

Characteristics of Sourdough Bread Prepared using *Bifidobacterium longum*, *Enterococcus faecium*, and *Lactobacillus acidophilus* as a Combination Starter

Dong Jin Chae¹, Kwang-Suck Lee² and Ki-Hyo Jang³

¹Department of Hotel Baking and Pastry Arts, Dong-u College, Sokcho 217-711, Korea

²Department of Culinary Service Management, Kyung Hee university, Seoul 130-701, Korea

³Department of Food and Nutrition, Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea

Bifidobacterium longum-*Enterococcus faecium*-*Lactobacillus acidophilus*를 스타터로 사용하여 만든 sourdough bread 제조 및 품질특성

채동진¹ · 이광석² · 장기효^{3*}

¹동우대학 호텔제과제빵과, ²경희대학교 조리·서비스 경영학과, ^{3*}강원대학교 식품영양학과

Abstract

The influence of two process parameters (starter and fermentation period) on sourdough bread qualities was investigated. *Bifidobacterium longum*/*Enterococcus faecium*/*Lactobacillus acidophilus* (a mixed culture) was used as a starter. The five production conditions tested were: Control (sourdough fermentation with yeast); LAB 1(fermentation with mixed culture); LAB 2 (fermentation with yeast and mixed culture, respectively); LAB 3 (fermentation with yeast and mixed culture); and LAB 4 (first fermentation with yeast and mixed culture, respectively, followed by a second fermentation using the combination). The LAB 4 process showed the most favorable fermentation characteristics upon CrumbScan analysis, and the highest specific bread volume (5.14 mL/g). These results were reflected in the sensory evaluation of bread produced by the LAB 4 process; the bread achieved an excellent overall acceptance ranking of 3.7. Upon firmness analysis, the LAB 2, LAB 3, and LAB 4 bread figures were 113.67 g, 111.97 g, and 113.50 g, respectively. Thus, the firmness of LAB 2, LAB 3, and LAB 4 bread was higher than that of the control (93.20 g), although the aroma compounds of bread produced by the five processes did not differ. These results show that LAB 4 bread had improved sourdough properties, compared to control.

Key words : *Bifidobacterium*, probiotics, sourdough bread, sourdough starter

서 론

최근 식생활 형태의 다양한 변화 등의 이유로 제빵산업은 주식인 쌀 다음 가는 시장규모를 가지고 있다. 일반적인 제빵법은 반죽에 인위적으로 효모를 첨가하여 이를 starter로 사용하는 한편, 효모와 유산균을 starter로 사용하는 sourdough 발효 식빵의 장점으로는 풍부한 풍미와 발효의 부산물에 의한 빵의 부피증대와 저장기간 연장 등이 있다(1-6). 유산균과 효모를 혼합하여 사용할 경우, 유산균에서

생성된 amino acids, peptides, vitamins 등이 효모에 의해 이용되어 발효를 촉진시킨다(4,7,8). 반죽에서는 천연적으로 *Lactobacillus sanfrancisco*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus faecium* 등의 다양한 미생물이 알려져 있으며 이들 미생물을 starter로 이용하고 있다(3,4,9,10).

발효빵을 이용한 관능평가 연구에 의하면, sourdough에서 acetic acid는 신맛을 강하게 하는 반면 lactic acid는 순한 맛을 내며, 한국인들은 lactic과 acetic acid의 비율이 3:1일 때 가장 선호도가 높았다(11,12). 따라서, 신맛 강도 조절을 위해서는 sourdough 제조시 사용균주의 선택이 중요하다. Starter는 발효방법과 발효조건에 따라서 starter의 품질이

*Corresponding author. E-mail : kihyojang@kangwon.ac.kr,
Phone : 82-33-570-6882, Fax : 82-33-570-6889

달라지므로 동일한 배합으로 제조하더라도 동일한 starter의 발효특성을 기대하기는 어렵다. Starter로 사용되는 미생물을 위생적인 환경이 확보되지 않은 시설에서 생산시, 다른 미생물에 의한 오염을 회피하기 어려우며 또한 미생물의 생산 batch가 달라짐에 따라 미생물의 활성이 달라질 수 있다. 국내 식품산업에서는 기능성이 규명된 유산균과 비피더스균을 개발하여 이를 GMP (Good Manufacturing Practice) 시설에서 건조 및 분말화하여 대규모로 생산하고 있다. 본 연구자들이 참여하였던 선행연구에서는 예비실험으로 쥐를 이용하여 이들 상업용 복합균주(*Bifidobacterium longum-Enterococcus faecium-Lactobacillus acidophilus*)를 식이의 2% 수준으로 경구투여한 다음 분변중에 남아있는 장내유산균의 수를 측정하였을 때, 유의적인 수준으로 증가한 결과를 도출하였다.

