

## 보리 Sourdough의 제빵성 연구

유정희 · 김선영  
군산대학교 식품영양학과

Study on Bread-making Quality with Barley Sourdough in Composite Bread

Chung-Hee Ryu, Sun-Young Kim  
Department of Food & Nutrition, Kunsan National University

### Abstract

Waxy barley flour was fermented by two kinds of starter cultures; *L. plantarum* and *L. brevis*, alone or in combination and the effect was evaluated on waxy barley and wheat composite bread quality. In all three barley sourdoughs, fermentation decreased the pH, total sugar and reducing sugar, and increased lactic acid bacteria cell numbers. However yeasts (*S. cerevisiae*) were reduced. There was significant difference in physicochemical characteristics between the reference(composite barley dough containing improvement agent) and the barley sourdoughs ( $p < 0.05$ ). Barley sourdough fermented by *L. plantarum* showed more desirable farinogram properties of peak time, stability and elasticity than that of the reference. The rheofermentometer data for *L. brevis* produced the most CO<sub>2</sub> release curve, whereas *L. plantarum* held maximum CO<sub>2</sub> retention differed significantly from that of the breads made with barley sourdoughs fermented with the respective starter cultures ( $p < 0.05$ ). Barley sourdough bread fermented with *L. plantarum* resulted in better bread quality than the reference bread. The positive effect of fermentation with *L. plantarum* on bread quality was evident when comparing the well developed protein-starch matrix structure of the bread baked with barley sourdough with the reference bread.

Key words : barley sourdough, *L. plantarum*, bread quality, protein-starch matrix

### 1. 서 론

빵류 개발은 밀가루 이외에 영양, 경제성을 고려하여 쌀보리, 호밀, 옥수수, 콩, 메밀, 쌀, 고구마 등의 곡분을 활용한 연구가 오래전부터 국내외적으로 행해지고 있으나 이들 밀 혼합분의 제빵성은 밀가루의 제빵 특성에 비해 열등하여 반죽의 물성개량제를 중심으로 한 제빵성에 관해 연구 보고되고 있다(Ryu CH 1999).

보리는 기능성인  $\beta$ -glucan(4.02~8.05%)과 tocol(42~80

mg/kg)의 함량이 비교적 풍부하여 건강에 유익함은 이미 주지의 사실이나 주로 입식형태로 rice extender, 장류, 보리차, 국수제조에 이용되고 있을 뿐(Bhatty RS 1996a), 보리 특유의 향미로 인해 제빵 산업에서는 제한적으로 사용되고 있다. 또한 쌀보리를 제빵에 활용할 경우 밀 gluten의 희석과 동시에 보리전분의 호화온도가 밀전분에 비해 높기 때문에 제빵성이 떨어지기도 한다(Ryu CH 1999, Batty RS 1996b). 이러한 밀 혼합분의 제빵성에 관한 문제점을 보완하고자 젖산 발효 과정을 거친 sourdough의 물리화학적 특성 및 이의 제빵성에 관한 연구가 수행된 바 전통적인 밀빵(Brömmmer JM와 Loreng K 1991)은 물론 sorghum이나 rye(Hugo LF 등 2003). 메보리(Marklinder I 등 1996, Marklinder I 와 Johansson L 1995) 및 쌀보리(Hong JH

Corresponding author: Chung-Hee Ryu, Kunsan National University, 68 Miryong-dong, Kunsan, Chollapuk-do 573-701, Korea  
Tel : 063-469-4634, 011-284-5028  
Fax : 063-469-4631  
E-mail : chryu@kunsan.ac.kr

등 2000)를 함유한 Sourdough의 제빵의 긍정적인 효과에 대해 보고되고 있다.

빵의 품질을 향상시키는 여러 방법 중 물성개량제를 첨가하는 것 이외에 효모와 젖산균을 첨가한 sourdough를 활용할 경우 빵의 풍미, 제빵성, 저장성 등의 품질개선 효과가 있다. (Faid M 등 1994, Cho NJ 등 1999, Brummer JM와 Loreny K 1991). 이는 젖산균과 효모의 상호작용으로 인해 발효력, 단백질분해력이 증대되고 아미노산, peptides 및 휘발성 지방산들이 생성되어 제빵시 향미성분으로 전환되기 때문으로 보고되고 있다(Collar C 등 1992, Meignen B 등 2001).

이에 본 연구에서는 군산지역에서 생산된 흰찰쌀보리의 활용방안으로써 보리 sourdough의 반죽특성을 선정된 젖산균별로 조사하고 제빵성을 비교검토 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

흰찰쌀보리(단백질 12.0%, 회분 0.7%, 수분 13.3%)는 군산시 농업기술센터에서 구입하여 150 $\mu$ m <입자크기로 분쇄하였고, 강력분(대한제분, 단백질 11.1%, 회분 0.39%, 수분 13.2%), 효모(instant dry yeast, S.I. Lesaffre, France), 냉동젖산균주(*L. brevis*, *L. plantarum*, CHR, Hansen), ascorbic acid(Wako pure Chemical, LTD), glucose oxidase(Gluzyme, NOVO Nordisk), SSL(Sodium stearoyl- $\alpha$ -lactylate, 일신유화)를 사용하였다. 그 외 시약은 특급을 사용하였다.

### 2. 보리 Sourdough제조 및 제빵

밀가루 대체량(30%)에 해당하는 보리가루와 물을 동량(w/w)혼합하고 포도당(2%)과 함께 젖산균(0.1%)을 접종한 뒤 항온기(30 $^{\circ}$ C, 20시간)에서 발효시켜 보리 brew를 제조하였다. 다음 밀가루(70%)와 혼합한 후 2단에서 3분, 3단에서 2분, 4단에서 2분간 반죽을 형성하고(Table mixer, Kitchen Aid, USA) 발효 전 후의 pH(pH meter, Orion, 720A), 총산도(AACC법), 총당(phenol-sulphuric acid법), 환원당(somogyi-nelson법), 젖산균수(MRS plate count) 및 효모(YM배지이용)를 측정하였다. 제빵의 원료배합비는 Table 1과 같고 제빵공정은 AACC straight dough method(10-10A)로 행하였다.

