

Probiotics와 *Saccharomyces cerevisiae*를 이용한 starter 사용량이 발효빵의 품질에 미치는 영향

채동진¹, 이광석², 장기효^{3*}

¹동우대학 호텔제과제빵과, ²경희대학교 조리·서비스경영학과, ³강원대학교 식품영양학과

Effect of Amount of Probiotics and Yeast as Starter on Quality Characteristics of Sourdough Bread

Dong Jin Chae¹, Kwang-Suck Lee² and Ki-Hyo Jang^{3*}

¹Department of Hotel Baking and Pastry Arts, Dong-u College

²Department of Culinary Service Management, Kyung Hee University

³Department of Food and Nutrition, Kangwon National University

요 약 생리활성, 물성 및 관능적인 특성 등이 개선된 발효빵의 개발을 위하여 복합 생균제와 제빵효모의 적정 사용량 규명을 위한 연구를 수행하였다. 복합 생균제와 제빵효모(*Saccharomyces cerevisiae*)의 초기 사용량은 각각 1.5 : 0.1(Test 1군), 0.3 : 0.02(Test 2군), 0.15 : 0.01(g/g)(Test 3군)였다. 복합 생균제의 사용으로 반죽내의 생균제 균수는 244~642배 증가하였으며, 반죽의 pH는 산성화 되었다. 복합 생균제를 사용한 반죽의 pH와 비교시, 제빵효모를 사용하여 15시간 발효한 반죽의 pH는 상대적으로 높게 나타났다. 스타터균의 사용량을 달리한 세 가지 그룹들 중에서, 빵의 부피와 경도, 식빵겉질의 두께, 기공의 형태, 압박력 지수, 빵의 비용적 등에서 유의적인 차이가 없었다. 그러나, 관능평가에서는 발효빵의 향, 맛 및 전체적인 기호도는 Test 2군에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 결과적으로, Test 1군과 Test 3군들보다 Test 2군에서 우수한 제빵특성을 보였다.

Abstract The principal objective of this study was to provide the basic information on the sourdough bread made with probiotics and yeast(*Saccharomyces cerevisiae*) and to establish an optimum formula for the development of sourdough bread with high physiological, textural and sensory quality characteristics. The following mixing ratios of probiotics and yeast were used: Test 1, probiotics: yeast = 1.5 : 0.1; Test 2, 0.30 : 0.02; Test 3, 0.15 : 0.01(g/g). Fermentation using sourdough resulted in increase in number of probiotics in sourdough by 244~642 times but reduced pH in sourdough. Contributions by yeast in pH in sourdough were not as high as probiotics after the first fermentation of 15 hrs period of the dough. Among the three groups, bread volume, crumb firmness, crumb thickness, crumb elongation, compression force value, and specific volume of bread of bread were not significantly different. However, in sensory evaluation, flavor, taste, overall acceptance in sourdough produced by Test 2 markedly improved($p<0.05$). These results show that Test 2 bread had improved sourdough properties, compared to Test 1 bread and Test 3 bread.

Key Words : Bread, *Bifidobacterium*, Probiotics, Sourdough, Yeast

1. 서론

최근 들어 밀가루에 물을 첨가하여 장시간 숙성과정을 거쳐 획득된 천연 미생물이나 스타터 균을 제빵의 원료로 사용하여 제조하는 sourdough bread에 대한 선호도가

높아지면서 이에 관한 연구 및 상업적인 생산이 증가하고 있다[1-3]. Sourdough bread에는 빵의 발효에 필수적인 효모 이외에도 유산균 등이 첨가되며, 이들 미생물들이 생성하는 복합적인 성분에 의하여 빵의 풍미, 신선도, 저장성, 소화성 및 영양적인 생리 기능이 개선된다

*교신저자 : 장기효(kihyojang@kangwon.ac.kr)

접수일 11년 04월 22일

수정일 (1차 11년 05월 10일, 2차 11년 05월 16일)

게재확정일 11년 06월 09일

[1-3]. 독특한 신맛을 가지는 sourdough는 발효에 관여하는 유산균의 종류에 따라 큰 영향을 받으며, 사용 유산균은 제빵효모와 상호간에 영향을 주고 받으며 sourdough를 만든다[4]. 반죽에 존재하는 유산균의 종류에 따라서 탄수화물의 유기산 전환에 따른 글루텐의 유연성과 가스 보유력, 초산과 유산의 양적인 밸런스가 달라진다[4]. 또한, 빵의 기호성을 평가하는 중요한 지표의 하나인 fermentation quotient(FQ; 유산과 초산의 몰비)를 결정하는 유산은 정상발효유산균과 이상발효유산균에서 생성되며, 초산은 이상발효유산균에서만 생성된다[4,5]. 초산은 글루텐을 단단하게 하는 특성이 있으며, 유산은 글루텐 구조를 탄력성 있게 만드는 효능이 있다[6].