*B. longum*은 모유수유아의 분변에서 발견되는 장내유익균으로 장내유해균의 증식을 억제하며, *E. faecium*은 장질환 예방에 도움을 주며, *L. acidophilus*는 발효대사산물로 lactic, acetic acid를 함께 생산한다(13). 이들 생균제는 식품에 사용이 가능하며, 상업적으로 대량 구매가 가능한 probiotics 미생물이다. 산(acid) 생성 측면에서, *B. longum*은 acetic과 lactic acid를 함께 생성할 수 있는 반면, *E. faecium*과 *L. acidophilus*는 lactic acid를 생성한다.

Starter로 첨가한 상업용 복합균주가 제빵과정중의 고온 처리에 사멸되므로 위에서 언급한 생균을 섭취시 예상되는 인체내에서의 효능들이 없다. 하지만 발효도중 생성된 대사산물들이 반죽의 제빵특성에 영향을 줄 것이라는 판단과 식품위생이 담보된 시설에서 생산된 생균제를 사용함으로써, 최근에 빈번하게 발생하고 있는 식품 안전사고를 회피할 수 있다는 점에 착안하여 상업용 복합균주를 starters로 선택하였다. 이에 본 연구에서는 상업용 복합균주와 효모를 단독 또는 혼합 사용하여 sourdough bread를 제조하고 품질특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료 준비

본 실험에 사용한 상업용 복합균주(Mixed culture)는 *Bifidobacterium longum* (5.0×10^{10} CFU/g), *Enterococcus faecium* (1.0×10^{11} CFU/g)과 *Lactobacillus acidophilus* (1.0×10^{11} CFU/g)로 구성되어 있으며 Cell Biotech사(GyeongGi-Do, Korea)에서 구입하였다. 효모(*Saccharomyces cerevisiae*)는 생 효모로 Jenico Food사(Seoul, Korea) 제품을 사용하였다.

Sourdough starter 제조

제빵용 효모와 상업용 복합균주를 이용한 sourdough starter 제조는 다음과 같이 5가지로 제조하였다(Table 1).

Control 균은 강력밀가루 1,000 g, 물 1,000 g과 제빵용 효모 0.16 g을 넣어 반죽기(Kenwood, Havant, England)를 이용하여 5분간 혼합하여 플라스틱 용기에 담아서 일정한 온도 30°C와 상대습도 80%로 조정된 발효기(dough conditioner, Sungdonggiup Sa, GyeongGi-Do, Korea)에 넣어 20시간 발효하였다. LAB 1균은 강력밀가루 1,000 g, 물 1,000 g과 상업용 복합균주 1.4 g을 넣어 Control균과 같은 조건에서 20시간 동안 발효시켰다. LAB 2균은 강력밀가루 500 g, 물 500 g과 상업용 복합균주 1.4 g을 넣어 20시간 동안 발효시킨 것과 강력밀가루 500 g, 물 500 g과 제빵용 효모 0.16 g을 넣어 20시간 동안 발효시킨 것을 2분간 혼합하였다. LAB 3균은 강력밀가루 1,000 g, 물 1,000 g, 상업용 복합균주 1.4 g과 제빵용 효모 0.16 g을 넣어 20시간 동안 발효시켰다. LAB 4는 강력밀가루 500 g, 물 500 g과 상업용 복합균주 1.4 g을 넣어 15시간 동안 발효시킨 것과 강력밀가루 500 g, 물 500 g과 제빵용 효모 0.16 g을 넣어 15시간 동안 발효시킨 것을 2분간 혼합한 후 동일한 조건에서 10시간 동안 발효시켰다.

Sourdough bread 제조

강력밀가루의 양을 100으로 기준으로 sourdough starter를 35% 수준으로 첨가하여 Table 2의 배합율로 다음과 같이 제조하였다. 모든 재료를 믹싱볼에 넣고 1/2HP 수직 반죽기(SM-200, Sinmag Bakery Machine Co, SEC, Taiwan)를 이용하여 1단에서 1분, 2단으로 8분 동안 반죽하였다. 1차 발효는 온도 30°C, 상대습도 80%의 발효기에서 90분간 발효시켰다. 발효 후, 반죽을 450 g씩 분할하여 실온에서 15분간 중간발효를 시키고 반죽표면이 마르지 않게 천으로 덮어두었다. One-loaf로 성형하여 가로 21.5 cm, 세로 9.7 cm, 높이 9.5 cm인 식빵 틀에 넣어 팬닝하였다. 2차 발효는 온도 35°C, 상대습도 90%의 발효기에서 60분간 발효시킨 후, 윗불 185°C 밑불 170°C에서 전기식 3단 데크오븐(FAO-7103, Daeyung Bakery Machinery Co, Seoul, Korea)에서 28분간 구웠다. 완성된 식빵은 팬에서 꺼내어 실온에서 1시간 냉각시킨 후 비닐포장지에 담아 보관하였다.

