

L. acidophilus KCCM 32820과 *P. freudenreichii* KCCM 31227로 발효한 유청 발효물이 빵 반죽의 레올로지 특성에 미치는 영향

이정훈 · 이시경[†]
건국대학교 응용생물화학과

Effect of Whey Ferment Cultured by *L. acidophilus* KCCM 32820 and *P. freudenreichii* KCCM 31227 on Rheological Properties of Bread Dough

Jeong-Hoon Lee and Si-Kyung Lee[†]

Dept. of Applied Biology & Chemistry, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the rheological properties of bread dough containing whey ferment cultured by *L. acidophilus* KCCM 32820 and *P. freudenreichii* KCCM 31227. Instrumental analysis such as farinograph, amylograph, extensograph, fermentation power, total titratable acidity (TTA) of dough and pH of dough were tested. On farinograph, difference of water absorption between doughs with and without whey ferment was 0.4% and dough containing whey ferment showed long development time of 3.2 min compared to dough without whey ferment, but showed shorter stability of 16.2 min. On amylograph, there was no significant difference on gelatinization and maximum viscosity temperature; however, maximum viscosity of flour with whey ferment revealed low amylograph unit. On extensograph, value of resistance and R/E ratio of dough containing whey ferment were higher than those of dough without whey ferment. On analysis of dough fermentation power by yeast, dough without whey ferment showed higher volume than dough with whey ferment during fermentation of 240 min. However, TTA of dough was higher in dough with whey ferment than that of the control without whey ferment, even though pH value was low.

Key words: bread dough, rheological properties, whey ferment, *L. acidophilus*, *P. freudenreichii*

서 론

식빵은 밀가루와 효모에 부재료를 배합하여 만든 반죽을 발효, 굽기 과정을 거쳐 제조한 제품으로 인류의 중요한 열량 및 단백질 공급원이기도 하다. 식빵에 대한 연구는 인류의 역사가 시작된 이래 점진적으로 발전되어 왔다. 최근에 이르러 식생활의 다양한 변화에 따라 인스턴트 식이나 빵류에 대한 선호도가 높아지면서 건강유지를 위한 소비자의 욕구에 따라 기능성 제품의 상품화 시도 및 천연 발효빵의 품질향상을 위한 연구가 진행되고 있다.

특히 유산균을 주종으로 하는 sour dough의 빵의 이용은 품질개선과 함께 제품의 보존성을 연장하기 위함이다. Sour dough 발효는 식품에 이용되어온 가장 오래된 생물 공학적 공정 중의 하나로 주로 추운 지방에서 행하여진 반죽 팽창방법(1)이었다. 호밀 사우어는 호밀반죽이 유산균 발효로 인하여 신맛이 생성된 것으로 perpetuated sour, progressive sour, fresh sour 등으로 구분된다. Sour dough는 제빵 시 발효시간, 플로어시간, 믹싱시간, 중간발효시간 등의 단축,

노화 지연, 향미의 생성효과가 있는 반면에 제품의 부피 감소, 내상의 조밀함, 거친 조직 등 좋지 않은 결과를 낳기도 한다(2). 유럽에서는 호밀빵에 유산균을 발효시켜 만든 sour dough를 제조하여 첨가함으로써 생성된 유기산이 제품의 향과 식감을 개선시키는 효과가 있고, San Francisco 지방에서 생산하는 San Francisco sour dough의 *Lactobacillus sanfrancisco*는 반죽에서 젖산과 초산을 생산하여 빵의 풍미와 보존기간을 연장하는 효과를 준다고 Corsetti 등(3)은 보고하였다. 반죽을 발효하는 동안 생성되는 각종 유기산들은 반죽의 글루텐을 숙성시킬 뿐만 아니라 pH를 약산성으로 낮추어 글루텐 단백질을 강하게 하여 가스포집력을 증가시키는 효과가 있다. 호밀이나 호밀과 밀가루를 이용하는 반죽에서 sour dough에 함유되어 있는 유산균은 단백질을 분해하여 자유 아미노산 양을 증가시키고(4), 증가된 아미노산 양은 빵의 향미를 개선하는 역할을 한다. 따라서 유산균으로 발효시킨 반죽은 효모로만 발효시킨 반죽에 비하여 아미노산 양이 증가하여 독특한 향미의 빵을 만들 수 있다(5). 밀가루의 단백질 분해는 글루텐의 물리적 성질에 영향을 미칠