Sourdough bread 제조와 관련하여 *Bifidobacteria*[7], *Lactobacillus* 속[1,8], *Enterococcus* 속[9]등이 사용되고 있다. *Bifidobacterium longum*의 경우, fermentation quotient는 0.88이며, 빵에 적용시 향, 질감, 관능적 평가 등에서 효모만을 사용한 제품보다 우수하다고 알려져 있으며, 유산균의 대사작용에 의한 대사물질과 제품의 낮은 pH 등의 이유로 발효빵의 저장성이 향상된다[10,11]. *Lactobacillus acidophilus*균은 위산, 담즙산 등에 대한 내산성이 뛰어나고, 다양한 항균물질을 생산하여 부패균 및 병원성균에 대한 억제효능이 우수한 정상발효유산균으로, sourdough에서 존재하는 것이 확인되었다[4]. 이와같이 유산균과 비피더스균은 천연반죽에서 발견되며, 뛰어난 기능성이 알려진 많은 유산균들이 있다. 하지만, 이들 미생물들을 실제로 제빵에 적용하기 위해서는 이들 미생물의 발효에서 생성되는 대사산물들을 섭취시 인체에서 안전성이 규명된 GRAS(Generally Recognized As Safe) 미생물만을 사용하여야 한다[8]. 현재까지, 수 많은 유산균들이 다양한 경로로 개발되어 발효빵 제조에 스타터(starter)로 사용되고 있으나[1,2,3,8], 충분한 안전성 검증 연구가 뒷받침되었는지에 대해서는 미지수이다. 국내에서 상업적으로 사용되는 유산균은 수 십종으로 제한되므로 본 연구에서는 GMP(Good Manufacturing Practice) 시설에서 생산된 유산균으로 범위를 제한하여 스타터균을 선정하였다. 또한, 이러한 안전성이 확보된 유산균은 가격적인 측면에서 고비용이라는 불리한 측면이 있으므로, 이들 미생물의 첨가에 따른 효능을 담보하는 최소사용량을 규명하는 노력이 필요하다. 이에 본 연구는 현재 상업적으로 대량 구매가 가능한 probiotic 미생물인 *B. longum*, *E. faecium*과 *L. acidophilus*가 probiotics을 *Saccharomyces cerevisiae*와 혼합하여 사용하고 probiotics와 효모의 첨가량을 달리하면서 sourdough 발효를 진행하여 완성된 sourdough bread의 이화학적 특성을 분석하고 첨가비율을 최적화하는 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

사용한 미생물은 *Bifidobacterium longum* KCTC 5734, *Enterococcus faecium* KCTC 13410, *Lactobacillus acidophilus* KCTC 3925가 생균수 기준으로 1:2:2로 혼합된 제품으로 Cell Biotech사(Gimpo, Gyeonggi-Do, Korea)에서 GMP 시설에서 발효된 후 동결건조된 제품을 구입하였다. 효모(*S. cerevisiae*)는 생 효모로 Jenico Food 사(Seoul, Korea) 제품을 사용하였다. 밀가루(강력분, Samyang Milmax Co., Asan, Chungcheongnam-do, Korea), 설탕(Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea) 그리고 SK-100(dough conditioner, Shinkwang Food Co., Ltd, Gimhae, Gyeongsangnam-do, Korea)을 사용하였다.

2.2 Sourdough starter 제조

Probiotics균과 효모를 이용한 sourdough starter의 혼합 비율을 달리한 시료를 제조하였다(표 1).

[표 1] 스타터 미생물의 함량과 발효조건

[Table 1] Composition and fermentation condition of sourdough starters

	Ingredients				Temp. (°C)	Time (hrs)
	Flour (g)	Water (g)	Probiotics ¹⁾ (g)	Yeast (g)		
Test 1	500	500	1.50	-	30	15
	500	500	-	0.10	30	15
Test 2	500	500	0.30	-	30	15
	500	500	-	0.02	30	15
Test 3	500	500	0.15	-	30	15
	500	500	-	0.01	30	15

¹⁾ *B. longum*, *E. faecium* and *L. acidophilus*.

강력밀가루 500 g, 물 500 g과 probiotics균을 각각 1.5 g(Test 1 군), 0.3 g(Test 2 군), 0.15 g(Test 3 군)을 넣어 15시간 동안 발효시킨 것과 강력밀가루 500 g, 물 500 g과 효모를 각각 0.1 g(Test 1 군), 0.02 g(Test 2 군), 0.01 g(Test 3 군)을 넣어 15시간 동안 발효시킨 것을 2분간 혼합한 후 동일한 조건에서 10시간 동안 발효시켰다. 비교군 3가지 모두 30°C 항온기에서 총 25시간 발효시켰다.

