

화학 첨가제와 밀가루의 열처리가 제빵 특성에 미치는 효과

이지은 · 고봉경
계명대학교 식품영양학과

Effects of chemical additives and heat treatment on the baking properties of wheat flour dough

Ji-Eun Lee, Bong-Kyung Koh
Department of Food and Nutrition, Keimyung University

Abstract

Effects of various chemical additives and heat treatments were investigated on the wheat flour doughs and breads. Ammonium ferric citrate, Ca-citrate, CaCl_2 , FeSO_4 , MgCl_2 and ZnO were mixed respectively to the flour up to 0.1% of flour dry weight basis. Ammonium ferric citrate and ferric sulfate showed no significant effects on the dough properties and magnesium sulfate, calcium chloride and zinc oxide increased elastic properties and optimum dough mixing time. However, calcium citrate and magnesium chloride showed no significant effects on the dough mixing properties. Most of chemicals were detrimental on the bread volume except MgSO_4 and CaCl_2 . Breads with MgSO_4 and CaCl_2 retained the equal or slightly higher volume compared to control bread. Crumb and crust colors of breads with addition of chemicals were changed to lighter than that of control bread. L values both of crumb and crust increased with addition of chemicals except Ca-citrate. To inactivate the endogenous enzymes of flour, flour was roasted under electric oven, exposed to UV and microwave. Those heat treatments of flour increased dough stability and produced no dough breakdown after optimum mixing time. However, bread volume of heat-treated flour decreased.

Key words: chemical additives, heat treatment, wheat flour bread, mixing and baking properties

1. 서 론

제빵 과정에 이용되는 산화제는 단독으로 이용하는 경우도 있으나 대체로 반죽 개량제의 한 성분으로 첨가되어 이용되고 있다. 산화제는 빵의 품질과 기계적 물성을 개량시킬 목적으로 밀가루의 반죽과정에 첨가되어 글루텐 망상구조의 화학 결합을 산화작용에 의하여 변화시킴으로써 반죽의 물성을 조절하는 기능을 한다^{1,3)}. 현재 azodicarbonamide, calcium peroxide, potassium iodate, calcium iodate, potassium bromate와 ascorbic acid 등이 제빵에 사용 허가된 산화제들인데, 이 가운데 브롬산 칼륨(potassium bromate, KBrO_3)은 가격이 저렴하고 그 효과가 우수하여 가장 오랫동안 이용되어왔으나^{4,5)} 많은 연구보

고^{5,8)}에 따르면 발효 후에도 빵에 남아 암을 유발할 수 있다는 문제점이 제기되고 있다. 브롬산 칼륨 자체는 상당한 독성을 나타내는 물질(LD_{50} : 320mg/kg)로서 구토, 위장 장애, 중추신경 장애 및 신장기능 장애 등을 일으키며 암을 유발하지만^{5,9)}, 제빵 과정에서 발효과정에서 환원형의 potassium bromide로 전환되고 이것은 유해하지 않으므로 빵을 소비하는 소비자에게는 독성이 없다^{10,11)}. 그러나 과학의 발전으로 ppb 단위의 미량까지 분석하는 기술이 개발되면서 발효 후에 미량의 브롬산 칼륨이 환원되지 않고 그대로 빵에 남아 이를 장기간 섭취하면 암을 유발할 수 있다고 보고되었다^{5,7)}. 아직까지 이러한 잔존량이 독성을 나타낼 만큼의 양이라는 확실한 결론이 없지만 논란이 끊임없이 제기되어 왔으며 안전성에 대한 결론이 나지 않고 있지만, 많은 나라에서는 이용을 금지하고 있다⁵⁾.

제빵 과정에서 브롬산 칼륨은 ppm 단위의 미량 첨가에 의하여 빵 반죽의 물성을 향상시키고 빵의

Corresponding author: Koh, Bong Kyung, Keimyung University, 1000, Sin-dang dong, Dal-suh gu, Dae-gu 704-701, Korea
Tel: 053-580-5876
Fax: 053-580-5885
E-mail: kohfood@kmu.ac.kr

