

냉장 발효 제법이 제빵 품질에 미치는 영향

신 언 환
호텔조리과

〈요 약〉

냉장 발효 제법을 적용하였을 때 제빵 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 글루텐을 완전하게 발전시킨 반죽을 두 등분하여 0~4℃에서 각각 48, 72시간 발효시키는 냉장 발효 제법을 적용한 반죽과 직접법으로 제조한 반죽의 pH변화와 유기산 종류 및 그 함량을 분석하였다. 발효과정 중 생성되는 유기산은 acetic acid가 가장 많았으며 다음은 lactic acid였으며 냉장 발효 중 pH변화는 극히 적었다. 각각의 시료를 20℃에서 저장 보관하면서 시차 열량 분석계를 사용하여 빵 속의 enthalpy 변화로 빵의 노화 정도를 측정한 결과 반죽의 냉장 발효 시간의 차이는 제품의 노화에 영향을 거의 미치지 않았으나 종류별로 구워낸 빵은 저장 중 enthalpy 증가에 따른 노화도에 차이를 보였다.

한편 관능검사의 결과는 직접법으로 제조한 제품의 외관이 가장 좋았다. 그러나 맛, 조직감, 향미 등은 냉장 발효 제법으로 48시간 발효시킨 것이 다른 것에 비하여 높은 평점을 받았다.

The Effect of Chilling Fermentation Method on the Quality of Bread

Sihn, Eon Hwan

Dept. of Hotel Culinary Arts

〈Abstract〉

This study was conducted to investigate influences of low temperature fermentation(chilling process) on the quality of bread. The dough was divided 2 parts after mixing and they were stored in the retarder adjusted at 0~4°C. The low temperature fermentation times were 48 and 72 hours, respectively.

After 1.5 hours fermenting, dough's pH made by the straight process was 5.52 and The low temperature fermented dough for 48 and 72 hours were 4.82 and 4.76, respectively. The main organic acids in the dough were identified as lactic acid, acetic acid and malic acid. Among these organic acids, the acetic acid showed the largest content regardlessly of different fermentation and the low temperature fermentation time. Right after baking, the enthalphy of all samples were almost same even though in different fermentation time, but during different storage periods they showed the difference of retro-gradation by the increase of the enthalphy. The fermented bread for 48 hours had the best taste, aroma and texture in the bread's score sheet.

key words : bread, low temperature fermentation, chilling process

I. 서 론

대부분의 제빵업체 및 소규모 개인 업체에서 빵을 만들기 위해 적용되는 제빵법은 단시간, 고온 발효 제법으로 생산 효율을 극대화하는데 초점이 맞추어져 있으며 그것이 기본적인 제빵법인 것처럼 고정화되었다. 또한 빵 품질에 가장 기본이 되는 발효 공정에 대해 깊이 있는 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 그러나 제빵 시장은 공급자의 시장이 아니라 수요자의 시장으로 변화되면서 즉석에 의한 신선함 또는 고급 지향의 양극화로 시장이 재편되고 있다. 즉석위주의 제빵 시장은 매장의 lay-out, 동선구조 등 유통적인 측면이 강조되는 할인점에서 강세를 보일 것이며 고급화는 그

외 모든 제빵 관련 업체들로부터 앞으로의 시장 선점을 위해 끊임없는 관심의 대상이 되고 있다. 원재료에 의한 고급화는 원가 상승, 기술력의 제한이라는 구조적 한계가 있으므로 빵에 있어서 제품의 품질을 크게 변화시킬 수 있는 발효 공정에 대한 연구가 고급화라는 목적을 달성하기 위해 반드시 필요하게 되었다. 따라서 한국의 전통적인 식품인 김치의 발효 과정과 빵의 발효 과정은 상호 유사점이 많다는 것에 착안하여 김치의 발효, 보관 온도대를 빵의 발효 온도대로 적용하여 보다 풍부한 발효 대사물을 반죽 중에 축적시켜 풍미가 강화된 제품을 제조 할 목적으로 냉장 발효를 적용하였다. 냉장 발효 공정을 적용시켜 빵을 만들었을 때 발효 과정 중 생성된 유기산이 제품에 얼마나 잔존하는지를 HPLC(high performance liquid chromatography)를 이용하여 정량하고 DSC(differential scanning calorimetry)로 노화도를 측정하여 냉장 발효 제법이 노화에 미치는 영향을 조사하였으며 관능검사를 통하여 냉장 발효 기간에 따른 차이점을 분석하였다. 본 연구는 원가 상승 없이 빵의 전체적 품질을 개선할 수 있는 제조 공정을 개발할 목적으로 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

제빵실험에 사용한 재료는 소맥분(삼양사 강력분 1등급, 한국), 생이스트(제니코, 한국) 및 정제염(삼한염업, 한국)이었다.

