

Microwave 조사 시간에 따른 식빵의 품질 특성

박상준¹ · 안혜령² · 이광석[†]

¹안양과학대학 호텔조리영양학부, ²경희대학교 대학원 조리외식경영학과, 경희대학교 조리과학과

Quality Characteristics of Pan Bread Depending on the Time of Microwave Irradiation Time

Sang-Jun Park¹, Hye-Lyung An² and Kwang-Suck Lee[†]

¹School of Nutrition Hotel Culinary Art, Anyang Technical College, Kyungki 430-013, Korea

²Dept. 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

In order to streamline bread making process that is time-consuming in regard to the characteristics of process, this study focused on microwave irradiation to dough and raising its temperature to monitor potential variations of dough properties and bread quality, and also examined optimum irradiation time to deduce effective ways for streamlining bread making process. According to analyze dough properties depending on microwave irradiation time, it was found that microwave heat (MWH) 2 showed the highest specific volume and oven spring of all and the lowest hardness (i.e. the highest softness). Moreover, MWH 2 scored the highest points in overall preference under sensory characteristics. As a result, it found that 80-second heating of 700 g bread dough, when exposed to microwave irradiation, contributed to the highest quality of bread.

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

서 론

현재의 제빵 산업은 제품의 저장성보다 공정 단축으로 인한 신선한 제품을 소비자 기호에 맞게 자주 구워낼 수 있는 지에 초점이 맞춰져 있고, 이러한 시간 단축은 제빵 공정중 시간이 가장 많이 소요되는 발효 과정의 단축 없이는 효과를 거둘 수 없다. 이를 위해 냉동생지를 이용하거나 각종 첨가제를 사용하여 발효 시간을 단축시켜왔다(Tsen CC 1969, El-Hady *et al* 1999). 그 외에 비상 반죽법(emergency dough method)은 발효 시간을 1/3로 줄이는 대신 이스트를 2배 사용하고 반죽 온도를 올리는 방법으로 공정은 단축되는 반면, 짧은 발효 시간과 과도한 이스트 사용으로 풍미가 떨어지는 단점이 있다(정 등 2002).

이러한 시대적 흐름과 식생활의 빠른 발전과 맛벌이의 증가로 인하여 음식을 빠르고 간편하게 데울 수 있는 마이크로파 오븐도 함께 발전하였다. 마이크로파 오븐이 가장 먼저 보급된 미국은 인스턴트식품을 선호하는 식습관 때문에 1997년에 이미 93%의 보급률을 보일 정도로 급성장하였고, 우리

나라도 현재 90% 이상 보급되어 있는 대중적인 조리 기기이다(박태수 1999, 김현욱 2003). 이처럼 외식 산업의 발전과 간편하고 신속한 현대식 조리 패턴과 더불어 마이크로파를 이용한 산업도 빠르게 발전하였다.

마이크로파를 제과 제빵 제품에 사용할 경우, 다공성 물질인 빵 반죽(dough)의 특성상 마이크로파를 조사했을 때 침투가 어렵고 옆으로 퍼지는 현상 때문에 제빵에는 적합하지 않아 제과 제품에 많이 사용되었다(Zhang & Datta 2006). Ingram *et al*(1975), Morgenstern MP(1993)과 Morgenstern & Holst (1994)은 마이크로파를 이용하여 반죽에 직접 조사해 반죽의 온도를 상승시켜 발효 시간을 단축시킬 수 있고 이스트의 사용량을 줄일 수 있다는 연구 결과를 도출하였지만 마이크로파 조사량과 가열 시간, 반죽 배합 비율 등의 구체적인 결과는 제시하지 않았으며, 이와 유사한 제빵 공정과 마이크로파를 이용한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 빵 반죽에 마이크로파를 직접 조사하여 조사 시간과 휴식 시간에 따른 반죽의 표면과 중심의 온도 변화 및 발효율의 차이를 알아보고, 마이크로파 조사 시간을 달리하여 제조한 빵 반죽을 비교하여 차이점을 분석하였다. 결과를 통해 최적의 마이크로파 조사 시간을 통하여 효과적

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

인 제빵 공정 단축 방법을 도출함으로써 원가 절감에 기여하는데 이 연구의 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

직접 반죽법으로 제조된 식빵에 사용된 재료들은 강력밀가루(큐원, (주)삼양사), 제빵용 효모(제니코 식품(주)), 설탕(큐원, (주)삼양사), 쇼트닝(코코쇼트닝 프리, (주)웰가), 탈지분유(유밀락, (주)웰가), 소금((주)청보그린), 제빵개량제(SK-1000, 신광식품산업사)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 식빵의 제조

실험에 사용된 반죽은 일반적으로 제과업계에서 사용하는 직접 반죽법으로 제조하였으며, 배합율은 Table 1에 나타내었다. 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 믹싱볼에 넣고 1.5 HP 수직 반죽기(NVM-12, 대영공업사, 한국)를 이용하여 1단으로 1분 동안 반죽한 뒤 쇼트닝을 넣고, 2단으로 8분 동안 반죽한 후 반죽의 온도를 측정하였다. 직접 반죽법으로 완성된 반죽은 700 g씩 4등분하여 대조구는 control로 표기하고 마이크로파의 조사 시간과 휴지 시간을 다르게하여 각각 MWH 1, MWH 2, MWH 3로 명명하였다. Fig. 1과 같이 대조구는 마이크로파 오븐을 사용하지 않았으며, MWH 1, MWH 2, MWH 3은 마이크로파 오븐(M-M209, LG, Korea)에 넣고 전자파로 가열하여 사용하였다. 마이크로파 오븐에서 조사하는 동안에 일어날 수 있는 반죽의 수분 증발을 막기 위해 1,000 mL의 비이커에 넣고 랩으로 밀봉하여 가열하였다. MWH 1