부피를 10~15% 증가시킨다⁵⁾. 브롬산 칼륨이 어떻게 하여 빵이나 반죽의 물성을 향상시키는데에 대한 작용 원리는 아직까지 완전하게 이해되지 못하고 있으나 대표적으로 화학적 산화 반응에 의하여 설명되어지고 있다^{1,2,8)}. 반죽 과정에서 형성된 글루텐의 thiol (-SH)은 브롬산 칼륨의 산화 작용 ($KBrO_3 \rightarrow KBr + 3O$)에 의하여 이황화 결합(-S-S-)을 형성하므로 글루텐의 망상구조를 강화시킨다. 따라서 반죽의 탄성이 증가되고 최적 반죽시간 보다 오래 반죽하여 나타날 수 있는 반죽의 탄성감소 현상(dough breakdown)이 감소되어 반죽의 안정성이 향상되므로 발효과정에서 생성된 이산화탄소 가스가 제빵 과정 중에 잘 포집되어 빵의 부피가 증가되며 균일한 빵의 내부 조직을 형성할 수 있게 한다¹⁾. 제빵 과정에서 산화 작용이 충분하지 못할 경우 반죽의 점성이 커서 질적임으로 기계적으로 다루기 힘들며 제빵 후 부피가 작고 빵의 내부 조직이 균일하지 않다. 산화 작용이 과할 경우 반죽의 탄성이 너무 커서 반죽에 기계적 에너지를 더욱 필요로 하며 빵의 부피는 크지만 질기고 불규칙적인 내부조직이 형성된다. 따라서 제빵 과정에서의 적당한 산화 반응의 유도는 반죽의 물성 및 빵의 품질 결정에 매우 중요하다^{1,4,5,8)}.

브롬산 칼륨의 우수한 제빵 기능성을 대체할 수 있는 대체 물질에 대한 많은 연구^{8,12-14)}가 발표되었으나, 브롬산 칼륨의 기능과 경제성의 양면을 함께 해결할 수 있는 물질이나 방법의 개발이 아직까지 미흡하다. 따라서 본 연구는 반죽의 물성을 변화시키고 빵의 부피 증가에 영향을 줄 수 있는 화학물질을 찾고자 가능한 몇 가지 화학첨가제를 검색하였으며, 밀가루 내의 효소를 불활성화 시킴으로써 반죽 과정에 일어나는 thiol(-SH)의 환원 반응을 억제하여 글루텐의 망상구조의 이황화 결합 형성을 강화하고자, 밀가루를 열 처리하여 그 효과를 검사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시약

실험에 사용된 밀가루(강력 밀맥스, 삼양사), 소금(정제염, 해표), 설탕(백설탕, 삼양사), 이스트(Saf Levure-instant, France) 및 쇼트닝(알프스쇼트닝-200, 서울 하인즈)은 시중에서 구입하여 사용하였다. 사용된 밀가루는 단백질 함량 12.17%와 수분함량 13.80%였다. 밀가루에 첨가된 $KBrO_3$ (Sigma Chemical Co., Germany), Ammonium Iron(III) citrate

(Oriental Chemical Industries, Korea), Ca-citrate (Junsei Chemical Co., Japan), $CaCl_2$ (Duksan Pure Chemical Industries, Korea), KIO_3 (Junsei Chemical Co., Japan), $FeSO_4$ (Kanto Chemical Co., Japan), $MgCl_2$ (Shinyo Pure Chemical Co., Japan)와 ZnO (Oriental Chemical Industries, Korea)는 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 밀가루의 열처리

밀가루를 microwave 또는 UV에 조사하거나, 직접 열에서 볶음처리 하였다. 코팅된 팬(20×20cm)에 체를 이용하여 밀가루(20g)을 얇게 뿌려서 시료를 준비한 후 microwave oven(LG MR-305S, Korea)에서 5분간 또는 UV lamp(Sankyo Denki Germicidal lamp, G10TB-AN, Japan)에 4시간 동안 조사하거나, deck oven(Softmill, Dae Hung Co., Korea, 위 불 200°C, 아래 불 190°C)에서 5분간 방치하여 볶음 처리된 세가지의 각각 다른 열 처리된 밀가루 시료를 제조하였다.

3. Mixogram study

AACC 54-40 method¹⁵⁾에 따라서 실험하였으며 불용성인 ZnO는 분말상태로 밀가루와 먼저 섞은 후 물을 첨가하여 mixograph 실험을 하였다. 수용성 첨가제는 모두 용액 상태로 녹인 후 용액을 물 대신에 첨가하여 실험하였다. 브롬산 칼륨은 밀가루 무게의 20ppm과 30ppm(사용 최대 허용량)을 첨가하였으며, KIO_3 는 밀가루 무게의 1.0%를 첨가하였고 이들을 제외한 나머지 화학약품은 밀가루 무게의 0.1%를 첨가하였다. 밀가루의 내재 효소를 불활성화하기 위한 목적으로 열 처리된 밀가루는 처리과정에서 수분 함량이 3-5%로 감소되었으므로 상대습도 90%인 발효기(Softmill, Dae Hung Co., Korea)에서 25°C에서 1시간동안 다시 방치하여 수분 함량이 10~14% 범위가 되도록 한 후 mixograph 실험을 하였다.