2. 소맥분의 특성분석

시료의 일반분석은 AACC방법에 따라 다음과 같이 분석하였다¹⁾. 즉, 소맥분의 수분함량은 103℃에서 4시간 건조시킨 다음 측정하였고, 회분은 590℃ microwave ashing system에서 42분간 회화시켰다. 단백질 함량은 Kjeldahl법으로 측정하였다. 호화도는 Brabender사 Amylogram을 사용하였으며 Wet gluten의 함량은 10g의 시료에 5.5ml 물을 가하여 반죽한 후 값을 얻었고 200℃ oven에서 20분간 구워낸 후 그 부피를 체종치환법²⁾을 사용하여 측정하였다.

3. 빵의 제조방법

제빵실험은 표 1, 표 2의 배합비로 하였다.

표 1. 냉장 발효 제법 적용 빵 배합비

원재료명	Baker %
강력분	100.0
물	62.0
생이스트	0.5
정제염	2.0

표 2. 직접법 적용 빵 배합비

원재료명	Baker %
강력분	100.0
물	62.0
생이스트	2.0
정제염	2.0

Spiral mixer에 전재료를 투입하여 저속 2분, 고속 14분 믹싱하여 글루텐을 완전하게 발전시켰다. 이때 dough 온도는 27℃로 하였으며, 온도는 다음 식에 따라 믹서의 마찰계수를 구한 다음 계산하였다³⁾.

$$\text{마찰계수(Friction factor)} = \text{반죽온도} \times 3 - (\text{소맥분온도} + \text{물온도} + \text{실내온도})$$

$$\text{사용물온도} = \text{희망온도} \times 3 - (\text{소맥분온도} + \text{마찰계수} + \text{실내온도})$$

반죽은 막 test를 통하여 완전하게 발전되었음을 확인한 후 1Kg 덩어리로 대분할하고 판상으로 성형하여 0~4℃에서 냉장 발효시켰다. 직접법으로 제조한 반죽은 1차 발효 조건(27℃, 75% R.H, 1.5Hr)에서 1차 발효 시킨 후 250g씩 분할하고 길이 40cm로 성형하여 35℃, RH 80%로 조절된 proofing실에 넣고 45분간 proofing시켰다. proofing이 끝난 후 윗 부분을 균형 있게 칼로 잘라 준 후 스팀오븐(다렌, 밀불 230℃, 윗불 210℃)에 넣고 즉시 스팀을 분사한 후 40분간 구워냈다.

냉장 발효 공정을 적용한 반죽은 48, 72시간이 지난 후 꺼내 동일한 조건에서 굽기를 수행하였다.

4. pH 변화 및 유기산 정량

직접법에 의한 1차발효 및 냉장 발효 중에 생성되는 유기산과 탄산가스에 의한 pH 변화를 경시적으로 보기 위하여 반죽 5g을 증류수 50ml에 완전하게 교반한 후 Fisher사의 230A pH meter를 사용하여 그 변화를 측정하였다. 냉장 발효시킨 반죽은 48, 72 시간이 지난 후 꺼내 동일한 조건으로 구웠다.

유기산 정량은 Waters사의 HPLC를 사용하였고 column은 Supelco Gel C-610(4.6mm i.d x 250mm)을 이용하였으며 분리용매는 0.1% phosphoric acid를 분당 0.5ml씩 흘려 주었다⁴⁾. 검출은 UV/VIS 검출기에서 210nm 파장에서 분석하였다. 각 유기산의 정성 분석은 crumb 10g을 0.1% phosphoric acid 100ml에 녹여 0.25 μ m membrane으로 여과한 후 HPLC에 주입하였다. 사용한 시약은 Sigma사(St. Louis, MO, U.S.A)의 malic acid, acetic acid, lactic acid, oxalic acid 특급이었다.