2.3 생균수 측정

Probiotics균 배양을 위한 배지는 MRS agar(DIFCO, St. Louis, MO, USA)를 가압습식법으로 살균하여 냉각한 다음 여기에 여과법으로 멸균한 브롬 크레솔 퍼플

0.006%과 아스코르빈산 0.1%를 무균적으로 첨가하였다 [7]. 효모의 생육실험에서는 YPD agar(DIFCO)를 사용하였다[7]. Probiotics균 배양을 위하여 MGC AnaeroPack (Mitsubishi Gas Chemical Co, Inc, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 10배 연속희석법으로 희석 조제한 시료를 고체 배지에 도말하여 플라스틱 용기에 담고 여기에 MGC 혐기적 키트를 넣어 배양기(SI-4000R SHAKING INCUBATOR, Jeio Tech, Co., Ltd, Seoul, Korea)에서 30℃에서 2일 동안 배양하였으며, 생균수는 3회 측정된 colony수를 시료 g당 colony forming unit(CFU/g)로 나타내었다.

2.4 pH 측정

발효중인 반죽의 표면에 직접 탐침봉을 5 cm 깊이로 꼽고 5초 후에 pH meter(model 720A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)로 상온에서 측정하였다.

2.5 반죽의 팽창력 측정

미생물의 초기 첨가량에 따른 반죽의 발효팽창력은 sourdough starter의 발효율을 측정하기 위해서 반죽 직후의 sourdough starter를 100 g씩을 채취하여 발효율을 측정하였다[12]. 즉, 발효 팽창력(ml)은 100 g의 반죽을 등글게 만들어 500 mL mess cylinder에 넣어 발효(30℃, 상대습도 80%)하면서 3시간 간격으로 반죽의 부피변화를 측정하여 증가된 반죽의 부피와 초기부피의 차이로 계산하였다.

2.6 Sourdough bread 제조

강력밀가루의 양을 100으로 할 때 25시간 발효하여 제조한 sourdough starter를 35% 수준으로 첨가하여 재료들을 혼합하였다(표 2).

[표 2] 발효 빵 제조를 위한 성분 조성비

[Table 2] Formula of sourdough bread

Ingredients	Flour basis(%)
Wheat flour	100
Water	60
Sourdough starter ¹⁾	35
Sugar	8
Margarine	3
Non-fat dry milk	2
Yeast	1.5
Salt	1.5
SK-1000	1.5

¹⁾ Starter with the probiotics and baker's yeast

모든 재료를 혼합하고 SM-200 버터컬 믹서(Sinmag Bakery Machine Co., Ltd, SEC, Taiwan)를 이용하여 1단에서 1분, 2단으로 8분, 총 9분 동안 반죽하여 글루텐 형성을 촉진하였다. 온도 30℃, 상대습도 80%의 발효기에서 90분간 1차 발효를 하고, 반죽을 450 g씩 분할하여 실온에서 15분간 중간발효하였다. 중간발효가 끝난 후 One-loaf로 성형하여 가로 21.5 cm, 세로 9.7 cm, 높이 9.5 cm 인 식빵 틀에 넣어 60분간 2차 발효를 하였다. 이때, 발효는 온도 35℃, 상대습도 90%의 조건에서 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 윗불 185℃, 아래불 170℃에서 예열된 전기식 3단 데크오븐(FAO-7103, Daeyung Bakery Machinery Co., Seoul, Korea)에서 28분간 굽고, 실온(25℃)에서 1시간 냉각시킨 후 완성하였다.

2.7 CrumbScan 분석

오븐에서 꺼낸 sourdough bread를 실온에서 24시간 방치한 길이 19.5 cm의 식빵을 절단기(Daeyung Bakery Machinery Co.)를 사용하여 13 mm 두께로 절단하여 식빵의 가장 중앙부분의 식빵조각을 분석하였다[13]. 분석 기계로 CrumbScan(American Institute of Baking /Devore Systems, Manhattan, Kansas, USA)을 사용하였고, 이미지는 HP PSC 1310 series (Hewlett Packard, USA)를 이용하였다. 최종 결과의 객관성과 정확성을 높이기 위해서 한 구역에서 10% 이상 어둡거나(intensity=0.1) 크기가 500 pixels(size=500) 이상으로 나타난 기공들은 성형 실수로 설정하여 배제하였으며, 1 구역간의 중복율은 10% (overlap=0.1)로 하였다. 3회 측정결과를 평균±표준편차로 나타내었다.

2.8 비용적 측정

Sourdough bread의 부피는 AACC methods 72-10 종차치환법으로 측정하였고[14] 빵의 무게를 측정한 후 부피를 무게로 나누어 비용적(mL/g)으로 나타내었다. 오븐에서 구운 식빵을 실온(25℃)에서 1시간 냉각시킨 후 사용하였으며, 3회 측정결과를 평균±표준편차로 나타내었다.

2.9 Firmness 측정

Sourdough starter로 제조한 sourdough bread의 firmness(경도)를 36 mm cylinder probe가 장착된 texture analyzer(TA-XT2i, Stable micro systems, England)를 이용하여 측정하였다. 식빵 덩어리의 끝부분에서 두 번째와 세 번째 식빵조각과 식빵 덩어리의 가장 끝부분인 식빵 껍질을 제외한 두 조각의 식빵을 겹쳐서 사용하였다. 시료를 cylinder probe 아래 중앙에 놓고 6.25 mm 거리에서

25% 압착을 받은 때의 압력을 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다[15]. 측정조건은 option: return to start, pre-test speed: 1.0 mm/sec, test speed: 1.7 mm/sec, post-test speed: 10.0 mm/sec, strain: 40%, trigger force: 5 g로 하였다.

