

Enterococcus sp.와 *Lactobacillus* sp. 첨가 sourdough로 제조된 보리식빵의 품질특성

II. 보리식빵의 이화학적 및 물성적 특성

홍정훈 · 김경자
동아대학교 식품영양학과
(2001년 9월 4일 접수)

Effect of Barley Bread Using Sourdough Prepared by *Enterococcus* sp. and *Lactobacillus* sp.

II. Physicochemical and Rheological Properties of Barley Bread

Jeong-Hoon Hong and Kyoung-Ja Kim
Dep. of Food and Nutrition, Dong-A University
(Received September 4, 2001)

Abstract

To investigate the effect of sourdough on the characteristics of quality of barley bread, sourdough starter with *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sanfrancisco* and *Enterococcus* sp. were added to baking after 48 hours incubation at 37°C.

1. The pH of bread using *Lactobacillus sanfrancisco* starter was the lowest among tested starters, while the titratable acidity(TTA) of the strain was the highest, followed by *Enterococcus* sp..
2. In bread, moisture contents of control were 38%. It was decreased during 6 days. The moisture contents of bread using *Lactobacillus sanfrancisco* starter were the highest among tested starters, followed by *Enterococcus* sp..
3. Onset temperature(T_o), peak temperature(T_p) and enthalphy(ΔH) were increased during storage of 6 days. The enthalphy of bread using *Lactobacillus sanfrancisco* starter was the lowest among tested starters, followed by *Enterococcus* sp..

Key Words : *Enterococcus* sp., TTA, enthalphy

I. 서론

현대사회의 핵가족화로 간편하게 이용할 수 있는 인스턴트식이나 주식대용으로 빵류에 대한 수요가 증가되고 있다. 그중 식빵은 아침식사대용으로 가장 많이 이용되고 있는 빵류이며 이러한 식빵에 기능성을

부여하는 제품의 상품화가 이루어지고 있다. 빵류의 기능성 제품 개발의 일환으로 보리식빵 제조시 소량의 효모에 유산균을 첨가하여 보리식빵의 품질특성을 향상시키는 연구가 이루어지고 있다.

Sourdough에 관한 연구로는 Sugihara 등¹⁾, 2)은 San

Francisco sourdough에 어떠한 효모와 유산균이 포함되어 있는지를 screening 하였으며 이 반죽에서 분리한 균들이 잘 생육할 수 있는 배지 조성에 대해 연구하였다. Corcetti 등³⁾은 sourdough에 존재하는 주요 균주 4가지와 효모 2가지를 혼합 배양하여 가장 빵의 용적비(Specific volume)가 크고 노화진행속도를 지연시키는 균주에 대해 연구하였다. Gorbetti 등^{4), 5)}은 발효력이 가장 좋은 효모와 유산균을 혼합하여 혼합 균주를 제조하고 sourdough의 단백질 분해력과 제빵성에 대해 연구하였다. Gianotti 등⁶⁾은 Italian wheat sourdough 제조 시 사용되는 fructose, citrate, NaCl의 적정량에 대해 보고 하였다. 장 등⁷⁾은 유산균을 단독 배양했을 때 가장 산 생성량이 많은 균주를 골라 혼합 배양하여 sourdough starter를 제조하였으며 조 등⁸⁾은 bifidobacteria를 첨가한 밀가루 brew를 식빵에 첨가하였을 때의 반죽과 빵의 품질 특성에 대해 연구하였다. Ng⁹⁾는 발효가 진행됨에 따라 반죽에 이산화탄소가 축적되어 혐기적 상태가 되며, 이 상태에서는 acetic acid보다 젖산의 생성량이 증가된다고 하였으며 Galai 등¹⁰⁾은 빵의 풍미는 유산균에 의해 단백질이 가수분해되어 생성되는 각종 아미노산에 의해서도 큰 영향을 받는다고 보고하였다.

Sourdough는 산업적으로 yeast가 만들어지기 전에 공기 중에 존재하는 wild yeast와 유산균에 의해 만들어진 발효반죽을 나타내는 것이다. 주로 유산균에 의해 생성되는 젖산과 아세트산에 의해 신맛이 나며 독특한 풍미가 있어 유럽빵의 제조에 이용되고 있다. 이러한 독특한 풍미를 형성하는 유산균은 2가지 종류가 있다. 산업적으로 중요시되는 속으로는 발효유와 치즈 등의 starter로서 이용되고 있는 *Lactobacillus*, *Lactococcus* 및 *Streptococcus* 등이지만 이외에도 기능적으로 볼 때 유산균과 같은 몇가지의 균들이 더 있으며 특히 최근에 많이 연구되고 있는 방선균계통의 *Bifidobacterium*의 이용이 활발하고, 그 밖에도 고초균계통의 *Bacillus coagulans*와 *Sporolactobacillus inulinus*도 있으며 앞으로 이들의 용도개발이 기대된다¹⁰⁾.

본 논문에서는 쌀보리를 사용하여 건강빵인 보리식빵을 제조하고 쌀보리를 첨가함으로써 발생하는 제품의 질적 저하를 개선시키기 위해 유산균을 이용해 sourdough를 제조, 첨가하였다. 이러한 sourdough의 이용은 화학적 품질개량제에 의존하지 않고 순수한 미생물에 의한 품질 개선을 정립해 나가기 위한 계기로 삼고자 수행하였다. 실제로 많은 생리활성물질로서의 역할을 가진 유산균은 오븐에서 가열한 후에도 생리활성 효과가 지속되므로 천연 제빵제로서의 역할 이외에도 생리 활성적인 면에서도 이점을 가질 것으로

생각된다.