[†]Corresponding author. E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr
Phone: 82-2-450-3759, Fax: 82-2-450-3726

뿐만 아니라 빵의 견고성이나 노화에도 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 유당과 무기질 함량이 높은 유청을 유산균으로 발효시켜 젖산을 생성한 후, 프로피온산균으로 2단계 발효시켜 프로피온산을 생성하고, 젖산 및 프로피온산이 함유된 유청 발효물(6)을 반죽에 일정량 첨가하여, 반죽의 레올로지에 미치는 영향으로 farinograph, amylograph, extensograph 및 효모의 발효력, 반죽의 총산도, pH 변화 등을 분석하여 향후 빵 제조 시 제품의 물리적 특성, 제품의 부피, 노화 및 보존성에 미치는 효과 등을 예측하고자 하였다.

재료 및 방법

사용균주 및 배지

유청 발효용 미생물은 한국미생물보존센터에서 분양받은 *Lactobacillus acidophilus* KCCM 32820과 *Propionibacterium freudenreichii* KCCM 31227을 사용하였다. *L. acidophilus* KCCM 32820 계대배양용 배지는 MRS broth(peptone 10 g/L, beef extract 10 g/L, yeast extract 5 g/L, glucose 20 g/L, diammonium-citrate 3 g/L, sodium acetate 5 g/L, tween 80 1 mL, K_2HPO_4 2 g/L, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2 g/L, $MnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2 g/L, pH 6.2~6.6)를, *P. freudenreichii* KCCM 31227 계대배양용 배지는 RCM(yeast extract 3 g/L, beef extract 10 g/L, peptone or tryptose 10 g/L, soluble starch 1 g/L, glucose 5 g/L, cysteine hydrochloride 0.5 g/L, NaCl 5.0 g/L, sodium acetate 3 g/L, pH 6.8)을 사용하였다.

유청배지 제조

2 L 삼각플라스크에 유청분말(Calpro Co., Ltd., Carona, USA)과 증류수로 12% 농도로 조절하고 효모추출물을 1% 첨가하여 1.5 L를 제조한 유청배지를 60°C에서 30분간 저온 살균 하여 유청배지로 사용하였다.

Starter culture 배양

MRS 배지 55 g을 증류수 1 L에 10분간 용해한 후 cap tube 20개에 각각 10 mL씩 분주하여 121°C의 고압증기멸균기에서 15분간 살균 후 냉각시켜 MRS 배지 2 mL를 종균(*L. acidophilus* KCCM 32820)에 넣어 희석한 후 1 mL 취하여 cap tube 2개에 접종하였다. 35°C의 인큐베이터에서 16시간 배양하여 균수가 $1 \sim 2 \times 10^7$ cfu/mL 되도록 하였으며 계대배양을 3회 더하여 활성이 강한 균을 유기산 생성 배양에 사용하였다. *P. freudenreichii* KCCM 31227은 RCM 40 g을 증류수 1 L에 용해하여 *L. acidophilus* KCCM 32820과 동일한 방법으로 계대배양 하였다.

유청 발효물 배양

저온살균한 유청배지에 계대배양한 *L. acidophilus* KCCM 32820을 1% 접종한 후 36시간 배양하여 젖산이 생성 되도록 하였다. 배양 후 배양액을 5 N NaOH로 pH를 6.5로

조절하여 다시 저온살균 후 *P. freudenreichii* KCCM 31227을 1% 접종하여 35°C의 인큐베이터에서 72시간 동안 12시간 단위로 5 N NaOH로 pH를 6.5로 조절하면서 배양하여 프로피온산과 초산이 생성되도록 하였다(6). 이때 유청 발효물의 최종 pH는 4.5가 되도록 하였다.

유청 발효물의 전처리

배양이 끝난 유청 발효물을 농축기(Rotavapor R-114, Büchi, Flawil, Switzerland)에서 고형분 함량 40%가 되도록 농축하여(프로피온산 함량 26~30 g/L) 빵 제조 시 반죽에 첨가되는 물의 10%를 대체하여 첨가하였다.