은 10초 가열과 10초 휴지를 4회 반복, MWH 2는 마이크로파로 10초 가열과 10초 휴지를 8회 반복, MWH 3은 마이크로파로 10초 가열과 10초 휴지를 12회 반복 조사하였다. 1차 발효는 34℃, 85% 상대 습도의 전기 발효기(EP-20, 대영공업사, 한국)에서 실시하였다. 대조구는 반죽 직후 바로 발효실에서 1차 발효를 시작하고, MWH 1, MWH 2, MWH 3은 각각 마이크로파의 조사가 끝난 후 발효실에서 1차 발효를 시작하였으며, 1차 발효가 끝나는 시점은 대조구, MWH 1, MWH 2, MWH 3 모두의 반죽 온도가 다르므로 최초 부피의 약 3배가 되는 2,100 mL 지점으로 하여 측정하였다. 1차 발효가 끝나는 순서대로 다음 제빵 공정의 순서대로 진행하였다. 1차 발효 후 반죽을 230 g씩 분할하여 실온에서 15분간 중간 발효를 하였다. 중간 발효한 반죽을 산형으로 성형하여 식빵틀(16.5×9×7.5 cm)에 넣고 팬닝하였다. 2차 발효는 38℃와 90% 상대 습도의 전기발효기(EP-20, 대영공업사, 한국)에서 50분간 실행하였고, 굽기는 전기 oven(대영공업사, FDO-7103, 한국)을 이용하여 윗불 185℃와 밑불 180℃에서 20분간 실시하였다. 굽기가 끝난 식빵은 실온(22℃)에서 1시간의 냉각 기간을 거친 후(내부 온도, 34℃) 무게를 측정하고, 식빵 절단기(BSC-T13, 대영공업사, 한국)를 이용하여 12.5 mm의

Table 1. Formula of bread for the control product

Ingredients	Flour basis(%)	g
Bread flour	100	2,800
Water	60	1,680
Fresh yeast	3	84
Salt	1.5	42
Sugar	8	224
Shortening	3	84
Non-fat dry milk	3	84
SK-1000 ¹⁾	1.5	42
Total	180	5,040

¹⁾ Dough conditioner.

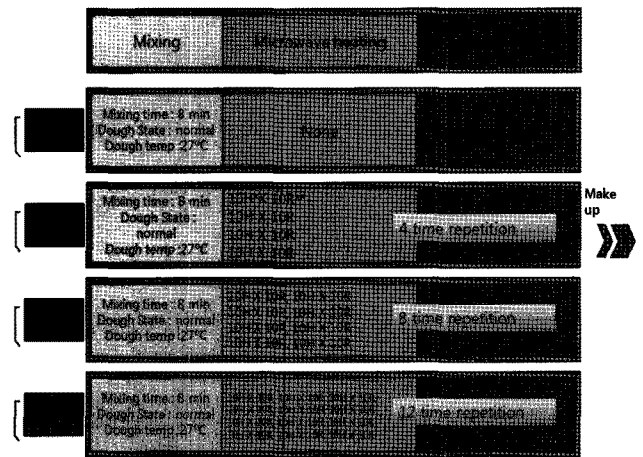


Fig. 1. Manufacturing process of bread using microwave waves.

* H: heating by microwave oven(in seconds).

** R: stop the power(in seconds).

Control : Microwave heat for 0 second.

MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

두께로 자른 후 폴리프로필렌 백에 넣어 보관하였다. 24시간이 경과한 후 pH, 비용적, crumbScan, TPA 측정과 관능검사에 사용하였다.

2) 반죽과 식빵 속질의 pH 측정

식빵 반죽은 효모의 지속적인 발효로 온도와 시간에 따라 변화가 심하기 때문에 증류수를 이용하는 회석 방법으로는 정확한 pH 측정을 하기 어렵다. 따라서 반죽에 탐침봉을 직접 꽂아 pH를 측정하는 surface electrode method(Gelinas *et al* 1995)를 사용하였다. 마이크로파를 조사한 반죽마다 탐침봉을 반죽 표면으로부터 5 cm 길이로 꼽고 정확히 5초 후에 상온에서 pH meter(Orion, model 720A)로 측정하였다. 식빵 속질의 pH는 AACC method 02-52(AACC 1995)인 slurry method로 측정하였다. 식빵 속질 15 g에 25℃의 증류수 100 mL를 넣고 30분간 진탕한 후, 10분간 방치한 후 pH meter를 사용하여 측정하였다.

3) 반죽의 발효율

반죽은 700 g씩 분할하여 등글게 만든 후, 3,000 mL 비이커의 바닥에 공기가 차지 않도록 넣고 발효율을 측정하였다. 각각 조건의 반죽은 10분마다 팽창된 반죽의 높이를 측정하여 발효율로 나타내었고, 발효 조건은 1차 발효와 같다.

4) 반죽의 점착성(Stickiness), 오븐스프링(Oven Spring)과 비용적

대조구 반죽과 마이크로파로 가열한 식빵반죽의 점착성 측정에는 texture analyzer(TA-XT2i, Stable micro systems, England)를 이용하였고, 25 mm perspex probe와 SMS Chen/Hosney Dough Stickiness Rig를 사용하였다. 실험 방법은 Kang ES(2003)의 연구와 동일하게 측정 조건은 Table 2와 같다.

오븐스프링의 측정은 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 오븐스프링으로 하였다. 비용적 측정을 위한 식빵의 부피는 종자치환법으로 측정하였고, 식빵의 무게를 측정한 후 부피를 무게로 나눈 값을 비용적(mL/g)으로 나타내었다.