*L. sanfrancisco*와 *L. plantarum* 그리고 보리가루에서 분리한 균주를 이용하여 sourdough starter를 제조하였고 이 starter를 보리와 밀가루가 혼합된 보리식빵에 첨가하였다. 보리식빵의 품질을 관찰하기 위해 부피, 중량, 용적비 그리고 높이를 측정하였고 SEM을 이용하여 단면도를 관찰하여 질감을 분석하였으며 관능검사를 통하여 외관, 냄새, 조직감 및 전반적인 만족도 등을 검사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 보리식빵의 제조

1) 시료의 제조

<Table 1>과 같은 배합비율로 straight dough method에 의해 보리식빵을 제조하였다. 반죽은 반죽기(신신제과제빵기계공업사) 1단에서 2분, 2단에서 2분 믹싱 후 클린업 단계에서 유지를 첨가하여 3단에서 10분간 반죽하였다. 1차 발효는 27°C, 상대습도 75%에서 90분간 발효하였으며 1차 발효 후 170g씩 분할하여 gas를 빼고 고르게 반죽하여 10분간 중간발효시켰다. 중간발효 후 성형하여 틀에 넣고 34°C, 상대습도 85%에서 60분간 2차 발효시켰다. 2차 발효 후 170 ~ 180°C oven에서 25분간 구워낸 후, 2시간 방냉시켜 폴리에틸렌 비닐로 포장하여 상온(4°C)에서 저장하면서 실험하였다.

<Table 1> Composition of ingredients for making barley bread

Ingredients	Percentage(%) on the basis of 100% of wheat flour	
	Control	BSS*
Flour	80	80
Barley	20	-
Water	60	18
Yeast	1.2	1.2
Salt	2	2
Suger	5	5
Shortening	4	4
Starter		62**

* Barley bread with using sourdough starter

**Barley flour 20% + sourdough starter 40%

+ bacterial suspension (*Lactobacillus plantarum*,

Lactobacillus sanfrancisco, *Enterococcus mundtii*) 2%

2. 보리식빵의 품질특성

1) 수분 측정

AOAC법¹¹⁾에 따라 상압가열건조법으로 수분을 측정하였다.

2) pH 측정

Sourdough starter를 넣은 발효전의 반죽, 1차·2차 발효 후의 반죽 그리고 오븐에서 구운 빵을 10g씩 떼어 증류수 25mL를 첨가하여 30분간 균일하게 혼합한 후 pH를 측정하였다.

3) 산 생성량 측정

AACC 방법 02~31¹²⁾에 따라 발효전의 반죽, 1차·2차 발효 후의 반죽 그리고 오븐에서 구운 빵을 10g씩 떼어 증류수 25mL를 첨가하여 30분간 균일하게 혼합한 후 1.0% phenolphthalein 지시약 0.5mL 넣고 혼합한 후 0.1N NaOH로 적정하여 핑크색이 30초간 지속되는 점을 종말점으로 간주하였다.

4) DSC에 의한 노화도 측정

노화도 측정은 시차주사열량계(Differential scanning Calorimetry PYRIS-1, PERKIN ELMER, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. 시료는 실온(4°C)에서 6일간 저장하면서 급속 동결기(Bio-Freezer B525, Forma Scientific, Inc.)에서 -65°C로 7시간동안 급속 동결시킨 후 동결 건조기(Freezing-dryer, EYELA FD-5N)에서 14시간 건조시켜 분쇄기로 가루를 만들었다. 시료 10mg을 알루미늄 용기에 취하고 분당 20°C의 승온온도로 30°C에서 200°C까지 가열하여 흡열피크를 얻었다. 이 흡열피크로부터 호화개시온도(T_0), 호화정점온도(T_p) 및 호화엔탈피(ΔH)를 구하였다. Reference pan은 빈 상태로 사용하였다.

DSC의 열곡선은 반응속도를 나타내기 때문에 peak의 시작점은 반응개시점이며 기선에서 얻은 점은 반응이 끝나는 점이다. 또 peak의 정점은 반응이 가장 빠르게 진행되는 점이기도 하다. 따라서 DSC에 의한 활성화 에너지에 관한 식은 다음과 같다.

$$-E = R \cdot \ln(d_1 - d_2) / (1/T_1 - 1/T_2)$$

즉, peak의 차($d_1 - d_2$)의 \ln 는 절대온도의 역수 $1/T$ 에 대하여 plot하면 직선상의 두 점 d_1, d_2 에 대한 온도 $1/T$ 를 계산할 수 있다¹³⁾.

5) 저장과정 중 안정도 측정

제조된 보리식빵을 4°C 항온실에서 7일간 보관하면

서 곰팡이의 생성여부를 조사하였다.

3. 보리식빵의 물성측정

1) 부피, 중량, 비용적 및 높이의 측정

빵의 부피는 종자치환법¹⁴⁾으로 구하였고 빵의 무게를 측정 한 후 부피를 무게로 나누어 용적비(specific volume, mL/g)로 나타내었다.

2) 외관 관찰

보리가루와 밀가루로 만든 식빵의 가장 부풀은 정점에서 단면을 잘라 각각 비교 촬영하였다.