### 3. 반죽의 물성 및 발효양상

Farinograph(M 8101, Brabender, 독일)에 의해 반죽의 흡수율, 반죽형성시간, 안정도, 약화도 등을 rheofermentometer F3(chopin, 프랑스)로써 반죽형성능 및 가스발생상태를 조사하였다. 즉, 원료배합비에 따라 형성된 반죽 315 g를 2 kg weight를 사용하여 28 $^{\circ}$ C에서 3시간 발효하였다(Gobbetti M 등 1995).

### 4. 빵 내부의 미세구조

Microscopy(Olympus BX 80, Japan)를 사용하여 반죽과 빵 내부 중심부위를 0.5cm이하에 1% agar soln, 1% glutaraldehyde(pH7.0)에 고정시킨 후 historesin에 침지하고 rotary microtome(Leica RM 2145, 독일)으로써 4 $\mu$ m 두께로 cutting하였다. 다음 Light green 및 Lugol 요드 용액으로 염색 후 관찰하였다(Autio K와 Laurikainen T 1997, Autio K와 Marttila MS 등 2001).

### 5. 제빵특성 및 관능검사

빵의 loaf volume(종자치환법), 수분(Halogen moisture Analyzers, HR73, 스위스), 수분활성도(Aqualand LAB, CX-2, Japan, 실내온도 20 $\pm$ 2 $^{\circ}$ C), 색도(Chromometer CR-200, Minolta Co., Japan) 및 물성(Rheometer. CR-200, Sun Sci.Co., Japan) 등을 측정하였다. Rheometer의 측정조건은 table speed 60.0(mm/min), critical dia 30.0(mm), load cell 2.00(kg), 시료 높이 10.0(mm)였다. 빵의 관능검사는 7명의 비훈련 관능원으로 하여금 빵

Table 1. Basic formula of sourdough bread

Ingredient	(Bakers %)				
	A	B	C <sup>1</sup>	D <sup>2</sup>	E <sup>3</sup>
Wheat flour	100	70	70	70	70
Barley flour	-	30	-	-	-
Barley flour brew	-	-	60	60	60
Yeast	3	3	3	3	3
Salt	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Sugar	6	6	6	6	6
Butter	4	4	4	4	4
Improvement agent <sup>4</sup>	-	0.5	-	-	-
Water	56	65	35	35	35

<sup>1</sup> fermented with *L. plantarum* 0.1%

<sup>2</sup> fermented with *L. brevis* 0.1%

<sup>3</sup> fermented with *L. plantarum* 0.05% + *L. brevis* 0.05%

<sup>4</sup> Ascorbic acid 200 ppm + glucose oxidase 0.01% + SSL 0.5%

의 향미, 조직감, 색, 전반적인 기호도에 대해 5점채점법에 의해 평가토록하고, 유의성 검정은 ANOVA test와 Duncan's multiple range test로 분석하였다.

### III. 연구결과 및 고찰

#### 1. 보리가루 brew의 특성

젖산균에 따른 보리가루 brew의 이화학적 특성은 Table 2와 같다.

발효하지 않은 초기의 보리 brew pH는 5.93±0.02로서 30°C에서 20시간 발효 후 *L. plantarum* 처리구는 4.02, *L. brevis* 처리구는 3.85 및 이들의 혼합구는 3.97를 나타내며 젖산에 의한 (Charalampopoulos D 등 2002, Salovaara H. 1998) pH 감소현상을 나타내었으며 젖산균에 따른 pH 차이는 거의 없었다. 그리고 초기의 보리 brew의 산도 1.01에 비해 각 젖산균 처리군 모두 증가하여 젖산균 혼합처리구가 2.30으로 다소 높았으며 *L. brevis* 처리구에서 상대적으로 낮았다. 한편 젖산균수는 처리구 모두 발효 20시간 후 급격히 증가하여 *L. plantarum* 처리구는 10<sup>6</sup>×20.4, *L. brevis*는 10<sup>7</sup>×2.5 및 혼합처리구는 10<sup>7</sup>×2.1를 나타내었다. 일반적으로 밀가루, 보리 등의 곡류를 기질로 한 젖산발효 중의 젖산균 성장 양상은 젖산균 종에 따라 다소 차이가 있으나 10-12시간 까지 대수성장기로, 12-48시간까지 정지기로 보고되고 있어(Charalampopoulos D 등 2002) 발효 20시간 후의 발효시간에 따른 젖산균 수의 변화는 미미할 것으로 예측되었다.

또한 각 처리구별 젖산균수는 거의 차이가 없었으며 이는 Marklinder와 Johansson의 보고와 일치하였다. 그리고 본 실험의 최종 젖산균수가 이미 보고된 다른 보리 발효기질의 젖산균수 10<sup>7</sup>-10<sup>9</sup>(Charalampopoulos D 등 2002)와는 차이가 있는바 이것은 발효조건과 초기

의 젖산균 접종 농도 (0.1% w/w)가 상대적으로 낮았기 때문으로 생각되었다.

