

*Bifidobacterium bifidum*을 첨가한 밀가루 Brew의 천연제빵개량제로서의 효과

조남지[†] · 김혁일* · 김성곤**

혜전대학 호텔제과제빵과

*계명대학교 식품가공학과

**단국대학교 식품영양학과

Effects of Flour Brew with *Bifidobacterium bifidum* as a Natural Bread Improver

Nam-Ji Cho[†], Hyuk-Il Kim* and Sung-Kon Kim**

Dept. of Baking Technology, Hyejeon College, Hongsung 350-800, Korea

*Dept. of Food Engineering, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

**Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

Abstract

To investigate the effect of flour brew with bifidobacteria on bread characteristics, flour brew with bifidobacteria was added to baking after 16 hour incubation at 37°C. The more addition of flour brew, the higher gassing power, the better machinability of dough were obtained, resulting in the larger specific volume of bread. Flavor profile analyzed by Electronic Nose System showed that flavor components of 30% flour brew were decreased comparing with those of control and there was shown definite difference in sensory characteristics between them. Staling studies of bread containing flour brew indicated had a definite effect in retarding the staling rate of bread, with time constant calculated in 30% treatment being 3.09 days and in control being 2.08 days. The enthalpy of gelatinization was decreased from 2.51J/g to 0.61J/g with increment of flour brew, suggesting that starch crystallization is delayed. In conclusion, Flour brew fermented by bifidobacteria can be used as a natural bread improver with so many benefits as better machinability, one more day storage period, slower staling rate, better bread volume and more appealing bread flavor.

Key words: bifidobacteria, flour brew, natural bread improver

서 론

빵 제품의 품질은 풍미, 부피, 맛, 조직감 등에 의해 좌우되며 시간이 지남에 따라 물리, 화학적 변화 과정을 겪으면서 제품 고유의 풍미를 잃어버리는 관능적 변화와 함께 노화되어 상품적 가치를 잃게 된다(1). 따라서 제품의 품질저하를 개선시키기 위하여 화학 물질로 된 첨가물을 가지고 많은 연구들이 진행되어 왔다(1-6).

Xu 등(2), D'Appolonia와 Plsesookbunteing(3), Morad와 D'Appolonia(4)는 sodium-2-lactylate, polysorbate 60, monoglyceride와 diglyceride 형태의 계면 활성제를 이용하여 빵의 품질 저하가 개선된다고 보고하였다. 그러나 최근 소비자들의 건강 지향적이고 자연 친화적인 제품구매 패턴을 고려할 때 천연물질을 이용하여 제품 품

질을 개선시키는 것이 바람직하다. 천연물질을 이용한 품질 개선 방법에 대한 연구로는 Chamberlain 등(7)의 α -amylase를 이용한 제품 품질 개선 연구와 sour dough에서 빵의 품질을 향상시키는 미생물(lactic acid bacteria)을 분리 동정하여 사용하는 비전통적 발효에 의한 품질 개선 연구가 보고되어 있다(8-12).

비 전통적 발효법에 사용되는 젖산균은 발효중 유기산을 생성하여 반죽의 물성을 변화시키고 기계적 내성을 증가시키면서 반죽의 pH를 저하시켜 빵의 부피와 관계가 있는 글리아딘 단백질의 점성을 증가시킨다. 빵의 풍미는 젖산균이 생성하는 락트산과 아세트산의 비율에 의해 좌우되는데, Ng(13)의 보고에 의하면 발효가 진행됨에 따라 반죽에 이산화탄소가 축적되어 험기적 상태가 되며, 이 상태에서는 아세트산보다 락트산의 생성량이 증가된

[†]To whom all correspondence should be addressed

다고 한다. 빵의 풍미는 젖산균에 의해 단백질이 가수분해되어 생성되는 각종 아미노산에 의해서도 큰 영향을 받는다(14).

빵의 상업적 수명은 보통 2일로 알려져 있는데 젖산균에 의하여 생성된 유기산들은 빵의 풍미에 미치는 영향 이외에도 글루텐 단백질의 팽윤을 도와주므로써 가스 보유력을 높여 조직감이 좋고 체적이 큰 제품을 생산하며 노화가 억제되어 보존성 향상에 큰 효과가 있어 천연 제빵 개량제로서의 역할이 가능하다고 알려져 있다(14).

젖산균 발효는 영양소의 양과 이용율, 소화율, 동화율을 증가시킴으로써 식품의 영양가를 개선시킨다. Rajalakshimi와 Vanaja(6)는 곡물 발효중 젖산균 발효는 곡물 단백질의 생물가를 증진시키며, 티아민과 리보프라빈이 증가한다고 보고하였다. 병원세균과 병원체의 성장을 저해하는 젖산균은 락트산, 아세트산, 안식향산, 과산화수소 등의 항균성 물질을 합성하여 발효산물의 보존기간을 늘려주고, 강한 병원성 세균의 성장을 억제시킬 뿐만 아니라, 질병예방에 기여하기도 한다(15). 발효가 진행되는 동안 젖산균은 유기산 이외에 세포벽에 부착되지 않는 점질물 형태의 다당류를 분비한다. 이 다당류는 항암 효과가 있음이 밝혀졌으며(16), 생리활성물질로서 효과가 인정되기 때문에 젖산균을 빵 제조에 이용한다면 빵의 품질을 개선시키는데 매우 바람직하다. 사람이나 가축에 있어서 가장 많이 관여하는 젖산균으로는 bifidobacteria와 *Lactobacillus*가 있으며, 이 중 제빵에 이용되고 있는 젖산균은 배양이 용이하고 취급이 까다롭지 않은 *Lactobacillus*속이다. 그러나 최근에 혐기성균의 배양법이 발달하면서 장내 혐기성 젖산균인 bifidobacteria에 대한 연구가 활발해지게 되고 bifidobacteria가 인간의 장내 flora를 구성하는 젖산균으로서 *Lactobacillus*속보다 더 중요하다는 것이 밝혀지면서 식품가공에 많은 이용이 시도되고 있다(17).