3) SEM에 의한 단면도 관찰

주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, S-2400, HITACHI)을 이용하여 단면도를 측정하였다. 빵을 채취하여 급속 동결기(Bio-Freezer B525, Forma Scientific, Inc.)에서 -65°C로 12시간동안 급속 동결시킨다. 동결된 시료는 동결 건조기(Freezing-dryer, EYELA FD-5N)에서 14시간 건조시킨 후 Gold Ion Coater로 코팅하여 시료를 만들었다. 시료는 20 kV의 가속전압에서 2000배로 확대하여 촬영하였다.

4) 관능검사

대조군과 sourdough starter를 첨가한 균주 첨가군으로 제조한 보리식빵으로 7점 평점법^{15), 16)}을 3회 반복하여 실시하였다.

훈련된 panel 10명(동아대학교 식품영양학과 대학원생)을 대상으로 보리식빵에서 느껴지는 모든 텍스처 특성의 표현어를 기록하였다. 이 표현어 중 가장 많이 선택된 용어를 선정하여 이를 평가 내용으로 삼았다. 본 실험을 시작하기 전 5번의 훈련을 통해 미각이 우수한 학생 10명을 선발하여 7점 평점법으로 실시하였다.

제조된 빵을 2시간 방냉한 후 6×3×2cm로 잘라 panel에게 제공하였으며 시간을 오후 3시~3시30분경, 상온(24°C)에서 관능검사 질문지 방법에 따라 7점 평가법으로 하고 분산 분석 후 Duncun test를 하여 QDA(Quantitative description analysis)법으로 비교하였다. 평가내용은 외관(appearance), 향미(flavor), 조직감(texture), 전반적인 평가(over all quality)이며 여기에서 외관은 거칠은 정도(grainy)로 표현되었고 향미용어는 구수한 냄새(roast flavor), 단내(sweet flavor), 신내(sour flavor)로 표현되었다. 조직감을 표현하는 용어로는 촉촉함(moistness), 부드러움(softness), 쫄깃쫄깃함(gumminess), 단단함(hardness) 그리고 딱딱함

(crustiness)으로 선정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 보리식빵의 품질특성

1) 수분함량의 변화

저장기간에 따른 수분함량의 변화는 <Table 2>와 같다.

제조직후 수분함량은 약 38%로 거의 같았으나 시간이 경과함에 따라 수분함량이 감소하는 경향을 보였다. 대조군의 경우 저장기간(6일) 중 수분함량이 37.8%에서 35.5%로 2.3%정도 감소하였으며 *Enterococcus* sp. 첨가군은 1.7%, *L. plantarum* 첨가군은 2.1%였고 *L. sanfrancisco* 첨가군의 경우 1.2%로 감소폭이 가장 적었다. 저장기간 중 4일째에 수분감소가 가장 크게 나타났는데 대조군의 경우 3일째에 비해 4일째에 수분이 0.94% 감소하였고 *Enterococcus* sp. 첨가군은 1.17%, *L. plantarum* 첨가군은 1.37% 그리고 *L. sanfrancisco* 첨가군은 1.13% 감소하였다.

2) pH의 변화

제조된 starter를 첨가하여 만든 반죽과 1차, 2차 발효된 반죽 그리고 빵의 pH 변화는 <Table 3>과 같다.

일반적인 밀가루 빵을 제조 할 때의 pH변화는 반죽 시는 pH 5.5, 1차 발효 시는 4.8, 2차 발효 시는 4.7 그리고 빵은 5.2이다. 보리식빵의 경우 일반 밀가루빵에 비해 반죽 자체의 pH가 5.1로 더 낮고 발효 시 pH는 4.7정도로 비슷하였으며 보리식빵의 pH도 4.95로 일반 밀가루 빵에 비해 낮은 편이었다. 이는 보리 가루를 구성하는 전분의 특성과 함유 단백질의 성질 등 그 구성성분의 차이에 기인하는 것으로 알려져 있다¹⁵⁾.

균주 첨가군은 발효 전 반죽의 pH가 4.3~4.5 정도였으나 2차 발효가 진행되면서 *L. sanfrancisco* 첨가군의 pH가 4.05, *Enterococcus* sp. 첨가군의 pH는 4.15 그리고 *L. plantarum* 첨가군의 pH는 4.3으로 *L. sanfrancisco* 첨가군이 가장 많은 폭으로 감소하였다. 첨가군 모두 빵의 pH는 4.65~4.7로 거의 유사한 값을 나타내었다.

3) 산 생성량의 변화

제조된 starter를 첨가하여 만든 반죽과 1차, 2차 발효된 반죽 그리고 빵의 총산량 변화는 <Table 4>와 같다.