발효 전의 총당과 환원당은 각각 46.4%와 3.7%로 발효 후 처리구 모두 감소하였고 *L. brevis* 처리구가 유의적으로(p < 0.01) 낮았다. 젖산균 발효 중 특히 대수기에서 glucose, fructose, maltose, sucrose 등의 당류가 젖산균의 대사성 소모에 의해 감소되는데(Charalampopoulos D 등 2002) *L. plantarum*는 glucose에 대해 특이적인 선호도를 보인다고 한다(Gobbetti M 등 1994). 우유가 아닌 곡류를 기질로 한 젖산발효는 이미 오래전부터 음료나 죽의 형태로 아시아, 아프리카 지역에서 전해지고 있는데 이는 곡류(쌀, 보리, 옥수수, 밀, 수수 등)가 젖산균 발효에 필요한 비타민 및 인, 철분 등의 무기질 함량이 많고 기타 탄수화물, 아미노산, 펩타이드류, 지방산 에스테르류, 염류 및 핵산 유도체 등 젖산균이 요구한 영양환경요소를 가지고 있기 때문인데(Charalampopoulos D 등 2002, Salovaara H. 1998) 본 보리가루 brew도 곡류를 기질로 한 전형적인 젖산발효양상을 나타내었다.

#### 2. 보리 sourdough의 특성

보리 brew를 밀가루와 혼합하여 반죽하고 빵효모와 함께 발효(3시간, 28°C)시킨 보리 sourdough(Table 3) C, D, E의 pH는 4.38-4.60으로 감소하였고 이 중 *L. brevis* 처리구(D)가 가장 낮았으며 빵효모만으로 발효시킨 밀가루 대조구 (A)와 보리가루 첨가 대조구(B)의 pH의 변화는 상대적으로 미미하였다.

TTA 역시 보리 sourdough에서 모두 높았고 밀가루 대조구(A)와 보리가루 첨가 대조구(B)는 비교적 낮았다. *Saccharomyces cerevisiae* 단독으로 발효시킨 밀가루 대조구(A)와 보리가루 첨가대조구(B)은 CO<sub>2</sub> 와 함께 일부 유기산 (특히 아세트산)의 생성으로(Gobbetti M 등

Table 2. Mean(n=2) of pH, TTA, cell numbers, total sugar and reducing sugar in barley brews started with lactic acid bacteria<sup>1)</sup>

Starter microorganism	pH	TTA	Cell numbers <sup>2)</sup> (cfu/g)	Total sugar (%)	Reducing sugar(%)
<i>L. plantarum</i>	4.02 <sup>a</sup>	2.15 <sup>ab</sup>	10 <sup>6</sup> ×20.4	31.6 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>
<i>L. brevis</i>	3.85 <sup>a</sup>	2.09 <sup>b</sup>	10 <sup>7</sup> ×2.5	30.4 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>
<i>L. plantarum</i> + <i>L. brevis</i>	3.97 <sup>a</sup>	2.30 <sup>a</sup>	10 <sup>7</sup> ×2.1	36.1 <sup>a</sup>	2.2 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>after 20h at 30°C

<sup>2)</sup>The initial cell numbers of lactic acid bacteria are 1.2×10<sup>6</sup>(*L. plantarum*), 1.1×10<sup>6</sup>(*L. brevis*) and 1.3×10<sup>6</sup>(*L. plantarum* + *L. brevis*), respectively.

<sup>3)</sup>Means within a column with the same superscripts are not significant(p < 0.01).

1995) pH와 TTA의 변화가 적은 것으로 생각되었으며 빵효모와 젖산균이 혼합 처리된 보리 sourdough(C, D, E)는 아세트산에 비해 산도가 강한 젖산이 주로 생성되어(charalampopoulos D 등 2002) pH의 감소와 TTA의 증가가 뚜렷하였으며 sourdough간에 유의적인 차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 또한 보리가루 첨가 대조구(B)가 밀가루 대조구(A)보다 높은 pH에 상응하여 높은 TTA값(2.1)을 나타낸 것은 보리가루의 단백질, 회분 및  $\beta$ -glucan 함량(Kim SY 와 Ryu CH 2003)에 의한 완충능(buffer capacity)이 밀가루 보다 높기 때문으로 추정된다(Marklinder I 와 Johansson L 1995, Charalampopoulos D 등 2002, Marklinder I 등 1996).

다음 반죽의 주성분인 탄수화물의 발효 중 변화를 예측해 보면 발효가 진행되어 pH가 낮아짐에 따라 손상 전분의 일부 glycosidic bond가 가수분해 되어(Marc JEC 등 2002) 반죽에 내재된 발효성당 함량이 증가하나 첨가한 빵효모나 젖산균에 의해 이용되는데 본 실험의 총당 및 환원당도 감소하여 각각의 반죽 모두 당은 주요한 에너지원임(Charalampopoulos D 등 2002, Raccach M 2003)을 알 수 있다. 보통 glucose, fructose, sucrose, maltose 및 invert sugar 등의 발효성당은 밀가루에는 1~2% 함유되어 있고 (Becker R 과 Hanners GD 1991) 보리에는 1.1~3.0% 함유되어 있다(MacGregor AW와 Fincher GB 1993). 한편 발효 3시간 후의 보리

sourdough의 빵 효모와 젖산균의 생육수는 Table 3에서와 같이 젖산균수는 증가하고 빵효모수는 감소하였는데 이러한 현상은 젖산에 의한 pH의 저하 때문으로 Meignen B 등 (2001), Gobbetti M 등(1995), Marklinder I 등(1996) 및 Charalampopoulos D 등 (2002)의 보고와 일치하였다.

밀가루와 보리가루 대조구의 반죽은 빵효모의 최적 pH(4~6)와 유사하여 보리 sourdough에 비해 빵효모생존율이 높지만 이의 대사성 물질인 glycerol, ethanol 및 미량의 fusel oil 등(Meignen B 등 2001)에 의해 영향을 받은 것으로 사료 되었다.