5. 노화도 측정

저장시험중의 품질변화를 비교하기 위하여 DSC(TA Instrument Co., 2010, U.S.A)를 사용하여 노화특성을 살펴 보았다. 오븐에서 꺼낸 빵을 완전하게 식힌 후 한쪽이 개방된 빵 포장지에 넣고 20 $^{\circ}$ C 항온기에 보관하면서 시료로 사용하였다. 저장 기간별로 일정량의 시료를 취하여 증류수와 혼합하고 15mg을 hermetic aluminium pan에 넣고 sample encapsulating press(TA instrument Co., U.S.A)를 이용하여 밀봉하였다. 밀봉된 시료를 10 $^{\circ}$ C/min.의 속도로 30 $^{\circ}$ C에서 120 $^{\circ}$ C까지 가열하였으며, sensitivity는 0.5cal/sec. 조건으로 하여 얻어진 endothermic peak의 면적에 따라 enthalphy를 산출하여 각 시료의 상대적인 노화도를 측정하였다.

6. 관능검사

제품의 평가는 표 3의 제빵 관능검사 기준표⁵⁾를 사용하여 숙달된 10명의 관능검사원이 5회 반복하여 평가한 후 그 평균을 냈다.

표 3. 관능 검사용 항목 및 배점 기준표

Portion	Perfect score	Sample score	Penalized for -
External Volume	10		Too small, too large

Portion	Perfect score	Sample score	Penalized for -
Color of crust	8		Not uniform, light, dark, dull
Symmetry of form	3		Low end, uneven top, shrunken side
Evenness of baking	3		Light side, light bottom, dark bottom, spotty bottom
Character of crust	3		Thick, tough, hard, brittle
Break & shred	3		One side only, wild break, no shred
Score	30		
Internal			
grain	10		Open coarse, non-uniform, thick cell walls, holes
Color of crumb	10		Gray, dark, streaky, dull
Aroma	10		Strong, musty, share
Taste	15		Flat, salt, sour, unpleasant after taste
Mastication	10		Doughy, dry, tough, gummy
Texture	15		Rough, harsh, lumpy, core, crumbly
Score	70		
Total score	100		

Ⅲ. 결과 및 고찰

일반적으로 빵제조에 사용되는 소맥분은 강력분이며 사용된 시료의 일반분석 결과는 표 4와 같다.

표 4. 제빵용 소맥분의 일반 성분 분석

분석 항목	함 량
수 분(%)	12.0
조단백(%)	12.8
회 분(%)	0.4
Wet gluten(g/10g flour)	3.6
Dry gluten(g/10g flour)	1.8
Baked gluten volume(cm ³ /10g flour)	25.1

아밀로그램에 의한 호화온도는 60.5℃였으며 최대 점도온도는 89.1℃ 그리고 최대 점도는 680BU였다. 소맥분의 단백질 함량은 12.75%였으며 글루텐을 추출하여 오븐에서 구운 부피는 26.2cm³/10g flour였다. 제빵용 밀가루는 단백질 함량도 중요하지만 그 질이 우수하여야 제빵적성이 좋은데⁶⁾ 단백질의 품질을 간접 측정할 baked gluten volume을 보면 공시재료는 제빵용 밀가루로 적합함을 알 수 있었다.

직접법에 의한 반죽의 1차 발효 후 pH는 5.52였으며 0~4℃에서 48, 72시간 냉장 발효시킨 것은 각각 4.82 및 4.76이었다. 제빵과정에서 가장 중요한 부분이 발효인데 이스트와 밀가루에 존재하는 젖산균, 초산균이 발효과정에 관여하여 알콜 및 유기산을 생성함으로써 빵 고유의 향취가 난다. 이때 생성되는 CO₂ 개스도 수용액상에서 pH를 떨어뜨리는 역할을 한다. 빵을 굽는 과정에서 대부분의 CO₂와 알콜은 휘발하지만 유기산과 잔존하는 알콜이 빵의 향미를 좋게 한다.

이스트의 활성은 pH 4~6에서 가장 좋다⁷⁾. 따라서 발효가 진행되는 동안 생성되는 유기산에 의하여 이스트는 더 활성화되며 반죽온도가 7℃ 이하로 떨어지면 이스트는 휴지 상태가 되지만 일부 내냉성을 갖는 이스트는 낮은 활성으로 천천히 발효를 진행시킨다. 그러나 반죽 내부온도가 7℃ 이하가 될 때까지 발효가 빠르게 진행되므로 냉장 발효시 과발효를 억제하기 위해서 반죽의 중심부 온도를 0~4℃까지 가능한 한 빨리 떨어뜨리는 것이 중요하다. 본 실험 중 27℃에서 1.5시간 정상 발효시켰을 때 pH는 5.52였으며 pH가 그보다 더 떨어지지 않는 것은 이스트 활성을 촉진시키는 이스트 푸드 및 당류를 사용하지 않았기 때문으로 여겨지며, 48시간 냉장 발효시킨 것이 72시간 냉장 발효시킨 것에 비하여 pH 저하 정도의 차이가 크지 않은 것은 발효속도에 비하여 시간의 설정이 짧았던 것으로 간주된다. 그러나 직접 제법 반죽에 비해 냉장 발효시킨 반죽의 pH는 상당한 차이를 보여 이스트 이외 젖산균과 초산균이 냉장 조건하에서 작용하였음을 보여 주었다. 또한 48시간 냉장 발효시킨 빵의 품질이 가장 좋은 이유는 발효생성물의 미세한 함량차이와 냉장 발효중에 발생하는 반죽의 물성 변화에 의한 것으로 추정된다. 구워낸 빵의 유기산 종류와 함량을 HPLC로 분석한 결과는 표 5와 같다.

