

## Microwave 조사 시 소금 및 유지의 첨가량이 식빵의 품질 특성에 미치는 영향

박상준<sup>1</sup> · 안혜령<sup>2</sup> · 이광석<sup>†</sup>

<sup>1</sup>안양과학대학 호텔조리영양학부, <sup>2</sup>경희대학교 대학원 조리외식경영학과, 경희대학교 조리과학과

### Quality Characteristics of Pan Bread with Added Salt and Fat Content after Microwave Irradiation

Sang-Jun Park<sup>1</sup>, Hye-Lyung An<sup>2</sup> and Kwang-Suck Lee<sup>†</sup>

<sup>1</sup>School of Nutrition Hotel Culinary Art, Anyang Technical College, Anyang 430-013, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Culinary Science and Food Service Management, Graduate School, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

Dept. of Culinary Science and Arts, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

#### Abstract

This study focused on microwave irradiation of dough, raising its temperature to monitor potential variations of dough properties and bread quality, and examined the optimum mixture ratio towards streamlining the bread-making process. According to comparison and analysis on dough properties and bread quality depending on mixture materials, it was found that Salt 2 had the highest dough temperature of all, and Salt 1 had the highest fermentation rate and specific volume but the lowest hardness (*i.e.* highest softness). Results of sensory evaluation, were that Salt 1.5 scored highest points in sweet taste, aftertaste, and overall acceptance, but there were significant differences among bread samples. Likewise, it was found that Fat 6 had the highest dough temperature, fermentation rate and specific volume of all. Texture analysis, showed that Fat 0 had the highest hardness of all. According to sensory characteristics, Fat 3 scored the highest points in overall acceptance. Based on these results, the optimum mixture ratio of salt and fat for microwave-irradiated bread was found to be 1.5% salt and 3% fat.

Key words : Microwave, salt, fat, bread, texture, sensory acceptance.

#### 서 론

바쁜 현대 생활과 맞벌이 가구의 증가는 식생활의 간편화와 더불어 음식을 빠르고 간편하게 데울 수 있는 대표적인 제품인 microwave oven의 사용을 증가시키고 있다. Microwave oven이 가장 먼저 보급된 미국은 인스턴트 식품을 선호하는 식습관으로 빠른 속도로 1997년에 93%가 보급되었고, 우리나라도 현재 90% 이상 보급되어 있는 대중적인 조리 기기이다(박태수 1999, Kim HU 2003).

1946년 Percy Spencer 박사에 의해 처음 발견된 microwave는 1954년에 처음 가정용 상업적 모델이 소개된 이후 조리 속도가 빠르고 경제적인 microwave oven은 식품 가열의 한 방법으로 부각되었다.

Microwave는 건조(Ni & Datta 1999), 살균 및 저장(Zhao *et al* 2007), roasting(Ziprim & Carlin 1976, Hostetler & Dutson 1978), 해동(Giese J 1992, Mandala IG 2005) 등 여러 분야에 서 효율성이 우수한 것으로 나타났다. 제빵에서는 microwave

oven과 적외선 오븐(conventional oven)의 혼합 형태인 hybrid oven을 사용하는데, 이는 microwave oven이 열전도는 가장 빠르지만 색을 내는 효과와 관능적 평가에서는 hybrid oven이 가장 우수한 것으로 나타났기 때문이다(Yin & Walker 1995, Patel *et al* 2005). Microwave를 이용하여 빵을 재가열할 경우, 일반 빵과 monoglyceride 등의 유화제가 첨가된 제품 모두 수분이 감소하고 견고성이 증가하는데 이는 밀가루에 포함된 amylose가 과립 형태로 변해 푸석해지고 더욱 단단해지는 것으로 microwave 사용 시 단점으로 지적되고 있다(Miller & Hosney 1997, Uzzan *et al* 2007). 반면에 microwave는 수분, 유지 및 소금의 함량이 높으면 microwave의 흡수가 높아져서 온도를 빠르게 상승시켜 주는 효과가 있다(Zhang *et al* 2006).

Microwave를 이용한 연구에 microwave를 반죽에 직접 조사하면 온도를 상승시켜 발효 시간을 단축시킬 수 있고, 이스트의 사용량을 줄일 수 있다는 연구 결과를 도출하였지만(Ingram *et al* 1975, Morgenstern MP 1993, Morgenstern & Holst 1994), microwave 조사량, 가열 시간과 반죽 배합 비율 등의 구체적인 내용은 제시하지 않았다. 이외에 microwave를 이용

<sup>†</sup> Corresponding author : Kwang-Suck Lee, Tel : +82-2-961-0857, Fax : +82-2-961-2537, E-mail : Koreadclub@yahoo.co.kr

한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 microwave 조사 시에 반죽 온도 상승 효과를 주는 재료인 소금과 유지의 첨가가 식빵의 반죽 물성 및 품질 특성에 미치는 영향을 알아보고, 최적의 소금과 유지의 첨가량을 도출하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

실험에 사용된 재료는 강력밀가루(큐원, (주)삼양사, 경기도 안양, 한국), 제빵용 효모(제니코 식품(주), 서울시 영등포, 한국), 설탕(큐원, (주)삼양사, 경기도 안양, 한국), 쇼트닝(코코쇼트닝 프리, (주)웰가, 경기도 성남, 한국), 탈지분유(유밀락, (주)웰가, 경기도 성남, 한국), 소금((주)정보그린, 인천, 한국), 제빵개량제(SK-1000, 신광식품산업사, 경남 김해, 한국)를 사용하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 식빵의 제조

실험에 사용된 반죽은 직접 반죽법으로 제조하였으며, 배합율은 Table 1과 같다. 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 믹싱볼에 넣고 1.5HP 수직 반죽기(NVM-12, 대영공업사, 한국)를 이용하여 1단으로 1분 동안 반죽한 뒤 쇼트닝을 넣고, 2단으로 8분 동안 반죽하였다. 소금은 AACC method 10-10A(AACC 1995)와 일반적으로 베이커리업체에서 사용 중인 소금 1.5%

(Baker's percent)를 기준으로 1%와 2%의 범위에서 실시하였다. 소금의 비율을 달리한 실험군으로 Salt 1%, Salt 1.5% 그리고 Salt 2%의 소금을 첨가하여 반죽한 후 microwave oven (M-M209, LG, 한국)에 넣고 조사하였다. 유지의 첨가 비율을 달리한 실험군은 각각 Fat 0%, Fat 3%, Fat 6%로 표기하였다. Microwave oven에 의한 가열은 10초 가열과 10초 휴지를 주는 과정을 총 8회 반복(총 80초 가열)하였다.