### 3. 보리 sourdough의 발효 양상 및 물성

각 반죽의 물성과 발효양상을 farinograph와 rheofermentometer로 측정된 결과 Table 4와 같았다. 밀가루 대조구(A)의 물 흡수율은 60.5%, 보리가루 첨가 대조구(B)는 67.8%로 보리의 식이섬유( $\beta$ -glucan)에 의해 증가하였다(Cho MK 와 LeeWJ 1996, Cavallero A 등 2002). 보리 sourdough(C, D, E)의 물 흡수율은 밀가루 대조구(A)보다 높았으나 보리가루첨가 대조구(B)보다는 다소 낮았다. 이것은 보리중의 수용성(1→3)(1→4)  $\beta$ -glucan이 물과 높은 결합력(water-binding capacity)을 가지는데 젖산발효 중 보리가루 자체의 내인성  $\beta$ -glucanase, cellulase 등에 의해 가수분해(Wang L 등

Table 3. Characteristics of barley sourdough using lactic acid bacteria and saccharomyces cerevisiae at 0h and after 3h at 28°C of fermentation

Doughs <sup>1)</sup>		A	B	C	D	E
pH	0h	6.01	5.74	5.22	5.10	5.12
	3h	5.50 <sup>a</sup>	5.63 <sup>a</sup>	4.60 <sup>b</sup>	4.38 <sup>c</sup>	4.57 <sup>bc</sup>
TTA <sup>2)</sup>	0h	1.3	1.5	1.8	1.9	1.7
	3h	1.9 <sup>c</sup>	2.1 <sup>bc</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>
Total sugar (%)	0h	67.2	64.5	63.3	62.0	63.8
	3h	40.8 <sup>b</sup>	37.4 <sup>c</sup>	44.2 <sup>a</sup>	41.2 <sup>b</sup>	45.4 <sup>a</sup>
Reducing sugar (%)	0h	3.9	4.5	4.07	4.4	4.2
	3h	2.1 <sup>c</sup>	3.3 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	2.0 <sup>c</sup>	2.3 <sup>b</sup>
Lactic acid bacteria (cfu×10 <sup>6</sup> /g)	0h	- <sup>3)</sup>	-	2.2	2.5	2.3
	3h	-	-	29.4	33.6	31.5
Yeast counts (cfu×10 <sup>6</sup> /g)	0h	3.7	3.5	3.5	3.6	3.7
	3h	2.5	2.6	1.4	1.1	1.2

<sup>1)</sup> same as Table 1

<sup>2)</sup> total titratable acidity(ml 0.1N NaOH/10g dough)

<sup>3)</sup> not determined

<sup>4)</sup> means with a different letter were significantly different( $p < 0.05$ )

1998, Marklinder I와 Johnsson L 1995)되어 물과의 결합력이 다소 낮아진 때문이라고 예측된다.

반죽 형성시기인 peak time은 가루 단백질 품질의 기준이 되며 강력분이 박력분보다 peak time이 큰데, 물성개량제를 첨가하는 보리가루첨가구(B)와 보리 sourdough(C,D,E)가 비슷한 결과를 보였다. 반죽의 안정도는 밀가루 대조구(A)가 가장 높았고, *L. plantarum*을 처리한 보리 sourdough(C), 보리가루 첨가 대조구(B) 순위로 낮았다. 보리가루 첨가 대조구(B)일 경우 *L. brevis* 처리구(D)나 혼합처리구(E)보다 다소 안정도가 높았는데 이는 물성개량제(산화제, 유화제)의 첨가 때문으로 사료되었으며 보리 sourdough의 안정도는 젖산균 종에 따라 차이가 있음을 보여주었다. 반죽의 발효과정은 sourdough의 미생물적 양상과 화학적조성은 물론 점탄성, flow behavior 등의 물성을 변화시키는데 (Meuser F와 Zense TH 1993) 발효중의 amylases, protease 및 hemicellulases 등이 가루의 성분을 분해하고 젖산에 의한 pH의 저하와 같은 물리·화학적변화는 비록 적은 것일지라도 gluten 조직망에 영향을 준 것으로 사료된다(Wehrle K 와 Arendt EK 1998). *Bifidobacterium bifidum*을 이용한 밀가루 brew를 반죽에 첨가한 Cho NJ 등 (1998)의 보고에서도 밀가루 brew가 반죽의 안정도를 감소하였다고 하였다. 또한 반죽의 탄성도 안정도와 거의 같은 경향을 보였으며 보리 sourdough 중 *L. plantarum* 처리구(C)의 탄성이 우수하여 젖산발효과정이 물성개량제를 사용한 경우보다 반죽의 물성변화에 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

이와 같은 현상은 반죽의 발효 양상을 살펴보면 더

욱 확실한데 Table 4의 rheofermentometer 측정치에 잘 나타나 있다.

*L. plantarum*과 *L. brevis*의 총 가스생성량(V1)은 밀가루대조구(A)나 보리가루 첨가 대조구(B)보다 많았다. 이는 젖산균에 의한 CO<sub>2</sub>생성에 기인하며(Gobbetti M 등 1995) homotype인 *L. plantarum*보다 heterotype인 *L. brevis*처리구(D)가 가장 많았고 혼합처리구(E)에서는 오히려 감소하여 젖산균 종이나 단독 혹은 혼합처리에 따라 CO<sub>2</sub>생성에 차이가 있다는 Anaya MAM 등 (1990)의 보고와 일치하였다. 가스 보유율(R)도 *L. plantarum*이 밀가루 대조구(A)보다 다소 높았고 *L. brevis* 처리구(C)는 가스생성량은 가장 많았으나 가스 보유율이 가장 낮아 farinograph의 반죽의 안정도와 관계가 있는 것으로 생각되나 이 부분은 앞으로 연구해야 할 과제라고 여겨진다. 최대 반죽형성시의 높이(Hm)는 밀가루 대조구(A)가 가장 높았으며 보리가루 첨가 대조구(B)가 가장 낮았고 이는 보리가루 첨가(30%)에 의해 gluten 단백질이 희석된 결과라고 여겨진다. 그러나 젖산발효가 진행된 보리 sourdough(C, D, E)가 보리가루 첨가 대조구(B) 보다 높은 것으로 나타나 protein starch matrix에 긍정적인 변화가 있음을 나타내 주었다. 한편 발효시 최대 가스 발생 시간은 *L. plantarum*처리구가 가장 길었으며(177분) 보리가루 첨가 대조구(B)와 혼합처리구(E)에서 짧았으며 가스발생 속도(X)는 밀가루 대조구(A) 0.45에서 0.23~0.36으로 감소하여 빵효모 단독으로 발효하는 것 보다 젖산균 처리를 하였을 때 발효가 천천히 일어남을 알 수 있었다. 반죽의 가스가 유출되기 시작하여 기공이 생기기 시작한 시간은 보리가루 첨가 대조구(B)와 *L. brevis*

