	8.5
3	4.03	4.42	4.44	13.0	10.6	9.8
4	3.89	4.40	4.40	17.2	12.0	11.8

히려 탈지분유 배지가 높았고 적정 산도는 낮았다고 보고하였다. 한편, 강력분과 강력분에 단백질을 첨가하여 만든 고 강력분에서는 pH의 변화가 중력분보다 적어 배양 4일 후 pH가 4.40을 나타내었다. 이러한 결과는 강력분 이상의 단백질 함량이 높은 밀가루는 단백질 함량이 적은 밀가루에 비하여 pH 저하에 대한 완충능력이 크기 때문으로 추측된다.

밀가루 단백질 함량이 bread starter의 발효 팽창력에 미치는 영향

밀가루 종류가 starter 팽창에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타내었다.

배양 1일째는 밀가루 종류에 따라 팽창 정도에 큰 차이를 보이지 않았으나 배양 2일째가 되면서 고 강력분의 팽창력이 가장 높아 5.0 cm, 강력분은 4.8 cm 및 중력분은 4.0 cm를 보였다. 이러한 결과는 밀가루의 단백질 함량이 높을수록 pH의 저하도가 급격하지 않아 효모 및 젖산균의 성장에 영향을 적게 미쳤기 때문으로 추측된다. 특히 중력분의 경우는 배양 시간이 길어질수록 팽창 높이가 감소하는 경향을 보였는데 이것은 다른 밀가루에 비하여 적은 단백질 함량 때문에 산성화 정도가 가속화되고(Table 7) 이에 따라 글루텐의 물리·화학적 변화가 빨라지며 미생물의 적정 생육 pH 범위를 빠르

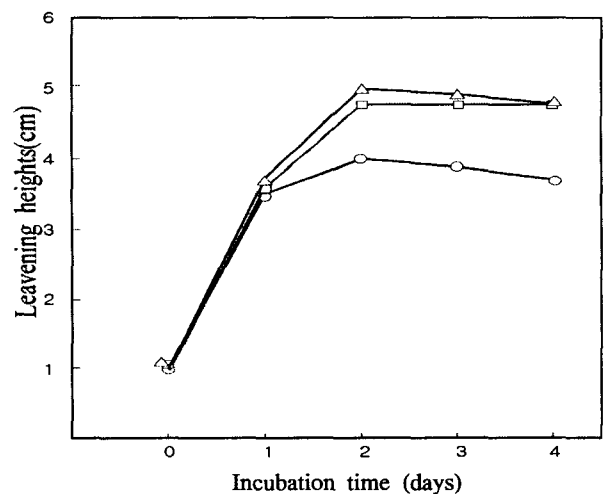


Fig. 1. The effect of flour types on leavening heights in bread starter during 4 days.

○-○: all purpose flour, □-□: strong flour, △-△: high protein flour.

게 벗어난 것이 영향을 주었을 것으로 추측된다. 한편, 강력분과 고 강력분은 starter 팽창 높이에 큰 차이를 보이지 않았는데 이러한 결과는 강력분의 경우 단백질 함량에 관계없이 회분 함량이 0.5% 이상인 경우에는 starter가 활성화되는데 큰 차이가 없었다고 한 Doerry(1)의 연구 결과와 유사하였다.

수분첨가 비율이 bread starter의 활성화에 미치는 영향

생균수의 변화 : Fig. 2와 같이 starter의 수분 첨가비율을 60%, 110% 및 200%로 변화시켰을 때 60% 수분 첨가 starter의 경우 최대 젖산균의 수가 10^8 cfu/g을 나타내어 110% 및 200%의 수분을 첨가한 starter의 젖산균 수보다 10배 이상 감소하는 경향을 나타내었다. 한편 수분함량을 110% 첨가한 시험구에서 젖산균 수가 가장 많았고 배양 2일부터 10^9 cfu/g 이상의 균수를 유지하였으나 200%를 첨가한 시험구에서는 균수가 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과로부터 starter가 최대 활성을 갖기 위해서 첨가되는 수분 함량은 밀가루 함량보다 많아야 하나 2배 이상 되면 오히려 starter의 활성을 감소시키는 것으로 예측되었다.