1차 발효는 34℃, 85% 상대 습도의 전기 발효기(EP-20, 대영공업사, 한국)에서 실시하였으며, 1차 발효의 완료 시점은 최초 부피의 3배가 되는 시점으로 하였다. 1차 발효 후 반죽을 230 g씩 분할하여 실내 온도(22℃)에서 15분간 중간 발효를 시키고, 산형으로 성형하여 식빵 틀(16.5×9×7.5 cm)에 넣어 팬닝하였다. 2차 발효는 38℃, 90% 상대 습도의 전기발효기(EP-20, 대영공업사, 한국)에서 50분간 발효시켜 윗불 185℃와 밑불 180℃의 전기 오븐(대영공업사, FDO-7103, 한국)에서 20분간 구웠다. 굽기가 끝난 식빵은 실온에서 1시간 냉각 후, 무게를 측정하고 식빵 절단기(BSC-T13, 대영공업사, 한국)를 이용하여 12.5 mm의 두께로 자른 후 polypropylene 백에 넣어 보관하였다.

#### 2) 반죽 온도 측정

소금은 물과 유지와 함께 전자파의 흡수를 증가시키는 대표적 물질로 알려져 있다. 따라서 소금과 유지의 함량을 변화시킨 뒤 반죽의 변화를 살펴보았다. 직접 반죽법으로 제조된 식빵 반죽은 700 g씩 분할하여 microwave oven으로 가열하여 온도 변화를 3번 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 초기의 반죽의 온도는 수온 조절법을 사용하여 27℃로 반죽하였다.

#### 3) pH 측정

식빵 반죽의 pH는 발효하는 동안에 온도와 측정 시간에 따른 변화가 심하기 때문에 정확한 측정을 위하여 반죽의 표면에 직접 탐침봉을 꽂아 측정하는 surface electrode method (Gelinas *et al* 1995)를 사용하였다. Park *et al*(2010)의 실험 방법과 동일하게 탐침봉을 microwave를 조사한 반죽 표면으로부터 5 cm 깊이로 꽂은 후 정확히 5초 후에 상온에서 pH meter(Orion, model 720A)로 측정하였다. 식빵 속질의 pH 측정은 AACC method 02-52(AACC 1995)인 slurry method로 식빵 속질 15 g에 25℃의 증류수 100 mL를 넣고 30분간 진탕하여 10분간 방치한 후, pH meter를 사용하여 측정하였다.

#### 4) 반죽의 발효율

실험에 사용되는 반죽은 700 g씩 분할하여 3,000 mL 비커의 바닥에 공기가 차지 않도록 넣고 10분마다 팽창된 반죽의

Table 1. Formula of bread according to salt and fat contents

Ingredients	Flour basis(%)					
	Salt 1	Salt 1.5	Salt 2	Fat 0	Fat 3	Fat 6
Bread flour	100	100	100	100	100	100
Water	60	60	60	60	60	60
Fresh yeast	3	3	3	3	3	3
Salt	1	1.5	2	1.5	1.5	1.5
Sugar	8	8	8	8	8	8
Shortening	3	3	3	0	3	6
Non-fat dry milk	3	3	3	3	3	3
SK-1000 <sup>1)</sup>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Total	179.5	180	180.5	177	180	183

<sup>1)</sup> Dough conditioner.

높이를 발효율로 하여 측정하였으며, 발효 조건은 1차 발효 조건과 동일하게 하였다.

### 5) 반죽의 Stickiness

Microwave로 가열한 반죽의 stickiness 측정에는 texture analyzer(TA-XT2i, Stable micro systems, England)를 이용하였고, 25 mm perspex probe와 SMS Chen/Hoseney Dough Stickiness Rig를 사용하였다. 실험 방법은 Kang ES(2003)의 연구와 동일하였으며, 측정 조건은 adhesive test, test speed 2.0 mm/sec, distance 4 mm, trigger 5 g으로 하였다.

### 6) 오븐스프링과 비용적

발효가 끝난 반죽은 oven에서 온도가 급격하게 오르게 된다. 반죽의 온도가 올라감에 따라 효모는 더 빠르고 많은 양의 CO<sub>2</sub>를 방출하게 되며, 이 결과 oven spring이 일어난다(Harbrecht & Kautzmann 1967). 따라서 oven spring은 부피의 변화를 통해 반죽 상태를 추정할 수 있을 뿐만 아니라, 최종 제품의 기공 크기나 형태를 예측할 수도 있다. 굽기 전과 후의 팬으로부터의 반죽이나 제품이 팽창되어 있는 높이를 측정자로 측정하여, 그 차이 값을 oven spring으로 하였다.

비용적 측정은 식빵의 부피는 종자치환법으로 하였고, 식빵의 무게를 측정 후 부피를 무게로 나눈 값을 비용적(mL/g)으로 하였다.

### 7) 영상 분석

식빵의 영상 분석에는 crumbScan(American Institute of Baking/Devore Systems)을 사용하였고, 대조구와 실험군 중에서 형태가 양호한 제품을 3개씩 선택하여 12.5 mm 두께로 절단하였다. 식빵의 왼쪽에서부터 순서대로 번호를 부여하여 식빵의 가장 중앙 부분인 8번째의 단면을 실험에 사용하였다. 영상 분석의 이미지는 HP PSC 1310 series(Hewlett Packard)를 이용하여 얻었고, 프로그램의 설정은 intensity=0.1, size=500, overlap=0.1, length=19.5 cm로 하였다. 이를 통해 식빵의 부피(volume), 기공의 조밀도(crumb fineness), 기공의 찌그러짐(crumb elongation), 껍질의 두께(crust thickness)를 도출하였다.

### 8) 조직감 측정

식빵의 조직감 측정은 texture analyzer(TA-XT2i, Stable micro systems, England)를 이용한 TPA(texture profile analysis)로 하였으며, Corsetti *et al*(1998)의 실험 조건과 동일하게 각 시료는 거리 6.25 mm에서의 40% 압착을 받은 때의 압력을 3회 반복 측정하여 그 평균값을 내었다. 측정 조건은 probe 36 mm cylinder, test speed 1.7 mm/sec, distance 4 mm, trigger 5 g으로 하였다. 측정할 식빵은 12.5 mm 두께로 슬라이

스 하였고, 식빵 덩어리의 끝부분에서 세 번째 식빵 조각까지를 제외한 두 조각의 식빵을 겹쳐서 25 mm 두께로 하였다.

### 9) 관능검사

Microwave를 조사하여 만든 식빵의 관능검사는 관능검사에 경험이 있는 경희대학교 학부 및 대학원생 12명을 대상으로 하였다. 식빵의 관능적 특성 평가를 위하여 제품의 외관, 향, 맛 및 텍스처 특성을 감지되는 순서에 따라 묘사하는 정량적 묘사 분석을 실시하였고, 측정은 15 cm 선척도를 사용하였다. 묘사 분석 검사에 사용된 관능 특성은 예비 실험을 통해 용어를 개발하여 사용하였다.

### 10) 통계 처리

모든 실험의 결과는 동일한 분석에 3개의 값을 얻어서 SPSS 12.0을 이용하여 분석하였고, 특성의 결과는 ANOVA를 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 유의적인 차이를 검정하였으며, 특성들 간의 상관관계를 알아보기 위해서 Pearson's correlation coefficient를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 반죽 온도의 변화

소금과 유지의 첨가량을 달리한 반죽의 온도를 측정한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 소금과 유지는 전자파를 흡수하는데 좋은 매개체 역할을 한다.