Bifidobacteria를 이용한 식품으로는 시유, 호상요구르트, 조제분유 및 비피더스 쉐어드 등이 있으며, 비피더스균을 이용한 새로운 유제품과 개발이 유럽 및 일본을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 한편, 제빵에 bifidobacteria를 이용한다면 빵에서 소비자 기호에 가장 큰 영향을 미치는 아세트산과 락트산을 균일한 비율로 얻을 수 있게 되어 빵의 풍미뿐만 아니라 품질을 크게 개선시킬 수 있는 천연제빵 개량제로서의 효과가 예측된다.

따라서 본 연구에서는 bifidobacteria에 의해 발효된 밀가루 brew를 제조한 다음 제빵에 첨가하여 빵의 풍미와 품질개선에 미치는 영향을 검토하고 천연 제빵 개량제로서 밀가루 brew의 적정사용량을 제시하였다.

재료 및 방법

재료

밀가루는 제일제당(주)에서 1996년 8월에 생산된 제빵

용 밀가루(강력 1급)를 사용하였으며, 일반 성분은 수분 13.1%, 단백질 13.1%(N×5.7), 회분 0.38%이었다. 설탕은 제일제당 정백당(당도 99.7%)을, 식염은 한주소금(순도 98.0%)을, 균주는 제일 유니버설 생효모와 *Bifidobacterium bifidum* ATCC 11863을, 쇼트닝은 롯데 삼강의 삼강 쇼트닝을 사용하였다.

밀가루 brew의 제조

강력분 100g, 포도당 3g 및 증류수 100ml를 혼합한 후 *Bifidobacterium bifidum* 10⁷ CFU/ml을 접종하여 500ml 삼각플라스크에 넣고 밀봉한 후 37°C에서 16시간 배양하였다.

제빵방법

제빵 시험은 Finny(18)의 방법을 조금 변형한 직접 반죽법을 사용하였으며, 제빵시 반죽은 constant dough weight 법으로 하였다. 제빵에 사용한 원료 배합비는 Table 1과 같다. 제조 공정은 37°C에서 16시간 배양한 밀가루 brew를 밀가루와 함께 10%, 20%, 30%씩 첨가하고 호바트 믹서(D-300, Hobart, USA)를 이용하여 최종 반죽 온도는 26°C가 되도록 혼합하였다. 1차 발효는 27°C, 상대습도 75%의 발효기(마포공업사, 서울)에서 90분 동안 실시하였다.

반죽의 발효팽창력을 측정하기 위하여 반죽 100g을 취해 AACC 22~14 방법(19)에 따라 팽창관에 넣어 1시간 30분 후의 발효 팽창력을 ml단위로 측정하였다. pH는 반죽 10g을 취하여 250ml 비이커에 넣고 100ml 증류수를 가한 다음 균일하게 혼합하고 25°C에서 30분 방치후 pH 미터(No. 34, Beckmann, Germany)로 30분마다 측정하였다.

1차 발효가 끝난 반죽은 150g으로 분할하여 둥굴리기한 후 10분간 중간발효를 시켰다. 중간 발효가 끝난 후 밀대를 사용하여 가스배기를 하고 반죽을 원통형으로 성형하여 빵틀에 3개씩(150g×3) 넣고 37°C, 상대습도 85% 발효기에서 틀에 상단 1cm 높이로 반죽이 팽창할 때까지 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 190~200°C의 오븐(Darang, Sweden)에서 25분간 구운 후, 빵의 내부온도가 35°C로 될 때까지 냉각시켜 폴리에틸렌 수

Table 1. Baking formula (%)

Ingredients	Control	Flour brew		
		10%	20%	30%
Flour	100.0	95.0	90.0	85.0
Tap water	63.0	58.0	53.0	48.0
Yeast	3.5	3.5	3.5	3.5
Salt	2.0	2.0	2.0	2.0
Sugar	5.0	5.0	5.0	5.0
Shortening	5.0	5.0	5.0	5.0
Flour brew	0.0	10.0	20.0	30.0

지로 포장한 후 25°C에서 저장하였다.

빵의 평가

비용적 측정

빵의 용적은 종자치환법(20)으로 구하였고, 빵의 무게를 측정 후 비용적(cc/g)으로 나타내었다.

pH 측정

AACC방법 02~52(19)에 따라 겉껍질을 제거한 빵의 속살 15g을 250ml 비이커에 100ml 증류수와 함께 넣어 균일하게 섞고 25°C에서 30분간 방치한 후 pH 미터(No. 34, Beckmann, Germany)로 측정하였다.