2.10 관능검사

관능검사에는 sourdough starter를 첨가하여 만든 sourdough bread를 사용하였고 실온에서 1일간 방치한 후 검사에 이용하였다. 관능검사 요원은 호텔제과제빵과 2학년 학생 20명을 선정하여 관능검사의 방법 및 중요성에 대하여 인지시키고, 관능검사 패널의 임무와 검사방법에 사용된 척도를 설명하였다. 관능검사 시 흰색접시에 식빵의 절단면 가장 끝부분을 제외한 1조각을 각각 제공하였고, 검사에 사용된 척도방법은 5점 척도법으로 평가 항목은 식빵 속질의 색(crumb color), 기공의 상태(grain), 촉감(texture), 향(flavor), 맛(taste)과 전체적인 품질(overall acceptance)을 측정하였다.

2.11 통계처리

자료는 1-way analysis of variance (ANOVA) 방법으로 통계처리 하였다[16]. 분석 결과를 평균±표준편차로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 스타터균 사용량에 따른 반죽 특성 변화

Sourdough stater의 제조를 위하여 probiotics와 효모의 사용량을 각각 1.5:0.1, 0.30:0.02, 0.15:0.01 (g/g)로 다르게 하여 각각 Test 1, Test 2와 Test 3 으로 구분하였다(표 1). 반죽에 첨가된 미생물의 생육은 sourdough 발효에서 매우 중요하므로, probiotics와 효모의 첨가 비율을 달리 하여 제조한 sourdough 반죽에 존재하는 생균수를 측정하였다(표 3). Sourdough에서 발효 초기 probiotics는 Test 1, Test 2와 Test 3 군에서 각각 4.50×10^5 , 2.25×10^5 , 0.45×10^5 cfu/g였고, 효모는 각각 1.30×10^5 , 0.65×10^5 , 0.13×10^5 cfu/g였다. 따라서, 초기 yeasts/probiotics 비율은 모든 군에서 0.29였다. 25시간을 발효한 후, probiotics 생균수는 Test 1, Test 2와 Test 3군에서 각각 $1,099 \times 10^5$, 565×10^5 , 289×10^5 cfu/g였고, 효모는 각각 345×10^5 , 266×10^5 , 169×10^5 cfu/g였다. 초기 생균수에 비해 25시간 발효한 후의 probiotics균수는 244~642배 증가하였으며 효모 생균수는 265~1,300배 증가하였다. 발효 25시간 후

의 yeasts/probiotics 비율은 Test 1, Test 2와 Test 3 군에서 각각 0.33, 0.47, 0.58였다. 따라서, yeasts/probiotics 비율은 25시간의 발효 동안 변화가 없거나 약간 증가하는 결과를 보였는데, 이러한 결과로 미루어 본 연구에서 설정한 probiotics균과 효모의 첨가 비율과 발효조건에서는 미생물 상호간의 생육저해 효과가 낮은 것으로 나타났다.

[표 3] 스타터균의 사용량을 달리하여 제조한 발효 반죽에서 생균수 비교

[Table 3] Comparison viable cell numbers according to starter inoculum size

		Cell number (cfu×10 ⁵ /g starter)	
		Time = 0 hrs ¹⁾	Time = 25 hrs ²⁾
Probiotics	Test 1	4.50	1,099
	Test 2	2.25	565
	Test 3	0.45	289
<i>S. cerevisiae</i>	Test 1	1.30	345
	Test 2	0.65	266
	Test 3	0.13	169

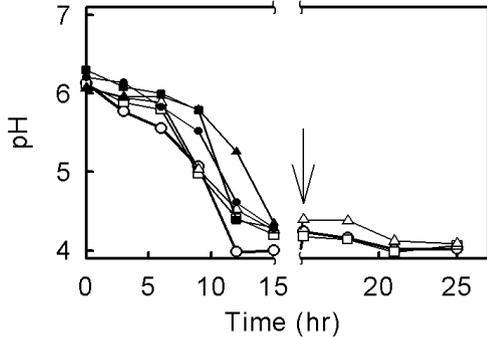
¹⁾ After mixing, but not fermented.

²⁾ After fermentation for 25 hrs.