전체적으로 소금 첨가량이 늘어날수록 반죽의 온도는 높아졌다. 이는 소금의 첨가가 microwave의 흡수가 높아져서 온도가 높아진 것으로 보여지며(Zhang *et al* 2006), 반죽의 표면 온도와 바닥 온도에서는 시료 간에 유의한 차이가 없었고, 중심 온도에서는 Salt 2와 다른 시료 간에 유의한 차이를 나타내었다.

유지의 양이 늘어날수록 같은 가열 시간에도 불구하고 온도의 상승률이 높아짐을 알 수 있다. 또한, 표면 온도에서 유지 0%일 때 33.1°C이던 것이 유지 6%에서는 40.7°C로 급격한 상승률을 보이고 있으며, 유의적인 차이를 나타내었다. 바닥 온도는 표면 온도보다는 증가폭이 작았지만 유지 0%일 때 32.9°C이던 것이 유지 6%에서는 37.0°C로 증가하였고, 시료 간에 유의적인 차이를 보였다. 중심 온도에서는 시료 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 표면 온도와 바닥 온도의 상승률이 중심 온도보다 높은 것은 microwave 가열시 증발한 수분이 표면과 바닥에 모여 온도를 상승시키는 것으로 보여진다. 이는 microwave oven의 가열 시간에 따른 실험(Park SJ 2009)의 결과에서와 같이 반죽의 중심의 온도 상승이 가장 적은 것으로 나타났으며, microwave의 중심 가열 효

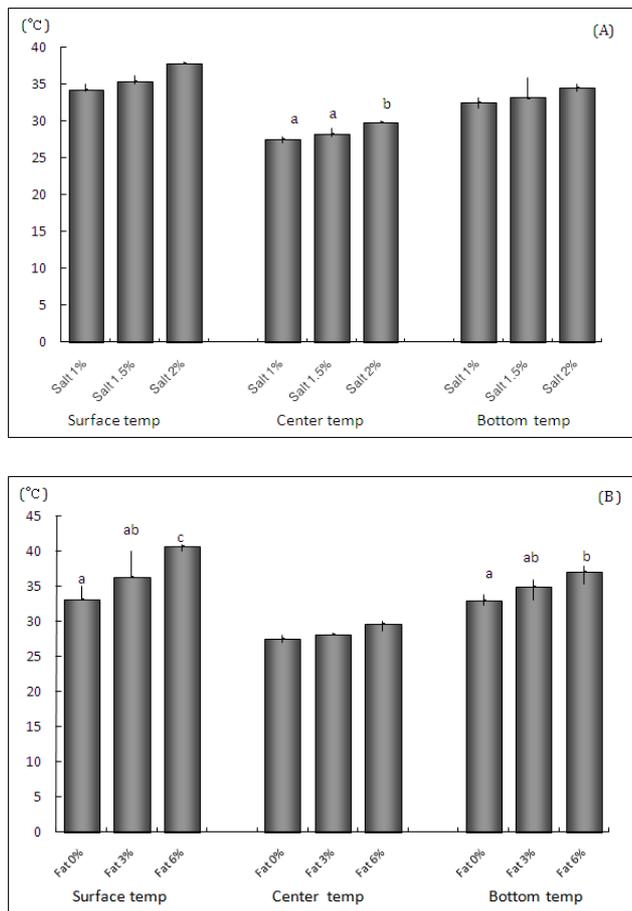


Fig. 1. Temperature changes of pan bread dough according to salt(A) and fat(B) contents.

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts in the figure indicate significant differences.

과에 의한 전도열에 기인한 것으로 사료된다.

2. 반죽 및 식빵 속질의 pH 변화

소금과 유지의 첨가량을 달리한 반죽을 microwave oven으로 가열한 후 반죽과 식빵속질의 pH는 Table 2와 같다. 소금은 전체적으로 소금의 양이 증가할수록 pH는 낮아짐을 알 수 있다. 반죽의 pH는 소금 1%가 6.16으로 가장 높게 나타났으며, 소금 2%는 5.47로 가장 낮게 나타났다( $p < 0.01$ ). 식빵 속질의 경우에도 마찬가지로 소금 1%가 5.78로 가장 높은 pH 값을 보였고, 온도가 가장 많이 상승한 소금 2%는 5.30로 가장 낮은 pH 값을 나타냈으며, 소금 1.5%는 5.56으로 시료 간에 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 이는 전자파의 흡수를 촉진시키는 소금이 많이 첨가될수록 반죽의 온도 상승폭이 높았고, pH가 대조구에 비해 상대적으로 낮은 것이 높아진 온도에 의한 가스 생성력이 우수해지고, 효모의 작용으로 인해 유기산, 알코올 및 이산화탄소의 작용이 활발했던 것으로

Table 2. pH changes of pan bread dough and crumb according to salt and fat contents

Type	Dough pH	Crumb pH
Salt 1%	6.16±0.12 <sup>c</sup>	5.78±0.24 <sup>b</sup>
Salt 1.5%	5.77±0.17 <sup>b</sup>	5.56±0.14 <sup>ab</sup>
Salt 2%	5.47±0.07 <sup>a</sup>	5.30±0.09 <sup>a</sup>
<i>F</i> -value	21.79 <sup>**</sup>	5.59 <sup>*</sup>
Fat 0%	5.63±0.08 <sup>b</sup>	5.71±0.08 <sup>c</sup>
Fat 3%	5.46±0.01 <sup>a</sup>	5.53±0.20 <sup>b</sup>
Fat 6%	5.45±0.07 <sup>a</sup>	5.28±0.10 <sup>a</sup>
<i>F</i> -value	6.28 <sup>*</sup>	21.40 <sup>**</sup>

<sup>\*</sup>  $p < 0.05$ , <sup>\*\*</sup>  $p < 0.01$ .

<sup>a-c</sup> Means denoted by the same letter are not significantly different for each column( $p < 0.05$ ).

생각된다.

유지의 반죽 pH에서 유지 0%는 5.63, 유지 3%는 5.46, 유지 6%는 5.45로 점차 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 식빵 속질에서도 반죽의 pH와 마찬가지로 유지 0%는 5.71, 유지 6%는 5.53, 유지 6%에서는 5.28로 유지의 첨가량이 늘어날수록 pH는 낮아졌다( $p < 0.01$ ).

식빵 속질의 pH는 5.5~5.7로 나타났을 때 발효가 적당히 진행된 빵이라고 평가했을 때 실험결과 소금 2%와 유지 6%는 발효가 지나치게 많이 진행된 결과라고 보이며(Pyler EJ 1988), 소금 1.5%(5.56)와 유지 3%(5.53)가 발효가 적당히 진행된 빵인 것으로 나타났다.