CrumbScan 분석

완성된 5개 그룹의 sourdough bread를 각각 3개씩 oven에서 꺼내어 실온에서 24시간 방치 후, 식빵 절단기(Daeyung Bakery Machinery Co)를 사용하여 13 mm 두께로 절단하였다. 식빵의 왼쪽에서부터 순서대로 번호를 부여한 후, 식빵의 가장 중앙부분인 8번째의 단면을 실험에 이용하였다. 식빵의 특성 분석에는 CrumbScan (American Institute of Baking/Devore Systems, Manhattan, Kansas, USA)을 사용하였고, 이미지는 HP PSC 1310 series (Hewlett Packard, Palo Alto, CA, USA)를 이용하였다. 최종 결과의 객관성과 정확성을 높이기 위해서 한 구역에서 10% 이상 어둡거나

Table 1. Production of sourdough starters

	Ingredients				Time (hr)	Sourdough starter ³⁾	
	Flour (g)	Water (g)	Mixed culture (g) ¹⁾	Yeast (g) ²⁾		pH ⁴⁾	Volume changes (mL) ⁵⁾
Control ⁶⁾	1,000	1,000	-	0.16	20	4.2	225
LAB 1	1,000	1,000	1.4	-	20	4.1	80
LAB 2	500	500	1.4	-	20	4.3	225
	500	500	-	0.16	20		
LAB 3	1,000	1,000	1.4	0.16	20	4.1	190
LAB 4	500	500	1.4	-	15	3.9	240
	500	500	-	0.16	15		

¹⁾ *B. longum*-*E. faecium*-*L. acidophilus* ²⁾ *S. cerevisiae*. ³⁾ Data are from Chae *et al.* (22). ⁴⁾ pH at 20 hr (25 hr for LAB 4). ⁵⁾ Volume changes at 20 hr (25 hr for LAB 4). ⁶⁾ See Materials and Methods.

Table 2. Formula of sourdough bread

Ingredients	Flour basis (%)
Sourdough starter	35
Bread flour	100
Water	60
Yeast	1.5
Salt	1.5
Sugar	8
Margarine	3
Non-fat dry milk (SK-10001)	2
	1.5

¹⁾ Dough conditioner.

Table 3. Setting conditions of TA-XT2i texture analyzer for measurement of firmness

Mode	Force/Compression
Option	Return to start
Pre-test speed	1.0 mm/s
Test speed	1.7 mm/s
Post-test speed	10.0 mm/s
Strain	40%
Trigger type	Auto-5g
Data acquisition rate	250 pps

(intensity=0.1) 크기가 500 pixels (size=500) 이상으로 나타난 기공들은 성형 실수로 설정하였으며, 1 구역간의 중복율은 10% (overlap=0.1)로 하였다. 부피 측정은 식빵의 길이를 19.5 cm로 하여 가장 양호한 8번째 식빵의 단면을 각각 3개씩 분석하여 그 평균값으로 결과를 얻었다.

비용적 측정

Sourdough bread의 부피는 AACC methods 72-10 (14)의 종자치환법으로 측정하였고 빵의 무게를 측정한 후 부피를 무게로 나누어 비용적(mL/g)으로 나타내었다.

Firmness 측정

Sourdough starter로 제조한 sourdough bread의 firmness를 측정하였다. 측정은 Texture analyzer (TA-XT2i, Stable micro systems, Haslemere, England)를 이용하였고, 36 mm cylinder probe를 사용하였다. 측정할 식빵은 12.5 mm 두께로 슬라이스하였고, 식빵 덩어리의 끝부분에서 두 번째와 세 번째 식빵조각과 식빵 덩어리의 가장 끝부분인 식빵겉질을 제외한 두 조각의 식빵을 겹쳐서 사용하였다. 시료를 cylinder probe 아래 중앙에 놓고 매 실험마다 새로운 식빵을 사용하여 측정하였다. 각 시료는 거리 6.25 mm에서의 25% 압착을 받은 때의 압력을(15) 3회 반복 측정하여 그 평균값을 내었으며 사용한 측정조건은 Table 3과 같다.

Sourdough의 향 성분분석

Sourdough starter의 향 패턴 분석에 이용하기 위해서 발효 후의 시료 5 g씩을 취하여 40 mL vial (Supelco, Bellefonte, PA, USA)에 넣고 전자코는 semi-vocs 칼럼이 장착된 7100 FAST GC ANALYZER (Electronic Sensor Technology, CA, USA)를 사용하였다. 매 시료마다 두 번씩 독립적으로 준비한 시료를 이용하여 측정하였으며, 결과는 평균치로 나타내었다. 시료가 바뀔 때마다 빈 vial을 이용하여 칼럼의 오염도를 측정하였으며, 이 때 앞 시료의 전체 면적 대비 5% 이내의 수치로 다음 시료에 영향을 주었다.