한편 효모의 경우는 starter에 대한 수분 첨가량이 적을수록 생균수가 증가하는 경향을 나타내었다. 수분첨가 비율 60%와 110%일 때 효모는 배양기간 4일 동안 10^3 cfu/g을 유지하였으나 수분함량이 200%로 증가되었을 때는 배양 1일 후부터 생균수가 10^2 cfu/g로 감소하였다.

이러한 결과는 젖산균의 증식과 반대의 경향을 보였는데 이는 수분 함량이 증가할수록 젖산균의 생장이 촉진되어 효모에 대한 영양원이 고갈되고 pH 저하도가 커져 효모의 생장이 크게 억제되었기 때문인 것으로 생각된다.

Lorenz(18)는 활성을 나타내는 starter에서 17종의 젖산균 박테리아와 2종의 효모를 분리·동정하였으며 2종의 효모는 보통의 빵용 효모로서 증식 효과를 나타내지 않았다고 보고한 바 있다.

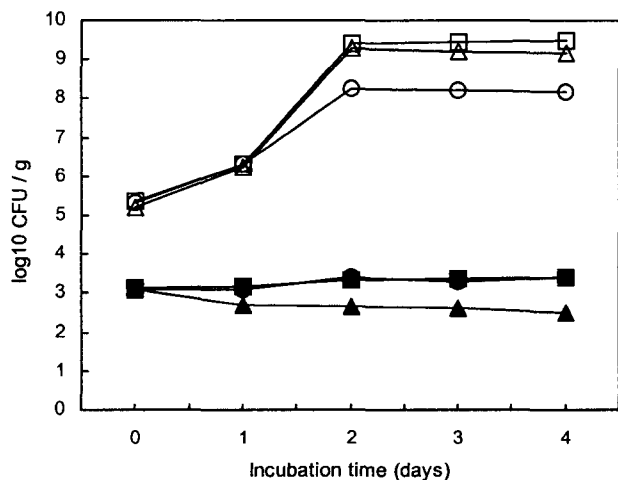


Fig. 2. Effect of water contents in bread starter on yeast and lactic acid bacteria growth at 30°C during 4 days. ○—○: 60%, □—□: 110%, △—△: 200%, ●—●: 60%, ■—■: 110%, ▲—▲: 200%, ○—○: Lactic acid bacteria, ●—●: Yeast.

pH 및 적정산도 변화 : Starter의 수분함량을 달리 하였을 때 수분함량이 starter의 pH 및 적정산도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 8과 같다.

Starter에 60%의 수분이 첨가된 시험구는 pH 및 적정산도의 감소 또는 증가폭이 110% 및 200%를 첨가한 시험구들보다 작았다. 배양 2일에 나타난 starter의 pH값을 배양 1일째와 비교했을 때 60%의 수분 첨가구는 pH 값이 0.40, 110%의 수분 첨가구는 0.57 그리고 200%의 수분 첨가구는 1.27이 감소하였다.

적정산도는 배양 1일째 모든 시험구에서 비슷한 값을 보였으나 배양 2일째부터 수분 60% 첨가구에 비하여 수분 110% 및 200% 첨가구의 적정산도가 크게 증가하는 경향을 나타내었다.

수분첨가 비율이 bread starter의 발효 팽창력에 미치는 영향

Starter의 수분첨가 비율이 starter의 발효 팽창력에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다. 강력분 밀가루에 첨가되는 수분의 양을 달리하였을 때 starter의 발효 팽창력에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 배양 2일째 60% 수분 첨가구는 3.5 cm가, 110% 첨가구는 5.0 cm가, 그리고 200% 첨가구는 4.0 cm가 팽창되어 수분의 함량이 적을수록 starter의 팽창정도가 가장 크게 감소하였으며 다음으로 수분함량

Table 8. The effect of water contents in bread starter on pH and TTA

Days	pH			TTA		
	60%	110%	200%	60%	110%	200%
0	6.05	6.04	6.03	3.0	3.1	3.1
1	5.86	5.39	5.27	5.8	5.9	6.0
2	5.46	4.82	4.00	6.8	8.6	12.8
3	4.94	4.42	3.81	7.9	10.6	17.9
4	4.84	4.40	3.70	9.2	12.0	18.8