적정 산도 측정

AACC방법 02~31(19)에 따라 겉껍질을 제거한 빵의 속살 15g을 250ml 비이커에 100ml 증류수를 넣은 후 1.0% phenolphthalein 지시약 0.5ml를 넣어 혼합한 후 0.1 N NaOH로 적정하여 핑크색이 30초 동안 지속되는 점을 종말점으로 간주하였다. 적정 산도는 적정에 소요된 0.1 N NaOH의 소요량을 20으로 나누어 락트산으로 나타내었다.

향기 성분 판별

빵의 향기 성분을 기기적으로 판별하기 위해 12개의 conducting polymer sensors가 장착된 Electronic Nose System(e-nose™4000 Aroma analysis system, Neotronics Scientific, U.K.)을 사용하였다.

측정조건은 시료 5g을 상온에서 시료통에 넣고, 4분간 평형시킨 후 상온에서 head space에 배열된 감지기가 향기성분과 1분 동안 반응하도록 하였다. 각 처리 시료 사이에는 purge system에 의해 오염과 이행을 최소화하기 위하여 vessel purge time은 30초, head purge time은 3분 30초로 하였다. 이때 사용한 감지기는 No. 297, 283, 279, 278, 264, 263, 262, 261, 260, 259, 258, 257로 12개였다. 모든 실험은 4회 반복 측정하였다.

빵의 관능 검사

평가는 냄새, 맛, 텍스처, 색깔에 대하여 다시료 비교법에 의한 5점 채점법(21)으로 행하였으며, 냄새와 색깔을 먼저 평가하고 맛과 텍스처를 평가하도록 하였다. 평가는 매우 좋다 5점, 좋다 4점, 보통이다 3점, 싫다 2점, 매우 싫다 1점으로 하고, 유의성 검정은 SPSS프로그램을 이용한 Duncan's multiple range test로 분석하였다.

노화 속도 측정

경도 변화에 의한 노화 속도
 빵을 오븐에서 꺼낸 후 실온에서 2시간 방치 후 폴리엠틸렌 배에 넣고 실온(25°C)에서 4일간 보관하면서 빵의 경도를 Rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)

를 사용하여, 3번 측정하고 그 평균값을 사용하였다.

측정 조건은 mode 20을 사용하여 최대 힘을 10 kgf로 하고, table speed는 30mm/min, chart speed는 120mm/min, 시료 측정 높이는 10mm, 측정 깊이는 7.5mm로 하였으며, probe No.14를 사용하였다.

빵의 저장중 경도의 변화로부터 빵의 노화속도는 Avrami이론(22-24)에 의해 구하였다.

저장한 빵의 시차주사 열량기

앞에서와 같이 실온에서 4일간 저장한 빵의 껍질을 제거하고 속살을 냉동건조시켜 60 메쉬 가루로 만들었다. 시료와 증류수를 1:2(w/v)로 섞어 현탁액을 만든 후 총 시료량 10mg을 알루미늄 용기에 취하고 1시간 방치한 다음 시차주사 열량기(DSC V4. OB Dupont 2100, USA)를 이용하여 1분당 10°C의 승온 속도로 30°C로부터 100°C까지 가열하여 흡열 피크를 얻었다. 이 흡열 피크로부터 호화 개시 온도(T₀), 호화 정점 온도(T_p), 종료 온도(T_c) 및 호화 엔탈피(ΔH)를 구하였다.

결과 및 고찰

밀가루 brew 첨가가 빵의 특성에 미치는 영향

밀가루 brew를 첨가하여 발효하는 동안 pH 변화, 발효 팽창력, 빵의 비용적 및 저장중 pH 변화를 측정 후 빵의 관능적 특성을 평가하였다.

발효특성

대조구와 시험구의 발효 팽창력 및 pH 변화는 Table 2와 같다.

밀가루 brew의 첨가 비율에서 20%를 첨가한 발효 팽창력의 경우가 89ml로 가장 컸으며, 10% 첨가구는 86ml로 같은 팽창력을 보였다. pH의 변화는 대조구 및 시험구 모두 발효시간에 따라 감소하였으며 첨가량이 증가할수록 효모는 최대 활성을 나타내는 pH범위(25)에 빨리 도달하기 때문에 가스 생성량이 높게 되어 대조구보다 발효 팽창력이 10% 이상 증가하였다. 밀가루 brew 첨가에 의한 반죽 물성 변화는 수소이온 농도의 증가로 인한 pH 저하 효과로 예측되며 이로 인해 α-아밀라아제 및 프로

Table 2. Changes of gas production and pH by addition of flour brew to wheat flour dough during fermentation at 27°C

Added level (%)	pH			Gas ¹⁾ production
	0hr	1hr	1½hr	
0	5.6	5.5	5.4	78
10	5.5	5.3	5.2	86
20	5.4	5.3	5.1	89
30	5.2	5.0	4.9	86

¹⁾ ml of CO₂ by 100g dough after 1½hr fermentation.