관능검사

관능검사에는 sourdough starter를 첨가하여 만든 sourdough bread를 사용하였고 실온에서 1일간 방치한 후 검사에 이용하였다. 관능검사 요원은 동우대학 호텔제과제빵과 2학년 학생 20명을 선정하여 관능검사의 방법 및 중요성에 대하여 인지시키고, 관능검사 패널의 임무와 검사방법에 사용된 척도를 설명하였다. 예비실험은 제빵용 효모만으로 제조한 식빵과 본 실험에 사용한 혼합유산균을 넣어 제조한 식빵의 식별유무와 관능검사 평가항목에 측정방법을 적용하여 예비실험을 거친 후, 정량적 묘사분석(Quantitative Descriptive Analysis : QDA)을 실시하였다.

관능검사 시 흰색접시에 식빵의 절단면 가장 끝부분을 제외한 1조각을 각각 제공하였고, 검사에 사용된 척도방법은 5점 척도법으로 평가항목은 Pylar (16)에 의해 제시된 항목들인 속질의 색(crumb color), 기공의 상태(grain), 촉감(texture), 향(flavor), 맛(taste)과 전체적인 품질(overall acceptance)을 측정하였다.

통계처리

자료는 1-way analysis of variance (ANOVA) 방법으로 통계처리 하였다(17). 분석 결과를 평균값±표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

CrumbScan에 의한 빵의 특성분석

분석기기를 이용한 빵의 품질분석은 대부분 반죽 단계의 분석에서 진행되며, 빵 품질평가는 대부분 관능검사에 의존하고 있는 실정이므로 미국의 AIB (American Institute of Baking)에서 개발한 CrumbScan 분석방법을 본 연구에 적용하였다(18). CrumbScan은 빵의 속질 기공의 조밀도, 속질 기공의 형태, 제품의 부피와 껍질의 두께 등 4가지의 제품특성을 객관적으로 측정할 수 있는 분석법이다(19). 제빵용 효모와 상업적 복합균주를 이용하여 제조한 sourdough starter로 만든 sourdough bread의 특성을 비교분석하기 위한 CrumbScan의 영상분석 결과는 Fig. 1과 같다. CrumbScan 영상분석에서 나타난 흰 사각형은 분석에 필요한 소구획(2.2 cm × 2.2 cm)을 나타내며, sourdough bread의 부피, 기공의 조밀도와 형태, 껍질 두께의 결과는 Table 4에 나타내었다. Table 4에 나타난 결과를 보면 LAB 4와 LAB 2의 부피가 각각 2,141와 2,102 mL로 나타나 대조구의 부피인 1,865 mL보다 유의적으로 높은 결과를 보였다. 빵의 부피는 반죽의 특성과 발효율에 의하여 결정되어지며, 제품의 품질평가에서도 매우 중요한 부분이다. 본 실험의 결과 제빵용 효모나 상업적 복합균주를 단독으로 사용한 경우보다 효모나 상업적 복합균주를 혼합하여 사용했을 경우

부피가 증가하는 것으로 나타나서 Corsetti 등(15)의 실험결과와 유사함을 보였다. 식빵의 부피 감소는 외형적으로나 내부적으로도 품질의 저하를 가져오며, 전반적으로 빵 내부의 색이 어둡고 기공의 조밀도(fineness)는 높게 나타난다. LAB 1의 조밀도가 869로 가장 높았으며 LAB 4은 806로 가장 낮았으므로 대체적으로 부피가 클수록 기공의 조밀도는 낮았으나, 유의적인 차이는 없었다. 기공의 형성은 발효하는 과정 중에 글루텐이 가스를 포집하여 만들어진 것으로 기공의 조밀성, 형태와 얇은 세포벽의 기공이 일정한 크기로 형성되어진 벽의 두께에 따라 영향을 받는다(15). 조밀도는 속질에 있는 기공의 크기이며, 기공의 평균조밀도가 높아지면 속질의 기공이 조밀하다. 기공의 찌그러짐 정도는 제품의 부드럽고 매끄러운 조직을 형성하는 기공의 조밀성과 매우 밀접한 관계에 있으며, 기공의 형태(elongation)는 반죽의 되기, 발효과정과 굽기 과정에 의한 껍질의 형성으로 인하여 팽창에 영향을 받는다(20). 기공의 형태는 기공의 긴 축과 짧은 축의 거리를 비교한 것으로 둥근 형태가 1.0으로 나타나고 기공이 찌그러질수록 수치가 높아진다(21). 대조구가 1.41에 비하여 LAB 2는 1.56으로 찌그러짐의 정도가 높았고, 반면에 LAB 4는 1.42로 낮았다. 기공의 조밀도가 높으면 찌그러짐의 정도가 높은 것으로 나타나며 그룹들간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 껍질(thickness)은 반죽의 표면과 근접한 내부의 수분 증발이 되는 부분 사이에서 일직선 모양으로 형성되며, 껍질의 두께가 두꺼워거나 거칠어서 부수지기 쉬운 형태가 아니어야 한다. Sourdough bread 껍질의 두께는 대조구가 0.27 cm로 가장 얇았으며, LAB 4는 0.38 cm로 가장 두껍게 나타나 유의적인 차이를 보여 상업적 복합균주와 제빵용 효모를 각각 사용한 것보다 상업적 복합균주와 제빵용 효모를 함께 사용하여 제조한 sourdough bread의 껍질의 두께가 두꺼운 것으로 나타나 상업적 복합균주의 사용에 영향을 받는 것으로 사료된다.