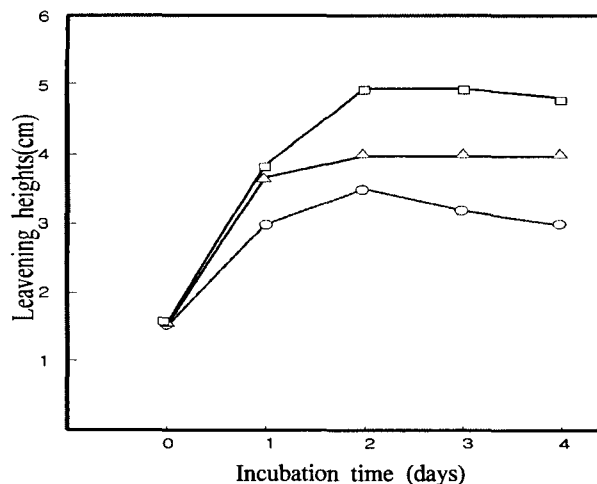


Fig 3. The effect of water contents in bread starter on the change of leavening height of bread starter during 4 days. ○—○: 60%, □—□: 110%, △—△: 200%.

(200%)이 많은 경우에도 팽창정도가 감소하는 경향을 나타내었다. 수분함량을 200% 첨가한 시험구에서 starter의 팽창정도가 감소한 것은 강력분의 글루텐 회석의 결과로 보여지며 이와 동시에 pH 및 적정산도의 변화가 비교적 커서(Table 8) 미생물의 발효가 억제되었을 것으로 생각된다.

영양원의 첨가가 bread starter의 활성에 미치는 영향

생균수의 변화 : 영양원의 첨가가 starter의 활성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 9와 같다. Starter에 설탕을 5% 첨가한 시험구는 대조구에 비하여 젖산균의 경우 배양 1일째 대조구의 3.0×10^6 에서 7.2×10^7 cfu/g으로 10배 이상의 균수의 증가를 나타내어 설탕의 첨가가 젖산균의 증식을 빠르게 촉진시켰다. 식염을 첨가한 경우 배양 1일째 대조구는 3.0×10^6 cfu/g을 보였으나 식염 1%을 첨가한 시험구는 9.0×10^7 cfu/g을 보여 젖산균의 성장 촉진이 뚜렷하였으며 배양 2일 이후에도 대조구에 비하여 생장이 다소 촉진되는 경향을 나타내었다.

이러한 결과는 Cho(12)의 밀가루 brew에 식염을 첨가하여 *S. thermophilus*와 *L. brevis*를 혼합 배양한 결과 식염을 첨가하지 않은 밀가루 brew에서는 2.0×10^8 cfu/g을 나타낸 반면 식염을 첨가한 밀가루 brew에서는 1.3×10^9 cfu/g을 나타내어 10배 이상의 생균수 증가를 보인다고 한 보고와 유사하였다. 한편, 식염을 2% 첨가한 시험구는 대조구와 유사한 균수를 나타내었다. 올리고당을 첨가한 경우는 대조구에 비하여 모두 균수가 비슷하게 유지되어 올리고당을 밀가루 반죽에 5~10% 첨가할 때는 젖산균의 성장에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

설탕을 첨가한 경우 효모는 배양 1일째 대조구의 균수가 초기 1.2×10^3 에서 1.9×10^3 cfu/g으로 변화가 없었던 것과 대조적으로 5% 및 10% 첨가구 모두 배양 1일째 6.0×10^3 cfu/g으로 증가하였으며 배양 2일째는 대조구에 비하여 10배 이상

의 균수 증가를 보였다. 1%의 식염을 첨가한 경우 효모 수가 10배 이상 증가하였으며 설탕을 첨가한 경우와 유사한 경향을 보여 식염 및 설탕의 첨가는 효모의 활성을 크게 촉진시키는 것으로 추측되었다. 식염을 2% 첨가한 시험구는 대조구와 같이 균수의 증가를 나타내지 않았다.

pH 및 적정 산도의 변화 : 설탕, 식염 및 올리고당 등의 영양원 첨가가 starter의 pH 및 적정산도에 미치는 효과를 조사한 결과는 Fig. 4 및 5와 같다.