4. 제빵

AACC 10-10B straight dough method¹⁶⁾에 따라서 Table 1의 formula에 따라서 반죽하며 이때 대조구 반죽은 브롬산 칼륨과 그 밖의 첨가물을 넣지 않은 것이며, 브롬산 칼륨과 다른 화학첨가제는 밀가루 무게에 대하여 일정 비율씩 첨가하였다. 열처리한 밀가루는 전체 수분 함량이 대조구와 같도록 수분 첨가량을 증가시켰다. 반죽 후 dough는 30±2°C의 온도와 85±5%의 상대습도로 조절된 발효기(Softmill,

Dae Hung Co., Korea)에서 1시간 발효하고 위 불 200℃, 아래 불 190℃로 조절된 오븐(Softmill, Dae Hung Co., Korea)에서 18분간 구웠다.

냉동 반죽은 위와 동일하게 반죽을 만들어서 김¹⁷⁾의 방법과 같이 -70℃에서 50분간 급속 냉동하여 반죽의 중심부 온도가 -20℃가 되도록 한 후, 일주일간 -20℃ 냉동고에서 저장 한 후 4℃에서 16 시간 해동하고, 70분간 발효(30±2℃, 85±5% rh.)하여 구웠다.

Table 1. Formula of control wheat flour bread

Ingredient	Baker's%	Batch
flour	100%	300 g
water	65%	195 g
yeast	1.8%	5.3 g
sugar	6%	18 g
salt	1.5%	4.5 g
shortening	3%	9 g

5. 빵 부피 측정

구워진 빵은 2시간 동안 실온에 방치한 후 부피를 종차치환 방법에 따라서 측정하여 specific volume (SV=부피/무게)을 측정하였다.

6. 색 측정

빵 속의 색 측정을 위하여 빵을 반으로 절단한 후 빵의 증앙 부분을 취하여 시료로 사용하였으며, 빵의 껍질 윗 부분을 각각 취하여 분쇄기 (Analytical Mill, IKA Works, Inc. Japan)를 이용해 분말 상태로 만든 후 빵 껍질의 색을 측정하였다. 색도는 Color and color difference meter (TC-3600, Tokyo Denshoku Co., Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b (yellowness)값을 측정하였고 5회 반복 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

7. 통계처리

실험 결과의 분석은 SAS 통계 프로그램¹⁸⁾을 이용하여 ANOVA 분석을 하였고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 화학 첨가제에 따른 효과

Mixograph를 이용하여 브롬산 칼륨이 반죽의 물성에 미치는 영향을 조사한 결과 브롬산 칼륨을 첨가 허용량의 최대량인 30ppm까지 첨가하였을 때 Fig. 1과 같이 반죽의 물성은 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 브롬산 칼륨

은 주로 발효과정에서 반죽의 pH가 산성화되는 지점에서 글루텐의 망상구조 이황화 결합(-S-S-)에 관여하는 slow acting 산화제¹⁾이므로 발효과정 이전의 반죽에서는 대조구와 브롬산 칼륨이 mixogram에서 큰 차이를 나타내지 않는 것을 본 연구에서도 확인할 수 있었다.

Fe 이온을 갖는 ammonium ferric citrate와 ferric sulfate를 밀가루 무게의 0.1% 첨가하여 반죽 물성에 미치는 영향을 조사한 결과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 이들은 반죽의 탄성에 뚜렷한 영향을 미치지 않았다. 반면 Ca과 Mg 이온을 갖는 MgSO₄, CaCl₂ 및 ZnO를 동일한 양 첨가하였을 때 반죽의 탄성이 증가하였고, 최적반죽시간이 연장되어 반죽 시간이 길어졌다. 그러나, Ca 이온을 갖는 calcium citrate와 Mg 이온을 갖는 MgCl₂는 반죽 시간이나 탄성에 뚜렷한 영향을 나타내지 못하였다. 아직까지 엽과 무기이온들의 명확한 반응 메카니즘에 대한 설명은 부족하지만 몇몇 엽과 무기 이온들이 빵의 반죽과 부피 팽창에 미치는 영향이 연구되었는데, Graveland 등¹⁹⁾은 최적반죽시간 후에 반죽의 탄성이 감소하고 신장성이 증가하는 것은 반죽에 있는 미량의 Fe이 산화환