한편, Lee (18)는 제빵공정에 따른 껍질의 두께 변화를 비교하였을 때, 굽기 온도가 높을수록, 단백질은 함량이 많을수록, 반죽시간이 짧을 때, 그리고 굽기 시간이 증가할수록 빵 껍질의 두께는 증가한다고 설명하였다. Sourdough 발효는 사용미생물과 발효조건에 따라 반죽의 pH, 산성도,

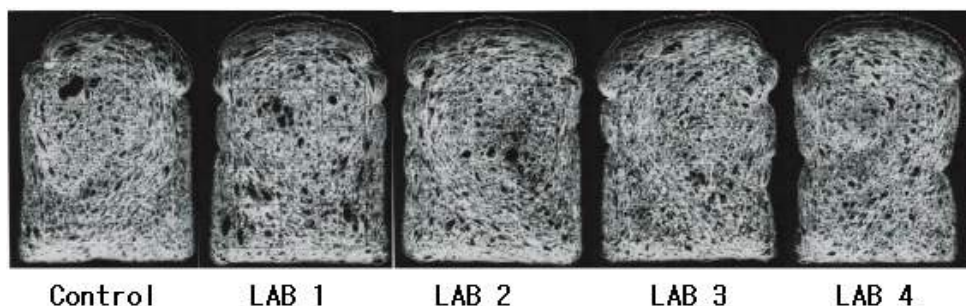


Fig. 1. Images of CrumbScan result of sourdough bread produced by various sourdough starters. See Materials and methods for abbreviations.

Table 4. Characteristics of sourdough breads produced by various sourdough starters

	Control ¹⁾	LAB 1	LAB 2	LAB 3	LAB 4
Bread volume(cc)	1,865±97 ²⁾	1,980±11 ^b	2,102±43 ^c	2,075±64 ^{bc}	2,141±24 ^c
Crumb fineness	854±11	869±59	847±29	808±22	806±41
Crumb elongation	1.41±0.05	1.56±0.03	1.48±0.15	1.46±0.02	1.42±0.05
Crust thickness(cm)	0.27±0.01 ^a	0.30±0.03 ^{ab}	0.35±0.03 ^{bc}	0.29±0.05 ^{ab}	0.38±0.05 ^c

¹⁾See Materials and methods for abbreviations.

²⁾Mean±SD with the letter are significantly different (p<0.05).

CO₂ 가스 생성에 의한 발효율 등에서 차이가 발생하며, 결과적으로 이를 사용하여 빵을 제조시에도 빵의 품질에 영향을 준다(1,2,5,6). Table 1에 나타난 것과 같이, LAB 4의 발효기간이 25시간으로 다른 4가지의 비교군에서 적용한 20시간 보다 높다. 본 연구에서 비교된 5가지의 조건중에서는 LAB 4의 경우 반죽의 pH는 3.9로 가장 낮았으며, 반죽을 mess cylinder에 넣어 sourdough의 부피를 측정 한 결과에서도 20시간과 25시간에서 각각 290 mL와 240 mL로 나타나 다른 군들보다 발효율이 높게 나타났다(22). 반죽의 결과로 판단해볼 때, LAB 4에서 적용된 긴 발효시간과 starter의 조성 차이가 반죽의 발효를 촉진하는 결과를 가져왔다고 생각된다. Chang과 Ahn (7)의 연구에서는 sour liquid ferments와 효모의 발효팽창력을 비교시, 효모를 단독으로 사용한 것 보다는 높다고 보고하였으며, 이러한 결과는 sour liquid ferments 사용시 반죽의 pH를 변화시켜 효모의 생육을 촉진시키는 이유에서 기인한다고 설명하였다.