표 5. 제빵 방법에 따른 제품중 유기산 함량(μg/100g)

method(hour)	acids	Lactic acid	Acetic acid	Oxalic acid	Malic acid
Straight method		740.5	6180.3	11.8	488.1
Chilling method(48)		790.7	7112.3	12.1	433.3
Chilling method(72)		819.3	7323.2	15.4	202.3

발효중에 생성된 유기산은 acetic acid, lactic acid, malic acid가 주였으며 그 함량은 직접법으로 제조한 시료가 각각 6180.3 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 740.5 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 488.1 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 로 acetic acid가 가장 많았으며 lactic acid, acetic acid는 냉장발효시간이 길어질수록 그 함량이 증가하였다. 시료는 가장 기본적인 원재료만을 사용하여 만든 빵이므로 식빵 등 다른 빵류에 비하여 발효과정이 단순하다. 소맥분에 함유된 손상전분, 맥아당 등과 생성된 알콜을 이스트와 초산균, 젖산균 등이 발효하여 유기산을 생성하게 되는데 유기산의 함량이 증가될수록 빵의 향미가 풍부해지는 경향이 있지만 극단적으로 많을 경우 즉 발효가 지나치면 빵의 향미가 좋지 않게 된다.

표 6. 발효 시간별 제품 용적

Volume \ Hours	1.5	48	72
빵 전체 체적(ml)	925	875	750
비용적(ml/g)	3.7	3.5	3.0

빵의 부피는 1.5시간 발효한 것이 925ml로 가장 좋았으며 72시간 냉장 발효시킨 것이 750ml로 제일 부피가 작았다. 비용적은 1.5시간 발효한 것과 48시간 냉장 발효시킨 것이 3.7, 3.5ml/g으로 큰 차이가 나지 않았으며 이는 관능검사의 결과와도 일치하였다. 발효시간이 길수록 빵의 부피가 줄어드는 것은 이스트의 활성이 떨어지는 것도 원인이 있겠지만 냉장 발효시킨 반죽을 곧바로 분할 성형하여 38°C에서 proofing시켰기 때문으로 여겨진다.

반죽을 0~4°C에서 냉장 발효시킨 후 제조한 빵과 발효 직후 곧바로 구운 것을 20°C에서 저장하면서 저장 기간별로 DSC를 사용하여 노화도를 살펴본 결과는 표 7과 같다. 제빵 직후 각 시료의 enthalphy는 거의 유사한 값을 보여 반죽의 냉장발효 조건이 제품의 노화에 영향을 미치지 않는 것으로 보였으며 다만 각 시료별로 저장 기간에 따라 enthalphy의 증가로 인한 노화도의 차이를 보였다.

이는 Ghiasi 등⁸⁾, Nakazawa 등⁹⁾ 및 이 등¹⁰⁾의 연구와 일치하는 것으로, 저장 기간 중 호화된 전분이 노화에 의하여 형성된 결정부분의 수소결합을 분해하는데 더 많은 에너지가 필요하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 호화개시온도(T_0)가 저장기간에 따라 낮은 온도 쪽으로 이동하는 것은 무정형의 전분입자에 존재하는 전분사슬들은 서로간에 가교를 형성하여 무정형 부분을 안정화시키고 호화를 지연시키는데¹¹⁾ 호화된

무정형의 전분입자가 저장시간이 경과함에 따라 결정형으로 전환되기 때문에 안정성이 떨어지게 되고 결과적으로 호화를 촉진시켜 호화온도가 낮아지는 것으로 생각된다.