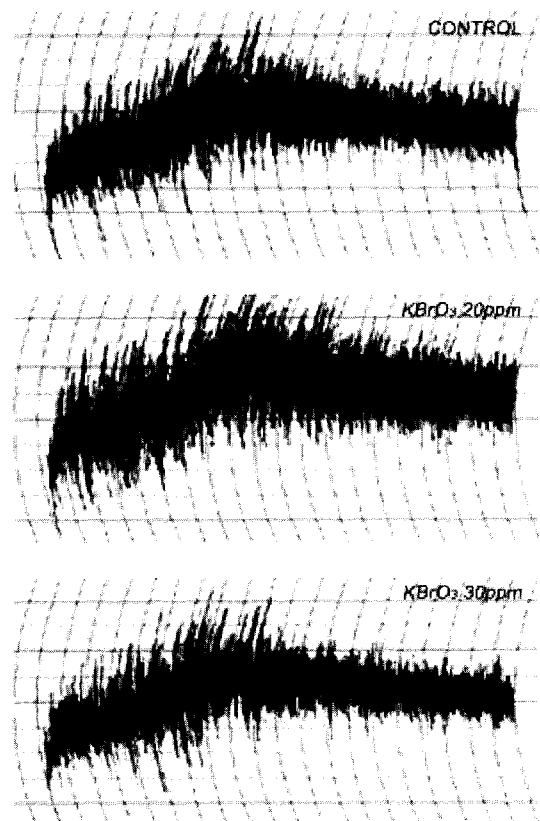


Fig. 1 mixograms of wheat flour doughs with addition of KBrO₃.

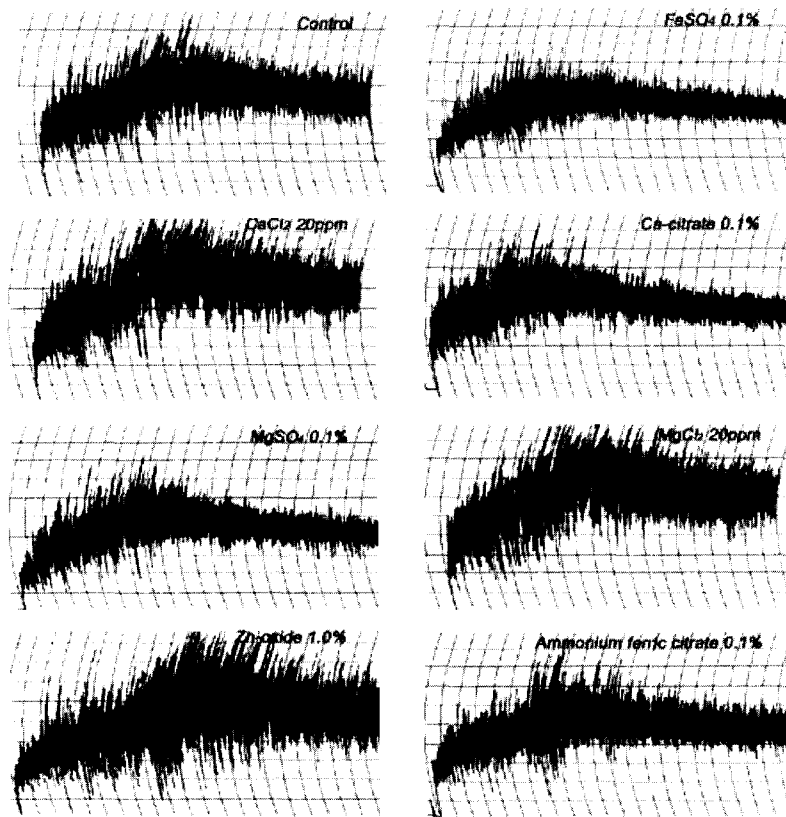


Fig. 2 Mixograms of wheat flour doughs with addition of chemical additives.