Sourdough bread의 비용적과 firmness

빵의 품질을 평가하는 주요한 항목중의 하나인 sourdough bread의 비용적과 firmness의 측정결과를 Table 5에 나타내었다. 식빵의 비용적은 반죽의 특성 및 발효, 단백질 함량 등에 의하여 결정되는데(23), 4.55 mL/g인 control에 비해 LAB1, LAB 2, LAB 3과 LAB 4의 비용적은 각각 4.91, 5.02, 4.58, 5.14 mL/g으로 높고, 특히 LAB 4의 비용적이 가장 크게 나타나 유의적인 차이(p<0.05)를 보였다. 결과적으로 제빵용 효모만을 사용하였던 control 식빵

Table 5. Specific volume and firmness of sourdough breads produced by various sourdough starters

Type	Specific volume(mL/g)	CFV(g) ¹⁾
Control ²⁾	4.55±0.16 ³⁾	93.20±13.35 ^a
LAB 1	4.91±0.28 ^{ab}	99.57±10.07 ^{ab}
LAB 2	5.02±0.21 ^{ab}	113.67±3.26 ^b
LAB 3	4.58±0.41 ^a	111.97±0.86 ^b
LAB 4	5.14±0.27 ^b	113.50±8.67 ^b

¹⁾Compression Force Value.

²⁾See Materials and methods for abbreviations.

³⁾Mean±SD with the letter are significantly different (p<0.05).

보다 상업적 복합균주와 제빵용 효모를 함께 사용하여 제조한 sourdough starter로 만든 sourdough bread LAB 1, LAB 2, LAB 3, LAB 4의 비용적이 크게 나타났다. Barber 등(24)은 starter로 유산균을 사용하여 제빵효모와 비교하였을 때, 빵의 부피가 증가하고 부드러운 조직이 형성되었다고 보고 하였는데, 부피의 증가는 제품의 식감을 향상시키므로 본 연구에서 사용한 상업적 복합균주를 starters로 사용시 제빵 특성에 도움을 줄 것으로 생각된다. Sourdough bread crumb의 firmness (경도) 결과는 대조군에 비해 LAB 2, LAB 3과 LAB4의 firmness가 유의적인 차이를 보였다. 이러한 결과는 상업적 복합균주와 효모를 혼합하여 사용할 경우 빵의 딱딱함이 증가한다는 것을 의미한다. Corsetti 등(15)은 유산균 starters를 달리하면서 효모와 발효시 빵의 firmness는 사용한 starter의 종류에 따라 달라지며 빵의 저장기간이 증가할수록 firmness가 증가한다고 보고하였다. Gul 등(2)의 실험에서도 *S. cerevisiae*와 여러 종류의 유산균을 이용한 sourdough bread 제조에서 사용하는 유산균의 종류에 따라 crumb firmness가 다르게 나타났다. 한편 Martin (25)은 빵 crumb의 딱딱함은 단백질 fibrils와 빵의 가열공정에서 생성되는 전분입자와의 결합에서 나타난다고 설명하였다.

Sourdough bread의 향 성분 분석

발효조건에 따른 상업적 복합균주와 효모의 첨가에 의한 sourdough bread의 향 성분을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. Sourdough bread에서는 0.62초, 1.37초와 4.90초에서 생성된 향들이 주요 향 성분 이었으며, sourdough starter에서 소량 형성되었던 3.65초, 4.45초와 6.25초의 향 성분들이 검출되었으나 군 간의 차이점은 작았다. 발효하는 동안에 미생물이나 단백질 분해효소인 wheat protease 활성은 아미노산을 생성한다. 또는 효모에 의해 사용되거나 굽는 동안 아로마 혼합물로 변형될 수 있다(4). 발효방법 차이에 따른 향성분의 조성 차이가 예상되지만, 반죽 후 이를 이용한 빵제조과정 중의 고온처리나 또는 sourdough bread 제조에 사용한 sourdough starter의 양이 35%로 낮아서 그룹간의 향 성분차이가 미비한 것으로 판단된다.

Table 6. Aroma compounds (% area of total peaks) in sourdough bread according to sourdough starters

Retention time (sec) ¹⁾	Control ²⁾	LAB 1	LAB 2	LAB 3	LAB 4
0.62	34.2±5.2 ³⁾	36.2±1.4	38.2±0.8	39.7±5.8	34.9±0.1
0.95	- ⁴⁾	-	-	-	-
1.37	27.7±0.5	33.7±0.9	31.3±0.4	29.6±4.0	27.1±0.1
1.95	-	-	-	-	-
2.05	-	-	-	-	-
2.40	-	-	-	-	-
3.35	-	-	-	-	-
3.65	-	2.1±1.2	0.6±0.9	-	2.4±1.2
3.95	-	-	-	-	-
4.45	2.8±0.5	3.1±0.8	7.7±1.2	3.6±0.1	2.4±0.6
4.90	26.8±1.7	18.8±1.4	18.0±0.9	19.7±1.0	28.9±1.6
5.75	-	-	-	-	-
6.25	3.4±0.1	3.5±0.4	1.5±0.1	4.3±1.0	2.1±0.3
7.95	-	0.8±1.2	-	1.6±0.2	1.1±1.6
8.05	3.0±4.3	-	0.8±1.1	-	-

¹⁾Retention time±0.03 (sec).

²⁾See Materials and methods for abbreviations.