3. 반죽의 발효율 변화

소금과 유지의 첨가량을 달리한 반죽을 microwave oven으로 가열한 후 제조한 식빵의 발효율은 Fig. 2와 같다. 1차 발효의 완료 시점을 최초 반죽 부피의 3배가 되는 시점을 지칭하는데, 소금 1%는 약 40분이 소요되었고, 소금 1.5%는 약 47분, 그리고 소금 2%는 약 67분이 되는 시점에서 최초의 반죽 부피인 700 mL의 3배가 되는 약 2,100 mL로 팽창하였다. 일반적으로 식빵의 발효율은 반죽 온도가 상승하면 발효율이 높아지며, microwave를 반죽에 직접 조사할 경우에는 반죽 온도를 상승시켜 발효 시간을 단축시킬 수 있다(Ingram et al 1975, Morgenstern MP 1993, Morgenstern & Holst 1994). 그러나 같은 조건일 때는 소금의 첨가가 이스트의 활성을 억제하고 글루텐의 힘을 강하게 하는 역할을 하기 때문에 소금 2%의 발효 완료 시점이 가장 느린 것으로 추측된다(Preston KR 1989). 유지 첨가의 경우 1차 발효는 유지 0% 약 56분, 유지 3% 약 46분, 유지 6% 약 42분이 걸렸다. 이는 유지의 첨가량

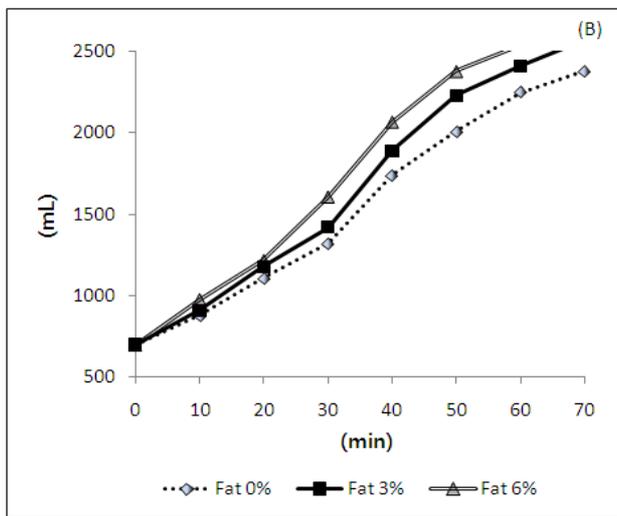
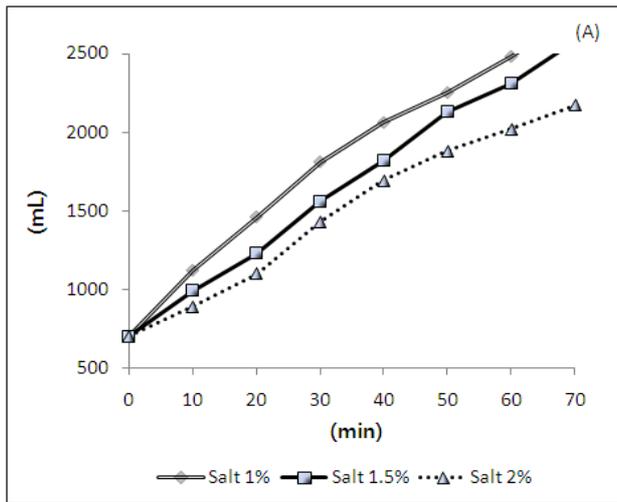


Fig. 2. Volume changes of pan bread dough according to salt(A) and fat(B) contents.

이 증가할수록 글루텐이 부드러워져 발효율이 증가하여 발효 시간은 단축되는 것으로 나타났다.

4. 반죽의 Stickiness

소금과 유지의 첨가량을 달리한 반죽의 stickiness를 측정 한 결과는 Table 3과 같다. Stickiness는 곡선 상에서 최고점의 힘(g)으로 표현되며, 힘이 클수록 점착성도 높아지는데 소금 1.5%가 42.03 g으로 가장 높은 점착성을 나타냈고, 소금 2%는 41.07 g, 소금 1%는 40.38 g으로 소금 1%가 가장 낮은 점착성을 나타냈다. 또한, 점착성을 얻는 일의 양인 area에서는 소금 1.5%가 3.21 g으로 가장 낮은 값을 보였으나 시료 간에 유의적인 차이는 없었다.

유지 첨가의 경우에도 유지 6%가 44.26으로 점착성이 가장 높은 것으로 나타났으나, 시료 간의 유의적인 차이는 없었

Table 3. Stickiness of pan bread dough according to salt and fat contents

Type	Force (g)	Time (s)	Distance (mm)	Area (gs)
Salt 1%	40.38±2.49	0.52±0.59 <sup>ab</sup>	-1.53±0.38 <sup>a</sup>	4.28±0.81
Salt 1.5%	42.03±2.05	0.42±0.07 <sup>a</sup>	-0.96±0.29 <sup>b</sup>	3.21±1.20
Salt 2%	41.07±2.59	0.54±0.08 <sup>b</sup>	-1.76±0.26 <sup>a</sup>	4.63±0.71
F-value	0.58 <sup>NS</sup>	2.94 <sup>*</sup>	5.11 <sup>*</sup>	2.37 <sup>NS</sup>
Fat 0%	39.68±2.00	0.50±0.04	-1.50±0.13 <sup>b</sup>	4.09±0.55
Fat 3%	40.50±4.95	0.53±0.55	-1.42±0.21 <sup>b</sup>	4.20±0.49
Fat 6%	44.26±3.04	0.54±0.76	-2.00±0.41 <sup>a</sup>	4.91±1.05
F-value	3.54 <sup>NS</sup>	0.61 <sup>NS</sup>	5.84 <sup>*</sup>	1.77 <sup>NS</sup>

\* p<0.05, <sup>NS</sup> Not significant.

<sup>a,b</sup> Means denoted by the same letter are not significantly different for each column(p<0.05).

다. 결국 microwave로 조사한 반죽의 소금과 유지의 첨가에 따른 점착성의 차이는 없는 것으로 나타났다.

5. 오븐스프링과 비용적

오븐스프링과 비용적의 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 오븐스프링은 발효된 반죽이 오븐 안에서 기공의 팽창과 이스트의 급격한 CO<sub>2</sub> 생산으로 부풀어 오르는 현상을 말하는데, 소금량이 증가할수록 오븐스프링이 적게 나타났다. 이는 소금이 글루텐을 경화시켜 반죽을 단단하게 하고, 이스트의 활성을 억제시켜 CO<sub>2</sub>의 생산을 감소시킨다. 따라서 소금의 첨가량이 늘어날수록 오븐스프링이나 비용적은 점차 낮아지거나 작아진다(Lynch *et al* 2009). 오븐스프링은 굽기 전 최종 단계의 반죽 높이와 구운 뒤 식빵의 높이의 차이를 나타내는데, 소금 1%는 3.80 cm로 가장 높은 오븐스프링 값을 보였고, 소금 2%와는 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.01). 비용적에서도 마찬가지로 소금 1%가 6.09로 가장 높은 값을 나타내었다. 오븐스프링과 비용적의 상관관계 분석에서는 정적 상관관계(r=0.917)를 나타냈으나, 통계적으로 유의한 상관관계는 나타내지 않았다.