Table 4. Farinograph and rheofermentometer parameters of barley sourdoughs

Doughs	Farinograph				Rheofermentometer							
	Water absorption(%)	peak time(min)	Stability (min)	Elasticity (BU)	V1 (ml)	V2 (ml)	R (%)	Hm	T1 (min)	X	Tx	
A	60.5	7.9	46	110	1819	1431	78.7	61.9	138	0.45	60	
B	67.8	5.1	22	75	1712	1290	75.4	36.6	121	0.30	55	
C	36.2	5.2	24	80	1857	1485	80.0	40.7	177	0.23	61	
D	36.8	5.0	21	78	1900	1420	74.7	43.6	165	0.26	55	
E	36.4	4.9	20	76	1782	1378	77.3	43.9	121	0.36	60	

<sup>1)</sup>fermented for 3hrs

V1 : total CO<sub>2</sub> volume

R : retention coeff.

T1 : the time(min) to reach the maxium curve height

Tx : the time(min) when the porosity of the dough develops

V2 : retention volume

Hm : height of maximum dough development(mm)

X : the maximum gas flow(mm/min)

처리구(D)가 55분으로서 *L. plantarum* 처리구(C)보다 빨랐다. Loreng K(1983)에 의하면 heterotype 젖산균의 주된 생성물인 acetic acid는 밀 gluten 조직을 단단하게 하며 lactic acid는 좀 더 탄성있는 밀 gluten 조직을 형성한다고 하였다. 이것은 farinograph의 탄성치에서도 잘 나타나 있으며 밀 gluten 조직의 유연성과 반죽의 가스 유출시기가 관계가 있는 것으로 생각되었다.

4. 보리 Sourdough 제빵성

1) 보리 sourdough 빵의 특성

빵효모와 젖산균이 혼합된 보리 sourdough(C, D, E)의 빵 pH는 밀가루 대조구(A), 보리가루 첨가 대조구(B)와 달리 pH 5.2~5.3(p < 0.05)으로서 밀가루 sourdough 빵의 pH 4.92~5.33(Martinez MA 등 1990)과 비슷하였다(Table 5).

빵의 수분함량은 젖산발효 빵이 다소 높았으며 수분활성도 밀가루대조구(A)에 비해 높았고 물성개량제를 첨가한 보리가루 첨가 대조구(B)와는 차이가 거의 없었다(p < 0.05). 빵의 부피는 밀가루 첨가 대조구(A)에 비해 보리를 활용한 B, C, D, E 제품 모두 유의적으로 낮았으나 물성개량제를 활용한 보리가루 첨가 대조구(B)와 *L. plantarum* 처리구(C)의 빵 부피가 *L. brevis* 처리구(D)와 혼합처리구(E)에 비해 높았다(Fig. 1).

빵의 부피는 farinograph 측정치 중(Table 4) 반죽형성시간(peak time)과 안정도와 상관도가 높다고 한

(Boyacioglu MH 와 D'Appolonia BL 1994)바 본 실험에서도 같은 결과를 보여 주었다. 특히 빵부피에 대한 *L. plantarum*에 의한 긍정적인 효과는 heterotype 젖산균에 의한 빵효모의 활성 증가(Gobbetti M 등 1994)와 반죽내의 적정한 산도가 gluten의 가스보유력을 높이기 때문으로 보고되고 있다(Gobbetti M 등 1994).

빵의 색은 보리가루를 활용한 B, C, D, E에 있어서 보리 고유의 색에 의해 명도(L)가 감소하였고 보리 sourdough 빵 간에 차이가 없었다(p < 0.05). Redness(a)는 보리 sourdough 일 경우 대조구 A, B에 비해 증가하였고 yellowness(b)는 명도와 같은 경향을 보였다. 실온에 3일간 방치하여 빵의 경도를 측정한 결과 물성개량제를 사용한 보리가루 첨가 대조구(B)보다 보리 sourdough 빵의 측정치가 낮았다. 빵의 경도와 탄성은 빵의 부피에 의해서도 영향을 받으나 빵 crumb의 노화와 관계가 있는데 보리 sourdough 빵의 경도는 물성개량제를 첨가한 보리가루 대조구(B)보다 유의적으로 낮아(p < 0.05) sourdough 발효과정이 빵의 조직, 부피, 저장성을 좋게 한다는 기존의 연구보고(Brömmmer JM 등 1991, Gobbetti M 등 1995, Anaya MaM 등 1990, Crowley p 등 2002)와도 같았다.

한편 빵의 관능검사 결과(Table 6)에서도 조직에 있어서는 혼합처리구(E)에서, 향미는 보리가루 첨가 대조구(B)에서 유의적으로 낮은 점수를 나타내어 보리 sourdough의 향미가 개선되었음을 보여주고 있다.