³⁾Mean±SD without the letter are not significantly different (p<0.05).

⁴⁾Where in blank, no or little peaks (<0.2%) were found.

Sourdough bread의 관능검사

Sourdough bread의 관능검사결과는 Table 7에서 보이는 것과 같이 식빵의 내부 색은 LAB 1과 LAB 2가 밝은 것으로 나타났으며 LAB 3과 LAB 4에서 각각 3.0으로 높게 나타났다. Crumb의 색에 대한 평가는 2.6~3.0으로 전반적으로 낮게 나타났으나, 유의적인 차이는 나지 않았다. Lee (18)는 단백질 함량이 많을수록 껍질의 색상은 밝아지며, 반죽의 발효기간이 증가할수록 껍질의 색상이 효소의 작용에 의하여 어두워진다고 하였는데, 본 연구에서 발효기간이 25시간으로 가장 긴 LAB 4에서 색상이 가장 어둡게 나타난 결과는 이들 연구 결과와 유사함을 보여준다. 기공은 CrumbScan의 결과에서 기공의 찌그러짐이 가장 낮은 LAB 4가 조직(grain) 검사에서는 가장 균일한 것으로 나타났고, 기공의 찌그러짐이 가장 높은 LAB 3이 가장 불규칙한 것으로 평가되었으나 전반적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 촉감(texture)은 직접 손으로 만져봤을 때 부드러움을 느끼는 정도로 LAB 4가 가장 부드러웠으며, *S. cerevisiae*

Table 7. Sensory characteristics of sourdough breads according to sourdough starters

	Control ¹⁾	LAB 1	LAB 2	LAB 3	LAB 4
Crumb color	2.8±0.6	2.6±0.6	2.6±0.7	3.0±0.7	3.0±0.8
Grain	2.8±1.0	3.1±0.8	3.0±0.7	3.3±0.6	2.7±0.9
Texture	2.8±0.6 ^{b2)}	2.2±0.5 ^a	2.3±0.8 ^a	2.2±0.7 ^a	2.1±0.6 ^a
Flavor	2.9±0.9	3.3±0.7	3.0±0.7	3.3±0.7	3.3±0.9
Taste	2.7±0.9 ^a	2.9±0.8 ^{ab}	3.1±0.9 ^{ab}	3.3±0.7 ^b	3.1±0.9 ^{ab}
Overall acceptance	2.8±0.8 ^a	3.05±0.6 ^a	3.2±0.8 ^{ab}	3.2±0.9 ^{ab}	3.7±0.9 ^b

¹⁾See Materials and methods for abbreviations.

²⁾Mean±SD with the letter are significantly different (p<0.05).

만을 사용한 대조구가 가장 단단한 것으로 평가되었다. 향(flavor)에 대한 평가는 LAB 1, LAB 3과 LAB 4가 좋게 나타났고, 그에 비해 상업적 복합균주와 *S. cerevisiae*를 각각 발효시켜 혼합한 LAB 2는 선호도가 낮았으며, *S. cerevisiae*만을 사용한 대조구가 가장 낮게 평가되었으나, 유의적인 차이는 없었다. 맛(taste)에 대한 평가는 LAB 3이 가장 좋게 나타났고, LAB 2, LAB 4와 LAB 1 순으로 선호하였고 유의적인 차이를 보였다. 전체적인 품질 평가(overall acceptance)에서는 대조구와 비교하였을 때 LAB 4를 가장 선호하였고, LAB 2, LAB 3과 LAB 1 순으로 선호도가 평가되었으며, 유의적인 차이를 보였다. 결론적으로, LAB 4로 만든 sourdough bread의 기공이 가장 균일하였으며 촉감에 대한 평가도 가장 부드러운 것으로 나타났고 향과 맛에 대한 평가도 대체적으로 좋은 편이었고 전체적인 품질평가에서도 가장 높게 평가된 결과로 대부분의 평가항목에 LAB 4로 만든 sourdough bread를 선호하였다.