유지 첨가 반죽의 오븐스프링은 유지 0%의 경우 2.86 cm로 가장 낮게 나타났으며, Fat 3이 3.87 cm로 가장 높았다(p<0.01). 유지 3%(3.87 cm)와 유지 6%(3.80 cm)의 오븐스프링은 비교적 비슷한 데 비해 유지 0%의 오븐스프링의 차이가 큰 것은 유지가 첨가되면 글루텐의 조직이 부드러워져 오븐 안에서의 가스 팽창이 수월했던 것으로 사료된다. 비용적은 유지 0%가 5.69로 가장 낮은 값을 나타냈으며, 유지 3%는 5.96, 유지 6%는 6.25로 모든 시료 간에 유의적인 차이를 나타내었다

( $p < 0.01$ ). 오븐스프링과 비용적의 상관관계 분석에서는 오븐스프링이 비용적에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 오븐스

프링과 비용적은 높은 정적 상관관계( $r=0.882$ )를 나타냈으나, 통계적으로 유의한 상관관계는 나타나지 않았다.

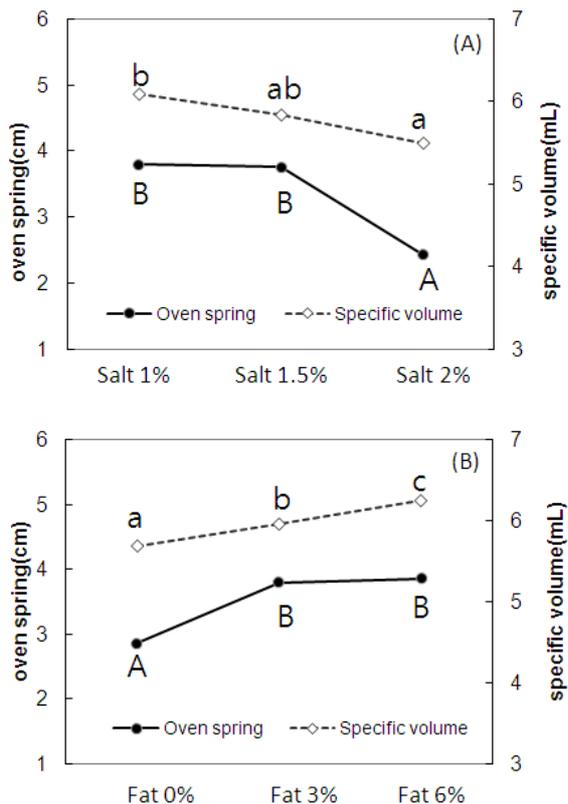


Fig. 3. Oven spring and specific volume changes of pan bread according to salt(A) and fat(B) contents.

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts in the figure indicate significant differences.

<sup>A,B</sup> Means with different superscripts in the figure indicate significant differences.

## 6. 디지털 영상 분석

소금과 유지의 첨가량을 달리한 반죽을 microwave oven으로 가열한 후 제조한 식빵의 영상 분석은 crumbScan을 이용하여 부피, 조밀성, 기공의 찌그러짐과 껍질의 두께를 측정하였으며, Table 4에 나타내었다.

부피에서 소금 1%는 1,240.5 cc, 소금 1.5%는 1,141.9 cc, 소금 2%는 964.7 cc로 나타났으며, 시료 간의 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.001$ ). 소금은 반죽의 맛과 풍미를 더해 주지만 이스트의 활성을 저하시켜 발효의 속도를 늦추고, 글루텐을 강화시키는 역할을 하는데, 이것이 제품의 부피에 부정적인 영향을 미쳤을 것으로 사료된다(Miller & Hosney 2008). 기공의 조밀도는 소금 2%가 1,012.8로 기공이 가장 조밀하였고, 소금 1.5%와 소금 1%는 각각 920.2, 863.0으로 소금 1%가 가장 조밀하지 않은 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ). 이는 소금의 첨가가 제품의 부피에 영향을 주는 것으로 사료되며, 또한 기공의 조밀성도 제품의 부피와 관련이 있다고 보여진다. 기공의 찌그러짐은 발효하는 과정 중에 반죽 안에 형성되는 기공의 찌그러진 정도를 나타낸다. 또한, 식빵과 같이 틀을 이용해서 굽는 제품의 경우에는 중앙 부분이 원형에 가까운 것에 비해서 껍질 부분은 타원형으로 되고, 기공의 긴 축과 짧은 축의 거리를 비교한 것으로 둥근 형태가 1.0을 나타내고 찌그러질수록 수치가 높아진다(Wiggins C 1998). 소금 2%가 1.65로 가장 많이 찌그러졌고 시료 간의 유의적인 경향을 보였다( $p < 0.01$ ). 껍질의 형성은 반죽이 오븐 안에서 구워질 때 오븐 안의 뜨거운 공기가 반죽 안으로 침투하고 내부의 수분이 수증기가 되어 밖으로 나오는 과정에서 형성되는데, 껍질 두께는

Table 4. Characteristics changes of pan bread according to salt and fat contents

Type	Bread volume(cc)	Crumb fineness	Crumb elongation	Crust thickness(cm)
Salt 1%	1,240.46±37.25 <sup>c</sup>	863.03±47.90 <sup>a</sup>	1.41±0.06 <sup>a</sup>	0.37±0.02
Salt 1.5%	1,141.94±15.74 <sup>b</sup>	920.20±10.45 <sup>a</sup>	1.49±0.06 <sup>a</sup>	0.33±0.05
Salt 2%	964.73±14.34 <sup>a</sup>	1,012.83± 8.77 <sup>b</sup>	1.65±0.05 <sup>b</sup>	0.31±0.05
<i>F</i> -value	95.39 <sup>***</sup>	20.73 <sup>**</sup>	12.56 <sup>**</sup>	1.58 <sup>NS</sup>
Fat 0%	1,072.40± 6.89 <sup>a</sup>	891.42±20.10	1.14±0.64	0.37±0.59
Fat 3%	1,188.85± 2.06 <sup>b</sup>	877.72±29.98	1.41±0.01	0.36±0.01
Fat 6%	1,226.90±18.15 <sup>c</sup>	875.91±16.08	1.40±0.01	0.42±0.06
<i>F</i> -value	152.94 <sup>***</sup>	0.41 <sup>NS</sup>	0.02 <sup>NS</sup>	0.99 <sup>NS</sup>

\*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ , <sup>NS</sup> Not significant.

<sup>a-c</sup> Means denoted by the same letter are not significantly different for each column( $p < 0.05$ ).

소금 1%가 0.37 cm로 가장 두꺼웠으나, 시료 간에 유의적인 차이는 없었다.