이는 발효 중 유기산, 알코올, 에스테르 및 기타 카보닐 화합물의 생성(Gobbetti M 등 1995)에 의한 것으로 생각되었다. 그리고 밀가루, 빵 효모에 함유된

Table 5. Quality of bread prepared from barley sourdoughs

Doughs <sup>1)</sup>	A	B	C	D	E
pH	5.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>
Moisture(%)	39.4 <sup>a</sup>	42.5 <sup>b</sup>	43.7 <sup>bc</sup>	44.0 <sup>bc</sup>	43.9 <sup>bc</sup>
Water activity	0.87 <sup>a</sup>	0.90 <sup>bc</sup>	0.91 <sup>b</sup>	0.92 <sup>c</sup>	0.91 <sup>b</sup>
Specific volum(cc/g)	4.95 <sup>a</sup>	4.31 <sup>b</sup>	4.36 <sup>b</sup>	3.90 <sup>c</sup>	3.95 <sup>c</sup>
Color <sup>2)</sup> L	75.24 <sup>a</sup>	67.14 <sup>b</sup>	69.84 <sup>b</sup>	68.88 <sup>b</sup>	69.03 <sup>b</sup>
a	-1.73 <sup>a</sup>	-0.33 <sup>b</sup>	+0.26 <sup>c</sup>	-0.28 <sup>b</sup>	+0.24 <sup>c</sup>
b	13.91 <sup>a</sup>	17.35 <sup>b</sup>	16.7 <sup>b</sup>	17.13 <sup>b</sup>	16.94 <sup>b</sup>
Hardness(g/cm <sup>2</sup> ) <sup>3)</sup>	160.7 <sup>a</sup>	205.4 <sup>c</sup>	183.5 <sup>b</sup>	180.2 <sup>b</sup>	184.0 <sup>b</sup>
Springness(%) <sup>3)</sup>	89.9 <sup>d</sup>	80.1 <sup>a</sup>	82.7 <sup>b</sup>	81.3 <sup>ab</sup>	83.5 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> same as Table 1

<sup>2)</sup> L: lightness(100 = white, 0 = black), a: redness(- =green, +=red) b: yellowness(- =blue, + = yellow)

<sup>3)</sup> stored 3 days at room temp

<sup>4)</sup> different superscripts in rows indicate significant differences (p < 0.05)

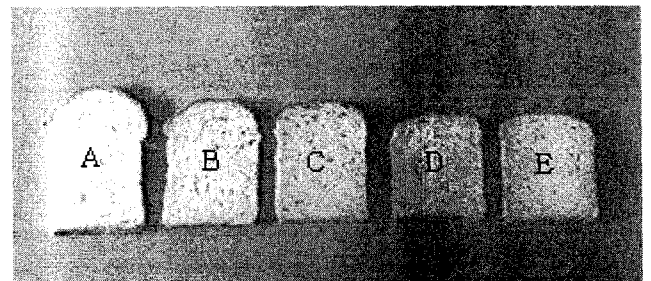


Fig. 1. Internal characteristics of bread crumb made with barley sourdough.

A~E: same as Table 1

**Table 6. Sensory analysis of barley sourdough bread**

Doughs <sup>1)</sup>	A	B	C	D	E
Texture	4.3 <sup>a2)</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	3.9 <sup>c</sup>
Flavor	4.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>c</sup>	4.0 <sup>b</sup>	3.9 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>
Color	4.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>
Overall quality	4.5 <sup>a</sup>	3.3 <sup>c</sup>	3.7 <sup>b</sup>	3.5 <sup>bc</sup>	3.5 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup> same as Table 1

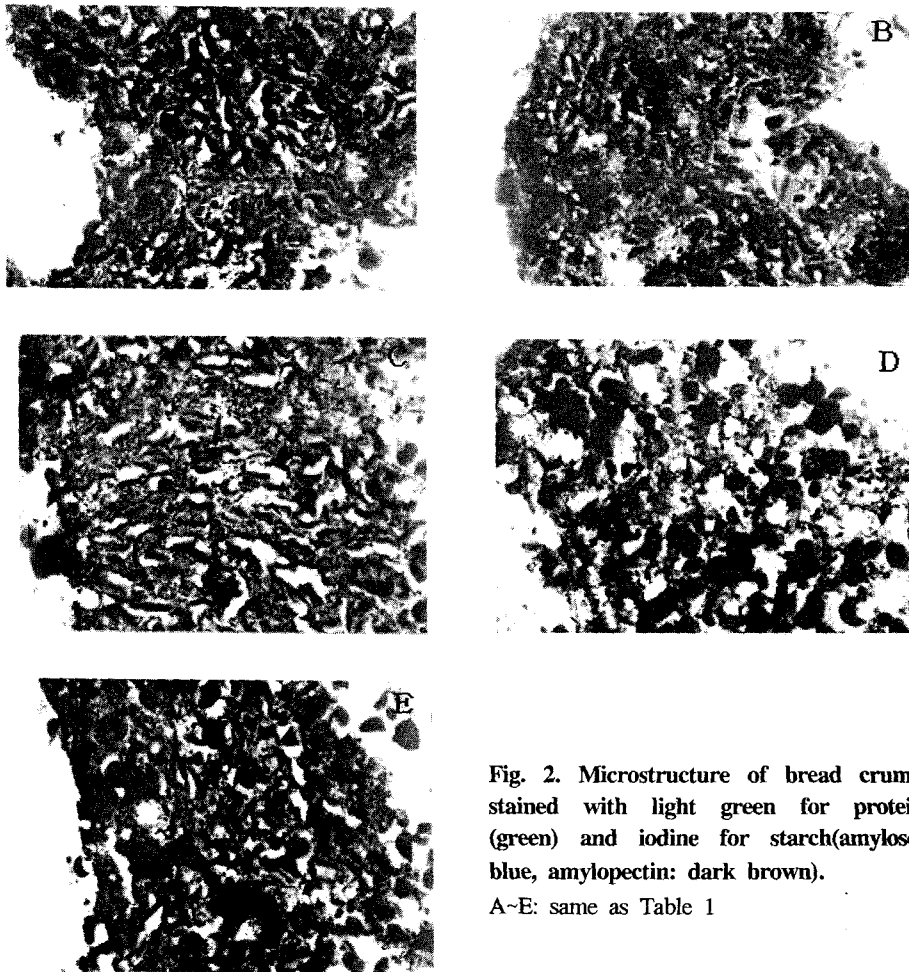
<sup>2)</sup> values(means) followed by different letters in each rows are significantly different(p <0.05) scores range from 5 = very good to 1 = very poor

protease와 peptidase로부터 생성된 아미노산류도 빵의 향미의 전구체로 작용하여 관능특성에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(Collar C 등 1992). 색은 밀가루 대조구(A)와 보리가루를 활용한 B, C, D, E와 차이가 있으나 전반적으로 *L. plantarum*를 처리한 보리 sourdough 빵 제품(C)이 물성개량제를 활용한 보리가루 첨가 대조구(B)보다 우수하였다.