선행연구에 의하면, 천연 sourdough에서는 yeasts/유산균 비율이 1:100 수준이며 발견되는 효모는 약 20여종으로 이 중에서 *S. cerevisiae*가 대부분을 차지하며, 유산균의 경우에는 *Lactobacillus sanfranciscensis*, *L. brevis*, *L. plantarum*으로 나타났다[4]. 밀가루에는 maltose를 포함하여 약 1.6~1.9% 수준의 soluble 탄수화물을 포함하고 있으며, maltose는 유산균에서 현재까지 3가지 중 하나의 경로로 균체내로 흡수되어 이용된다[17]. 첫번째의 경우, maltose는 permease에 의하여 흡수된 후, maltose hydrolase에 의하여 2개의 포도당으로 대사되는 경로를 따르며, 두번째의 경우에는 maltose는 permease에 의하여 흡수된 후, maltose phosphorylase에 의하여 포도당과 glucose-1-phosphate로 분해되는 대사경로를 따른다. *L. sanfranciscensis*, *L. brevis*, *L. acidophilus* 등의 유산균이 이 경우에 해당된다. 세번째의 경우에, maltose는 phosphotransferase system에 의하여 maltose-6-phosphate로 흡수된 후, glucose-6-phosphate와 glucose-1-phosphate로 분해되는 대사경로를 따른다. *E. faecium* 등의 유산균이 여기에 해당된다[17]. 상세하게 기전이 연구된 *L. sanfranciscensis*의 경우에는 glucose-1-phosphate는 glucose-6-phosphate로 변형되어 균체 내에서 이용되나, 포도당의 경우에는 균체 주위에 maltose가 충분히 존재한다면 포도당은 균체 밖으로 분비되어 효모를 포함한

다른 미생물에 의하여 이용된다[4].

Sourdough starter의 발효시간과 첨가량에 따른 pH 변화를 측정하였다(그림 1).



[그림 1] 반죽의 pH 변화

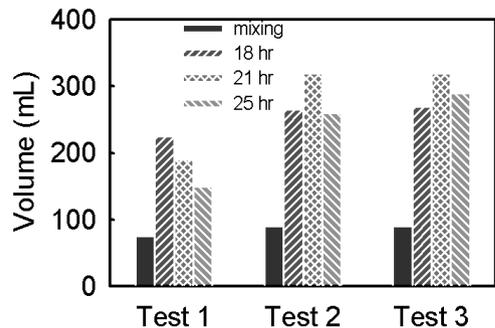
[Fig. 1] pH changes of sourdough.

Symbols: ○, Test 1(probiotics); □, Test 2(probiotics); △, Test 3(probiotics); ●, Test 1(yeast); ■, Test 2(yeast); ▲, Test 3(yeast). Arrow indicates mixing sourdoughs obtained from probiotics and *S. cerevisiae* which are incubated separately for 15 hrs, respectively.

처음 15시간 동안은 probiotics와 yeast로 나누어 독립적으로 발효한 후 혼합하여 다시 10시간 동안 발효하였으며, 15시간 이전과 혼합한 후(mixing)의 pH를 측정하였다. 발효초기에는 6가지 종류의 반죽의 pH는 6.07(Test 3군(probiotics))~6.30(Test 2군(yeast)) 범위였으나, 발효가 진행되면서 pH는 감소되었다. 반죽의 pH는 6시간 이후에는 모든 군들에서 pH 6 이하를 보였으며 연장된 발효시간에서는 급격하게 감소하였다. 반죽의 pH는 효모를 접종한 경우보다, probiotics를 접종한 반죽에서 산성화되는 경향을 보였으며, 두가지 미생물 모두 초기 15시간 동안의 반죽의 pH는 접종량에 의존적으로 감소하였다. 두가지 시료를 혼합한 직후에는 pH는 probiotics를 접종한 반죽의 pH와 비교시 약간 증가하였으나 발효가 진행되면서 점차 감소하여 Test 1, Test 2와 Test 3 시료의 최종 pH는 각각 4.02, 4.07와 4.09였다. 이러한 결과는 발효도중 관찰되는 pH와 산도의 변화는 스타터내에 존재하는 유산균수의 증가 및 유산과 초산 생성과 밀접한 관계가 있다는 연구 결과들과 유사하였다[3,10]. 호밀가루와 홍곡을 사용한 sourdough starter에서는 pH가 1일후에는 4.5~6.0, 3일후에는 3.8~3.9로 산성화되어[10] 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 발효 진행 9시간 이후에는 Test 1(yeast)에서 거품이 형성되기 시작하였고, 12시간 이후에는 Test 1(probiotics)과 Test 2(yeast)에서 거품

이 보였다. 18시간 이후에는 모든 시료에서 큰 거품이 형성되었고 강한 발효취와 반죽에서 스펀지 같은 구멍이 확인되었다.