Starter에 5%의 설탕을 첨가한 시험구는 배양 2일째의 pH 값이 대조구의 3일째 배양한 pH값과 동일하게 나타나 설탕의 첨가가 starter의 활성을 1일 정도 빠르게 촉진시켰다. 한편, 적정산도는 pH 값의 감소와 반비례적으로 증가하여 설탕의 첨가가 starter의 활성을 증가시키고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 밀가루 brew에서 포도당을 첨가한 경우

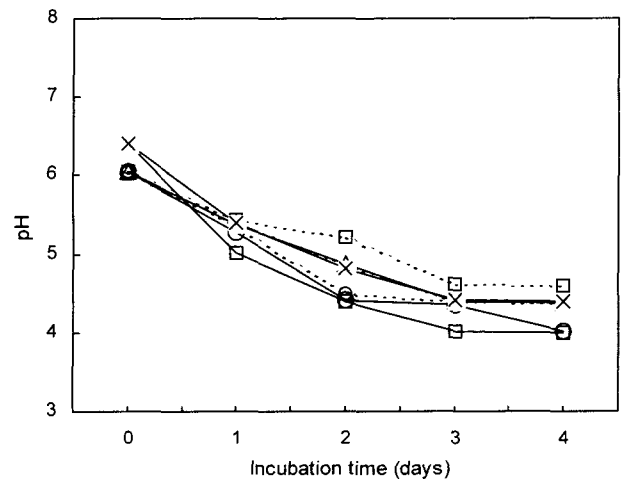


Fig. 4. The effect of various nutrients on pH in bread starter. —○—: sugar 5%, —○—: sugar 10%, —□—: salt 1%, —□—: salt 2%, —△—: oligosaccharide 5%, —△—: oligosaccharide 10, —x—: control.

Table 9. The effect of various nutrients on lactic acid bacteria and yeast growth (unit: cfu/g)

Micro-organism	Nutrients	Conc. (%)	Incubation time (days)				
			0	1	2	3	4
Lactic acid bacteria	Control		3.7×10^5	3.0×10^6	3.9×10^9	4.5×10^9	5.0×10^9
	Sugar	5	3.7×10^5	7.2×10^7	5.0×10^9	6.7×10^9	9.2×10^9
		10	3.7×10^5	6.0×10^7	5.2×10^9	6.2×10^9	8.2×10^9
	Salt	1	3.7×10^5	9.0×10^7	6.2×10^9	6.9×10^9	9.0×10^9
		2	3.7×10^5	4.2×10^6	5.0×10^8	3.8×10^9	1.0×10^9
	Oligosaccharide	5	3.7×10^5	6.3×10^6	5.2×10^9	4.0×10^9	5.0×10^9
		10	3.7×10^5	5.3×10^6	5.0×10^9	4.9×10^9	5.2×10^9
Yeast	Control		1.2×10^3	1.9×10^3	3.5×10^3	3.9×10^3	4.0×10^3
	Sugar	5	1.2×10^3	6.0×10^3	2.0×10^4	4.2×10^4	5.0×10^4
		10	1.2×10^3	6.0×10^3	3.0×10^4	3.2×10^4	2.3×10^4
	Salt	1	1.2×10^3	8.2×10^3	3.3×10^4	6.2×10^4	5.0×10^4
		2	1.2×10^3	9.8×10^2	1.2×10^3	3.0×10^3	3.2×10^3
	Oligosaccharide	5	1.2×10^3	9.0×10^2	7×10^2	7.2×10^2	6.0×10^2
		10	1.2×10^3	8.6×10^2	7.2×10^2	6.0×10^2	6.0×10^2

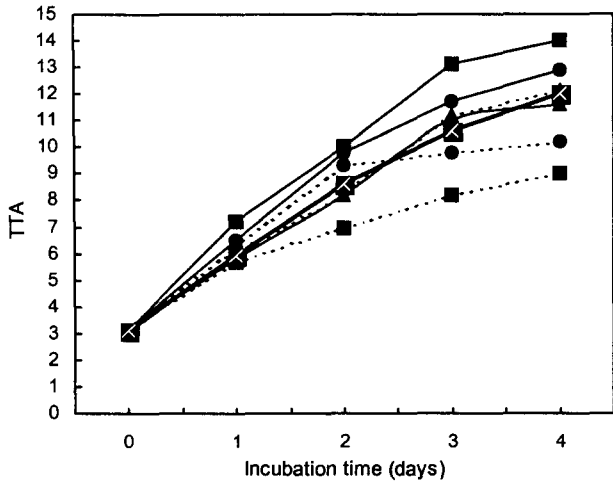


Fig. 5. The effect of various nutrients on TTA in bread starter. —●—: sugar 5%, ····●····: sugar 10%, —■—: salt 1%, ····■····: salt 2%, —▲—: oligosaccharide 5%, ····▲····: oligosaccharide 10, ×—×—: control.