티아제의 활성이 높아져 전분 및 단백질의 분해가 가속화되고 분해된 포도당은 효모 성장을 위한 탄소원으로 제공된다(26,27). 그리고 효모에 의한 발효산물의 생성이 가속화됨과 동시에 유산, 암모니아의 동화에 의한 강산 생성 등으로 반죽의 물성 변화가 촉진된다고 설명할 수 있다. 이러한 발효 팽창력의 증가현상과 반죽 물성의 변화는 실제 제빵시 발효시간 단축을 의미하며, 이 결과는 익스텐 소그람 특성값 변화에서 이미 확인한 바 있다(28).

빵의 특성

밀가루 brew 첨가량에 따라 빵의 특성에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 밀가루 brew의 첨가량이 증가함에 따라 굽기가 끝난 빵의 pH는 비교적 낮았다. 빵의 pH는 저장성에 영향을 주어서 저장 96시간에 대조구, 그리고 저장 110시간에 10% 첨가구에 곰팡이가 발생하였고, 20% 첨가구는 저장 120시간에, 30% 첨가구는 132시간에 곰팡이가 발생하였기 때문에 밀가루 brew의 첨가는 저장성 개선에 효과가 현저하게 나타났으며, 곰팡이가 발생한 시점에서의 빵의 pH는 첨가량에 관계없이 모두 약 5.6이었다. Kirby 등(29)은 산도가 *Aspergillus niger*의 성장에 미치는 영향에 관한 연구에서 *A. niger*는 독성을 나타내는 산이 없는 상태에서는 pH 3.5에서 pH 6.0까지 잘 성장하나, 비해리 분자 상태의 아세트산이 존재하면 성장이 멈춘다고 보고하였는데 이러한 보고는 *Bifidobacterium bifidum*에 의한 유기산 특히 아세트산의 천연 제빵 첨가제로서의 효과를 기대하는 본 실험 결과와 잘 일치하였다.

한편, 밀가루 brew의 첨가량이 증가할수록 제품의 비용적은 대조구에 비해 증가하였으며(Table 3), 30% 첨가구는 대조구에 비해 약 10%의 부피 증가율을 보였다. 1차 발효중의 발효 팽창력과 비용적의 증가율은 일치되지는 않았으나 유사하게 증가하는 경향을 보였다. 20% 첨가구에서 발효 팽창력의 증가 비율이 30% 첨가구보다 높았으나 제품의 비용적은 오히려 낮게 나타났는데 이러한 이유는 굽는 단계에서 효모의 생화학적 반응과 관련이 있는 것으로 보고되어 있다(20). 오븐 안에서 제품의 내부 온도가 50°C가 도달하기 전까지는 α-아밀라아제와 효모 활성

이 가속화되어 많은 양의 이산화탄소를 생성하며 생성된 이산화탄소는 제품의 체적을 크게 하는 원인(oven rise)이 된다. 제품의 온도가 60°C에 도달하게 되면 대부분의 효소와 효모는 불활성화되나 계속적인 부피 팽창이 일어나며 이 부피 팽창을 oven spring이라 하고 원래 부피의 약 1/3정도를 접하게 된다(20). 따라서 본 실험에서 30% 첨가구의 비용적이 가장 큰 이유는 발효후의 반죽의 물리, 화학적 조건이 oven spring에 더 적합하였던 것으로 보여지며 이와 관련된 반죽의 물리, 화학적 기작은 더 연구되어야 할 과제이다. 한편, 이와 같은 결과는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 밀가루 brew의 첨가량이 증가할수록 산화제 특히 브롬산칼륨에 의한 효과와 비슷한 모양의 break와 shred 및 부피의 증가를 보여서(18) 천연 제빵 개량제로서의 사용이 가능하다고 보여진다.

향기 성분의 변화

밀가루 brew를 10~30% 첨가한 빵과 대조구 빵의 향기성분의 차이를 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 밀가루 brew의 첨가량이 10% 및 20%인 경우 향기성분은 대조구와 차이를 보이지 않았다. 그러나, brew 첨가량 30%에서는 대조구와 모든 감지기에서 차이를 보였으며 특히 감지기 260, 262, 263 및 264와 반응한 향기성분은 대조구와 차이를 보였다. 첨가량 30%에서는 대조구에 비해 4개의 감지기(260, 262, 263 및 264)와 반응한 향기 성분의 양이

Table 3. pH, time to deterioration and specific volume of bread during storage at 25°C

Bread ¹⁾	pH during storage(hr)				Time to deterioration ²⁾ (hrs)	Specific volume (cc/g)
	0	48	72	96		
Control	5.4	5.4	5.5	5.6	96	4.98
10%	5.4	5.3	5.4	5.4	110	5.09
20%	5.3	5.3	5.4	5.4	120	5.38
30%	5.1	5.2	5.3	5.3	132	5.50

¹⁾10~30% means the addition level of flour brew

²⁾Time to deterioration by appearance of mold

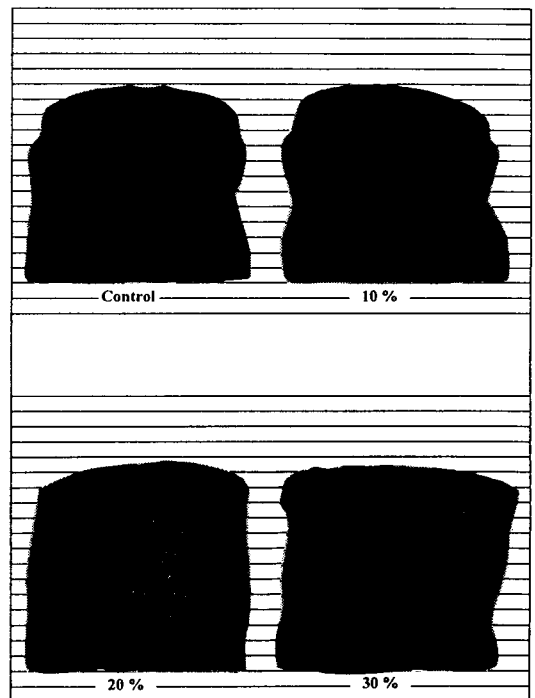


Fig. 1. Effect of flour brew on bread characteristics.