Farinograph 특성

유청 발효물의 프로피온산양이 밀가루 kg 당 2.5 g 되는 양을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 farinograph 특성을 AACC(54-21)(7) 방법에 따라 farinograph(No 183538, Type 860000, Brabender Co., Ltd., Duisburg, Germany)로 측정하였다. 미리 예열한 $30 \pm 0.2^\circ C$ 의 farinograph mixing bowl에 밀가루 300 g을 넣고 기계를 작동하면서 그래프 커브의 중앙이 500 ± 20 BU에 도달할 때까지 유청 발효물과 증류수를 가하여 흡수량을 조절하였다. 흡수율(absorption), 반죽생성시간(development time), 안정도(stability), 약화도(degree of softening), FQN(farinograph quality number) 등의 값으로 유청 발효물이 반죽에 미치는 영향을 분석하였다.

Amylograph 특성

유청 발효물의 프로피온산양이 밀가루 kg 당 2.5 g 되는 양을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 amylograph 특성을 AACC(22-10)(7) 방법에 따라 amylograph(ASG-6, Brabender Co., Ltd.)로 측정하였다. 밀가루 65 g을 유청 발효물과 증류수를 합한 450 mL에 현탁시켜 보울에 넣고 보울의 회전속도를 75 rpm으로 조절하여 25°C부터 95°C까지 1.5°C/min의 비율로 온도를 상승시키면서 점도변화를 측정하였다. 측정개시온도 25°C부터 시작하여 호화개시온도, 최고점온도 및 최고점도의 특성 값을 측정하였으며 호화개시온도는 초기점도가 10 BU에 도달하는 온도로 나타났다.

Extensograph 특성

유청 발효물의 프로피온산양이 밀가루 kg 당 2.5 g 되는 양을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 extensograph 특성을 AACC(54-10)(7) 방법에 따라 측정하였다. 반죽은 흡수량을 farinograph의 흡수량보다 2% 적게 하여 farinograph의 mixing bowl에서 1분간 혼합하여 제조하였다. 1분간 혼합 후 스위치를 끄고 덮개를 덮어 5분간 정지한 후 스위치를 켜 2분간 더 반죽하여 커브의 중앙이 500 BU에 도달하도록 하였다. 반죽을 믹서에서 꺼내 150 ± 0.1 g로 분할하여 라운더에서 20회 등글리기하고 원통형으로 성형하여 $30 \pm 2^\circ C$ 의 발효실에서 45, 90, 135분 숙성시킨 후 extensograph로 측정하였다. 신장도는 커브의 전체길이(mm)로 표

시하였고 신장도에 대한 저항도는 50 mm에서의 높이(BU)로 측정하였다.

발효팽창력, 총산도 및 pH 변화 특성

유청 발효물의 프로피온산양이 밀가루 kg 당 2.5 g 되는 양을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 발효력을 측정하였다. 밀가루 300 g, 유청 발효물과 물을 합하여 180 mL, 효모 7.5 g을 반죽기(VM-0008, DaeYung Co., Seoul, Korea)에서 저속 3분, 중속 2분간 혼합하여 24°C의 반죽을 제조하였다. 효모에 의한 발효팽창력을 측정하기 위하여 24°C의 반죽 100 g을 10 mL 단위로 표시된 원통형 유리 발효기(직경 5.5 cm×높이 25 cm)에 넣고 뚜껑을 씌워 27°C의 인큐베이터에서 20분 단위로 4시간 동안 발효되는 부피를 mL로 측정하였다. 반죽의 총산도 변화는 24°C의 반죽을 뚜껑이 있는 플라스틱 용기에 넣고 27°C의 인큐베이터에서 4시간 발효시키면서 45분 단위로 측정하였다. 반죽 20 g을 취하여 증류수 100 mL로 희석한 후 10방울의 formaldehyde를 가하여 효모의 활성을 정지시키고 0.1 N NaOH(F=1.0)(DaeJung Chemical & Metals Co., Ltd., Cheongwongun, Korea) 용액으로 pH가 6.6이 될 때까지 적정하여 소모된 0.1 N NaOH mL를 총산도(8)로 하였다. 반죽의 pH 변화는 총산도 측정용 반죽을 45분 단위로 10 g 취하여 증류수 100 mL에 균일하게 용해 후 pH meter(MP 220, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)로 측정하였다.

통계분석

통계분석은 Statistical Analysis System(SAS)(9) 통계 프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 각 시료 간의 유의성 검증은 p<0.05 수준으로 던컨의 다중 범위 시험법(Duncan's multiple range test)을 사용하였다.