반죽의 산 생성량은 대조군에 비해 균주 첨가군이 5

<Table 2> Changes of the moisture content of barley bread

	days (%)						
	0	1	2	3	4	5	6
CO	37.80±3.66	38.00±2.01	37.31±2.92	37.39±2.75	36.45±3.13	35.88±2.92	35.56±2.71
EC-BB	37.92±4.09	38.34±3.13	38.10±1.94	37.91±3.21	36.74±3.42	36.43±1.94	36.27±3.42
LP-BB	37.95±4.27	38.29±2.39	38.10±3.42	37.57±3.04	36.20±4.09	36.02±3.04	35.85±3.21
LS-BB	37.86±4.06	38.31±3.42	38.10±3.61	38.13±3.11	37.00±2.01	36.88±4.06	36.67±4.09

CO : Control, EC-BB : Barley bread used *Enterococcus* sp. starter

LP-BB : Barley bread used *Lactobacillus plantarum* starter

LS-BB : Barley bread used *Lactobacillus sanfrancisco* starter

<Table 3> Changes of pH during bread making process

	Dough	1st proofing	2nd proofing	bread
CO	5.10±0.14	4.68±0.04	4.70±0.15	4.95±0.07
EC-BB	4.30±0.00	4.20±0.02	4.15±0.23	4.68±0.04
LP-BB	4.55±0.07	4.45±0.07	4.30±0.16	4.65±0.09
LS-BB	4.25±0.08	4.15±0.07	4.05±0.21	4.70±0.13

CO : Control, EC-BB : Barley bread used *Enterococcus* sp. starter

LP-BB : Barley bread used *Lactobacillus plantarum* starter

LS-BB : Barley bread used *Lactobacillus sanfrancisco* starter

<Table 4> Changes of titratable acidity(TTA) during bread making process

	Dough	1st proofing	2nd proofing	bread
CO	1.85±0.07	2.35±0.09	2.45±0.17	1.55±0.07
EC-BB	6.70±0.14	7.40±0.14	7.90±0.13	2.20±0.14
LP-BB	6.15±0.07	6.40±0.24	6.70±0.14	2.35±0.07
LS-BB	7.65±0.21	7.40±0.25	8.00±0.11	2.30±0.00

CO : Control, EC-BB : Barley bread used *Enterococcus* sp. starter
 LP-BB : Barley bread used *Lactobacillus plantarum* starter
 LS-BB : Barley bread used *Lactobacillus sanfrancisco* starter

배이상 높았으며 균주 첨가균 중 *L. sanfrancisco* 첨가균이 7.65mL로 가장 높았으며 *Enterococcus* sp. 첨가균은 6.7mL 그리고 *L. plantarum* 첨가균은 6.15였다. 1차, 2차 발효 시 *L. sanfrancisco*과 *Enterococcus* sp. 두 균주는 모두 7.4와 8.0으로 비슷한 값을 나타내었으며 *L. plantarum* 첨가균은 6.4였다.

Corsetti 등³⁾은 *L. plantarum*과 *L. farciminis* 첨가균의 반죽 pH가 가장 낮았으며 산도도 가장 높았다고 보고하였다.

4) DSC에 의한 노화도 변화

7일간 저장 후 보리식빵의 노화도는 <Table 5>와 같다.

노화된 빵의 용융 피크는 흡열반응을 보였으며 호화온도 범위는 43~56°C였으며 균주첨가균은 44~55°C로 나타났다.

호화개시온도(T₀)의 경우 대조군, 균주 첨가균 모두 저장기간이 경과됨에 따라 증가하였다. Ward 등¹⁶⁾에 의하면 호화된 amylopectin의 노화로 저장기간이 길어짐에 따라 개시온도가 증가된다고 보고하고 있다.

호화정점온도(T_p)와 엔탈피(ΔH) 모두 저장이 진행되는 동안 증가하였다. 엔탈피의 경우 저장전에 대조

군의 경우 1.51이었고 *L. sanfrancisco* 첨가균이 0.42로 가장 낮았으며 *Enterococcus* sp. 첨가균은 0.52 그리고 *L. plantarum* 첨가균은 0.75였다. 저장 후에 대조군과 균주 첨가균 모두 ΔH값이 1.2정도 증가하였다.

저장기간이 경과됨에 따라 전분내의 amylopectin 분자간의 재결정의 용융(melting)으로 인해 흡열 곡선 내의 면적 즉, 엔탈피가 증가하게 된다. 엔탈피의 증가는 빵조각이 단단해지는 속도와 일치한다. 따라서 본 실험에서는 대조군의 엔탈피가 가장 크므로 노화가 가장 많이 진행되었다는 것을 알 수 있으며 균주 첨가균의 경우는 *L. sanfrancisco* 첨가균이 가장 값이 적으므로 노화가 가장 덜 진행되었다는 것을 알 수 있다. Biliaderis 등¹⁷⁾은 전분의 노화는 열역학적으로 다른 두 가지 과정으로 amylopectin의 바깥 짧은 사슬에 의한 재결정 구조와 비교적 직선구조인 amylose의 서로 근접한 다른 amylose 분자와의 결합에 의한 이중 나선구조의 규칙적인 결정화라고 하였다.

5) 저장과정 중 안정성

보리식빵 저장 시 곰팡이 발생 시기는 <Table 6>과 같다.