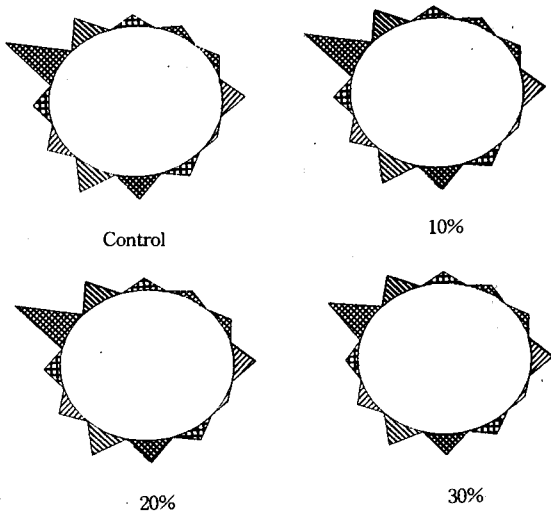


Fig. 2. Effect of flour brew on difference offset polar view on flavors.

Each area in offset polar view means flavor intensity detected by each polymer sensors.
 □ Type 279 ■ Type 278 □ Type 283 □ Type 297
 ■ Type 262 □ Type 261 □ Type 263 □ Type 264
 ■ Type 258 □ Type 257 □ Type 259 □ Type 260

크게 감소하였는데 이는 관능검사에서 밝혀진 효모에 의한 특징적인 향기성분의 감소와 관련이 있는 것으로 추정된다. 또한, 효모의 특징적인 향기성분은 관능검사시 전통적 발효법으로 만들어진 빵의 기본적인 향기성분으로 인식되어왔기 때문에 *Bifidobacterium bifidum*을 이용한 밀가루 brew를 사용하게 된다면 빵의 향기성분을 크게 변화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

관능적 특성

밀가루 brew의 첨가량에 따른 빵의 관능검사 결과는 Table 4와 같다.

맛에 있어서는 밀가루 brew첨가량에 관계없이 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 향미는 밀가루 brew 10%와 20% 첨가구는 대조구와 유의적인 차이가 없었으나, 30% 첨가구는 대조구 및 10%와 20% 첨가구와 유적으로 높은 값을 보였다. 이러한 결과는 Fig. 2에서와 같

Table 4. Sensory evaluation of bread¹⁾

Bread ²⁾	Taste	Flavor	Texture	Color
Control	3.3±0.33 ^{3b)}	3.1±0.57 ^{b)}	3.3±0.48 ^{b)}	3.2±0.22 ^{b)}
10%	3.3±0.48 ^{b)}	3.2±0.74 ^{b)}	3.4±0.52 ^{b)}	3.2±0.43 ^{b)}
20%	3.4±0.43 ^{ab)}	3.5±0.11 ^{b)}	3.8±0.53 ^{ab)}	3.3±0.48 ^{b)}
30%	3.7±0.67 ^{ab)}	4.0±0.67 ^{a)}	3.8±0.79 ^{ab)}	3.5±0.53 ^{ab)}

¹⁾Score from 5=very good to 1=very poor; a~c: Same letters in the same row are not significantly different at 5% level
²⁾10~30% means the addition level of flour brew
³⁾Values are mean±SD.

이 밀가루 brew 30% 첨가구에 ENS에 의한 향기성분 분석결과와 잘 일치하였다. 텍스처에서 밀가루 brew 20%와 30% 첨가구는 대조구와 10% 첨가구보다 높은 값을 보였으나 유의성은 없었다. 색깔은 밀가루 brew첨가에 따른 유의적인 변화는 없었다. 이상의 결과를 보면 밀가루 brew를 30% 첨가한 빵은 맛, 향미, 색깔 그리고 텍스처에서 대조구보다 높은 평가를 나타내었기 때문에 실제 제빵에 이용할 경우 brew 30%수준이 적절한 것으로 판단된다.