5) 디지털 영상 분석

굽기를 마치고 포장된 식빵은 24시간 후 식빵 중에 부피가 크거나 작은 것을 제외하고, 실험의 시료별로 각각 3개씩 형태가 양호한 제품들을 선택하여 식빵 절단기(대영공업사, 서울시 영등포, 한국)를 사용하여 12.5 mm 두께로 절단하였다. 식빵의 왼쪽에서부터 순서대로 번호를 부여한 후, 식빵

Table 2. Conditions of TA-XT2i texture analyzer for measurement of dough stickiness

Mode	Force/tension
Option	Adhesive test
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	2.0 mm/s
Post-test speed	10.0 mm/s
Distance	4 mm
Force	40 g
Time	0.1 s
Trigger type	Auto-5 g
Data acquisition rate	400 pps

의 가장 중앙 부분인 8번째의 단면을 폴리프로필렌 지퍼백에 넣어서 실온에 보관하여 실험에 이용하였다. 식빵의 특성 분석에는 crumbScan(American Institute of Baking/Devore Systems)을 사용하였고, 이미지는 HP PSC 1310 series(Hewlett Packard)를 이용하여 얻었고, 프로그램의 운용에는 XNOTE 태블릿 노트북 컴퓨터(LG)를 사용하였으며, 결과물은 EPSON stylus photo 1290(EPSON)을 이용하여 부피(volume), 기공의 조밀성(crumb fineness), 기공의 형태(crumb elongation), 껍질의 두께(crust thickness)를 도출하였다.

6) TPA

TPA(texture profile analysis) 측정은 texture analyzer(TA-XT2i, Stable micro systems, England)를 이용하였고 측정 조건은 probe 36 mm cylinder, test speed 1.7 mm/sec, distance 4mm, trigger 5 g으로 하였다. 측정할 식빵은 12.5 mm 두께로 슬라이스하였고, 두 조각의 식빵을 겹쳐서 25 mm 두께로 사용하였다. 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.

7) 관능검사

관능검사 경험이 있는 경희대학교 학부 및 대학원생 12명을 선정하여 식빵의 관능적 특성 평가를 하였다. 제품의 외관, 향, 맛 및 텍스처 특성을 감지되는 순서에 따라 묘사하는 정량적 묘사 분석을 실시하였고 측정은 15 cm 선척도를 사용하였으며 선의 양쪽에 용어 한계를 붙이고, 특성의 강도는 좌로부터 이동하면서 증가한다. 관능검사는 오후 3~4시 사이에 실시하였으며, 식빵 1개를 흰 접시에 담아 생수와 함께 제공하였다.

8) 통계처리

SPSS win 12.0 program을 이용하여 ANOVA 분석을 하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후검증을 하였다. 또한 pearson's correlation coefficient를 사용하여 특성들 간의 상관관계를 알아보았다.

결과 및 고찰

1. 반죽 온도의 변화

마이크로파의 조사 시간에 따라 제조한 반죽의 물성 및 식빵의 품질 변화를 관찰하기 위해 측정된 반죽 온도는 Fig. 2에 나타내었다.

반죽의 온도는 발효 시간을 결정하는 중요한 요소 중 하나로, 대조구의 반죽 온도는 수온 조절법을 사용하여 27°C로 하였으며, 전체적으로 가열 시간이 증가함에 따라 반죽의 온도가 높게 나타났다. 표면 온도는 대조구와 MWH 1이 27°C, 29°C에 비해 MWH 2, MWH 3은 각각 35°C, 41°C로 상승폭이 매우 높았고, 바닥 온도의 경우도 마찬가지로 대조구와 MWH 1이 27°C, 28°C에 비해 MWH 2, MWH 3의 온도 상승 값이 34°C, 36°C로 비교적 큰 것으로 나타났으며 $p < .05$ 수준에서 모두 유의적인 차이를 나타냈다. 중심 온도에서는 대조구와 MWH 1 과 MWH 2의 온도 변화는 유의적 차이를 보이지 않았으나, MWH 3과는 유의적인 차이를 보였다. 이는 반죽 안에 누

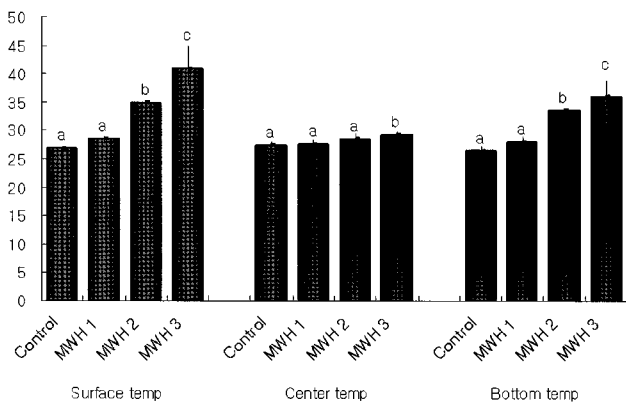


Fig 2. Temperature changes of bread dough according to microwave heating time.

- Control : Microwave heat for 0 second.
- MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).
- MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).
- MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

적된 열이 가열을 멈춘 상태에서도 계속 온도를 상승시키는 작용을 하는 것으로 추정되며, 또한 표면 온도와 바닥 온도의 상승률이 중심 온도보다 높은 것은 마이크로파 가열시 증발한 수분이 표면과 바닥에 모여 온도를 상승시키는 것으로 보여진다. 따라서 반죽의 중심의 온도 상승은 가장 작은 것으로 나타났다. 또한 이는 중심 가열 효과에 의한 마이크로파의 전도 효과에 따른 것이라 사료된다(Potter & Hotchkiss 1995, Datta AK 1990).