대조군의 경우 저장 3일만에 곰팡이가 발생하였으

<Table 5> DSC endothermic properties of barley bread crumb during storage

	0 days			After 7 days storage		
	T ₀ (°C)	T _p (°C)	ΔH(cal/g)	T ₀ (°C)	T _p (°C)	ΔH(cal/g)
CO	43.08	53.33	1.51	48.01	56.73	2.73
EC-BB	46.01	50.14	0.52	51.24	53.28	1.72
LP-BB	44.21	52.01	0.75	49.57	55.18	1.95
LS-BB	46.23	49.31	0.42	51.46	52.42	1.62

CO : Control, EC-BB : Barley bread used *Enterococcus* sp. starter
 LP-BB : Barley bread used *Lactobacillus plantarum* starter
 LS-BB : Barley bread used *Lactobacillus sanfrancisco* starter
 T₀ : onset temperature, T_p : peak temperature, ΔH : enthalphy

<Table 6> Effects of sourdough starter on the shelflife of barley bread

	days							
	0	1	2	3	4	5	6	7
CO	-	-	-	+	+	+	+	+
EC-BB	-	-	-	-	-	-	-	+
LP-BB	-	-	-	-	-	-	-	+
LS-BB	-	-	-	-	-	-	-	+

CO : Control, EC-BB : Barley bread used *Enterococcus* sp. starter

LP-BB : Barley bread used *Lactobacillus plantarum* starter

LS-BB : Barley bread used *Lactobacillus sanfrancisco* starter

+: Mould growth by visible means, - : No mould growth by visible means

며 균주를 첨가한 보리식빵은 모두 7일째에 곰팡이가 발생하였다. 이것은 균주 첨가 시 균주에 의해 생성된 초산과 젖산 등이 곰팡이의 생육을 억제하였기 때문으로 생각된다.

2. 보리식빵의 물성 변화

1) 부피, 중량, 용적비 및 높이의 변화

3가지 균주를 첨가한 식빵의 부피, 중량, 용적비 및 높이는 <Table 7>과 같다.

빵의 품질을 비교할 때 여러 가지 요인이 고려되지만 가장 정량적이면서 다른 품질 특성까지 포함하여 알 수 있는 것은 빵의 부피라 할 수 있다. 빵의 전체적인 부피는 *L. sanfrancisco* 첨가군이 가장 컸으며 *Enterococcus* sp. 첨가군은 *L. sanfrancisco* 첨가군과 유사하였다. *L. sanfrancisco* 첨가군의 경우 대조군에 비해 250mL 이상 부피가 증가하였으며 *Enterococcus* sp. 첨가군과 *L. sanfrancisco* 첨가군도 각각 220mL, 130mL 증가하였다. 제품의 온도가 60°C에 도달하게 되면 대부분의 효소와 효모는 불활성화되나 계속적인 부피 팽창이 일어나며 이 현상을 oven spring이라 하고 원래 부피의 약 1/3정도를 차지하게 된다¹⁴⁾.

중량은 대조군의 경우 468g이었으며 균주 첨가군도와 유사한 값을 나타내었다. 빵의 중량에 관계하는 것은 입도 분포, gas 포집 및 수분 흡수율인 것으로 알려져 있다.

빵의 부피에 대한 중량의 값을 나타내는 용적비는 밀가루빵에 비해 부피가 감소하였다. 균주 첨가군은 부피가 가장 컸던 *L. sanfrancisco* 첨가군의 경우 용적비 역시 가장 컸으며 *Enterococcus* sp. 첨가군과 *L. sanfrancisco* 첨가군은 둘다 유사한 값을 나타내었다. 용적비는 단백질 함량, glutenin과 gliadin의 비율이 중요하며¹⁸⁾ 그 외 밀가루에 함유된 전분, 극성지질 및 가스 팽창제 등에 의해 영향을 받는다.

본 실험에서 *L. sanfrancisco* 첨가군의 용적비가 가장 큰 이유는 발효 후의 반죽의 물리·화학적 조건이 oven spring에 가장 적합하기 때문으로 생각된다. 즉 유산균이 생성한 젖산이 효모 생육에 알맞은 pH를 제공하여 발효속도와 발효 팽창력이 증대할 것으로 생각된다. 효모의 발효를 도와 밀가루 gluten 이 산화탄소를 품고 있다가 visco elastin film을 부풀려서 loaf volume과 crumb density를 크게 한다는 것이다.

이¹⁵⁾는 보리-밀 복합분에 존재하는 고분자 물질 즉, xylan, araban, glucon 등의 점성물질이 젖산의 존재 하

<Table 7> General properties of sourdough bread

	loaf volume(mL)	loaf weight(g)	specific volume(mL/g)	heigh(cm)
CO	1425.67±11.01	468.73±3.28	3.04±0.01	7.39±0.16
EC-BB	1642.33±6.66	469.33±4.09	3.42±0.24	9.45±0.10
LP-BB	1567.33±17.01	462.13±4.27	3.41±0.03	9.09±0.09
LS-BB	1672.0±14.42	464.10±1.85	3.60±0.04	9.43±0.06

CO : Control, EC-BB : Barley bread used *Enterococcus* sp. starter

LP-BB : Barley bread used *Lactobacillus plantarum* starter

LS-BB : Barley bread used *Lactobacillus sanfrancisco* starter

에 수화(hydration)로 인하여 유산균이 첨가된 보리식빵의 용적비가 증가된다고 설명하고 있다.

2) 외관 관찰

빵을 1.5cm 두께로 썰어 사진을 찍은 결과는 <Fig. 1>과 같다.

대조군에 비해 균주 첨가균의 크기가 더 큼을 알 수 있었다. 외관적으로 *L. sanfrancisco* 첨가균이 가장 컸으며 *Enterococcus* sp.와 *L. sanfrancisco* 첨가균의 크기는 거의 유사해 보였다. *L. sanfrancisco* 첨가균의 경우 crumb 윗부분의 기공이 다른 균주 첨가균에 비해 더 크게 나타났다.