밀가루 brew의 첨가가 빵의 노화속도에 미치는 영향
 노화속도

시료빵을 25°C에서 4일간 보관하면서 경도를 측정할 결과는 Table 5와 같다. 빵의 경도는 밀가루 brew 첨가량이 많아질수록 작아져서 30% 첨가구는 대조구보다 경도가 31% 낮았다. 이에 따라 저장 중 경도의 증가 정도도 밀가루 brew 첨가량이 많아질수록 작아졌다. Table 5의 자료로부터 Avrami이론에 따라 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 직선의 기울기 즉 Avrami 지수 값은 밀가루 brew 첨가 여부에 관계없이 모두 1.0에 가까운 값을

Table 5. Firmness data of breads during storage at 25°C (unit: kgf)

Bread	Storage time (days)				
	0	1	2	3	4
0%	8.0	14.0	18.0	22.6	24.5
10%	7.0	13.0	17.0	21.0	23.0
20%	6.3	13.0	16.5	20.0	22.0
30%	5.5	12.2	16.0	18.0	20.0

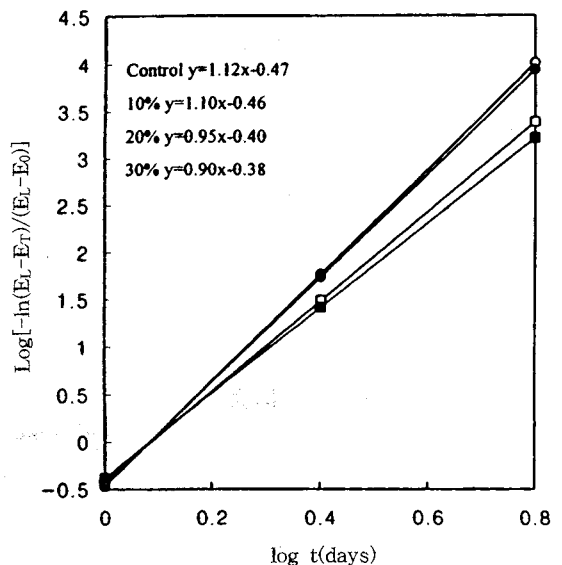


Fig. 3. Plot of log against $\log[-\ln(E_L - E_T)/(E_L - E_0)]$ against $\log t$ of bread with and without flour brew. -○-: control, -●-: 10%, -□-: 20%, -■-: 30%

보였다. 이러한 결과는 빵의 노화 기작은 기본적으로 전분의 결정화에 기인하며, 결정은 순간적인 핵 형성에 따른 막대기 모양으로 진행됨을 가리킨다(30).

Avrami지수 값 1.0을 대입하여 식으로부터 속도상수를 구한 결과는 Fig. 4와 같다. 그림에서 기울기 값 즉 속도상수는 대조구가 0.48일⁻¹이었고 밀가루 brew를 첨가한 경우에는 그 첨가정도에 따라 작아져서 30% 첨가구는 0.32일⁻¹이었다. 노화속도 상수로부터 시간상수 값을 구한 결과는 Table 6과 같다. 대조구의 시간상수는 2.08일 이었고 30% 첨가구는 3.09일로서 대조구보다 1.49배 큰 값이었다.

제빵 개량제를 첨가하지 않은 빵의 상업적 수명을 2일로 볼 때 Table 5에서 대조구는 저장 2일 후 경도가 18.0 kgf이었다. 이를 상업적 수명의 한계 경도로 가정하면 30% 첨가구는 저장 3일 후에 경도가 18.0 kgf로 상업적 수명이 1일 연장될 수 있음이 확인되었다.

노화 특성

시차 주사 열량기는 천연전분과 빵의 노화된 전분의 결정화도를 정량하는데 유용하며, 호화온도범위와 엔탈피를 측정함으로써 전분의 결정화도를 설명하는데 이용

되고 있다(31,32).

시차주사열량기로 얻은 노화된 빵 속살의 thermogram은 Fig. 5와 같고 이때 구한 특성치들의 값(호화개시 온도, 종료온도, 엔탈피)은 Table 7과 같다. 노화된 빵의 용융피크는 흡열반응을 보였으며 호화온도범위는 대조구가 45.01~78.00°C이였으며, 밀가루 brew를 첨가한 시험구의 경우는 45.51~63.01°C를 나타냈다. 이들 결과는 Jankowski와 Rha(33)가 보고한 노화 전분의 호화 온도 범위와 같게 나타났다. 노화된 빵의 노화도는 엔탈피로 나타내는데 호화엔탈피는 수분함량(34,35), 가열속도(36), 아밀로오스 함량 및 전분입자의 결정성(37) 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. 본 실험에서는 대조구의 엔탈피는 2.51 J/g이었으며, 밀가루 brew를 첨가한 경우는 첨가량 10%구는 0.87 J/g, 첨가량 20%구 이상에서는 0.61 J/g을 나타내어 전분의 노화가 대조구에 비해 크게 지연됨을 알 수 있었다.

Waldt와 Mahoney(38)는 빵에 아밀라아제를 첨가시 빵의 굳기가 감소하며 이는 전분을 효소가 분해하기 때문이라 하였으며, Schultz 등(39)은 분해된 덱스트린이 전분의 결정화를 방해하기 때문이라고 하였다. Table 7의

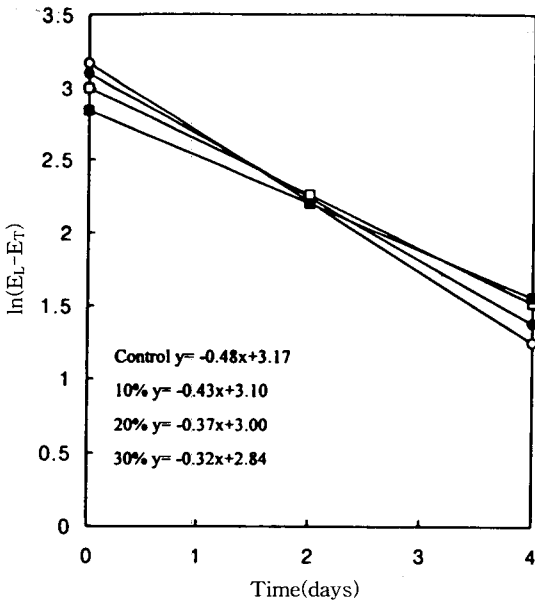


Fig. 4. Plot of $\ln(E_L - E_T)$ against time of bread with and without flour brew.
 ○: control, ●: 10%, □: 20%, ■: 30%