Sourdough starter의 발효팽창력을 측정하였다(그림 2). 두 가지 시료를 혼합한 후 발효 팽창력은 급격하게 증가하여 18시간 발효시에는 Test 1군은 75 mL에서 225 mL로, Test 2군은 90 mL에서 265 mL, Test 3군은 90 mL에서 270 mL로 2.9~3.0배 증가하였으나 25시간에서는 세가지 군에서 확연하게 다른 결과를 보였다. Test 1군에서는 75 mL(15시간), 225 mL(18시간), 190 mL(21시간), 150 mL(25시간)으로 변하여 18시간에서 최대 발효 팽창력을 나타낸 후 감소한 반면, Test 2군에서는 90 mL(15시간), 265 mL(18시간), 320 mL(21시간), 260 mL(25시간)으로 변하여 21시간에서 최대 발효 팽창력을 나타낸 후 감소하였으며, Test 3군에서는 90 mL(15시간), 270 mL(18시간), 320 mL(21시간), 290 mL(25시간)으로 변하여 18시간에서 최대 발효 팽창력을 나타낸 후 감소하였다. 사용한 미생물의 양에 반비례적으로 최대 발효 팽창력을 나타내는 발효시간은 길어졌다. 발효 팽창력은 미생물이 발효중에 생성하는 CO₂ 가스를 반죽에 가둘 수 있는 능력을 나타내며 빵의 부피와 내부의 형상 등과 밀접한 관련이 있다. 이 결과는 발효팽창력은 발효기간이 길어질수록 유의적으로 증가한다는 연구결과[1,3]와 상충된다. 반죽의 미생물 활성화와 팽창력의 상관관계와 관련하여 효모와 유산균을 혼합배양하는 경우, 반죽내의 총 미생물수는 감소하였지만, 반죽의 팽창은 극대화 된 보고가 있으며[5], 이러한 이유는 유산균에 의하여 생성된 대사물질이 반죽의 점도를 증대시켜 생성된 가스를 효율적으로 가둘 수 있게 도와주는 것으로 설명된다.



[그림 2] 반죽의 부피 변화

[Fig. 2] Volume changes of sourdough

본 연구에서는 지속적으로 발효율이 증가하는 것이 아니라 발효기간이 길어지면 반죽이 산성화가 되면서 오히려

려 감소되는 것으로 사료된다. 또한, 반죽의 발효정도와 가스보유력은 pH에 밀접하게 연동되어, pH 5.0 이하에서는 효모의 작용이 약화되어 발효속도와 가스보유력이 감소된다는 연구결과[2]와 상충된다. 본 연구에서는 pH 5.0 보다 훨씬 낮은 pH 4.5 이하에서도 가스보유력이 증가하였는데, probiotics의 대사산물인 유산과 초산은 적정농도에서는 효모의 생육을 촉진시키므로 pH 5.0 보다 낮은 산성인 조건에서도 발효가 지속되는 것으로 판단된다. 결과적으로 25시간 발효한 본 실험조건에서는 Test 3군에서 가장 좋은 결과(발효 팽창력 290 mL)를 보였으나, 발효시간 21시간에서는 Test 2군과 Test 3군에서 발효 팽창력 320 mL를 보이므로 사용하는 스타터의 사용량에 변동하여 발효시간을 조정할 필요가 있다고 생각된다.

3.2 스타터균 사용량에 따른 빵의 특성

발효빵의 CrumbScan의 영상과 영상분석에 의한 발효빵의 부피, 기공의 조밀도와 형태, 껍질 두께를 측정하였다(그림 3과 표 4). Test 2군에서 2,274 cm³로 부피가 가장 큰 것으로 나타났고, 발효율이 가장 큰 Test 3군은 2,166 cm³로 적게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.



[그림 3] 발효빵의 기공 영상
[Fig. 3] Images of sourdough bread
[Left, Test 1; middle, Test 2; right, Test 3.]

[표 4] 발효빵의 특성비교
[Table 4] Characteristics of sourdough bread

Characteristics ¹⁾	Samples		
	Test 1	Test 2	Test 3
Bread volume(cm ³)	2,228±39	2,274±73	2,166±102
Crust thickness(cm)	0.29±0.05	0.31±0.05	0.33±0.05
Crumb fineness ²⁾	762.6±32.7	738.7±38.2	744.5±22.9
Crumb elongation ³⁾	1.49±0.06	1.39±0.07	1.43±0.12

¹⁾Mean value of three samples.

²⁾Size of crumb cells (1,000=compact)

³⁾A ratio of the long axis over the short axis of crumb cells (1=round).

수입밀과 우리밀을 사용하여 제조한 식빵의 특성을 CrumbScan 분석하였을 때 bread의 부피는 2,069 cm³~2,536 cm³로 나타내[18] 본 연구에서 측정된 빵의 부피가 약간 큰 것으로 나타났다. 식빵 껍질의 두께는 Test 1군에서 0.29 cm, Test 2군에서 0.31 cm이며, Test 3군에서 0.33 cm으로 starter 미생물의 사용량에 반비례하는 것으로 나타났으나 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 식빵 속질의 특성은 작고 많은 수의 공기구멍들에 의하여 특징지어지며, 기공의 조밀도 및 형태 등으로 측정된다. 식빵에서 좋은 기공은 크기가 2 mm 이하라고 알려져 있으며, 기공의 크기는 발효와 굽기과정과 관련이 있다 [19]. 기공의 조밀도는 Test 1군, Test 3군, Test 2군의 순으로 나타났으나 그룹간의 유의적인 차이는 없었다. 기공의 형태는 1에 가까울수록 기공의 형태가 원형에 가깝다는 것을 나타내며 반죽의 탄성과 점성과 관련성이 있다 [18]. 기공의 형태는 Test 2군, Test 3군, Test 1군의 순으로 원형에 가까운 형태를 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 이러한 결과는 sourdough 첨가량이 증가할수록 기공이 크고 불균일하다는 연구[3]와는 다소 차이가 있다.