3) SEM에 의한 단면도 관찰

대조군과 균주첨가균으로 제조된 식빵의 표면을 관찰한 결과는 <Fig. 2>와 같다.

대조군은 검정색의 기공이 크고 불규칙적으로 나타나 있으며 그 수도 다른 균주 첨가균에 비해 적게 나타났다. *L. sanfrancisco* 첨가균의 경우 작은 점으로 나타나 기공(air cell)이 대조군에 비해 표면전면에 매우 조밀하고 고르게 나타나 있었으며 *Enterococcus* sp.는 *L. sanfrancisco* 첨가균 보다 기공이 더 넓었다. *L. plantarum* 첨가균은 균주 첨가균 중에서 가장 기공이

넓은 상태였다.

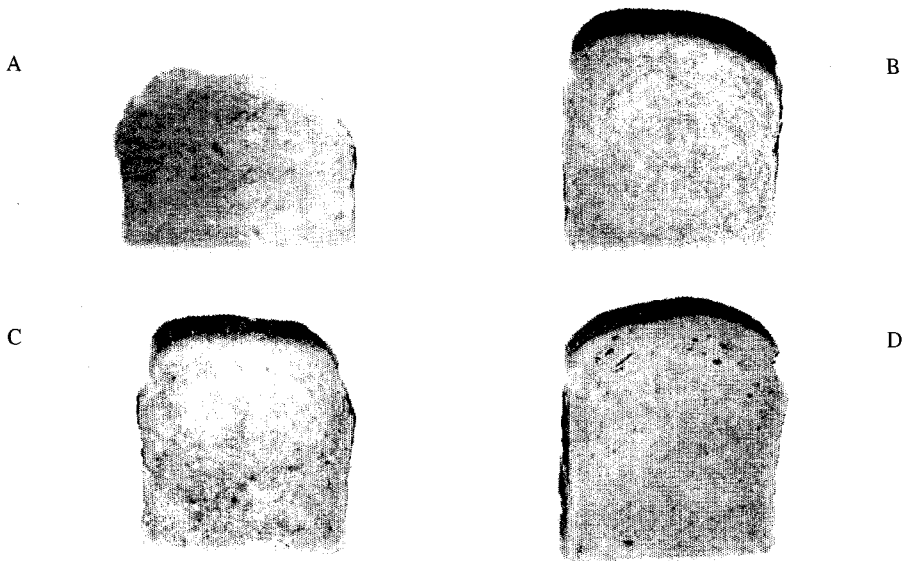
Pomeranz 등¹⁹⁾은 반죽상태에서 전분의 변형이 일어나면 빵에서는 단백질과 팽창된 전분사이에서 변형이 일어나며, 작은 전분입자보다는 주로 큰 전분입자가 변형된다고 지적하였다. 즉, 단백질과 팽윤되어 변형된 전분에 의하여 균일한 빵의 내상을 만든다.

본 실험에서는 유산균의 첨가로 작은 전분입자들이 서로 엉키는 것을 저해하는 역할을 하여 밀가루 단백질이 얇은 막을 형성하여 gas 포집이 용이하도록 하는 것으로 생각된다.

4) 관능검사

관능특성을 한눈에 살펴보기 위해 모든 특성치를 평균값으로 하되 긍정적인 관능 특성인 구수한 냄새, 단내, 촉촉함, 부드러움, 쫄깃쫄깃함과 전반적인 만족도는 평균값을 그대로 사용하고 부정적인 특성인 신내(sour flavor), 까끌까끌함과 딱딱함은 7점에서 그 평균값을 뺀 값으로 표기하여 관능적으로 우수하다고 평가된 첨가시료일수록 면적이 고르고 전반적으로 큰 원을 그리도록 조정된 QDA 결과는 <Fig. 3>과 같다.

단내와 구수한 냄새의 경우 대조군과 균주 첨가균 사이에 기호도가 크게 다르게 나타났다. 이는 균주가 첨가되지 않은 대조군은 구수한 냄새와 단내가 강하게



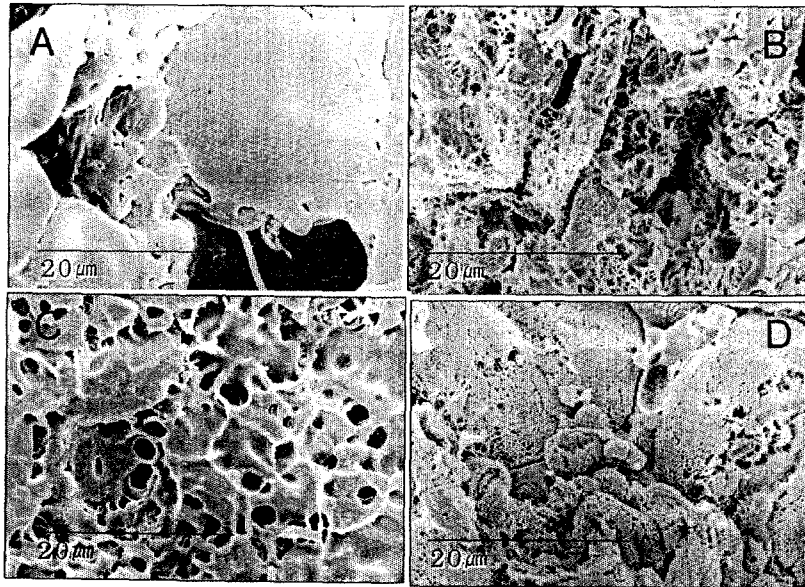
<Fig. 1> Appearance of bread containing various kinds of sourdough starters