Table 6. Effect of flour brew on Avrami exponent and time constant of breads stored at 25°C

Bread	Avrami exponent	Time constant(days)
0%	1.12	2.08
10%	1.10	2.34
20%	0.95	2.68
30%	0.90	3.09

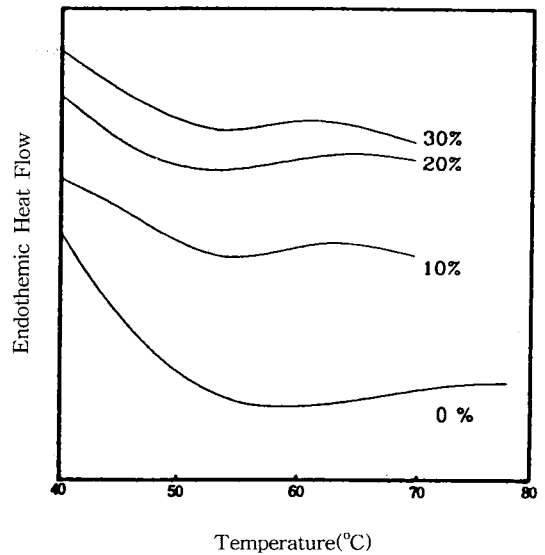


Fig. 5. DSC thermograms of breads with different flour brew contents.

Table 7. DSC characteristics of bread with different flour brew contents stored for 4 days at 25°C

Bread	T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH(J/g) ¹⁾
0%	45.01	55.33	78.00	2.51
10%	45.59	53.73	62.09	0.89
20%	46.23	53.74	63.01	0.61
30%	46.20	53.53	61.25	0.61

¹⁾T₀: onset temperature, T_p: peak temperature, T_c: conclusion temperature, ΔH: enthalphy

DSC 특성값에서 대조구와 시험구를 비교해 볼 때 호화 온도가 대조구에 비해 낮게 나타났는데 이는 전분입자의 결정성이 낮으면 호화 온도가 낮고 호화열도 작다고 한 Wada 등(37)의 결과와 유사하였다.

요 약

*Bifidobacterium bifidum*을 이용한 밀가루 brew를 37°C에서 16시간 배양 후 제빵에 첨가하여 빵의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 밀가루 brew의 첨가량이 증가할수록 반죽의 발효 팽창력 및 반죽의 기계성이 향상되었으며, 빵의 비용적이 증가하였다. 밀가루 brew 30%첨가구는 ENS에 의한 검토 결과 대조구에 비하여 향기성분의 양이 감소하여 관능적 특성면에서 큰 차이를 보였다. 빵의 경도와 관련되는 노화속도 상수로부터 구한 시간상수는 대조구가 2.08일이었고, 30% 첨가구는 3.09일로서 대조구보다 1.49배 큰 값을 보였다. 시차주사열량분석 결과에서도 호화엔탈피는 대조구가 2.51 J/g이었고 첨가량 20% 이상에서는 0.61 J/g을 나타내어 밀가루 brew의 첨가량이 증가할수록 빵전분의 결정화가 지연됨을 나타내었다. *Bifidobacteria*를 이용한 밀가루 brew를 제빵에 첨가시 효모에 의해 부여되는 확실화된 발효향을 개선시킬 수 있었으며, 전분의 노화지연과 함께 빵의 상업적 수명이 1일 정도 연장되는 천연 제빵개량제로서의 효과를 보였다.