원 반응 과정에서 생성된 superoxide로 인하여 글루텐의 망상구조의 이황화결합에서 생성된 sulfur free radical($S\cdot$)을 환원시킴으로써 이황화결합 형성이 억제되어 반죽의 탄성이 급격히 약해진다고 하였다. Finney 등²⁰⁾은 4종의 Cu 이온을 갖는 화합물을 첨가하여 이들의 작용 메카니즘에 대한 정확한 이해는 없으나 빵의 부피가 증가되었다고 하였다. 반면 NaCl과 같은 염들의 첨가는 글루텐과 이온 결합을 증가하여 반죽의 탄성이 증가하고 최적반죽시간 후에 반죽의 탄성약화(dough breakdown) 현상이 감소되었다²¹⁾. De Stefanis 등²²⁾은 브롬산칼륨의 산화작용에 무기 이온이 영향을 미쳐 빵의 부피가 증가된다고 하였다. 본 연구에서는 Table 2의 결과와 같이 다양한 무기이온들을 0.1%씩 첨가하여 빵을 제조한 결과 반죽에 영향을 미치지 않았던 ammonium ferric

citrate, ferric sulfate, calcium citrate, 및 magnesium chloride는 빵의 부피를 오히려 감소시켰으나, 반죽의 탄성을 증가시킨 $MgSO_4$ 와 $CaCl_2$ 를 첨가한 것은 빵의 부피가 브롬산 칼륨을 전혀 첨가하지 않은 대조구보다 부피 팽창이 더 커져서 브롬산 칼륨과 같은 팽창제로서의 기능을 확인할 수 있었다.

화학약품의 첨가에 따른 빵의 색 변화를 관찰한 결과 Table 3과 같이 빵의 속과 겉껍질의 색 변화를 관찰할 수 있다. 빵 속의 색은 대조구의 L값 63.0과 비교하였을 때 브롬산 칼륨과 대부분의 화학 첨가물이 첨가되었던 빵의 L 값이 대조구보다 높아져서 빵의 백색도가 증가되었음을 알 수 있다. 그러나 0.1% Ca-citrate를 첨가한 빵은 L 값이 대조구보다 감소되어 빵 속의 백색도가 감소되고 b값이 음의 영역으로 증가되어 황색보다는 청색 쪽으로 색이 진해졌음을

Table 2. Specific volume of breads with addition of chemical additives

control	KBrO ₃ 30ppm	Ammonium ferric -citrate 0.1%	Ca -citrate 0.1%	CaCl ₂ 0.1%	FeSO ₄ 0.1%	MgCl ₂ 0.1%	MgSO ₄ 0.1%	ZnO 0.1%
4.29 ^{b1)} (0.04) ²⁾	4.60 ^a (0.02)	4.12 ^b (0.18)	4.26 ^b (0.04)	4.30 ^b (0.23)	4.26 ^b (0.08)	4.15 ^b (0.06)	4.32 ^b (0.10)	2.91 ^c (0.11)

¹⁾ Different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

²⁾ The values in the parenthesis are the standard deviation of 3 times of experiments.

알 수 있다. 빵의 껍질 색은 FeSO₄를 첨가하였을 때 가장 대조구와 비슷하였으나, 속과는 달리 껍질은 화학물질을 첨가한 모든 빵의 백색도가 증가되었다. 특히 KBrO₃, Ammonium iron-citrate, MgCl₂ 그리고 ZnO 등이 첨가된 빵 껍질의 색은 대조구에 비하여 백색도가 매우 증가되었다. 또한 황색도를 나타내는 b 값이 상승한 것으로 보아 껍질의 색은 대조구인 일반 빵의 짙은 갈색보다는 백색도가 진해진 황색으로 색이 연해진 것을 알 수 있다. 따라서 대조구와 같이 껍질의 황갈색을 얻기 위하여 FeSO₄를 제외하고 모든 시도된 첨가물을 첨가할 때는 굽는 시간을 연장시켜야 할 것으로 생각된다.

2. 밀가루의 열처리에 따른 효과

열과 수분이 밀가루의 단백질에 미치는 영향을 Hansen and Johnston^{23,24)}이 조사한 결과 저분자 단백질의 결합으로 인하여 albumin과 globulin 분획이 줄고 펩타이드가 생성된다고 하였다. 그러나 108℃ 이하에서 수분 13% 내외로 열처리하면 단백질의 응고에 의한 변성이 일어나지 않고 밀가루 내의 polyphenol oxidase 등의 산화 환원 효소가 불활성화하여 글루텐의 이황화 결합의 환원을 억제함으로써, 반죽의 탄성감소가 억제된다²⁵⁻²⁷⁾. 따라서 이러한 현상을 이용하기 위하여 본 연구에서는 밀가루에 대한 열처리를 하였다. 실제로 밀가루를 열처리하는 방법은 미국의 제분회사에서 제분된 밀가루를 산소 가스를 넣은 100℃ 이상의 관을 통과하게 하였을 때 밀가루의 물성 개선효과가 있다는 특허²⁸⁾가 있으나,