A : Control

C : Barley bread using *Lactobacillus plantarum* starter

B : Barley bread using *Enterococcus* sp. starter

D : Barley bread using *Lactobacillus sanfrancisco* starter



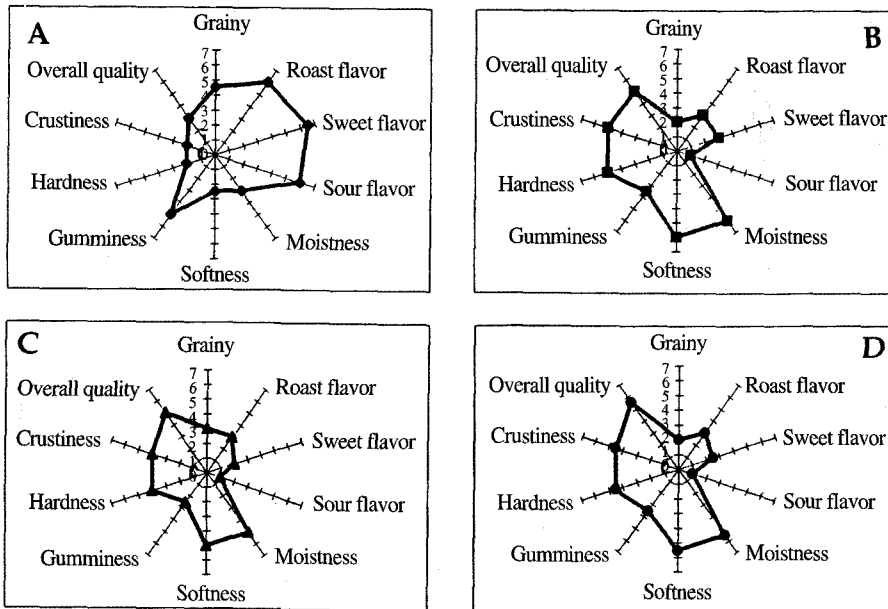
<Fig. 2> Scanning electron micrographs of barley bread used in starters

A : Control

B : Barley bread using *Enterococcus* sp. starter

C : Barley bread using *Lactobacillus plantarum* starter

D : Barley bread using *Lactobacillus sanfrancisco* starter



<Fig. 3> QDA profile of barley bread used in sourdough starters

A : Control

B : Barley bread using *Enterococcus* sp. starter

C : Barley bread using *Lactobacillus plantarum* starter

D : Barley bread using *Lactobacillus sanfrancisco* starter

나타났으나 균주 첨가균은 젓산으로 인해 신내(sour flavor)가 다소 강하게 났기 때문에 생각된다.

촉촉함과 부드러움의 경우 대조균에 비해 균주 첨가균의 기호도가 높게 나타났는데 이는 빵의 부피가 균주 첨가로 인해 커졌다는 결과와 일치하는 것이다. 전체적인 만족도는 신냄새(sour flavor)가 남에도 불구하고 대조균에 비해 조직감이 부드럽고 촉촉하여 균주 첨가균의 기호도가 높게 나타났다.

IV. 요약 및 결론

3가지 사용 균주 중 *L. sanfrancisco* 첨가균의 제빵 특성이 가장 우수한 것으로 나타났다.

1. 보리식빵의 수분함량의 변화 : 제조직후 수분함량은 약 38%로 거의 같았으나 시간이 경과함에 따라 수분함량이 감소하는 경향을 보였다. *L. sanfrancisco* 첨가균의 경우 감소폭이 가장 적었으며 저장기간 중 4일째에 수분감소가 가장 크게 나타났다.
2. Sourdough와 보리식빵의 pH와 산 생성량의 변화 : 대조균의 경우 일반 밀가루 빵에 비해 pH가 낮은 편이었다. 2차 발효가 진행되면서 *L. sanfrancisco* 첨가균이 가장 많은 폭으로 감소하였다. 산 생성량도 pH와 유사한 경향을 나타내었다.
3. 보리식빵의 DSC에 의한 노화도 변화 : 노화된 빵의 용융 피크는 흡열반응을 보였으며 호화온도 범위는 43~56°C였으며 균주첨가균은 44~55°C로 나타났다. 호화개시온도(T_0)의 경우 대조균, 균주 첨가균 모두 저장기간이 경과됨에 따라 증가하였다. 호화점온도(T_p)와 엔탈피(ΔH) 모두 저장이 진행되는 동안 증가하였다. 엔탈피의 경우 저장전에 *L. sanfrancisco* 첨가균이 가장 낮았으며 *Enterococcus* sp. 첨가균 그리고 *L. plantarum* 첨가균의 순이었다.
4. 보리식빵의 저장과정 중 안정성 : 대조균의 경우 저장 3일만에 곰팡이가 발생하였으며 균주 첨가균 모두는 7일째에 곰팡이가 발생하였다.
5. 보리식빵의 부피, 중량, 용적비 및 높이의 측정 : 빵의 전체적인 부피는 *L. sanfrancisco* 첨가균이 가장 컸으며 *Enterococcus* sp. 첨가균은 *L. sanfrancisco* 첨가균과 유사하였으며 *L. sanfrancisco* 첨가균의 경우 대조균에 비해 250mL 이상 부피가 증가하였다. 용적비는 보리식빵인 대조균은 밀가루빵에 비해 부피가 감소하였다. 균주 첨가균은 부피가 가장 컸던 *L. sanfrancisco* 첨가균의 경우 용적비 역시 가장 컸으며 *Enterococcus* sp.와 *L. sanfrancisco* 첨가균은 둘다 유사한 값을 나타내었다.
6. 보리식빵의 외관 관찰 : 외관적으로는 *L. sanfrancisco* 첨가균이 가장 컸으며 *Enterococcus* sp.와 *L. sanfrancisco* 첨가균의 크기는 거의 유사해 보였다.
7. 보리식빵의 단면도 관찰 : 대조균은 검정색의 기공이 크고 불규칙적으로 나타나 있으며 그 수도 다른 균주첨가균에 비해 적었다. *L. sanfrancisco* 첨가균의 경우 작은 점으로 나타나 기공(air cell)이 대조균에 비해 표면전면에 매우 조밀하고 고르게 나타나 있으며 *Enterococcus* sp. 첨가균은 *L. sanfrancisco* 첨가균보다 기공이 더 넓었다. *L. plantarum* 첨가균은 균주첨가균 중에서 가장 기공이 넓은 상태였다.
8. 보리식빵의 관능검사 : 단내와 구수한 냄새의 경우 대조균과 균주 첨가균 사이에 기호도가 크게 다르게 나타났다. 촉촉함과 부드러움의 경우 대조균에 비해 균주 첨가균의 기호도가 높게 나타났다. 전체적인 만족도는 신냄새(sour flavor)가 남에도 불구하고 대조균에 비해 조직감이 부드럽고 촉촉하여 균주 첨가균의 기호도가 높게 나타났다.