문 헌

- William, H. K. : The staling of bread. *Bakers Digest*, **51**, 52-57(1977)
- Xu, A., Chung, O. K. and Ponte, J. : Bread crumb amylograph studies I. Effect of shortening, flour lipid and surfactants. *Cereal Chem.*, **69**, 495-501(1992)
- D'Appolonia, B. L. and Plsesookbunteing, W. P. : Bread staling studies. I. Effect of surfactant on moisture migration from crumb and firmness values of bread crumb. *Cereal Chem.*, **60**, 82-91(1983)
- Morad, M. M. and D'Appolonia, B. L. : Effect of surfactants and baking procedure on the pasting of bread crumb. *Cereal Chem.*, **57**, 141-144(1980)
- Breslaw, E. S. and Klein, D. H. : *In vitro* digestibility of protein in yogurt at various stages of processing. *J. Food Sci.*, **38**, 1016-1021(1973)
- Rajalakshimi, R. and Vanaja, K. : Chemical and biological evaluation of the effects of fermentation on the nutritive value of foods prepared from rice and grains. *Brit. J. Nutr.*, **21**, 467-473(1967)
- Chamberlain, N., Collins, T. H. and McDermott, E. E. : α -Amylase and bread properties. *J. Food Tech.*, **16**, 127-152(1981)
- Martinez-amaya, Pitarch, B., Bayarri, P. and Benedito de Barber, C. : Microflora of the sourdoughs of wheat flour bread. X. interactions between yeast and lactic acid bacteria in wheat doughs and their effects on bread quality. *Cereal Chem.*, **67**, 85-91(1990)
- Sugiharha, T. F., Kline, L. and McCready, L. B. : Nature of the Sanfrancisco sour dough French bread process. II. Microbiological aspects. *Bakers Digest*, **44**, 51-57(1970)
- Sugihara, T. F. and Kline, L. : Microorganism of the San francisco sour dough process. I. Yeast responsible for the leavening action. *Appl. Microbiol.*, **21**, 456-458(1971)
- Kline, L. and Sugihara, T. F. : Microorganism of the San francisco sour dough process. II. Isolation and characterization of underscribed bacterial species responsible for the souring activity. *Appl. Microbiol.*, **1**, 459-465(1971)
- Sugihara, T. F. : Microbiology of the soda cracker process. I. Isolation and identification of microflora. *J. Food Protection.*, **41**, 977-979(1978)
- Ng, H. : Factors affecting organic acid production by sour dough bacteria. *Appl. Microbiol.*, **23**, 1153-1159(1972)
- Galal, A. M., Johnson, J. A. and Varriano-Marston, E. : Lactic acid volatile(C₂~C₅) organic acids of Sanfrancisco sourdough french bread. *Cereal Chem.*, **55**, 461-468(1977)
- Shahani, K. M. : The anti-neoplasm effects of *Lactobacilli*. Korean Public Health Association the 3rd international symposium(1983)
- Kanabe, M. : Physiological activities of extracellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Jap. J. Dairy and Food Sci.*, **30**, 219-225(1981)
- Kang, K. H. : Utilization of bifidobacteria. Foods of *Lactobacilli*. Sung Kyun Kwan University Press, pp.257-265(1990)
- Finny, K. F. : An optimized straight dough bread making method after 44 years. *Cereal Chem.*, **61**, 20-27(1984)
- American Association of Cereal Chemists : Approved Method 22-14 of the AACC. St. Paul, MN(1962)
- Pyler, E. J. : Physical and chemical test methods. Baking Science and Technology. Sosland Pub. Co., Merriam Kansas, Vol. II, pp.891-895(1979)
- Larmod, E. : Methods for sensory evaluation of food. Canada Dept. of Agriculture, Rub, pp.1284-1290(1970)
- Avrami, M. : Kinetics of phase change I. *J. Phys. Chem.*, **7**, 1103-1110(1939)
- Avrami, M. : Kinetics of phase change II. *J. Phys. Chem.*, **8**, 212-218(1940)
- Avrami, M. : Kinetics of phase change III. *J. Phys. Chem.*, **9**, 177-185(1941)
- Magoffin, C. D. and Hoseney, R. C. : A review of fermentation. *Bakers Digest*, **48**, 22-28(1974)
- Silberstein, O. : Heat-stable bacterial α -amylase in baking. *Bakers Digest*, **38**, 66-70(1964)
- Silberstein, O. : Enzymes in the baking industry. *Bakers Digest*, **35**, 44-48(1961)
- Cho, N. J., Lee, S. K., Kim, S. K. and Joo, H. K. : Effect of wheat flour brew with *Bifidobacterium bifidum* on rheological properties of wheat flour dough. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 832-841(1998)
- Kirbey, G. W., Frey, C. N. and Atkins, L. : The influence of acidity upon the growth of *Aspergillus niger*. *Cereal Chem.*, **14**, 865-877(1937)
- Sharples, A. : Introduction to polymer crystallization. Edward Arnold Ltd., London, pp.50-55(1966)
- Feaim, T. and Russell, P. L. : A kinetic study of bread staling by differential scanning calorimetry. The effects

- of specific loaf volume. *J. Sci. Food Agric.*, **33**, 410-415 (1981)
32. Longton, J. and Legrys, G. A. : Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of aging wheat starch gels. *Stärke*, **33**, 410-420(1981)
33. Jankowski, T. and Rha, C. K. : Retrogradation of starch in cooked wheat. *Starch*, **38**, 6-10(1986)
34. Zeleznak, K. T. and Hosney, R. C. : The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.*, **63**, 407-411(1986)
35. Nakazawa, F., Nogushi, S. and Takahashi, M. : Gelatinization and retrogradation of rice starch studied by DSC. *Agric. Biol. Chem.*, **48**, 201-205(1984)
36. Wooton, M. and Bamunuarachi, A. : Application of DSC to starch gelatinization. *Starch*, **31**, 262-266(1979)
37. Wada, K., Takahashi, K., Shirai, K. and Kawamura, A. : DTA applied to examing gelatinization of starches in foods. *J. Food Sci.*, **44**, 1366-1370(1979)
38. Waldt, L. M. and Mahoney, R. D. : Antifirming of white bread by application of heat-stable bacterial α -amylase. *Cereal Sci. Today*, **12**, 358-362(1967)
39. Schultz, A. S., Schoonover, F. D., Fisher, R. A. and Jackel, S. S. : Retardation of crumb starch staling in commercial bread by bacterial α -amylase. *Cereal Chem.*, **29**, 200-206(1952)

(1999년 9월 7일 접수)