2. 반죽 및 식빵 속질의 pH 변화

마이크로파의 조사 시간을 측정 조건에 맞게 한 반죽과 식빵 속질의 pH는 Table 3과 같다. 마이크로파를 이용한 가열 시간이 증가할수록 반죽의 경우 대조구의 pH 값은 6.01, MWH 1은 5.72, MWH 2는 5.45, MWH 3은 4.95였으며, 속질의 pH 값은 대조구가 6.31, MWH 1은 5.59, MWH 2는 5.32, MWH 3은 5.18로 나타나 마이크로파 가열 시간이 증가할수록 점차적으로 낮아져 $p < .001$ 수준에서 모두 유의한 차이를 보였다. Garver *et al*(1996)의 연구에서도 발효가 적당한 pH는 4.0에서 6.0 사이이며, 반죽의 pH는 반죽 중의 초산균과 유산균 등이 초산과 유산 등을 형성하고, 발효 산물인 알코올 등이 유기산으로 전환되어 pH는 발효 시간이 지남에 따라 낮아진다고 하였다. 발효가 진행되지 않은 반죽의 pH가 마이크로파를 이용한 가열 시간이 많아짐에 따라 낮아지는 것은

Table 3. pH changes of bread dough and crumb according to microwave heating time

Type	Dough pH	Crumb pH
Control	6.01±0.11 ^c	6.01±0.14 ^c
MWH 1	5.72±0.54 ^b	5.59±0.42 ^b
MWH 2	5.45±0.77 ^b	5.32±0.17 ^{ab}
MWH 3	4.95±0.44 ^a	5.18±0.10 ^a
F-value	15.94 ^{***}	16.80 ^{***}

*** $p < .001$.

^{a-c} Means denoted by the same letter are not significantly different for each column($p < 0.05$).

- Control : Microwave heat for 0 second.
- MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).
- MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).
- MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

짧은 가열 시간에도 불구하고 반죽의 온도가 높아짐에 따라 초산균의 활동이 활발히 증가하므로 유기산의 생성이 발달한 결과로 사료된다.

3. 반죽의 발효율 변화

식빵의 발효는 이스트, 반죽 온도, pH, 이스트푸드 등에 의해서 좌우되며, 같은 조건일 때 반죽 온도가 상승하면 발효율이 높아진다. 반죽의 발효율 측정 결과는 Fig 3에 나타내었다.

1차 발효의 완료 시점을 최초 반죽 부피의 3배가 되는 시점으로 지칭하는데, 대조구는 약 70분이 소요되었고, MWH 1은 약 53분, MWH 2는 약 46분, MWH 3은 약 67분이 되는 시점에서 최초의 반죽 부피인 700 mL의 3배가 되는 약 2,100 mL로 팽창하였다. 대조구, MWH 1과 MWH 2의 경우에는 일정한 비율로 발효가 되는 반면에, MWH 3은 10분까지는 MWH 1보다 높은 발효율을 나타내다가 20분부터는 대조구보다는 높고, MWH 1보다는 낮은 발효율을 유지하였다. 이는 마이크로파에 의해 가열된 초기에 지나치게 높은 열로 인하여 반죽 내부의 수분량이 적어지고 또한 이스트의 활성이 약해진 것으로 추정된다. MWH 2의 경우가 가장 빠르게 1차 발효가 완성되었는데, 일반적으로 반죽 온도가 32~35℃일 때 이스트의 활성화가 가장 이상적이고 높은 발효율을 나타

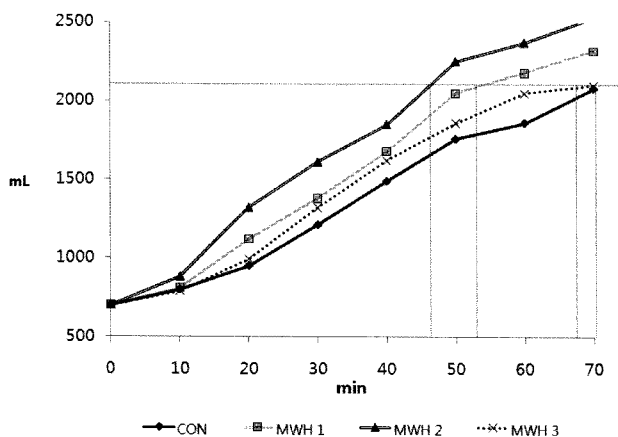


Fig. 3. Volume changes of bread dough according to microwave heating.

Control : Microwave heat for 0 second.

MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

낸다는 선행 연구를 통해서 MWH 2의 반죽 평균 온도가 발효율 증가에 가장 이상적이라고 유추할 수 있다(Garver *et al* 1996).

위의 결과로 볼 때 1차 발효의 완료 시점이 MWH 2의 경우, 대조구의 70분보다 25분 정도가 단축됨으로써 본 연구의 목적인 발효 시간 단축에 매우 유의적인 영향을 미쳐 생산성 향상에 긍정적인 영향을 줄 것으로 사료된다.

4. 반죽의 점착성, 오븐스프링과 비용적의 결과

반죽의 점착성, 오븐스프링과 비용적은 Table 4와 Fig. 4에 나타내었다. 반죽의 점착성은 곡선 상에서 최고점의 힘(g)으로 표현되며, 힘이 클수록 점착성도 높아진다(Wang *et al* 1996). 마이크로파를 이용하여 60초 가열한 MWH 2의 값이 41.08 g으로 점착성이 가장 강한 것으로 나타났지만 시료 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 점착성을 얻는 일의 양(work of adhesion)은 대조구, MWH 1과 MWH 3의 값이 2.65 gs, 3.17 gs인데 비해, MWH 2의 값은 4.13 gs로 점착성이 강한 것으로 나타났으며 유의적인 차이를 나타냈다.