본 연구는 이와는 달리 microwave 조사, UV 조사 또는 직접 열에서 볶음처리의 세 가지 방법을 시험하였다. 열처리 과정 후 모든 밀가루의 수분 함량은 5% 미만이 되었으며 따라서 밀가루를 다시 증기에 10분간 혼합하여 수분 함량이 10~12%가 되도록 하였다. 밀가루의 내재된 효소를 불 활성화시키기 위하여 열 처리된 밀가루들의 Fig. 3의 mixogram을 보면 볶음처리와 UV 및 microwave 조사된 밀가루는 최적반죽시간을 초과하여 계속 반죽하여도 최적반죽 시간 후 반죽의 탄성저하현상이 처리하지 않은 대조구에 비하여 감소되어 반죽의 안정성이 향상되었음을 알 수 있으며 특히 볶음 처리한 밀가루가 가장 두드러진 결과를 나타낸다. 이러한 현상은 밀가루내의 효소들이 불활성화되어 반죽과정에서 생성된 sulfur radical(-S·)의 환원(-SH) 작용이 억제되므로 글루텐의 이황화결합이 형성되어 반죽의 물성이 저하되지 않고 그대로 유지되는 것으로 생각된다. 그러나 열처리된 밀가루를 이용하여 빵을 제조한 결과, Table 4와 같이 대조구의 SV가 4.34인 것에 비하여 열처리한 밀가루로 제조한 빵 3가지는 SV가 낮게 나타났다. 열처리에 따른 수분의 감소현상이 빵의 SV를 감소시킬 것으로 생각되어 반죽의 안정성이 가장 좋은 볶은 밀가루를 다시 가수하여 밀가루의 수분함량을 13%와 16%가 되도록 조절한 후 빵을 제조하였다. 그 결과 SV가 각각 2.55와 2.85로 다시 수화시키지 볶은 밀가루로 제조한 빵의 SV 3.90에 비해 오히려 더욱 감소된 것을 알 수 있다. 따라서 열처리에 의한 수분 감소로 인하여 빵의 SV가 감소

Table 3. Hunter's color values of breads with addition of chemical additives

	control	KBrO ₃ 30ppm	Ammonium Iron-citrate 0.1%	Ca -citrate 0.1%	CaCl ₂ 0.1%	FeSO ₄ 0.1%	MgCl ₂ 0.1%	MgSO ₄ 0.1%	ZnO 0.1%
crumb									
L ¹⁾	63.0 (0.38) ⁴⁾	64.8 (0.61)	64.7 (0.50)	62.8 (1.40)	66.2 (0.06)	66.2 (0.85)	64.3 (0.72)	63.7 (0.39)	65.4 (0.36)
a ²⁾	-21.8 (0.61)	-23.1 (0.85)	-23.3 (0.88)	-22.1 (1.87)	-20.7 (0.68)	-21.7 (2.15)	-22.3 (1.66)	-20.8 (0.40)	-21.1 (0.39)
b ³⁾	-1.6 (0.24)	-0.6 (0.30)	-1.6 (0.32)	-2.5 (0.92)	-0.4 (0.15)	-0.7 (0.61)	-1.1 (0.38)	-1.3 (0.1)	-1.2 (0.51)
crust									
L	54.2 (0.57)	58.3 (0.53)	58.6 (1.16)	56.2 (0.40)	57.0 (0.36)	55.5 (0.72)	58.6 (0.15)	57.4 (1.10)	59.0 (0.20)
a	-29.0 (0.84)	-25.0 (0.42)	-22.6 (0.52)	-25.4 (0.74)	-25.7 (1.10)	-27.5 (0.38)	-22.8 (0.25)	-23.5 (1.71)	-22.9 (0.32)
b	2.8 (0.88)	4.7 (1.55)	5.3 (0.35)	3.9 (0.25)	4.1 (0.25)	2.7 (0.20)	5.1 (0.35)	4.2 (0.56)	6.5 (0.91)

¹⁾ L : Lightness. ²⁾ a : Redness. ³⁾ b : Yellowness.

⁴⁾ The values in the parenthesis are the standard deviation of 5 times of experiments.