결과 및 고찰

Farinograph 특성

유청 발효물의 프로피온산양이 밀가루 kg 당 2.5 g 되는 양을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 farinograph 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 유청 발효물을 첨가하지 않은 대조구의 흡수율이 65.5%, 유청 발효물을 첨가한 시험구의 흡수율이 65.9%로 시험구의 흡수율이 0.4% 높아 Tanaka 등(10)이 반죽에 초산 첨가로 pH를 약산성으로 조절하여 farinogram을 분석한 결과 반죽의 굳기가 증가하여

흡수율이 증가하였다고 한 연구결과와 유사하였다. 반죽 생성시간(DT)은 대조구가 8.0분, 시험구가 11.2분으로 대조구가 3.2분 짧았고, 안정도(S)는 대조구가 36.2분, 시험구가 20분으로 대조구가 16.2분 길어 유의적 차이가 있었다(p<0.05). 최대의 반죽생성 12분 후의 약화도(DS)는 대조구가 15 FU, 시험구가 26 FU로 시험구가 11 FU 길었다. Tsen(11)은 반죽에 염산을 첨가하여 pH를 5.8에서 5.2 혹은 4.8로 낮추면 반죽의 탄력성이 감소하고 탄력성이 낮으면 약화도가 길어진다고 하였는데, 본 실험에서 시험구의 약화도가 길어진 것은 유청 발효물 첨가로 반죽의 pH가 대조구보다 낮아져 발효물에 함유된 산이 영향을 주었기 때문으로 생각된다. 밀가루 품질을 측정하는 FQN은 대조구가 시험구보다 높은 값을 나타냈다. 이상의 실험에서 대조구에 비해 유청 발효물을 첨가한 반죽은 흡수율이 다소 높아 제품의 수율이나 부드러움에 영향을 줄 것으로 생각되나, 긴 반죽생성시간, 짧은 안정도, 긴 약화도 등으로 반죽의 안전성은 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 발효물의 *L. acidophilus*와 *P. freudenreichii* 균에 의해서 생성된 유기산에 기인하는 것으로 생각된다. Galal 등(12)은 farinograph에서 밀가루 반죽에 유기산과 식염을 첨가하면 반죽생성시간은 증가되고 반죽내의 gluten이 산에 의해 약해져 안정도가 감소된다고 하였다.

Amylograph 특성

유청 발효물을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 amylograph 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 호화개시온도는 대조구가 63.2°C, 시험구가 62.4°C로 유청 발효물을 첨가한 시험구의 호화개시온도가 0.8°C 낮았고, 최고점도 온도는 대조구 및 시험구가 91.2°C로 동일하게 나타나 유청 발효물이 영향을 미치지 않아 유의적인 차이가 없었다(p<0.05). 최고점도는 대조구가 881 AU, 시험구가 825 AU로 대조구가 56 AU 높아 유의적인 차이가 있었다(p<0.05). Kim(13)은 제빵적성에 알맞은 강력분의 범위는 400~600

Table 2. Amylogram characteristics of wheat flour

Items	Gelatinization temperature (°C)	Maximum viscosity temperature (°C)	Maximum viscosity (AU) ¹⁾
Control	63.2±0.3 ^{a2)}	91.2±0.2 ^a	881±12 ^b
Test	62.4±0.5 ^a	91.2±0.4 ^a	825±8.4 ^a

¹⁾Amylograph unit.

²⁾Values are Mean±SD, n=3. ^{a,b}Means with the same letter in column are not significantly different by duncan's range test (p<0.05).

Table 1. Farinogram characteristics of wheat flour

Items	WA (%)	DT (min)	S (min)	DS* (FU)	DS** (FU)	FQN
Control	65.5±0.2 ¹⁾	8.0±0.5 ^a	36.2±1.0 ^b	5±0.4 ^b	15±0.6 ^a	409±12.2 ^b
Test	65.9±0.4 ^a	11.2±0.8 ^b	20.0±0.8 ^a	1±0.02 ^a	26±1.0 ^b	352±8.6 ^a

WA: Water absorption, DT: Development time, S: Stability, DS*: Degree of softening (10 min after begin), DS**: Degree of softening (ICC/12 min after max), FU: Farinograph unit. FQN: Farinograph quality number.