이스트의 활성화에 의해 생성되는 CO₂는 반죽의 기공에 가스 상태와 반죽에 녹아 있는 액체 상태의 두 가지로 존재하는데 먼저 액체의 상태로 녹아든 다음 기공 속의 가스로 내부 압력을 증가시키고 점성을 갖는 반죽의 특성을 가지게 된다(Hosney RC 1994). 대조구에 비해 마이크로파에 의해 가열된 반죽의 점착성이 높은 것은 반죽 내부의 온도가 높아짐으로써 이스트의 활성이 빨라지기 때문인 것으로 추측된다. 하지만 MWH 3의 점착성이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 반죽 표면 온도가 40℃ 이상의 고열로 인해 반죽 내부의 수분의 감소와 이스트의 일시적인 불활성화에 의한 것으로 사료된다.

오븐스프링은 굽기 전 최종 단계의 높이와 굽고 난 후의 높이의 차이를 말하는데, 값이 높을수록 오븐에서 많이 팽창되었다는 의미이다. 오븐스프링은 MWH 2가 4.16 cm로 가장 높은 값을 나타내었으며, MWH 3이 3.46 cm로 가장 낮았고, 대조구는 3.56 cm으로 MWH 2와 유의적인 차이를 보였다. 반죽이 오븐에서 부풀어 오르는 것은 반죽에 형성되어 있는 기공의 팽창과 이스트의 급격한 CO₂ 생성으로 인한 것이다(Gandikota & MacRitchie 2005). 이는 반죽의 발효율과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다. 하지만 MWH 3의 경우에는 지나친 반죽 온도의 상승으로 이스트의 활성화가 저해되고 수분 증발로 인해 반죽의 유동성이 떨어져 많이 부풀지 않은 것으로 보아진다.

Guillermo *et al*(2009)의 연구에 따르면 가스의 생산과 보유는 정확한 제빵 공정과 적당한 반죽 온도에 의해 최대로 유지된다고 하였다. MWH 2의 비용적이 가장 크게 나타난 것은 반죽 내 이스트의 활동이 가장 활발하다고 알려진 32~35℃의 온도를 나타냈고(Garver *et al* 1996), 이로 인해 가장

Table 4. Physical characteristics of bread dough according to microwave heating time

Type	Force(g)	Time(s)	Distance(mm)	Area(gs)	Oven spring(cm)	Specific volume(mL/g)
Control	39.60±2.61	0.51±0.47	-1.52±0.32 ^a	2.65±3.17 ^a	3.56±0.35 ^a	5.54±0.16
MWH 1	39.80±5.75	0.41±0.03	-0.87±0.16 ^c	3.17±0.65 ^a	3.96±0.15 ^{ab}	5.69±0.18
MWH 2	41.08±7.22	0.46±0.08	-1.11±0.29 ^{bc}	4.31±0.93 ^b	4.16±0.15 ^b	5.79±0.24
MWH 3	35.30±3.85	0.51±0.09	-1.35±0.45 ^{ab}	3.17±0.41 ^a	3.46±0.23 ^a	5.41±0.13
F-value	1.42 ^{NS}	2.44 ^{NS}	4.55 [*]	7.29 ^{**}	4.08 [*]	2.49 ^{NS}

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, ^{NS} Not significant.

^{a-c} Means denoted by the same letter are not significantly different for each column ($p < 0.05$).

Control : Microwave heat for 0 second.

MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

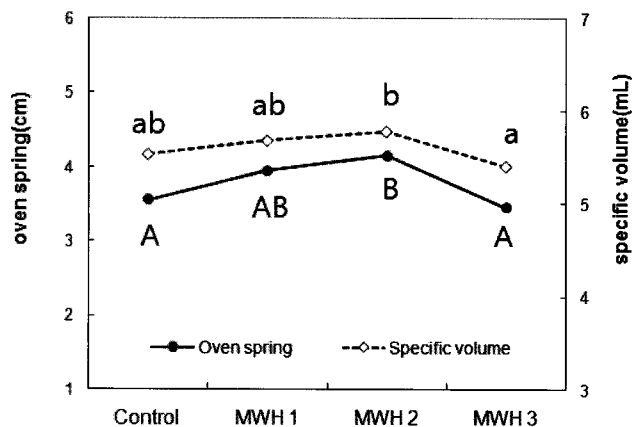


Fig. 4. Oven spring and specific volume changes of bread according to microwave heating time.

Control : Microwave heat for 0 second.

MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

높은 오븐스프링 효과를 나타냈기 때문이라고 추측된다. 비용적은 MWH 2가 5.79로 가장 컸었고, 그 다음은 MWH 1, 대조구가 각각 5.69, 5.54의 순으로 나타났고, MWH 3은 5.41로 가장 작았다. 위의 결과에서 비용적은 발효율의 순서와는 비례하지 않음을 알 수 있었다.

마이크로파의 조사 시간을 달리한 식빵의 오븐스프링과 비용적의 상관관계 분석에서는 오븐스프링이 비용적에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 오븐스프링과 비용적은 매우 높은 정적 상관관계($r=0.980$, $p < 0.05$)를 나타내어 오븐에서 많이 부풀어 오른 시료의 비용적이 큰 것으로 나타났다.