요 약

상업적 복합균주와 효모를 sourdough starter로 사용하여 5가지의 시료를 다음과 같이 준비하였다. 제빵용 효모만을 사용한 control군, 상업용 복합균주를 사용한 LAB 1군, 상업용 복합균주와 효모를 각각 발효한 후 합친 LAB 2군, 상업용 복합균주와 효모를 함께 사용하여 발효한 LAB 3군, 상업용 복합균주와 효모를 사용하여 각각 발효하여 합친 후 다시 10시간 발효한 LAB 4군을 사용하여 제조한 발효식빵의 제빵특성은 다음과 같다. CrumbScan에 의한 영상분석의 결과로 LAB 4의 부피가 2,140 cc로 가장 큰 것으로 발효율이 가장 높았던 LAB 4의 부피가 가장 크게 나타났다. 기공의 조밀도는 부피가 가장 큰 LAB 4가 806로 가장 낮게 나타났고, 기공의 찌그러짐 정도는 기공의 조밀도가 가장 높았던 LAB 1이 1.56으로 가장 높은 것으로 나타났다. 껍질의 두께는 대조구가 가장 얇았고 LAB 4가 가장 두껍게 나타나 유의적인 차이를 보였다. Sourdough bread의 비용적 측정결과는 발효율이 가장 높았던 LAB 4의 비용적은 5.14 mL/g으로 가장 높게 나타났다. Firmness 측정결과는 93.2 g인 대조구에 비해 LAB 2, LAB 3과 LAB 4에서의 firmness 측정치는 각각 113.67, 111.97, 113.50 g로 높게 나타났다. 관능검사 결과에서 식빵의 내부색은 전반적으로 밝게 평가되었으며, LAB 4의 기공이 가장 균일한 것으로 나타났고 촉감도 가장 부드러운 것으로 평가되었고, 전체적인 품질평가에서도 3.7을 나타내어 가장 선호하는 것으로 나타났다. 결과적으로 대부분의 평가항목에서 LAB 4로 만든 sourdough bread를 선호하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- Gobbetti M (1988) The sourdough microflora: Interactions of lactic acid bacteria and yeasts. Trends Food Sci Technol, 9, 267-274
- Gul H, Ozcelik S, Sagdie O, Certel M (2005) Sourdough bread production with lactobacilli and *S. cerevisiae* isolated from sourdoughs. Process Biochem, 40, 691-697
- Kline L, Sugihara TF (1971) Microorganism of the San Francisco sour dough process II, Isolation and characterization of undescribed bacterial species responsible for the souring activity. Appl Microbiol, 21, 459-465
- Meignen B, Onno B, Gélinas P, Infantes M, Guilois S (2001) Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. Food Microbiol, 18, 239-245
- Wehrle K, Arendt EK (1988) Rheological changes in wheat sourdough during controlled and spontaneous fermentation. Cereal Chem, 75, 882-886
- Wick M, Stolz P, Bocker G, Lebeault JM (2003) Influence of several process parameters on sourdough fermentation. Acta Biotechnol, 23, 51-61
- Chang JH, Ann JB (1996) Effect of lactic acid bacteria on the qualities of white pan bread. Korean J Food Nutr, 9, 509-515
- Heunisen A, Schieberle P (2005) Generation of aroma compounds during sourdough fermentation : applied and fundamental aspects. Trends Food Sci Technol, 16, 85-94
- Galal AM, Johnson JA, Vamiano ME (1977) Lactic acid volatile(C2-C5) organic acids of San Francisco sourdough french bread. Cereal Chem, 55, 461-468
- Nachf OS (1995) Sourdough or sour dough Baking & Snack, 17, 86
- Decock P, Cappelle P (2005) Bread technology and sourdough technology, Trends Food Sci Technol, 16, 113-120
- 김웅일 (2000) 사워도 만들기. 월간 제과제빵, 105, 122-125
- Choi KO, Nguyen HH, Kwak HS (2010) The role of the immune system in the use of probiotic lactic acid bacteria in preventing and treating allergic diseases. Korean J Food Sci Ani Resour, 30, 1-12
- AACC (1995) Approved methods of the AACC, 9th ed, Method 02-25 : pH and TTA determinations. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA
- Corsetti A, Gobbetti M, Balestrieri F, Paoletti F, Russi J, Russi L (1998) Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. J Food Sci, 63, 347-351
- Pyler EJ (1988) Physiological and chemical test methods. In: Baking Science & Technology, 3rd ed, Vol. 2, Sosland Publishing Company, KS, USA, p 903-907
- Albright SC, Winston WL, Zappe C (1999) Data analysis and decision making with Microsoft Excel. Pacific Grove, Calif. Brooks/Cole Publishing Co, California, USA
- Lee KS (2001) Studies on the evaluation of fermented white pan bread by digital image analysis. PhD thesis, Dongguk University, Seoul, Korea
- Don Pickering (1996) Evaluate product crumb accurately. Bakery Production and Marketing, January 15
- Wiggins C (1988) Proving baking and cooling. In: Technology of breadmaking. Thomson Science, NY, USA, p 133-136
- Lee KS, Noh WS (2002) Objective measurement of characteristics of white pan bread using a commercial Korean wheat flour. Korean J Soc Food Cookery Sci, 18, 206-210
- Chae DJ, Lee KS, Jang KH (2010) Fermentation characteristics of flour sourdough using mixed lactic acid bacteria and *Bifidobacterium longum* as starters. J East Asian Soc Dietary Life, 20, 743-750
- He H, Hoseney RC (1992) Effects of the quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. Cereal Chem, 69, 17-19
- Barber B, Ortola C, Barber S, Fernande ZF (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
- Martin ML (1989) Rethinking bread firmness. PhD thesis, Kansas State University, KS, USA