**2) 보리 sourdough 빵의 미세구조**

보리 sourdough 빵 내부(bread crumb)의 미세구조는 protein은 light green으로, starch는 iodine 용액으로 염색하여 관찰한 결과 Fig. 2와 같았다.

단백질은 green으로 전분립은 violet/brown/black으로 나타나는데(Autio K와 Laurikainen T 1997, Autio K와 Marttila MS 2001) 밀가루 대조구(A)는 앞의 반죽특성에서도 예측할 수 있듯이 크고 작은 호화된 전분입자와 잘 발달된 연속상의 starch-gluten matrix(Ryu CH 1999)를 확인할 수 있으며 비교적 균일한 기포가 형성되어 있음을 알 수 있다. 보리 가루 첨가 대조구(B)는 물성 개량제에 의해 gluten matrix는 비교적 잘 발달되어 있으나 호화된 전분립의 형태가 gluten과 연속상의 막을 형성치 못하고 붕괴되어 있고 기포형성이 균일하지 않다. 이러한 이유로 찰 전분의 제빵성이 메 전분



**Fig. 2. Microstructure of bread crumb stained with light green for protein (green) and iodine for starch(amylose: blue, amylopectin: dark brown).**

A~E: same as Table 1

에 비해 떨어지기도 한다(Gill S 등 2002).

보리 sourdough 빵 중 *L. Plantarum*을 처리한 C는 전분립으로부터 amylose/amylopectin의 유출이 많음을 알 수 있어 전분립의 호화상태가 더욱 진행되었음을 보여 주지만 starch-gluten matrix가 균형을 이루며 기포의 형성도 무리가 없음을 보여주고 있다.

*L. brevis*를 처리한 빵(D)은 발효 중 가스 생성량은 많으나 (Table 4의 VI)가스를 포집할 수 있는 잘 발달된 starch-protein matrix를 형성하지 못했으며 기포가 균일치 않고 큰 편인데 이는 Table 4의 가스보유율(R)과도 관련이 있다고 생각되었다.

*L. plantarum*과 *L. brevis*를 혼합 처리한 빵(E)은 protein의 발달상은 좋으나 역시 호화된 전분립과 균형된 matrix를 형성치 못하고 기포상도 균일하지 않음을 알 수 있다. Baking 중의 oven spring과 baking 후의 제빵성 즉 부피, 기공의 균일성, 외관 등은 반죽의 물리·화학적 특성과 물성에 따라 영향을 받는데(Ryu CH 1999), 빵의 미세구조를 관찰함으로써 확인되었으며 *L. plantarum*에 의한 젖산발효가 *L. brevis*나 이들의 혼합처리보다 제빵성이 우수함을 알 수 있었다. 또한 보리 가루를 활용한 복합분 빵 제조시 관능성, 저장성을 고려할 때 산화제, 유화제 등의 물성개량제를 활용하는 것 보다 젖산균을 이용한 sourdough 제조 방법이 바람직한 것으로 판단되었다.

#### IV. 요약

현찰쌀보리가루를 이용한 sourdough의 물리·화학적 특성, 발효 양상 및 물성 등의 반죽특성과 이의 제빵성을 조사하였다. *L. plantarum*과 *L. Brevis* 및 이의 혼합처리로써 보리가루를 발효시킨 결과 pH, 총당 및 환원당 등은 감소하였고 젖산균수, 산도는 증가하였으며, 젖산균에 따라 환원당을 제외하고 유의적인 차이가 없었다. 보리 sourdough의 젖산균수는 각 처리구 모두 발효 후 증가하였으나 효모는 감소하였고 젖산균에 따라 이화학적 특성에 차이가 있었다. 특히 *L. plantarum*을 처리한 보리 sourdough는 반죽의 형성시간, 안정도 및 탄성 등에서 물성개량제를 활용한 보리가루 첨가 대조구에 비해 양호하였고 발효진행속도는 느리나 가스발생량, 가스보유율도 가장 높았다. 또한 보리 sourdough 빵의 pH는 발효하지 않은 빵에 비해 낮았고 수분 및

수분 활성도는 증가하였으며, 필연적으로 *L. plantarum*을 처리한 보리 sourdough빵의 부피, 경도, 탄성, 관능적 특성 등의 제빵특성에 있어서도 물성개량제를 첨가한 보리가루 첨가 대조구에 비해 우수하였고 이는 빵 내부 조직의 protein-starch matrix의 미세구조에서도 확인되었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2003년도 군산대학교 학술연구비에 의한 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- AACC.2000 Approved Methods of the AACC. 10th ed. AACC. St. Paul. MN.
- Anaya MAM, Pitarch B, Bayarri P, Barber B. 1990. Microflora of the sourdoughs of wheat flour bread. x Interactions between yeasts and lactic acid bacteria in wheat dough and their effects on bread quality. *Cereal Chem.*67(1):85-91
- Autio K, Laurikainen T. 1997. Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends in Food Science & Technology.*8:181-185
- Autio K, Marttila MS. 2001. Light Microscopic Investigations of Cereal Grains, Doughs and Breads. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*,34, 18-22
- Batty RS. 1996b. The potential of hull-less barley. *cereal chem.* 76(5): 589-599
- Bayacioglu MH · D'Appolonia BL. 1994. Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. Comparison of chemical, rheological and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chem.* 71(1): 21-28
- Becker R, Hanners GD. 1991. Carbohydrate composition of Cereal grains. In klaus JL, Kulp k(eds) Handbook of cereal science and technology P.469-496. NY. Marcel Dekker Inc.
- Bhatty RS. 1996a. Nonmalting uses of barley. P. 355-418. In: *Barley Chemistry and Technology*. Macgregor A W and Bhatty RS(ed). AACC. St. Paul, MN,USA.
- Brümmer JM, Lorenz K. 1991. European developments in wheat sourdough. *cereal Foods world.* 36(3): 310-314
- Cavallero A, Empilli S · Brighenti F · Stanca AM. 2002. High (1→3, 1→4)-β-glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. *Journal of Cereal science* 36:59-66