5. 디지털 영상 분석

디지털 영상에 사용된 crumbScan은 빵 속질에 나타나는 기공의 조밀도와 기공의 형태, 그리고 빵 제품의 부피와 겉질의 두께와 같은 4가지의 제품 특성을 객관적으로 측정할 수 있는 프로그램이다(Pickering D 1996). 빵의 부피는 반죽에 첨가되는 재료나 발효율에 의해 결정되며, 제품의 품질 평가에서 매우 중요한 부분이다. Table 5에 나타난 결과를 보면 MWH 2의 부피가 1,102.6 cc로 가장 크게 나타났고, MWH 1이 1,083.1 cc, 대조구가 1,051.4 cc 그리고 MWH 3은 990.2 cc로 가장 작았지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 빵의 부피 감소는 외형적으로나 내부적으로나 품질의 저하를 가져오며, 전반적으로 속질의 색이 어둡고 무거워진다. 또한 빵의 부피가 작을수록 겉질의 두께가 두꺼워진다(Mohd Josoh *et al* 2009).

조밀도(fineness)는 속질에 있는 기공의 크기를 말하며, 기공의 조밀도가 높아지면 속질의 기공이 조밀하다고 할 수 있다(이광석 2001). 조밀도는 MWH 2가 932.1로 가장 낮게 나타났고, MWH 1이 952.8, 대조구가 963.9, MWH 3은 932.1로 가장 높게 나타난 것으로 보아, 대체적으로 부피가 크면 조밀도가 낮고, 기공의 숫자가 많은 것으로 보여진다.

기공의 형태(elongation)는 발효하는 과정 중에 글루텐막

이 이스트가 생산하는 CO₂를 가두어 형성되는 것으로 기공의 조밀성과 모양은 발효되는 상태나 세포벽의 두께에 따라 영향을 받는다(Lee & Noh 2002). 또한 기공의 형태를 나타내는 찌그러진 정도는 제품의 부드럽고 매끄러운 조직을 형성하는 기공의 조밀성과 매우 밀접한 관계에 있으며, 기공의

형태는 반죽의 되기, 발효 과정과 굽기 과정에 의한 껍질의 형성으로 인하여 팽창에 영향을 받는다(Wiggins C 1998). 기공의 형태는 기공의 긴 축과 짧은 축의 거리를 비교한 것으로 둥근 형태가 1.0을 나타내고 찌그러질수록 수치가 높아진다. 기공의 형태를 살펴보면 MWH 2는 1.38로 찌그러짐의 정도가 가장 작았고, MWH 1이 1.40, 대조구가 1.44, MWH 3이 1.54로 찌그러짐의 정도가 가장 큰 것으로 나타났다.

껍질의 형성은 반죽이 오븐 안에서 구워질 때 오븐안의 뜨거운 공기가 반죽 안으로 침투하고 내부의 수분이 수증기가 되어 밖으로 나오는 과정에서 형성된다. 이때 발효가 잘 진행되어 수증기와 열의 교환이 쉽게 이루어지기 위해서는 얇은 껍질이 필수적이다. 빵의 껍질은 대조구가 0.32 cm, MWH 1과 MWH 2가 0.33 cm로 유의적인 차이를 나타내지 않고 얇게 형성되었지만 MWH 3의 껍질은 0.43 cm로 두껍게 형성되어 유의적인 차이를 나타냈다. 이는 수증기와 열의 교환이 자유롭지 못하여 오븐스프링 등에 영향을 받은 것으로 추측된다.

Table 5. Characteristics changes of bread according to microwave heating time

Type	Bread volume(cc)	Crumb fineness	Crumb elongation	Crust thickness (cm)
Control	1,051.41±28.69	963.94±56.02	1.44±0.08	0.32±0.07 ^a
MWH 1	1,083.15±36.57	952.77±22.34	1.40±0.03	0.33±0.02 ^a
MWH 2	1,102.56±49.33	932.13±26.97	1.38±0.09	0.33±0.03 ^a
MWH 3	990.20±97.56	987.23±96.22	1.54±0.03	0.43±0.03 ^b
F-value	2.06 ^{NS}	0.47 ^{NS}	3.15 ^{NS}	4.72 [*]

* $p < 0.05$, ^{NS} Not significant.

^{a,b} Means denoted by the same letter are not significantly different for each column ($p < 0.05$).

Control : Microwave heat for 0 second.

MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

6. TPA 결과 분석

식빵의 조직감은 시료를 2회 반복으로 압착 시 얻어지는 TPA(Texture Profile Analysis)로 측정하여 Table 6에 나타내었다. 견고성은 전체적으로 각 시료 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, MWH 3이 9.02 g으로 비교적 높게 나타났고, MWH 2가 8.52 g으로 가장 낮게 나타나 다른 시료에 비해 부드러운 조직감을 보였다. 탄력성이 좋다는 것은 가스 포집력이 우수하고 기포막이 강하여 중력에 의한 압착 스트레스에 대한 복원력이 우수하다는 것을 의미한다(Carr & Tadini 2003). 탄력성의 경우, MWH 2가 0.95로 가장 높은 탄

Table 6. TPA changes of bread according to microwave heating time

Type	Hardness(g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
Control	9.18±0.12	0.93±0.00	0.61±0.00	5.47±0.28	5.13±0.29
MWH 1	8.87±0.39	0.92±0.00	0.61±0.17	5.45±0.30	5.18±0.35
MWH 2	8.52±0.54	0.95±0.01	0.61±0.15	5.16±0.23	4.74±0.18
MWH 3	9.02±0.40	0.93±0.01	0.61±0.15	5.50±0.12	5.14±0.55
F-value	1.49 ^{NS}	2.42 ^{NS}	0.15 ^{NS}	1.18 ^{NS}	2.11 ^{NS}

^{NS} Not significant.