젖산균의 생균수가 크게 증가하며 이에 따라 pH값은 감소하고 적정산도는 증가한다고 보고한 Cho(12)의 실험 결과와 유사하였다.

Starter에 식염을 첨가한 시험구는 배양 2일째의 pH값이 대조구의 4일째 배양한 pH값과 같은 값을 보여 식염의 첨가가 starter의 활성을 증가시키는데는 가장 효과적임을 나타내었다. 한편, 식염의 농도를 2% 사용한 경우에는 미생물 증식 속도가 현저하게 느려져 배양 4일째의 pH 값이 4.6으로 나타나 대조구에서 2일째 배양한 starter의 활성에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 올리고당의 첨가는 starter의 활성에 큰 영향을 주지 않았다.

영양원의 첨가가 bread starter의 발효 팽창력에 미치는 영향

설탕, 식염 및 올리고당을 각각 첨가한 starter의 팽창력을 조사한 결과(Fig. 6)를 보면 식염에 대한 영향이 가장 크며 다음으로 설탕의 영향이 컸다. 반면에 올리고당의 첨가는 starter의 활성을 감소시키는 것으로 나타났다.

한편, 각 영양원의 첨가 농도 별 영향을 보면 설탕을 첨가한 군에서는 10% 첨가군보다는 5% 첨가군의 팽창정도가 다소 높았다. 식염 2% 첨가군은 배양 2일째 식염 1% 첨가군에 비하여 팽창 정도가 약 30%정도 감소하였다. 올리고당을 첨가한 경우는 첨가농도에 관계없이 거의 비슷한 팽창 정도를 나타내었다.

Bread starter 첨가에 따른 빵의 특성

품질 특성 : 지금까지의 실험 결과에서 나타난 가장 적합한 starter의 배합 구성은 강력분 100%, 수분함량 110%, 설탕 5%, 식염 1%이었다. 이 배합을 이용하여 starter를 만들어 빵을 제조한 후 대조구와 비교한 빵들의 품질 특성은 Table 10과 같다.

Composite fineness는 대조구가 951를 그리고 starter를

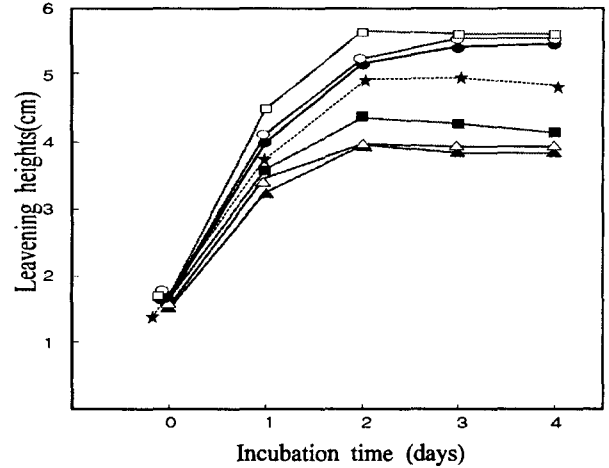


Fig. 6. The effect of various nutrients on the change of leavening height by bread starter during 4 days. ○—○—: sugar 5%, ●—●—: sugar 10%, □—□—: salt 1%, ■—■—: salt 2%, △—△—: oligosaccharide 5%, ▲—▲—: oligosaccharide 10%, ★—★—: control.