Starter의 사용량을 달리하여 제조한 sourdough bread를 이용하여 bread 비용적을 종자치환법으로 측정하였다 [표 5]. 비용적이 클수록 빵이 팽창되어 가볍고 부드러운 반면, 비용적이 작은 빵은 기공이 조밀하고 빵이 딱딱하다[3]. Test 2군에서 bread 비용적은 5.81 mL/g으로 나타난 반면에, Test 3군의 비용적이 가장 낮은 것으로 측정되었으나 유의적인 차이는 없었다. 식빵의 경도는 높을수록 빵이 단단함을 나타내는데, firmness 측정결과는 starter의 사용량에 반비례하는 결과를 보였으나 그룹간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 5] 발효빵의 비용적 비교
[Table 5] Specific volume of sourdough bread

	Samples		
	Test 1	Test 2	Test 3
Compression force value(g)	109.4±14.9	111.9±18.2	114.8±12.2
Specific volume (mL/g)	5.71±0.26	5.81±0.04	5.52±0.34

3.3 관능평가

Probiotics와 효모의 사용량을 달리하여 제조한 식빵의 관능검사를 실시하였다(표 6). 빵 속질의 색상, 향, 맛 및 전체적인 기호도는 Test 2군에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 식빵 속질 색의 Test 2군, Test 3군, Test 1군의 순으로 나타났으며 속질 색은 Test 2군에서 보통 이

상으로 평가되었다. 빵의 맛과 향에서 Test 2군에서 보통 이상으로 평가되었다. 기공의 상태와 손으로 만져봤을 때 느끼는 부드러움의 정도로 나타낸 촉감에서는 Test 3군에서 가장 선호도가 높게 나타났으나 그룹간의 유의적인 차이는 없었다. 이상의 관능검사 결과를 종합해보면 Test 2군에서 가장 높은 점수를 나타냈고, Test 1군, Test 3군의 순으로 나타났지만 probiotics : 효모의 사용량을 1/10 수준인 0.15 : 0.01(g/g)로 낮추었을때도 전체적인 기호도 점수는 큰 차이가 없었으므로 필요 이상의 스타티균의 사용은 자제하고 starter의 특성, 초기 생균수, 발효시간 등을 종합적으로 고려하여 빵의 품질 특성에 가장 이상적인 조건을 설정하는 노력이 필요하다고 사료된다.

[표 6] 발효빵의 관능평가

[Table 6] Sensory characteristics of sourdough bread.

	Samples		
	Test 1	Test 2	Test 3
Crumb color	2.65±0.59 ^{a1)}	3.20±0.83 ^b	2.75±0.55 ^a
Grain	3.15±0.99	2.90±1.17	3.50±0.61
Texture	2.85±0.88	2.70±0.86	2.95±0.60
Flavor	3.00±0.79 ^a	3.60±0.60 ^b	2.95±0.60 ^a
Taste	2.85±0.81 ^a	3.75±0.44 ^b	2.75±0.64 ^a
Overall acceptance	2.95±0.69 ^a	3.95±0.51 ^b	2.75±0.55 ^a

¹⁾Mean with different superscripts are significantly different($P<0.05$).

4. 요약 및 결론

세 종류의 probiotics균과 제빵용 효모를 각각 1.5 : 0.1(Test 1군), 0.3 : 0.02(Test 2군), 0.15 : 0.01(g/g)(Test 3군)로 다르게 사용하여 sourdough 제조를 위한 적정 미생물 사용량을 규명한 실험의 요약 및 결론은 다음과 같다. Sourdough starter의 생균수는 사용한 초기생균수가 발효 반죽의 생균수 결과에 반영되어 초기 생균수에 비해 25 시간 발효한 후의 probiotics 생균수는 244(Test 3군)~642배(Test 1군) 증가하였으며 효모의 생균수는 265(Test 3군)~1,300배(Test 1군) 증가하였다. 세 종류의 probiotics균과 제빵용 효모는 발효대사산물로 산(acid)을 생성하는데 sourdough starter의 pH는 세 가지 그룹 모두 pH 4.0~4.1 범위에 있어 sourdough starter로 사용하기에 적당한 수치였다. 효모는 가스를 생성하는 특성이 있는데, sourdough starter의 발효율은 사용한 미생물의 양이 감소할수록 최대 발효 팽창력을 나타내는 발효시간은 길

어지는 결과를 보였다. 빵의 겉 표면의 이미지를 분석한 CrumbScan의 영상분석의 결과는 Test 2군에서 2,274 cm³로 부피가 가장 큰 것으로 나타났고, 발효율이 가장 큰 것으로 나타났던 Test 3군은 2,166 cm³로 적게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 최종 발효빵을 사용하여 실시한 관능평가에서는 빵 속질의 색상, 향, 맛 및 전체적인 기호도는 Test 2군에서 유의적으로 높았다($p<0.05$). 결과적으로, sourdough starter를 Test 2군의 조성으로 제조한 sourdough bread가 다수의 항목에서 가장 높게 평가되었다. 관능검사 결과를 종합해보면 Test 2군에서 가장 높은 점수를 나타냈고, Test 1군, Test 3군의 순으로 나타나 sourdough 제조시 유산균의 사용량에 비례하여 제빵품질이 비례적으로 나타나는 것이 아니라, 사용 유산균의 종류, starter의 초기 생균수, 발효시간 등이 종합적으로 빵의 품질 특성에 영향을 주었다.