¹⁾Values are Mean±SD, n=3. ^{a,b}Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

AU이나, 밀가루에 효소함량이 높으면 밀가루가 호화될 때 점도가 낮아지고, 밀가루에 함유된 효소함량이 낮으면 점도가 높아져 제빵적성이 맞지 않는다고 하였는데 시험구의 최고점도가 대조구에 비해 낮아 제빵 적성이 좋다고 볼 수 있다. Amylogram의 점도는 전분입자의 팽윤도와 관계가 있으며 팽윤정도는 전분 현탁액의 pH에 의해서 영향을 받아 전분의 호화개시온도가 지연된다는 보고(14)는 본 실험에서 유청 발효물을 첨가한 시험구의 호화개시온도가 62.4°C로 대조구보다 0.8°C 낮게 나타난 결과와 차이가 있었다.

Extensograph 특성

유청 발효물을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 extensograph 특성을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 반죽의 힘을 나타내는 면적(area)과 저항성은 45, 90, 135분에 각각 측정한 결과 시험구가 대조구보다 큰 값으로 유의적인 차이가 있었고($p < 0.05$), 신장성은 45, 90, 135분에 각각 측정한 결과 대조구가 시험구보다 큰 값으로 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 특히 135분에 시험구의 값이 적어 신장성이 좋지 않은 것으로 나타난 것은 유청 발효물에 함유되어 있는 많은 양의 칼슘이 밀가루 단백질을 강하게 하여 저항성이 증가되었고 상대적으로 신장성은 감소되어 나타난 결과라 생각된다. 일반적으로 면적(area)이 넓고 시간이 지날수록 저항성이 증가하는 밀가루는 제빵공정에서 반죽이 쉽고 좋은 빵이 되며, 저항성이 크면 신장성은 작은 경향을 나타낸다. R/E값이 큰 밀가루가 작은 밀가루보다 제빵적성이 좋은데, 본 실험에서 유청 발효물을 첨가한 시험구가 대조구에 비하여 면적이 넓고, 저항성이 크며, 신장성은 작고, R/E값은 커 상대적 제빵성은 좋다고 볼 수 있다. Tanaka 등(10)은 반죽에 초산을 첨가하여 반죽의 pH를 4.3~5.9로 낮추어 extensograph의 특성을 분석한 결과 저항성(resistance)은 적은 값을 나타냈고 신장성(extensibility)도 감소하였다고 하였는데 신장성이 감소하는 경향은 본 실험과 일치하였으

며, Kenny 등(15)은 냉동생지에 유청 단백질을 첨가하여 extensograph 특성을 분석한 결과 신장성(extensibility)이 증가하였고 열처리한 유청 단백질도 제빵적성을 개선하였다고 하였으나, 본 실험에서 *L. acidophilus*와 *P. freudenreichii*로 배양한 유청 발효물을 첨가하였을 때 신장성이 감소한 것은 유청 발효물 내에 함유된 프로피온산, 젖산, 초산 등이 밀가루 단백질에 영향을 주었기 때문으로 생각된다.

발효팽창력 특성

유청 발효물을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 효모에 의한 발효팽창력을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 대조구와 시험구 모두 발효 20분까지는 초기 부피 70 mL에 변함이 없었으나 반죽의 팽창으로 40분부터 차이가 나기 시작하여 대조구가 시험구에 비하여 발효 120분에 50 mL, 발효 160분에 45 mL, 발효 240분에 10 mL의 큰 부피를 나타냈다. 이러한 결과로 대조구는 240분 발효 동안 처음 부피에 비하여 3.78배가 부풀었고, 시험구는 3.64배가 부풀어 유청 발효물을 첨가한 반죽의 부피팽창이 다소 작았다. 프로피온산과 그 염은 항미생물 작용제로 빵의 보존성을 연장하기 위하여 사용하는데 미생물의 탈수소효소계의 작용을 저해하여 발육을 저해한다. 특히 곰팡이와 포자 형성균에 유효하나 빵효모에는 저해 효과가 적은 것으로 알려져 있으나(16), 그 작용은 pH가 낮을수록 크다고 하였는데(17), 본 실험에서 유청 발효물을 첨가한 반죽의 발효부피가 작은 것은 발효물의 프로피온산이 낮은 pH와 저해작용으로 효모의 생육에 다소 영향을 주었기 때문으로 생각된다. 또한, 경도가 높은 물이나 칼슘이 반죽에 필요량 이상 첨가되면 효모의 발효가 지연되는데, 이러한 현상을 방지하기 위하여 연수처리한 물을 사용하거나 이스트 푸드 사용량을 줄여 효모 발효력을 개선하는데(18), 유청 발효물을 첨가한 반죽의 칼슘 농도가 대조구에 비하여 높은 것도 효모의 발효지연에 영향을 미친 것으