표 7. 제빵법별 DSC 특성 변화

Method	Storage time(hrs.)	To(°C)'	Tc(°C)''	ΔH(Cal/s)
straight	-	43.76	76.03	0.3504
	48	42.35	75.95	0.4029
	72	42.01	73.93	0.4312
Chilling(48 Hrs)	-	43.27	76.33	0.3581
	48	42.17	75.87	0.4008
	72	41.91	72.68	0.4337
Chilling(72 Hrs)	-	43.19	77.53	0.3572
	48	42.32	75.42	0.4106
	72	41.83	73.28	0.4358

* T₀ : Onset temperature, T_c : Conclusion temperature

표 8. 관능검사 결과

Portion	Perfect score	Straight Method	Chilling Method(0~4°C)	
			48 Hrs.	72 Hrs.
External				
Volume	10	10	9	9
Color of crust	8	8	8	7
Symmetry of form	3	3	3	3
Evenness of baking	3	3	3	3
Character of crust	3	3	3	2
Break & shred	3	3	3	2

Portion	Perfect score	Straight Method	Chilling Method(0~4°C)	
			48 Hrs.	72 Hrs.
Score	30	30	29	26
Internal				
Grain	10	9	9	8
Color of crumb	10	9	10	9
Aroma	10	9	10	9
Taste	15	14	15	13
Mastication	10	9	9	8
Texture	15	13	15	13
Score	70	63	68	60
Total score	100	93	97	86

관능검사의 결과 48시간 냉장 발효시킨 것이 종합적으로 높은 평점을 받았으며 빵의 부피와 빵껍질의 색은 1.5시간 발효시킨 것이 다른 것에 비하여 좋았다. 이는 장시간 냉장 발효중 당이 소모되어 아미노-카보닐 반응이 약하게 일어난 이유도 있지만 굽는 과정에서 oven spring이 충분하지 못하여 빵의 부피가 작게 되고 따라서 열 가열 면적이 더 작아졌기 때문으로 여겨진다.

일반적으로 빵의 품질평가 가운데 가장 중요한 것은 빵의 조직감, 향미, 기공상태 등이다. 조직감은 48시간 냉장 발효한 것이 다른 것에 비하여 높은 평가를 받았다. 냉장 발효중에 완만하게 일어나는 발효는 제품에 좋은 향미를 부여하고 조직을 좋게 하기 때문으로 여겨진다. 빵을 외관과 내관으로 구분하여 평가한 결과를 보면 외관은 1.5시간 발효시킨 것이 가장 좋았으나 내관은 48시간 냉장발효시킨 것의 평점이 가장 좋았다. 72시간을 냉장 발효시킨 경우는 외관은 물론 내관의 평가도 좋지 못하였다. 이는 당의 소모로 인하여 아미노-카보닐 반응이 충분하게 일어나지 못하였을 뿐만 아니라 acetic acid가 과다하게 생성되어 향미를 오히려 떨어뜨렸기 때문으로 여겨진다. 따라서 이상의 실험 결과 냉장 발효 온도와 시간에 대한 최적화가 이루어진다면 냉장 발효에 의한 제빵 품질 개선 효과의 가능성이 충분히 있는 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. AACC : *American Association of Cereal Chemists*, 8th. Ed. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA(1983)
2. Pyler : *Baking Science and Technology*, Siebel Publishing Co. p.891-895(1979)
3. 김정, 이용규 : 제빵기술, 미국소맥협회 한국지부, p.94(1984)
4. 이상덕 : 구기자의 성분 및 유출물의 조성에 관한 연구, 충남대학교 식품공학과 석사논문(1995)
5. American Institute of Baking : *Scoring of baked products*, Text book of AIB(1984)
6. 정옥경 : 제빵과정에 있어서 밀가루 지방질, 쇼트닝 및 유화제의 역할, 한국식품과학회지, **13**(1), 74(1978)
7. Pyler : *Baking Science and Technology*, Siebel Publishing Co. p.199(1979)
8. Ghiasi, K., Hosney, R. C., Zeleznak, K. and Rogers, D. E. : Effect of waxy barley starch and reheating of firmness of bread crumb, *Cereal Chem.*, **61**, 281(1984)
9. Nakaza, F., Noguchi, S., Takahashi, J. and Takada, M. : Gelatinization and retrogradation of rice starch studied by differential scanning calorimetry, *Agric. Biol. Chem.*, **48**, 201(1984)
10. 이경혜, 이영춘 : 발효빵에 첨가한 Carboxymethyl Chitosan이 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **29**, 96(1997)
11. Spies, R. D. and Hosney, R. C. : Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.*, **59**, 128(1982)