Table 10. Comparison of crumscan data between control and bread with starter

	Control	Bread with starter
Composite fineness	951	1018
Composite elongation	1.58	1.72
Crust thickness (inch)	0.0697	0.0398
Loaf volume (cub. inch)	125	115
Moulding errors	3	1

첨가한 빵이 1018을 나타내어 starter의 첨가에 의하여 기공의 미세함이 증가하였으며 또한 몰딩 에러도 대조구의 3개에 비하여 1개로 크게 감소하였다. 한편, 몰딩 에러는 반죽의 신장성과 크게 관련되며 반죽의 신장성은 pH에 의한 글루텐의 연화현상과 밀접한 관계를 갖는다(19). 본 실험에서 대조구의 1차 발효 후 pH가 5.5이었던 반면 시험구의 pH는 4.6을 나타내어 글루텐의 연화 정도가 대조구보다 커 미세한 기공 및 몰딩 에러를 감소시킨 것으로 추측된다.

한편, composite elongation은 대조구가 1.58을 그리고 시험구가 1.72를 나타내어 대조구의 기공이 더 둥근 형태를 나타냈으며 composite fineness의 값과 정비례적인 관계를 보였다.

빵의 체적은 대조구가 125 cub. inch를 그리고 시험구는 115 cub. inch를 나타내어 대조구의 체적이 시험구의 체적보다 다소 큰 것으로 나타났다. 한편 빵의 겉껍질 두께는 대조구가 0.0697 inch를 그리고 시험구가 0.0398 inch를 나타내어 시험구의 겉껍질이 대조구에 비하여 약 41% 정도 더 얇게 나타났다. 이러한 현상은 대조구 반죽에 비하여 시험구 반죽의 pH가 더 낮아 카라멜화가 지연되어 나타나는 효과(20)로 생각된다.

이상과 같은 빵의 품질 특성을 고려하였을 때 starter를 첨가한 빵의 품질 특성이 대조구보다 우수하였다.

관능 특성

대조구와 starter를 첨가하여 만든 빵의 관능검사 결과는

Table 11. Sensory evaluation of bread¹⁾

	Control	Bread with starter
Taste	3.3±0.334 ^{2)a3)}	3.7±0.66 ^a
Flavor	3.2±0.56 ^a	4.0±0.76 ^b
Texture	3.3±0.46 ^a	3.8±0.53 ^a
Color	3.2±0.22 ^a	3.5±0.52 ^a

¹⁾Score from 5=very good to 1=very poor.

²⁾Values are mean±SD.

³⁾Same letter in the same row are not significantly different at 5% level.

Table 11과 같다.

맛에 있어서는 대조구와 starter를 첨가한 빵은 유의적인 차이를 보이지 않았으나 풍미는 대조구에 비하여 유의적인 차이를 보였다. Cho(21)는 bifidobacterium을 이용한 빵의 제조 방법에서 bifidobacteria로 starter를 제조한 후 빵에 첨가하면 풍미가 아주 다른 빵이 제조된다고 보고하였는데 본 실험의 관능평가결과도 유사한 경향이였다. 한편, 조직감 및 색상에 있어서는 starter를 첨가한 빵이 높은 점수를 받았으나 대조구와 5% 수준에서 유의성은 없었다.

이상의 결과에서 starter를 첨가한 빵이 맛, 풍미, 색상 그리고 조직감에서 대조구보다 높은 평가를 받았다.

요 약

Starter 활성화에 미치는 요인들을 조사하기 위하여 밀가루 단백질 함량, 수분첨가비율 및 다양한 영양원을 첨가하면서 starter에 내재된 미생물의 생육과 pH 및 적정산도의 변화정도를 관찰하면서 최대의 활성을 나타내는 starter 배합을 제시하고자 하였다. 또한 완성된 starter를 빵 제조에 효모 대신 첨가하면서 식빵의 품질 및 관능 특성을 검토하여 천연 제빵 발효종으로서 starter의 상업적 이용 가능성을 타진하였다. 국내에서 시판되고 있는 밀가루에는 효모보다 젖산균의 수가 100배정도 더 많이 함유되어 있었다. 밀가루 단백질 함량이 많을수록 pH 및 적정산도의 변화가 적어 미생물의 생장에 더 안정적인 경향을 나타냈으며 단백질 함량은 강력분 수준(12.0%이상)이 starter 제조에 적합하였다. 수분 첨가함량이 60% 정도인 경우는 110% 이상인 경우보다 균수가 10배 이상 적었으며 수분함량이 200%인 경우는 pH 및 적정산도의 변화가 커서 오히려 starter의 활성을 저해하는 경향을 나타내었다. 따라서 적정 수분함량은 강력분인 경우 110%가 적정하였다. 식염 및 설탕의 첨가는 효모 및 젖산균의 수를 크게 증가시켰으나 올리고당은 거의 영향을 미치지 않았다. 한편 설탕의 농도가 10%이상 그리고 식염의 농도가 2%이상으로 증가되면 삼투압의 영향으로 균의 생장이 억제되는 경향을 나타내었다. Starter의 시험구 중 강력분을 사용하고 수분함량 110%에 설탕 5% 및 식염 1%을 사용한 starter의 발효 팽창력이 대조구보다 높았다. Starter를 첨가하여 만든 빵은 효모를 첨가하여 만든 빵에 비하여 체적을 제외한 모든 품질 특성에서 우수하였으며 특히 관능 특성에서 유의적으로 높