Table 3. Extensogram characteristics of wheat flour

Properties	Time (min)	Control	Test
Area (cm ²)	45	144 ± 1.4 ^{a2)}	158.9 ± 2.61 ^b
	90	151.6 ± 4.5 ^a	188.7 ± 10.0 ^b
	135	155.6 ± 6.2 ^a	198.7 ± 4.8 ^b
Resistance (BU)	45	530 ± 6.0 ^a	755 ± 12.0 ^b
	90	760 ± 8.4 ^a	950 ± 10.4 ^b
	135	820 ± 12.4 ^a	970 ± 20.6 ^b
Extensibility (mm)	45	159 ± 6.2 ^b	156 ± 4.8 ^a
	90	156 ± 4.6 ^b	148 ± 2.8 ^a
	135	161 ± 4.6 ^b	139 ± 3.4 ^a
R/E ¹⁾	45	3.33 ± 0.2 ^a	4.84 ± 0.5 ^b
	90	4.87 ± 0.4 ^b	6.42 ± 0.3 ^a
	135	5.09 ± 0.2 ^a	6.98 ± 0.5 ^b

¹⁾Resistance/Extensibility.

²⁾Values are Mean ± SD, n=3. ^{a,b}Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's range test ($p < 0.05$).

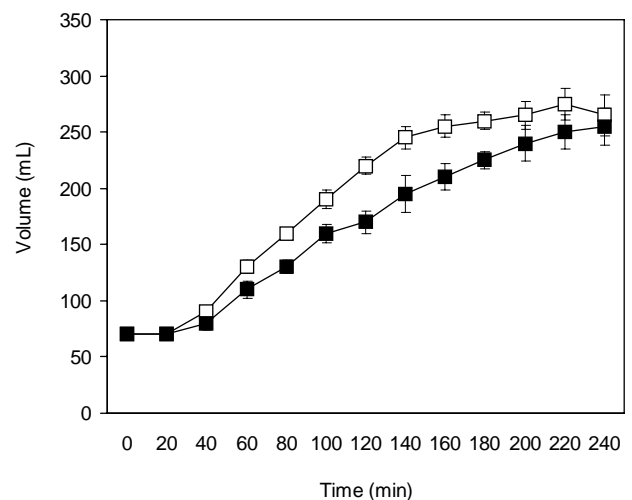


Fig. 1. Changes of volume by yeast in wheat flour doughs. □: Wheat flour dough without whey fermentation, ■: Wheat flour dough with whey fermentation.

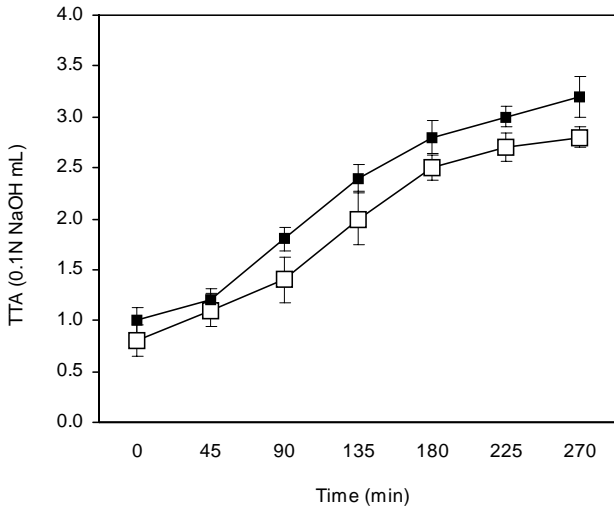


Fig. 2. Change of total titratable acidity in wheat flour doughs. □: Wheat flour dough without whey ferment, ■: Wheat flour dough with whey ferment.

로 생각된다. 때문에 빵 제조 시 효모의 발효력을 촉진하기 위하여 초산이나 젖산 같은 약산을 소량 첨가한다(19). 그러나 본 실험에서는 발효물의 첨가에 의한 효모의 발효촉진 작용보다 유청 발효물의 첨가는 프로피온산에 의한 효모증식 억제작용이 더 크게 나타나 반죽의 부피팽창을 다소 적게 한 것으로 생각된다.