- Charalampopoulos D, Pandiella S.S Webb C. 2002. Growth studies of potentially probiotic lactic acid bacteria in cereal-based substrates. *Journal of Applied Microbiology* 92:851-859
- Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella S.S Webb C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods : a review. *International Journal of Food Microbiology* 79:131-141
- Cho MK · Lee WJ. 1996. Preparation of high fiber bread with barley flour. *Korean J. Food Sci Technol.* 28(4): 702-706
- Cho NJ, Kim SK. 1999. Effects of flour brew with bifidobacterium bifidum as a natural bread improver. *J. Korean soc. Food sci. Nutr.* 28(6): 1275-1282
- Cho NJ · Lee SK · Kim SK · Joo HK. 1998. Effect of wheat flour brew with bifidobacterium bifidum on rheological properties of wheat flour dough. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30(4):832-841
- Collar C, Mascarós AF, Barber CB. 1992. Amino acid metabolism by yeasts and lactic acid bacteria during bread dough fermentation. *Journal of Food Sci* 57(6): 1423-1427
- Crowley P · Schober TJ, Clarke CI · Arendt E · 2002. The effect of storage time on textural and crumb characteristics of sourdough wheat bread. *European Food Research and Technology* 214:489-496
- Faid M, Boraam F, Zyani I, Larpent JP. 1994. Characterization of sourdough bread ferments made in the laboratory by traditional methods. *Z lebensm Unters Forsch.* 198;287-291
- Gobbetti M, Corsetti A, Rossi J. 1994. The sourdough microflora. Interactions between lactic acid bacteria and yeasts : metabolism of carbohydrates. *Applied Microbiology and Biotechnology* 41: 456-460
- Gobbetti M, Corsetti A, Rossi J. 1995. Interaction between lactic acid bacteria and yeasts in sour-dough using a rheofermentometer. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 11: 625-630
- Gobbetti M, Simonetti M.S, Corsetti A, Santinelli F, Rossi J, Damiani P. 1995. Volatile compound and organic acid productions by mixed wheat sourdough starters :influence of fermentation parameters and dynamics during baking. *Food Microbiology* 12:497-507
- Hong JH, Kim KJ, Bang KS. 2000. Effects of sourdough starter on the Characteristics of rheological of barley bread. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16(4):358-362
- Hugo LF, Rooney LW, Taylor JRN. 2003 Fermented sorghum as a functional ingredient in composite breads, *Cereal Chem.* 80(5):495-499
- Kim SY, Ryu CH. 2003. Extraction and Physicochemical Characterization of Barley Bran  $\beta$ -glucan. *Korean Society of Food and Cookery Science* 19(5): 616-623
- Lorenz K. 1983. Sourdough process: Methodology and biochemistry. *Baker's Digest* 55:32-36
- MacGregor AW, Fincher GB. Carbohydrates of the barley grain P.117. In : Barley chemistry and technology. Macgregor A W and Bhatti RS(ed). AACC. St. Paul, MN, USA
- Marklinder I, Johansson L. 1995. Sour dough fermentation of barley flours with varied content of mixed-linked(1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 4)  $\beta$ -D-glucans. *Food Microbiology* 12; 363-371
- Marklinder I, Johansson L, Haglund A, Nagel-Held B, Seibel W. 1996. Effects of flour from different barley varieties on barley sour dough bread. *Food Quality and Preference* 7(314):275-284
- Marrel MJEC · Veen B · Uitdehaag JCM · Leemhuis H · Dijkhuizen L. 2002. Properties and applications of starch-converting enzymes of the  $\alpha$ -amylase family. *Journal of Biotechnology* 94:137-155
- Meignen B · Onno B · Ge'linas P · Infantes M · Guilois S and Cahagnier B. 2001. Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. *Food Microbiology*, 18:239-245
- Meuser F · Zense TH. 1993. Investigation of the flour behaviour of sourdough in a continuously operating fermentation system. *Carbohydrate polym.* 21: 179-181
- Raccach M, Bamiro T, Clinch J, Combs G · Gierczynski A, Karan R. 2003. Natural fermentation of wheat flours. *Food Control* 15:191-195
- Ryu CH. 1999. Study on bread-making quality with mixture of waxy barley-wheat flour I. Rheological properties of dough made with waxy barley-wheat flour mixture. *J. Korean soc. Food sci. Nutr.* 28(5): 1034-1043
- Salovaara H. 1998. Lactic acid bacteria in cereal-based products. In : Salminen S, Wright A. (eds.) Lactic acid bacteria : Microbiology and functional aspects. Marcel Dekker, NY P.115-137.
- Wang L · Miller RA, Hosney RC. 1998. Effects of (1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucans of wheat flour on breadmaking. *Cereal Chem.* 75(5):629-633
- Wehrle K · Arendt EK. 1998. Rheological changes in wheat sourdough during controlled and spontaneous fermentation. *Cereal Chem.* 75(6):882-886

---

(2005년 10월 15일 접수, 2005년 10월 25일 채택)