Control : Microwave heat for 0 second.

MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

력성을 나타냈으며, MWH 1은 0.92로 가장 낮은 탄력성을 나타내었다. 견고성과 탄력성에서 가장 낮은 수치를 나타냈던 MWH 2의 경우 겹섬성과 씹힘성에서 5.16과 4.74로 가장 낮은 값을 나타냈다. 결과적으로 견고성, 탄력성, 응집성, 겹섬성과 씹힘성 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으며, MWH 2의 견고성이 가장 낮았고 가장 탄력적이었다.

7. 관능검사

문항은 외관(appearance), 조직감(texture), 향미(flavor), 맛(taste), 전체적인 기호도(overall acceptance)의 5가지 항목으로 결과는 Table 7에 나타내었다.

외관에서 식빵의 속질색은 대조구의 평균값이 6.92로 가장 밝은 것으로 나타났고, MWH 3이 5.96으로 가장 어둡게 나타났다. 모양의 대칭성은 MWH 3이 가장 대칭적이었으며, MWH 2가 가장 비대칭적인 것으로 나타났다. 부피에서는 MWH 2

의 평균값이 7.71로 가장 컸고, MWH 3은 6.20으로 가장 작게 나타났으나, 외관 부분에서는 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

조직감에서 조밀도는 MWH 2의 평균값이 9.02로 가장 기공이 많은 것으로 나타났고 MWH 3이 6.98로 가장 기공이 적은 것으로 나타났다. 식빵 속질의 부드러운 정도는 부피가 가장 컸던 MWH 2가 5.66으로 가장 부드러웠고, MWH 3이 7.72로 가장 단단한 것으로 나타났다. 식빵 속질의 탄력성에서도 가장 부피가 컸던 MWH 2의 평균값이 9.60으로 가장 탄력적인 것으로 나타났다. 식빵 속질의 촉촉한 정도는 MWH 2가 10.94로 가장 높게 나타나 가장 촉촉한 편이었고, 대조구가 7.77로 가장 마른 편이었다. 응집성에서는 MWH 2가 9.07로 가장 뻑뻑한 것으로 나타났고, MWH 3은 8.52로 가장 느슨한 조직감을 보였다.

향미에서 구운 밀 냄새는 MWH 3이 8.67로 가장 강했고,

Table 7. Sensory characteristics of bread according to microwave heating time

Characteristics		Control	MWH 1	MWH 2	MWH 3	F-value
Appearance	Crumb color	6.92±2.65	6.60±2.25	6.79±2.61	5.96±3.66	0.22 ^{NS}
	Symmetry of shape	7.23±4.60	8.20±3.21	7.00±3.68	8.65±3.61	0.45 ^{NS}
	Volume	6.70±2.59	6.44±1.37	7.71±1.03	6.20±0.95	1.66 ^{NS}
Texture	Number of cell	7.24±3.16	8.26±3.18	9.02±3.48	6.98±2.60	0.91 ^{NS}
	Hardness	6.30±2.04	6.37±3.32	5.66±3.13	7.72±2.27	0.91 ^{NS}
	Springiness	8.60±2.79	8.88±3.81	9.60±2.41	9.29±3.36	0.20 ^{NS}
	Moistness	7.77±3.49	7.78±3.58	10.94±1.97	9.20±2.96	2.40 ^{NS}
	Cohesiveness	8.83±3.32	8.71±3.46	9.07±2.75	8.52±2.52	0.06 ^{NS}
	Flavor	Baked wheat flavor	7.14±2.97	7.43±2.76	7.73±2.64	8.67±2.33
Flavor	Uncooked flour flavor	3.61±2.00 ^a	4.49±2.39 ^{ab}	6.70±0.95 ^c	6.30±3.20 ^{bc}	4.12 [*]
	Yeast flavor	8.49±2.37	7.14±1.27	6.77±1.38	8.06±2.14	1.85 ^{NS}
	Taste	Sweetness	4.72±2.64	6.71±0.94	5.82±2.25	6.93±3.22
Taste	Roasted taste	8.11±1.98	8.81±2.28	8.20±1.05	8.02±3.02	0.25 ^{NS}
	Aftertaste	7.35±2.65	9.23±2.49	10.13±2.74	7.52±3.21	2.74 ^{NS}
Overall acceptance		8.12±3.29	8.48±3.52	8.99±3.67	7.37±2.97	0.40 ^{NS}

* $p < 0.05$, ^{NS} Not significant.

^{a-c} Means denoted by the same letter are not significantly different for each row ($p < 0.05$).

Control : Microwave heat for 0 second.

MWH 1 : Microwave heat for 40 seconds(4 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 2 : Microwave heat for 80 seconds(8 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

MWH 3 : Microwave heat for 120 seconds(12 time repetition according to process that 10 seconds heat by microwave and 10 seconds stop the power).

생밀가루 냄새는 MWH 2가 6.70으로 가장 높게, 대조구는 3.61로 가장 낮게 나타났으며 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 나타냈다. 이스트 냄새는 대조구가 8.49로 가장 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 단맛은 MWH 3이 6.93으로 가장 달고 구운 맛에서는 MWH 1이 8.81로 가장 구운 맛이 강했으나 유의적인 차이는 나타내지 않았고, 삼킨 후의 향미에서는 MWH 2의 평균값이 10.13으로 가장 강하고, 대조구는 7.35으로 가장 약하였다. 전체적인 기호도에서는 MWH 2가 8.99로 가장 좋았고, MWH 3이 7.37로 가장 나빴지만 전체적으로 유의적인 차이는 없었다.