유지의 부피는 유지 0%가 1,072.4 cc로 가장 작았고 유지의 첨가량이 가장 많은 유지 6%(1,226.90 cc)가 가장 큰 것으로 나타났다( $p<0.001$ ). 조밀도는 유지 0%가 891.4로 가장 조밀하였으나 시료 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 기공의 찌그러진 정도는 유지 0%가 1.14로 가장 둥근 형태를 보였고, 유지 3%와 유지 6%는 1.41과 1.40로 타원형에 가까웠다. 이는 발효 속도와 오븐스프링을 고려해 볼 때 유지 3%와 유지 6%가 유지 0%보다는 많이 부풀어 기공의 찌그러짐의 크기가 큰 것으로 사료된다.

### 7. TPA 결과 분석

식빵의 조직감을 TPA(Texture Profile Analysis)로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 빵의 절단면은 45%의 기공으로 이루어져 있다. 이러한 기공의 개수나 크기가 빵의 품질을 결정하게 되는데, 기공의 형성은 발효와 밀접한 관계를 가진다(Sapirstein *et al* 1994). 소금 첨가량을 달리한 식빵의 견고성은 소금의 함량이 낮아 발효가 충분히 진행된 소금 1%의 견고성이 8.46 g으로 가장 낮아 부드러웠으며, 발효율이 가장 낮았던 소금 2%는 9.57 g으로 가장 단단하였다( $p<0.01$ ). 탄력성과 응집성은 소금 1%가 각각 0.94, 0.66으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 검성과 씹힘성은 소금 2%가 각각 6.25, 5.84로 가장 높은 값을 나타냈으나 유의적인 경향은 보이지 않았다. 이는 식빵의 견고성이나 기공 구조는 소금을 전혀 첨가하지 않을 경우를 제외하면 소금 첨가의 증감에 따라 크게 영향을 받지 않는다는 결과(Lynch *et al* 2009)와 같았다.

유지 첨가량을 달리한 식빵의 견고성은 유지 0%가 9.35 g으로 가장 단단하였으며( $p<0.05$ ), 유지 3%와 유지 6%가 각

각 8.74, 8.70으로 유지 6%가 가장 부드러웠지만 유지 3%와 유의적인 차이는 없었다. 탄력성은 Fat 0이 0.95로 가장 탄력성이 강한 것으로 나타났지만 시료 간의 차이가 매우 미미하여 유의적인 경향은 없었다. 응집성과 검성 및 씹힘성은 유지 0%가 각각 0.67, 6.32, 6.01로 가장 높은 값을 나타내었다( $p<0.01$ ).

### 8. 관능검사

소금과 유지의 첨가량을 달리한 식빵의 관능검사는 Table 6에 나타내었다.

소금의 첨가량을 달리한 식빵의 외관에서 식빵의 속질색은 소금이 가장 많이 첨가된 소금 2%가 10.26으로 가장 어두웠고( $p<0.01$ ), 모양의 대칭성에서는 소금 1.5%가 11.74로 가장 대칭적이었으며( $p<0.05$ ), 부피에서는 소금 1%와 소금 1.5%가 각각 9.70과 9.80으로 미미한 차이를 보였고( $p<0.01$ ), 외관에서는 모두 유의적인 차이를 보였다.

조직감에서 기공의 조밀도는 소금 1.5%가 9.39로 가장 기공이 많았고 소금 2%가 6.90으로 기공이 가장 적었다( $p<0.05$ ). 이는 앞에서 나타난 부피의 차이와 같은 결과로 소금이 이스트의 활성화를 저해하여 생기는 결과로 보여진다. 속질의 견고성은 소금 2%가 가장 단단한 것으로 TPA와 같은 결과를 보여주었으며, 소금 1.5%가 5.49로 가장 부드러웠다( $p<0.05$ ). 탄력성은 소금 1.5%가 8.80으로 가장 탄력적이었으며, 촉촉한 정도와 응집성은 소금 1%가 9.56으로 가장 높았으나 유의적인 차이는 없었다.

맛에서 단맛은 소금 1.5%가 9.24로 가장 달았고, 소금 2%는 5.49로 가장 단맛이 적었다( $p<0.01$ ). 짠맛에서는 소금 2%가 12.72로 가장 높은 수치를 나타내었다( $p<0.001$ ). 삼킨 후의 향미에서는 소금 1.5%가 9.05로 가장 좋은 것으로 나타났

Table 5. TPA changes of pan bread according to salt and fat contents

Type	Hardness(g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
Salt 1%	8.46±0.16 <sup>a</sup>	0.94±0.01	0.66±0.02	5.65±0.10	5.33±0.13
Salt 1.5%	9.00±0.42 <sup>a</sup>	0.93±0.10	0.65±0.01	5.86±0.37	5.49±0.39
Salt 2%	9.57±0.18 <sup>b</sup>	0.93±0.24	0.65±0.02	6.25±0.34	5.84±0.46
<i>F</i> -value	11.60 <sup>**</sup>	0.30 <sup>NS</sup>	0.74 <sup>NS</sup>	3.09 <sup>NS</sup>	1.56 <sup>NS</sup>
Fat 0%	9.35±0.29 <sup>b</sup>	0.95±0.01	0.67±0.24 <sup>b</sup>	6.32±0.51 <sup>b</sup>	6.01±0.06 <sup>b</sup>
Fat 3%	8.74±0.28 <sup>a</sup>	0.93±0.01	0.64±0.01 <sup>a</sup>	5.50±0.22 <sup>a</sup>	5.15±0.23 <sup>a</sup>
Fat 6%	8.70±0.20 <sup>a</sup>	0.94±0.01	0.66±0.24 <sup>ab</sup>	5.90±0.28 <sup>ab</sup>	5.61±0.27 <sup>b</sup>
<i>F</i> -value	5.59 <sup>*</sup>	3.44 <sup>NS</sup>	4.35 <sup>NS</sup>	11.43 <sup>**</sup>	12.29 <sup>**</sup>

<sup>\*</sup>  $p<0.05$ , <sup>\*\*</sup>  $p<0.01$ , <sup>NS</sup> Not significant.

<sup>a,b</sup> Means denoted by the same letter are not significantly different for each column( $p<0.05$ ).