반죽의 총산도 변화

유청 발효물을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 총산도 변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 반죽을 제조한 직후의 총산도 값은 대조구가 0.8, 시험구가 1.0으로 시험구에서 높았다. 발효가 진행될수록 총산도 값은 증가하여 발효 180분에 대조구가 2.5, 시험구가 2.8이었으며 발효 270분에 대조구가 2.8, 시험구가 3.2로 시험구가 0.4 높았다. 발효시간의 경과에 따른 총산도 증가량은 유청 발효물의 첨가에 관계없이 일정한 증가 경향을 보였으나 발효 180~270분에 대조구는 증가가 둔화된 반면 시험구는 계속적인 증가 경향을 보였다. 빵 반죽을 효모로 발효시키면 CO₂ 발생으로 반죽을 팽창시키고 CO₂ 이외에 생성되는 여러 가지 유기산은 반죽을 생물학적으로 숙성시켜 글루텐을 연하게 만들며 발효가 잘되어 각종 유기산이 생성된 반죽을 구우면 빵의 향기가 좋아진다(20). 또한 Gánzle와 De Vuyst(21)는 반죽을 효모와 유산균으로 발효시키면 효모 단독으로 발효시킬 때보다 바람직한 향기와 맛이 증가되는 것은 유산균에 의한 산의 생성이 많기 때문이라고 하였는데 생성된 산은 총산도로 검출되기 때문에, 본 연구에서 유청 발효물을 첨가한 반죽의 총산도 값이 대조구에 비하여 높으므로 제품의 노화를 지연시키고, 또한 대조구에 비해 빵의 맛과 향기가 향상될 것으로 생각된다.

반죽의 pH 변화

유청 발효물을 첨가한 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 pH

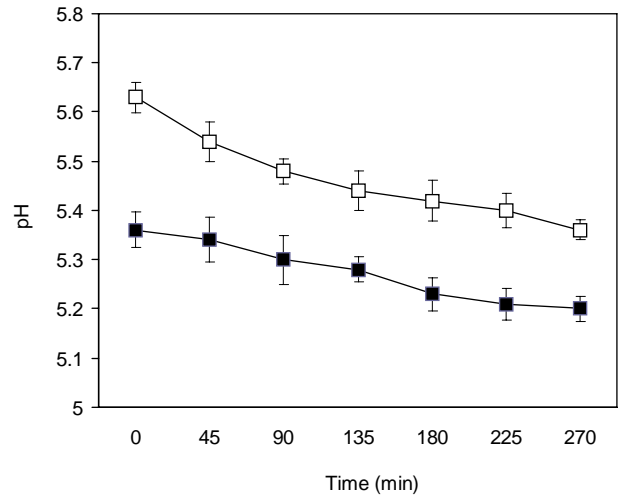


Fig. 3. Changes of pH in wheat flour doughs. □: Wheat flour dough without whey ferment, ■: Wheat flour dough with whey ferment.

변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 발효 초기의 pH는 대조구가 5.63, 시험구가 5.36으로 시험구의 pH가 0.27 낮았다. 발효 270분에 대조구의 pH가 5.36으로 발효 초기보다 0.27 낮아졌고, 시험구의 pH가 5.2로 0.16 낮아져 대조구의 pH 변화가 상대적으로 시험구에 비하여 심하였다. 대조구의 pH가 270분에 5.36인 것은 시험구의 초기 pH와 동일한 값을 나타내 발효물이 반죽의 pH에 영향을 미친 것으로 나타났다. Helena(22)는 밀가루 반죽에 소금과 젖산을 첨가하여 반죽물성을 측정된 결과 소금은 farinograph에서 흡수율을 감소시켰고, 젖산은 반죽의 pH에 영향을 주어 젖산을 첨가하지 않은 반죽보다 낮은 값인 pH 4.5~5.5를 보였다고 하였다. 반죽을 발효하는 동안 효모는 당을 이용하여 알코올, 유기산, 열, 물 등을 생성함으로써 pH가 4.7~4.9로 저하된다고 하였는데(23), 이는 본 실험과 pH 값의 차이는 있으나 pH가 하강하는 경향은 유사하였다.