결 론

식빵 제조는 직접 반죽법(straight dough method)으로 하여 반죽에 마이크로파를 조사하여 반죽 온도를 상승시켜 가열된 반죽 온도에 따른 반죽물성 및 식빵의 품질 특성에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 반죽의 발효율은 MWH 3을 제외하고 마이크로파 조사 시간에 비례하여 증가했으며, 대조구는 70분, MWH 2는 46분으로 1차 발효가 가장 빠르게 되었다.
 2. 반죽의 점착성은 힘의 크기와 강도에서 MWH 2가 41.08 g과 4.31 gs로 가장 높게 나타나 점착성이 가장 강한 것으로 나타났으며, 오븐스프링은 MWH 2가 4.16 cm로 가장 높았고 비용적에서도 MWH 2가 5.79로 가장 큰 것으로 나타났다.
 3. 반죽의 TPA의 분석 결과는 부피가 가장 컸던 MWH 2의 견고성이 8.52 g으로 가장 낮게 나타났고, 탄력성에서는 MWH 2가 0.95로 가장 탄력적이었다.
 4. 관능검사 결과에서 조직감은 MWH 2가 가장 촉촉한 것으로 나타났고, 삼킨 후의 향미는 MWH 2가 가장 좋았으며, 전체적 기호도에서도 MWH 2를 가장 선호하는 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. MWH 2의 마이크로파를 통한 반죽 온도 상승이 이스트의 발효에 가장 적합한 것으로 나타났다.
- 이로써 적당한 pH의 감소는 발효율이 가장 빠르게 증가된 결과로 나타났고 가장 높은 비용적을 나타내었으며, 또한 관능검사에서도 전체적인 기호도도 가장 좋았다. 마이크로파를 통한 식빵 반죽의 조사 시간을 80초로 가열하였을 때, 효과적으로 완제품의 품질 저하를 최소화하고 대조구에 비해 전체 제조시간을 25분 단축시킴으로써 생산성 향상과 원가 절감에 기여할 것이라는 결과를 도출하였다.

문 헌

김현옥 (2003) 베이커리 산업의현황과 전망. 식품과학과 산업 36: 3-12.

- 박태수 (1999) 미국 전자레인지용 식품의 최신동향. 식품과학과 산업 32: 41.
- 이광석 (2001) CrumbScan에 의한 식빵의 품질분석. 동국대 소맥식품연구소, pp 125-136.
- 정인창, 곽희진, 채동현, 배종호, 신언환, 허경택 (2002) 제과제빵. 도서출판 효일, 서울. pp 12-24.
- AACC (1995) *Approved Methods of the AACC*, 9th ed. Method 02-52 : pH and TTA determinations. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, M.N.
- Carr LG, Tadini CC (2003) Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread. *Swiss Society of Food Science and Technology* 36: 609-614.
- Corsetti A, Gobbetti 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.
- Datta AK (1990) Heat and mass transfer in the microwave processing of food. *Chern Eng Prog* 86: 47-53.
- El-Hady EA, El-Samahy SK, Brummer JM (1999) Effect of oxidants, sodium-stearoyl-2-lactylate and their mixtures on rheological and baking properties of nonprefermented frozen doughs. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol* 32: 446-454.
- Gandikota S, MacRitchie F (2005) Expansion capacity of doughs: Methodology and applications. *Journal of Cereal Science* 42: 157-163.
- Garver JC, Navarini I, Swanson AM (1996) Factors influencing the activation of bakers' yeast. *Cereal Sci Today* 11: 410.
- Gelinas P, Audet J, Iachance O, Vachon M (1995) Fermented dairy ingredients for bread: Effects on dough rheology and bread characteristics. *Cereal Chem* 72: 151-194.
- Guillermo G Bellido, Martin G Scanlon, John H Page (2009) Measurement of dough specific volume in chemically leavened dough systems. *Journal of Cereal Science* 49: 212-218.
- Hoseney RC (1994) Breadbaking. *Cereal Foods World* 39: 180-183.
- Ingram CE, Brunk RH, Witkoske E (1975) Apparatus for making bread and like food products. U.S. Pat.
- Kang ES (2003) Studies on characteristic changes of bread with sourdough at the different fermentation periods. *MS Thesis* Kyung-Hee University. Seoul. p 17-19.
- Lee KS, Noh WS (2002) Objective measurement of characteristics of white pan bread using a commercial Korean wheat flour. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 206-210.

- Mohd Jusoh YM, Chin NL, Yusof YA, Abdul Rahman R (2009) Bread crust thickness measurement using digital imaging and L a b colour system. *Journal of Food Engineering* 91: 1-6.
- 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.
- Pickering D (1996) Evaluate product crumb accurately. *Bakery Production and Marketing*, January 15.
- Potter NN, Hotchkiss JH (1995) Irradiation microwave and ohmic processing of foods. In *Food Science*, AVI, Westport, Conn. pp 245-263.
- Tsen CC (1969) Effect of oxidizing and reducing agents on change of flour protein during mixing. *Cereal Chem* 46: 435.
- Wang SM, Watts BM, Lukow OM, Schlichting L, Bushuk W (1996) Dough profiling: An instrumental method for dough stickiness measurement. *Cereal Chemistry* 73: 445-451.
- Wiggins C (1998) Proving baking and cooling In *Technology of Breadmaking*, Thomson Science, NY. pp 133-136.
- Zhang J, Datta AK (2006) Mathematical modeling of bread baking process. *Journal of Food Engineering* 75: 78-89.

접 수: 2010년 2월 15일
 최종수정: 2010년 6월 17일
 채 택: 2010년 6월 22일