Table 6. Sensory characteristics of pan bread according to salt and fat contents

Characteristics	Salt 1%	Salt 1.5%	Salt 2%	F-value	Fat 0%	Fat 3%	Fat 6%	F-value	
Appearance	Crumb color	5.53±3.17 <sup>a</sup>	6.19±2.69 <sup>a</sup>	10.26±3.38 <sup>b</sup>	6.17 <sup>**</sup>	6.59±1.70	5.87±2.56	5.81±2.01	0.42 <sup>NS</sup>
	Symmetry	8.96±1.92 <sup>ab</sup>	11.74±3.30 <sup>b</sup>	7.88±3.81 <sup>a</sup>	4.08 <sup>*</sup>	6.70±2.70	6.99±2.82	8.19±2.50	0.94 <sup>NS</sup>
	Volume	9.70±1.28 <sup>b</sup>	9.80±2.16 <sup>b</sup>	6.04±3.37 <sup>a</sup>	7.79 <sup>**</sup>	4.52±1.11 <sup>a</sup>	8.72±2.51 <sup>b</sup>	7.98±2.93 <sup>b</sup>	9.31 <sup>**</sup>
Texture	Cell fineness	7.46±0.91 <sup>ab</sup>	9.39±2.61 <sup>b</sup>	6.90±2.74 <sup>a</sup>	3.38 <sup>*</sup>	7.80±2.86	8.58±2.74	6.61±3.25	1.12 <sup>NS</sup>
	Hardness	6.19±2.14 <sup>a</sup>	5.49±1.84 <sup>a</sup>	8.80±3.46 <sup>b</sup>	4.58 <sup>*</sup>	8.10±2.41	7.31±2.43	5.97±3.09	1.63 <sup>NS</sup>
	Springiness	9.20±1.20	8.80±3.60	9.65±2.09	0.29 <sup>NS</sup>	10.63±2.27 <sup>b</sup>	7.12±2.53 <sup>a</sup>	5.97±3.08 <sup>a</sup>	5.97 <sup>**</sup>
	Moistness	9.56±2.06	8.87±2.13	9.27±1.25	0.35 <sup>NS</sup>	6.76±2.78 <sup>a</sup>	9.19±1.92 <sup>b</sup>	10.02±1.93 <sup>b</sup>	5.66 <sup>**</sup>
	Cohesiveness	9.56±0.92	9.22±3.54	8.88±2.57	0.17 <sup>NS</sup>	9.21±2.63	8.40±2.13	7.80±3.41	0.65 <sup>NS</sup>
Flavor	Wheat flavor	7.08±2.62	7.70±3.38	8.09±1.81	0.36 <sup>NS</sup>	7.57±2.33	8.04±2.13	7.50±3.35	0.12 <sup>NS</sup>
	Yeast flavor	5.19±3.46	5.74±2.61	6.18±2.28	0.31 <sup>NS</sup>	8.29±2.72 <sup>b</sup>	5.66±1.80 <sup>a</sup>	6.96±2.67 <sup>ab</sup>	2.90 <sup>NS</sup>
Taste	Sweetness	6.92±1.60 <sup>a</sup>	9.24±3.06 <sup>b</sup>	5.49±2.55 <sup>a</sup>	5.84 <sup>**</sup>	6.87±1.77	7.26±3.93	7.82±2.76	0.26 <sup>NS</sup>
	Saltiness	8.74±1.98 <sup>a</sup>	9.17±1.98 <sup>a</sup>	12.72±0.68 <sup>b</sup>	17.16 <sup>***</sup>	—	—	—	—
	Aftertaste	7.90±2.78	9.05±2.15	8.05±2.65	0.61 <sup>NS</sup>	7.20±2.15	9.33±2.97	8.51±3.09	1.50 <sup>NS</sup>
Overall acceptance	8.59±1.63 <sup>ab</sup>	9.95±1.83 <sup>b</sup>	6.09±4.40 <sup>a</sup>	4.53 <sup>*</sup>	6.70±2.85 <sup>a</sup>	10.75±2.57 <sup>b</sup>	9.57±1.80 <sup>b</sup>	7.22 <sup>**</sup>	

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$ , <sup>NS</sup> Not significant.

<sup>a,b</sup> Means denoted by the same letter are not significantly different for each row( $p<0.05$ ).

으나, 전반적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 전체적인 기호도는 소금 1.5%가 9.95로 가장 좋았고, 소금 1%가 8.59, 소금 2%가 6.09로 가장 기호도가 낮았으며, 통계적으로 유의적인 경향을 보였다( $p<0.05$ ).

유지의 첨가량을 달리한 식빵의 속질색과 대칭성은 유의적인 차이가 없었으나, 식빵의 부피는 유지 3%가 8.72로 유지 6%(7.98)와 유의적인 차이는 없었지만 가장 컸으며, 유지 0%는 4.52로 가장 적었다( $p<0.01$ ).

조직감에서 기공의 조밀도는 유지 3%가 8.58로 가장 높은 수치를 보여 기공이 가장 많은 것으로 나타났고, 유지 6%는 6.61로 가장 기공이 적었으며, 식빵 속질의 견고성은 유지 0%가 8.10으로 가장 단단하였고, 유지 6%가 5.97로 가장 부드러웠다. 탄력성에서는 가장 부피가 작았던 유지 0%가 10.63으로 가장 탄력적이었고, 다음은 유지 3%가 7.12, 유지 6%가 5.97로 나타났으며 유의적인 차이를 보였다( $p<0.01$ ). 식빵 속질의 촉촉한 정도는 유지 6%가 10.02로 가장 촉촉하였고, 유지 0%가 6.76로 가장 마른 편이었다( $p<0.01$ ). 응집성에서는 유지 0%가 9.21로 가장 높은 수치를 나타냈으나, 유의한 차이는 보이지 않았다.

맛에서 단맛은 유지 6%가 7.82로 가장 높은 값을 나타냈으며, 삼킨 후의 향미에서는 유지 3%가 가장 높았으나, 유의적인 차이는 없었다. 전체적인 기호도는 유지 3%가 10.75로

가장 좋았고, 유지 6%는 9.57 그리고 유지 0%가 6.70으로 가장 낮았으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p<0.01$ ).

## 결론

식빵 반죽에 사용되는 첨가 재료인 소금과 유지의 첨가량이 microwave 조사 시에 반죽 물성 및 식빵의 품질 특성에 미치는 영향을 실험한 결과, 소금과 유지의 첨가량을 달리한 반죽에 microwave로 가열한 후의 반죽의 온도 변화는 소금과 유지 모두, 첨가량이 많아질수록 온도의 증가폭이 높게 나타났다. 표면 온도의 증가폭이 가장 컸었고 중심 온도의 증가폭은 크지 않았다.

반죽과 식빵 속질의 pH는 재료의 첨가량이 증가할수록 모두 낮아졌으며, 소금 1.5%와 유지 3%가 가장 이상적인 약 5.5~5.7의 pH 값을 나타냈고, 소금 2%와 유지 6%는 이 범위를 벗어나 과 발효된 pH 값을 나타내었다.

반죽의 발효율에서 소금의 첨가량이 적을수록, 유지의 경우 첨가량이 많을수록 발효율이 높게 나타났는데, Salt 1은 40분, Fat 6은 42분에 1차 발효가 완료되어 가장 먼저 발효되었다.

반죽의 stickiness 측정 결과, 소금 1.5%가 42.03 g으로 점착성이 가장 강하였고, 소금 1%는 40.38 g으로 가장 약한 것

으로 나타났으며, 유지의 경우 유지 6%가 44.26 g으로 가장 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.

오븐스프링 측정 결과는 소금은 소금 1%가 3.80 cm로 가장 높았고, 유지의 경우에는 유지 3%가 3.87 cm로 가장 높았으며, 비용적 측정 결과에서는 소금 1%와 유지 6%가 가장 큰 것으로 나타났다.