■참고문헌

- 1) Sugihara TF, Kline L, Miller MW, Microorganisms of the Sanfrancisco Sour Dough Process. I. Yeasts Responsible for the leavening Action, Appl. Microbiol., 32: 456, 1971
- 2) Kline L, Sugihara TF, Microorganisms of the Sanfrancisco Sour Dough Process. II. Isolation and Characterization of underscribed Bacterial Species Responsible for the Souring Activity, Appl. Microbiol., 21: 459, 1071
- 3) Coretti A, Gobbetti M, Balestrieri F, Paoletti F, Lussi L, Rossi J, Sourdough Lactic Bacteria Effects on Bread Firmness and Stealing. J. Food Sci., 63: 347, 1998
- 4) Gobbetti M, Coretti A, Rossi J, Interaction between lactic acid bacteria and yeasts in sour-dough using a rheofermenter, World J. Microbiol., & Biotechnol., 11: 625, 1995
- 5) Gobbetti M, Coretti A, Rossi J, The sourdough microflora interactions between lactic acid bacteria and yeast : metabolism between lactic acids, World J. Microbiol., & Biotechnol., 10: 275, 1994
- 6) Gianotti A, Vannin L, Gobbetti M, Coretti A, Gardini F, Guerzoni MF, Modeling of the activity of selected starters during sourdough fermentation, Food Microbiol., 14: 327, 1997.
- 7) Chang JH, AnnJB, Effect of Lactic Acid Bacteria on the Qualities of White Pan Bread, Korean J. Food & Nutr.,

- 9(4): 509-515, 1996
- 8) Cho NJ, Kim HI, Kim SK, Effects of Flour Brew with *Bifidobacterium bifidum* as a Natural Bread Improver, Korean Soc. Food Sci. Nutri., 28(6): 1275, 1999
 - 9) Ng H, Factors affecting organic acid production by sour dough bacteria, Appl. Microbiol., 23: 1153, 1972
 - 10) Galal AH, Johnson JA, Varriano-Marston E, Lactic acid Volatile(C2 - C3) organic acids of sanfrancisco sourdough french bread, Cereal Chem., 55: 461, 1977
 - 11) AOAC, Official Methods Analysis, 15th ed, Association of Official Analytical Chemistries, Washington D.C., 1990
 - 12) American Association of Cereal Chemists, Approved Method 22-14 of AACCC, St. Paul, Mn, 1962
 - 13) Costas G, Structures and Phase Transitions of Starch in Food System, Food Technol., June, pp 98, 1992
 - 14) Pylar EJ, Physical and chemical test method, Baking Science and Technology, pp 891, Sosland Pub. Co., Merriam Kansas, 1979
 - 15) Rhee C, Bae SW, Yang HC, Studies on Bread-Baking Properties of Naked Barley Flour and Naked Barley-Wheat Flour Blends, Korean J. Food Sci. Technol., 15(2): 112, 1983
 - 16) Werd KEJ, Hoseney RC, Seib PA, Retrogradation of amylopectin from maize and wheat starches, Cereal Chem., 71: 120, 1994
 - 17) Biliaderis CG, Structures and phase transitions of starch in food systems, Food Technol., 46: 98, 1992
 - 18) Lai, C.S., Hoseney, R.C. and Davis, A.B., Effects of wheat bran in breadmaking, Cereal Chem., 66, p 217, 1989.
 - 19) Pomeranz, Y., Compositon and functionality of wheat flour components in wheat : Chemistry and Technology, 3rd ed. vol II, Am. Assoc. Cereal Chem., St, Paul, MN, p 219, 1988.