Table 4. Specific volume of breads with wheat flours which were roasted, exposed to microwave and UV light

control	KBrO ₃ 30ppm (0.04)	microwave (0.25)	UV (0.05)	roasted flour		
				Non-R ¹⁾ (0.09)	13% R (0.02)	16% R (0.03)
4.34 ^{b2)} (0.02) ³⁾	4.66 ^a	3.57 ^d	3.80 ^c	3.90 ^c	2.55 ^f	2.85 ^e

¹⁾R : re-hydration.

²⁾Different letters are significantly different (p<0.05) with Duncan's multiple range test.

³⁾The values in the parenthesis are the standard deviation of 3 times of experiments.

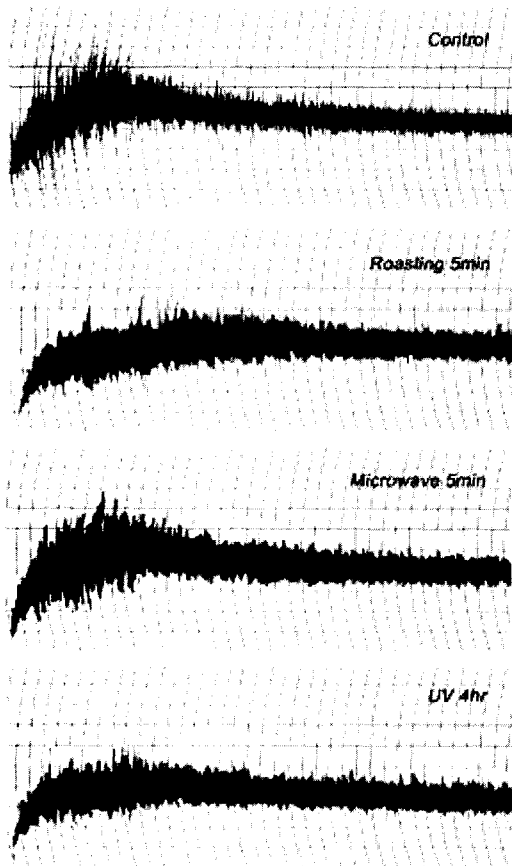


Fig. 3. Mixograms of wheat flour doughs which were roasted and exposed to microwave and UV.

되는 것은 아니라는 결론을 얻게 되었고 열처리는 반죽의 안정성은 향상시킬 수는 있으나 브롬산 칼륨을 대체하기 위한 방법으로 적합하지 않았다.

IV. 요약

Mixograph를 이용하여 반죽의 물성에 미치는 화학 첨가제의 영향을 조사한 결과 ammonium ferric citrate와 ferric sulfate는 0.1% 수준에서는 밀가루 반죽의 탄성에 뚜렷한 영향을 미치지 않았으나, MgSO₄, CaCl₂ 및 ZnO는 반죽의 탄성을 증가시키며 최적반죽시간을 연장시켜 반죽 시간이 길어졌다. 그

리나 Ca과 Mg을 각각 갖는 calcium citrate와 MgCl₂는 반죽 시간이나 탄성에 뚜렷한 영향을 나타내지 않았다. 빵의 부피에 미치는 영향은 0.1% MgSO₄와 CaCl₂가 브롬산 칼륨을 전혀 첨가하지 않은 대조구보다 부피 팽창이 더 커져서 브롬산 칼륨과 같은 팽창제로서의 기능을 확인하였으며, 이들을 첨가한 빵의 속과 겉껍질의 색은 모두 대조구보다 더 밝아서 첨가한 화학첨가제들이 빵의 색을 밝게 하는 것을 확인할 수 있었다.

밀가루의 내재된 효소를 불활성화시키기 위하여 볶음처리와 UV 및 microwave 조사된 밀가루는 최적 반죽시간을 초과하여 계속 반죽하여도 최적반죽시간 후 반죽의 탄성저하현상이 처리하지 않은 대조구에 비하여 감소되어 반죽의 안정성이 향상되었으나, 열처리한 밀가루로 제조한 빵은 부피가 대조구에 비하여 적었으므로 열처리는 반죽의 안정성은 향상시킬 수는 있으나 빵의 부피 증가에는 효과적이지 못하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지역대학 우수과학자지원 연구(과제번호 R05-2000-1-220-00-008-2)의 일부로 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kulp, K : Oxidation in baking processes. AIB Tech. Bulletin, 3:1, 1981
2. Hosney, RC : Bromate-What does it do? p.178, In: Proceedings of the 73rd Annual Technical Conference. American Society of Bakery Engineers, Chicago, IL, USA, 1991
3. Panozzo, JF, Bekes, F, Wrigley, CW and Gupta, RB : The effects of bromate (0-30 ppm) on the proteins and lipids of dough. Cereal Chem., 71:195, 1994
4. Atwell, WA : Wheat flour. p.80, Eagan press, St. Paul, Minnesota, USA, 2001
5. Ranum, P : Potassium bromate in bread baking. Cereal Foods World, 36:253, 1992
6. Dupuis, B : The chemistry and toxicology of potassium bromate. Cereal Foods World, 42:171, 1997