디지털 영상 분석에서는 발효율이 가장 높았던 소금 1%와 유지 6%의 부피가 각각 1,240.3 cc, 1,226.9 cc로 가장 컸었고, 기공의 조밀도에서는 부피가 가장 작은 소금 2%와 유지 0%가 가장 높게 나타나 기공이 가장 조밀한 것으로 나타났다.

TPA 분석 결과는 소금의 경우 소금 1%의 견고성이 8.46 g으로 가장 낮았고, 유지에서는 유지 6%의 견고성이 8.70 g으로 가장 낮아 부드러웠으나, 유지 3%와 유의적인 차이는 없었다. 응집성, 검성과 씹힘성에서는 Fat 0%가 가장 높았고 유의적인 차이를 보였다.

관능검사 결과는 소금 첨가의 경우 식빵의 외관에서 속질 색은 소금 2%가 가장 어두웠으며 부피는 소금 1.5%가 가장 컸었다. 조직감에서 견고성은 소금 1.5%가 가장 낮아 부드러웠다. 맛에서 단맛은 소금 1.5%가 가장 달다고 평가하였으며, 삼킨 후의 향미와 전체적인 기호도에서 소금 1.5%가 가장 좋은 것으로 평가하였다. 유지 첨가의 경우, 부피는 유지 3%가 가장 컸었고, 조직감에서 견고성은 유지 6%가 가장 낮았으나 유지 3%와 유의적인 차이가 없었으며, 촉촉함은 유지 6%가 가장 촉촉하였고 견고성과 마찬가지로 유지 3%와 유의적인 차이가 없었다. 삼킨 후의 향미와 전체적인 기호도에서는 유지 3%의 선호도가 가장 좋았다.

이상의 결과로, 소금과 유지의 첨가량 변화에 따른 실험에서 소금과 유지의 microwave 흡수 능력이 첨가량에 비례하여 높아진다는 결과를 알 수 있었고, microwave를 조사했을 경우 소금 1.5%와 유지 3%의 반죽 온도 상승이 적당하고, 이로 인한 pH의 수치와 발효율의 상승률이 적당한 것으로 나타났다. TPA의 견고성은 소금 1%가 가장 낮았고, 유지 6%와 유지 3%는 유의적인 차이 없이 가장 낮아 부드러웠다. 관능검사에서는 소금 1.5%와 유지 3%의 부피가 가장 컸었고, 견고성이 낮아 가장 부드러웠으며, 삼킨 후의 향미와 전체적인 기호도가 가장 높게 평가되었다.

## 문 헌

- 박태수 (1999) 식품산업에서 마이크로파의 이용 : 미국전자 레인지 식품의 최신동향. 식품과 산업 32: 40-44.
- AACC (1995) Approved Methods of the AACC, 9th ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- Corsetti A, Gobetti M, Balestrieri F, Paoletti F, Russi J (1998) Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *Journal of Food Science* 63: 347-351.
- Gelinas P, Audet J, Lachance O, Vachon M (1995) Fermented dairy ingredients for bread: Effects on dough rheology and bread characteristics. *Cereal Chem* 72: 151-194.
- Giese J (1992) Advances in microwave food processing. *Food Technology* 46: 118-123.
- Harbrecht A, Kautzmann R (1967) *Branntweinwirtschaft* 107: 21-23.
- Hostetler RL, Dutson TR (1978) Investigations of a rapid method for meat tenderness evaluation using microwave cookery. *Journal of Food Science* 43: 304-306.
- Ingram CE, Brunk RH, Witkoske E (1975) Apparatus for making bread and like food products. Pat. U.S.
- Kang ES (2003) Studies on characteristic changes of bread with sourdough at the different fermentation periods. *MS Thesis* Kyung-Hee University. Seoul.
- Kim HU (2003) Trends and perspectives in industry of bakery. *Food Science and Industry* 36: 3-12.
- Lynch EJ, Dal Bello F, Sheehan EM, Cashman KD, Arendt EK (2009) Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Research International* 42: 885-891.
- Mandala IG (2005) Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydro colloids. *Journal of Food Engineering* 66: 291-300.
- Miller RA, Hoseney RC (1997) Method to measure microwave-induced toughness of bread. *Journal of Food Science* 62: 1202-1204.
- Miller RA, Hoseney RC (2008) Role of salt in baking. *CFW* 53: 4-6.
- Morgenstern MP (1993) Microwave-assisted proofing of bread. 28th International Microwave Symposium Proceedings. Quality Enhancements-using Microwaves, Montreal, Canada, July 11-14: 187-191.
- Morgenstern MP, Holst SE (1994) Microwave technology for cereal foods. Proceedings of 1st Microwave Symposium: Microwaves: Their Future with the Food Industry, Auckland, New Zealand, August.
- Ni H, Datta AK (1999) Moisture loss as related to heating uniformity in microwave processing of solid foods. *Journal of Food Process Engineering* 22: 367-382.
- Park SJ (2009) A study on optimizing bread fermentation through microwave heating. *Ph D Dissertation* Kyung-Hee University. Seoul.

- Park SJ, An HL, Lee KS (2010) Quality characteristics of pan bread depending on the time of microwave irradiation time. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 423-432.
- Patel BK, Waniska RD, Seetharaman K (2005) Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in bread crumb. *Journal of Cereal Science* 42: 173-184.
- Preston KR (1989) Effects of neutral salts of the lyotropic series on the physical dough properties of a Canadian red spring wheat flour. *Cereal Chemistry* 66: 144-148.
- Pylar EJ (1988) Baking science and technology, 2Vols, 3rd ed, Sosland Publishing, Marriam, KA, pp 246.
- Sapirstein HD, Roller R, Bushuk W (1994) Instrumental measurement of bread crumb grain by digital image analysis. *Cereal Chem* 71: 383-391.
- Uzzan M, Ramon O, Kopelman LJ, Kesselman E, Mizrahi S (2007) Mechanism of crumb toughening in bread-like products by microwave reheating. *J Agric Food Chem* 55: 6553-6560.
- Wiggins C (1998) Proving baking and cooling in technology of breadmaking. Thomson Science, NY, p133-136.
- Yin Y, Walker CE (1995) A quality comparison of breads baked by conventional versus nonconventional ovens : A review. *J Sci Food Agric* 67: 283-291.
- Zhang M, Tangb J, Mujumdar AS, Wan S (2006) Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* 17: 524-534.
- Zhao S, Xiong S, Qiu C, Xu Y (2007) Effect of microwaves on rice quality. *Journal of Stored Products Research* 43: 496-502.
- Ziprim YA, Carlin AF (1976) Microwave and conventional cooking in relation to quality and nutritive value of beef and beef-soy loaves. *Journal of Food Science* 41: 4-8.

---

접 수: 2010년 4월 23일  
 최종수정: 2010년 9월 30일  
 채 택: 2010년 10월 3일