은 점수를 받았다. 이상의 결과를 종합해 보면 강력분, 수분 110%, 설탕 5% 및 식염 1%를 배합하여 3일 동안 30°C에서 refresh시킨 starter는 실제 제빵시 효모의 효과적인 대체제로서 사용할 수 있으며 상업적 이용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

문 헌

- Doerry W. 1998. Sourdoughs and breads. In *Technical Bulletin*. American Institute of Baking. Vol XX, Ch 7, p 1-3.
- Anonymous. 1982. *Leavened with life*. Universal Foods Ltd., Wisconsin, USA.
- Sugihara TF. 1977. Non-traditional fermentations in the production of baked goods. *Baker's Digest* 51: 76-80.
- Rajalakshimi R, Vanaja K. 1967. Chemical and biological evaluation of the effects of the fermentation on the nutritive value of foods prepared from rice and grains. *Brit J Food Sci* 21: 467-473.
- Kline L, Sugihara TF. 1971. Microorganism of San Francisco sour dough bread process. *Applied Microbiol* 21: 459-465.
- Barber S, Baguena R, Martinez-Anaya MA. 1985. Microflora de la masa madre panaria. *Rev Agroquim Technol Aliment* 25: 447-456.
- Magoffin CD, Hoseny RC. 1974. A review of fermentation. *Baker's Digest* 48: 22-27.
- Sugihara TF, Kline L, Miller MW. 1971. Microorganism of San Francisco sour dough bread process. *Applied Microbiol* 21: 456-458.
- Monthly Bakers Magazine*. 10. 2001. B&C World Inc, Seoul. p 46.
- Cho NJ, Lee SK, Kim SK, Joo HK. 1998. Effect of wheat flour brew with *Bifidobacterium bifidum* on rheological properties of wheat flour dough. *Kor J Food Sci Technol* 30: 832-841.
- Kim SY, Noh BS, Oh DK. 1997. Repeated fed-batch fermentation of wheat flour solution by mixed lactic acid bacteria. *Kor J Food Sci Technol* 29: 343-347.
- Cho NJ. 1998. The effect of composition of flour brew on growth and activity of lactic acid bacteria. *Kor J Food & Nutr* 11: 683-688.
- Doerry W, Hutz E. 2000. Sourdough starters and breads. *Technical Bulletin*. American Institute of Baking. Vol XXII, Ch 3, p 1-4.
- AACC. 1990. *Approved method of the AACC*. 8th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. p 110-116.
- Finny KF. 1984. An optimized straight dough bread making method after 44 years. *Cereal Chem* 61: 20-27.
- Manual of Interpretation of Crumbscan Output*. 2000. AIB, Kansas, USA.
- Larmond E. 1970. Methods for sensory evaluation of food. Canada Department of Agriculture, Canada. Publication No. 1284, p 1-3.
- Lorenz K. 1983. Sourdough process. *Baker's Digest* 57: 41-45.
- Cho NJ. 2000. Bread-making process. In *Baking Lab. Manual*. Yurim Publishing Co., Seoul. p 38-39.
- Kim DH. 1998. Browning reaction. In *Food Chemistry*. Tam Ku Dang, Seoul. p 417.
- Cho NJ. 1999. Bread-making process by use of *Bifidobacterium* sp. *Korean Patent* 0232418.

(2003년 7월 19일 접수; 2003년 11월 28일 채택)