References

- [1] Lee JH, Lee SK. Effect of whey ferment cultured by *L. acidophilus* KCCM 32820 and *P. freudenreichii* KCCM 31227 on rheological properties of bread dough. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 795-800, 2009.
- [2] Lee MK, Lee JH, Lee SK. Rheological properties of bread dough added with flour ferments by seed mash and lactic acid bacteria, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 346-351, 2009.
- [3] Meignen B, Onno B, Gélinas P, Infantes M, Guilois S. Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. *Food Microbiol.* 18: 239-245. 2001.
- [4] Corsetti A, Settanni L. Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International* 40: 539-558. 2007.
- [5] Oh CH, In MJ, Oh NS. Characteristics of rice sourdough for *Jeungpyun* prepared by mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Leuconostoc mesenteroides* strains. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 660-665. 2008.
- [6] Lorenz K. Sourdough processes-Methodology and biochemistry. *Baker's Digest.* 55. 85-91. 1983.
- [7] Chae DJ, Lee KS, Jang KH. Fermentation characteristics of flour sourdough using mixed lactic acid bacteria and *Bifidobacterium longum* as starters. *J. East. Asian. Soc. Dietary Life.* 20: 743-750. 2010.
- [8] Messens W, Vuyst LD. Inhibitory substance produced

- by *Lactobacilli* isolated from sourdough-A review. *Int. J. Food Microbiol.* 72: 31-43. 2002.
- [9] Hong JH, Kim KJ. Effect of barley bread using sourdough prepared by *Enterococcus sp.* and *Lactobacillus sp.* - II. Physicochemical and rheological properties of barley bread. *Korean J. Dietary Culture* 16: 361-370. 2001.
- [10] Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee KS, Lee YS. A study on quality characteristics of sourdough bread with addition of red yeast rice. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 36: 785-793. 2007.
- [11] Palframan RJ, Gibson GR, Rastall RA. Carbohydrate preferences of *Bifidobacterium* species isolated from the human gut. *Curr. Issues Intest. Microbiol.* 4: 71-75. 2003.
- [12] He H, Hosene RC. Effect of quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. *Cereal Chem.* 69: 17-19. 1992.
- [13] Lee KS. Studies on the evaluation of fermented white pan bread by digital image analysis. PhD thesis, Dongguk University, Seoul, Korea. 2001.
- [14] AACC. Approved methods of the AACC 9th ed., Method 02-25 : pH and TTA determinations. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA. 1995.
- [15] Corsetti A, Gobbetti M, Balestrieri F, Paoletti F, Russi J, Russi L. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *J. Food Sci.* 63: 347-351. 1988.
- [16] Albright SC, Winston WL, Zappe C. Data analysis and decision making with Microsoft Excel. Pacific Grove, Calif. Brooks/Cole Publishing Co. California, USA. 1999.
- [17] Andersson U, Radstrom P. Beta-glucose 1-phosphate-interconverting enzymes in maltose- and trehalose-fermenting lactic acid bacteria. *Environmental Microbiology* 4: 81-88. 2002.
- [18] Lee KS, Noh WS. Objective measurement of characteristics of white pan bread using a commercial Korean wheat flour. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 18: 206-210. 2002.
- [19] Cauvain SP. Holes in bread. Proceeding of the 76th annual technical conference, American Society of Baking. 151-153, March 5-8, 2000. Chicago, USA.

채 동 진(Dong Jin Chae)

[정회원]



- 2002년 8월 : 경희대학교 관광대학원 조리외식산업학과 (관광학석사)
- 2006년 2월 : 경희대학교 대학원 호텔관광학과 (관광학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 동우대학교 호텔제과제빵과 교수

<관심분야>
외식산업, 제과제빵

이 광 석(Kwang-Suck Lee)

[정회원]



- 1984년 7월 : University of Hartford 경영대학원 (MBA)
- 1998년 2월 : 경희대학교 식품가공학과 대학원 (이학석사)
- 2002년 8월 : 동국대학교 식품공학과 대학원 (공학박사)
- 1990년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 호텔관광대학 조리·서비스경영학과 교수

<관심분야>
조리·서비스 경영학, 제과제빵

장 기 효(Ki-Hyo Jang)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경희대학교 식품가공학과 (식품미생물학석사)
- 1998년 10월 : 호주 빅토리아대학교 CBFT (식품미생물학박사)
- 2003년 9월 ~ 2006년 2월 : 삼척대학교 식품영양학과 교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 식품영양학과 교수

<관심분야>
발효식품, 식품미생물