7. Giesecke, AG : Identifying factors affecting bromate residue levels in baked products: preliminary studies. *Cereal Foods World*, 45:111, 2000
8. Koh, BK : Safety and replacement of potassium bromate. *Food Sci. Industry*, 29:23, 1996
9. Kurokawa, Y, Hayashi, Y, Maekawa, A, Takahashi, Y, Kokubo, T and Odashima, S : Carcinogenicity of potassium bromate administered orally to F344 rats. *J. Natl. Cancer Inst.*, 71:965, 1983
10. Thewlis, BH : Fate of potassium bromate when used as a breadmaking improver. *J. Sci. Food Agric.*, 25:1471, 1974
11. Osborne, BG, Willis, KH and Barrett, GM : Survival of bromate and bromide in bread baked from white flour containing potassium bromate. *J. Sci. Food Agric.*, 42:255, 1988
12. Allen, WG : Alternative oxidants as dough conditioners. *Cereal Foods World*, 44:642, 1999
13. Tenny, RJ : Bromate-What will replace it? p.187, In: *Proceedings of the 73rd Annual Technical Conference. American Society of Bakery Engineers, Chicago, IL, USA, 1991*
14. Hurley, WC : First European symposium on enzymes in grain processing. *Cereal Foods World*, 42:148, 1997
15. AACC : AACC Approved Methods, 9th ed. Method 54-40, Mixograph method. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, 1995
16. AACC : AACC Approved Methods, 9th ed. Method 10-10B, Optimized straight-dough bread-making method. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, 1995
17. Kim, DH and Koh, BK : Freezing and fermentation curves of the dough frozen at the different freezing condition. *Food Sci. Biotechnol.*, 11:99, 2002
18. SAS Institute, Inc. : SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA, 1990
19. Graveland, A, Bosveld, P, Lichtendonk, WJ and Moonen, JHE : Superoxide involvement in the reduction of disulfide bonds of wheat gel proteins. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 93:1189, 1980
20. Finney, KF, Bruinsma, BL and Natsuaki, O : Copper(II) vs. zinc inorganic salts as oxidizers in breadmaking. *Cereal Chem.*, 69:347, 1992
21. Hosene, RC and Finney, PL : Mixing; a Contrary view. *Baker's Digest*, 48:22, 1974
22. De Stefanis, VA, Ranum, PM and Erickson, RW : The effect of metal ions on bromate oxidation during breadmaking. *Cereal Chem.*, 65:257, 1988
23. Hansen, LP, Johnston, PH and Ferrel, RE : Heat-moisture effects on wheat flour. I. physical-chemical changes of flour proteins resulting from thermal processing. *Cereal Chem.*, 52:459, 1975
24. Hansen, LP and Johnston, PH : Heat-moisture effects on wheat flour. II. an evaluation study of heat-processing effects on flour proteins by digestive enzymes-pepsin, trypsin, carboxypeptidase -B. *Cereal Chem.*, 53:656, 1976
25. Vadlamani, KR and Seib, PA : Reduced browning in raw noodles by heat and moisture treatment of wheat. *Cereal Chem.*, 73:88, 1996
26. Baik, BK and Czuchajowska, Z and Pomeranz, Y : Discoloration of dough for oriental noodles. *Cereal Chem.*, 72:198, 1995
27. Baik, BK and Czuchajowska, Z and Pomeranz, Y : Comparison of polyphenol oxidase activities in wheats and flours from Australian and U.S. cultivars. *J. Cereal Sci.*, 19:291, 1994
28. Wolt, M, Chigurupati, SR and Pulverenti, J : Method for heat treating a bread baking wheat flour and resulting flour and dough. U.S. patent 220252, 1995

(2003년 8월 4일 접수, 2003년 12월 4일 채택)