요 약

L. acidophilus KCCM 32820과 *P. freudenreichii* KCCM 31227로 발효한 유청 발효물이 빵 반죽의 레올로지 특성에 미치는 영향으로 farinograph, amylograph, extensograph, 발효팽창력, 반죽의 총산도 및 반죽의 pH 등을 측정하였다. Farinograph에서 밀가루의 흡수율에는 유청 발효물의 영향이 아주 적었으나 유청 발효물을 첨가한 반죽의 반죽생성시간은 3.2분 길었고 안정도는 16.2분 짧았다. Amylograph에서 호화개시온도와 최고점도온도에는 유청 발효물의 영향을 거의 없었으나 최고점도는 낮아졌다. Extensograph에서 반죽의 저항성과 R/E비율은 유청 발효물 첨가로 높아졌으나 신장성은 낮아졌다. 효모에 의한 발효팽창력은 유청 발효물에 의하여 감소하였고, 반죽의 총산도는 증가하였으나 pH는 낮아졌다.

문헌

1. Clarke CI, Schober TJ, Arendt EK. 2002. Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. *Cereal Chem* 79: 640-647.
2. Yun MS. 2003. *Theory of baking and pastry*. Jigumunhwasa, Seoul, Korea. p 146-147.
3. Corsetti A, Gobbetti M, Rossi J, Damiani P. 1998. Antimold activity of sour dough lactic acid bacteria: identification of a mixture of organic acids produced by *Lactobacillus sanfrancisco* CB1. *Appl Microbiol Biotechnol* 50: 253-256.
4. Gobbetti M, Simonetti MS, Rossi J, Cossignani L, Corsetti A, Damiani P. 1994. Free D- and L-amino acid evolution during sour dough fermentation and baking. *J Food Sci* 59: 881-884.
5. Hanson A, Lund B, Lewis MJ. 1989. Flavour of sour dough rye bread crumb. *Lebensm-Wiss-u-Technol* 22: 141-144.
6. Lee JH, Yun MS, Lee SK. 2008. Effect of sterilization methods and yeast extract on production of organic acids by culturing *Propionibacterium freudenreichii* KCCM31227 in whey broth. *Konkuk J Life & Environment* 30: 9-16.
7. American Association of Cereal Chemists. 1985. *Approved methods of AACC*. Methods 54-21, 22-10, 54-10. St. Paul, MN, USA.
8. Wulf TD, Anabel B, Ardith B. 1985. Liquid preferments: A study of factors affecting fermentation parameters and bread quality. *American Institute of Baking Technical Bull* 7: 1-9.
9. SAS. 2000. *User's guide*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
10. Tanaka K, Furukawa K, Matsumoto H. 1967. The effect of acid and salt on the farinogram and extensogram of dough. *Cereal Chem* 44: 678-683.
11. Tsen CC. 1966. A note on effects of pH on sulfhydryl groups and rheological properties of dough and its implication with the sulfhydryl-disulfide interchange. *Cereal Chem* 43: 456-460.
12. Galal AM, Varrano ME, Johnson JA. 1978. Rheological dough properties affected by organic acids and salts. *Cereal Chem* 55: 683-691.
13. Kim SK. 1979. A study on rheological properties of hard flour and soft flour. *Korean Food Sci Assoc* 11: 13-17.
14. Kim KH. 1988. Food chemistry. In *Gelatinization, staling and dextrinization of starch*. Tamgudang, Seoul, Korea. p 289-294.
15. Kenny S, Wehrle K, Auty M, Arendt K. 2001. Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough. *Cereal Chem* 78: 458-463.
16. Banwart GJ. 1989. *Basic food microbiology*. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York, USA. p 604-605.
17. Mun BS. 1998. *Food additives*. Soohaksa, Seoul, Korea. p 105.
18. Ju HK, Cho NJ, Park MU, Shin KH. 1999. *Material science of bread and cake*. Kangmunkag, Seoul, Korea. p 198-199.
19. Yun MS. 2004. *New practical bread and cake*. Jigumunhwasa, Seoul, Korea. p 34.
20. Lee KS. 1997. *Baking technology*. B&C world Co., Ltd., Seoul, Korea. p 161-163.
21. Gánzle MG, De Vuyst L. 2004. Sour dough fermentation: From fundamental to application. *Cereal Foods World* 49: 42-43.
22. Helena L. 2002. Effect of pH and sodium chloride on wheat flour dough properties: Ultracentrifugation and rheological measurement. *Cereal Chem* 79: 544-545.
23. Ronald HZ. 1992. *Bread lecture*. American Institute of Baking, Manhattan, USA. p 1301-1320.

(2009년 3월 11일 접수; 2009년 5월 18일 채택)