

이스트 첨가 수준, 발효 시간 및 오븐 온도에 따른 쌀빵 품질 특성

김 상 숙 · *정 혜 영*

한국식품연구원 가공공정연구단 책임연구원, *가천대학교 식품영양학과 교수

Effects of the Percentages of Yeast, Fermentation Time and Oven Temperature on the Quality Characteristics of Rice Bread

Sang Sook Kim and *Hae Young Chung*

Principal Research Scientist, Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute, Wan-ju 55365, Korea

*Professor, Dept. of Food and Nutrition, Gachon University, Seongnam 13120, Korea

Abstract

This paper investigated the effects of the percentages of yeast and fermentation time as well as the top and bottom temperature of oven on the baking properties of rice bread. The specific volume of the dough decreased as the amount of added yeast and fermentation time increased. When 1.5% yeast was added at 60 min of fermentation time, the shape of the rice bread showed the largest volume, high appearance and a round shape. The top and bottom temperature of the oven on the baking characteristics of rice bread were affected by the baking time. When the top and bottom temperature of the oven at 200 and 140°C, and 200 and 170°C, the baking time was 20 min. When the top and bottom temperature of oven at 140 and 170°C, the baking time was 40 min. When the top and bottom temperature of the oven were 170 and 170°C, the shape of the rice bread indicated the largest volume, high appearance and a round shape. The results of this study revealed that the replacement of rice flour with 1.5% yeast, 60 min of fermentation time, and the top and bottom temperature of oven at 170-170°C are effective for rice bread.

Key words: rice bread, yeast, fermentation time, the top and bottom temperature of oven

서 론

일반적으로 베이커리 제품은 yeast leavened products와 chemically leavened products로 크게 나누어질 수 있다(Shin 등 2008; Kim 등 2011). 쌀빵 베이커리 제품 제조 시, 케이크와 같은 chemically leavened products의 경우에는 쌀빵의 주요 원료로 쌀가루가 글루텐 없이 비교적 성공적으로 생산될 수 있음에 비하여 식빵과 같은 yeast leavened products의 경우에는 글루텐이 없는 쌀가루는 기존 공정 및 기계를 이용하는 것으로는 기술적으로 안정적인 쌀빵의 생산에 성공하지 못하고 있는 실정이다. 그리고 현재 시판되고 있는 yeast leavened products 제품인 쌀빵은 출시 초기에는 일부 소비자들의 호응

을 받기도 하였지만, 가격이 비쌌음에도 불구하고 밀가루 빵 제품에 비해 부피가 작고, 쉽게 굳는 단점 때문에 수요의 지속이나 시장의 확장에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

지금까지 보고된 많은 연구에서는 쌀가루에 검류, 유화제 및 효소제를 첨가함으로써 쌀빵의 부피가 증가하였으며(Nishita 등 1976; Stampfli & Nersten 1995; Kang 등 1997a; Gujral & Rosell 2004; Sivaramakrishnan 등 2004; McCarthy 등 2005; Lazaridou 등 2007; Lee MH 2008; Lee 등 2008; Kim & Lee 2009a; Kim & Lee 2009b; Demirkesen 등 2010; Lee YT 2011; Kim & Chung 2015), 그리고 여러 가지 효소를 두 가지 혼합 사용하여 쌀빵 제조 시 빵의 품질을 향상시킬 수 있다고 보고하였다(Caballero 등 2007). 그러나 이와 같은 첨가물에

* Corresponding author: Hae Young Chung, Professor, Dept. of Food and Nutrition, Gachon University, Seongnam 13120, Korea.
Tel: +82-31-750-5970, Fax: +82-31-750-5974, E-mail: hychung@gachon.ac.kr

의한 품질 개선만으로는 쌀빵의 제빵성 및 소비자 선호도를 충족함에 한계가 있다. 또한 쌀과 밀가루의 물리적 특성이 상이함에도 불구하고, 기존의 밀가루를 원료로 한 생산 공정을 쌀 베이커리 제품 생산에 그대로 적용하고 있으며, 쌀가루를 주원료로 한 공정의 기계적성과 대량 생산을 위한 공정의 기준, 단위기기의 성능 기준 등 개선에 관한 연구는 매우 부족한 상태로 체계화가 되어 있지 못하다. 따라서 쌀 가공제품의 소비 확대를 위해서는 여러 가지 새로운 제조 공정 기법에 의한 쌀 베이커리 제품의 개발이 절실히 요구된다.

본 연구에서는 쌀빵 베이커리 제품의 적합한 적정제조 조건을 확립하기 위해 쌀빵 제조 시 이스트 첨가 수준 1.5% 및 3.0%와 발효 시간 30, 40, 50, 60 및 70분에 따른 제빵 특성과 오븐의 윗불과 아랫불 온도 140과 170, 140과 200, 170과 140, 170과 170, 170과 200, 200과 140 및 200과 170°C에 따른 제빵 특성을 조사하였다. 쌀빵의 제빵 특성으로 쌀빵의 외관 및 텍스처, 쌀빵의 부피 지수, 좌우 대칭 및 균등 지수 등을 조사 비교하였으며, 쌀빵의 품질 개선 및 제빵 산업 기술의 발전에 기여할 수 있는 기초 자료로 사용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 쌀빵의 제조에 사용된 쌀가루(Daedoo, Gungnam, Korea), 설탕과 콩기름(CJ, Seoul, Korea), 소금(Sempio, Seoul, Korea), 난백 파우더(Poonglim, Jincheon, Korea), 탈지분유(Seoulmilk, Seoul, Korea), HPMC(hydroxypropyl methylcellulose)는 (Dow Chemical Company, Midland, Michigan, USA), 이스트(Societe Industrielle Lesaffre, Marcqen-Baroeul, France), 유허제 sorbitan fatty acid monostearate는 (Ilshinwells, Seoul, Korea), CMC(carboxymethyl cellulose)는 (Korea CMC, Nonsan, Korea), hemicellulase는 (Novozymes, Bagsverd, Denmark)에서 구입하여 사용하였다.

2. 반죽의 비중 및 쌀빵 제조

쌀빵 반죽의 발효 전 후 비중은 AACC(2000) method 10-15에 의해 측정하였다. 쌀빵은 Kim 등(2009)의 방법에 의해 제조하여 실험을 수행하였으며, 제빵에 사용된 재료의 배합 비율은 Table 1과 같다. 이스트 첨가 수준 1.5% 및 3.0%와 발효 시간 30, 40, 50, 60 및 70분에 따른 실험에서는 배합 재료를 Hobart mixer(K5SS, Kitchenaid, Benton Harbor, MI, USA)를 사용하여 저속에서 30초 동안 혼합한 후, 물(90%, rice flour weight basis percentage)과 대두유(8%, rice flour weight basis percentage)를 가하여 중속에서 90초간 혼합하고, 다시 고속에서 10분간 혼합하였다. 혼합물 300 g을 팬(170×80×50 mm)에

Table 1. Formula for rice bread

Ingredients	Amount (% , rice flour weight basis percentage)	
	Yeast 1.5%	Yeast 3%
Rice flour	100	100
Sugar	10.7	10.7
Salt	2	2
Egg-white powder	3	3
Nonfat dry milk powder	3	3
HPMC (hydroxypropyl methylcellulose)	3	3
Instant yeast	1.5	3
Emulsifier	1	1
CMC (carboxymethyl cellulose)	0.29	0.29
Hemicellulase	0.018	0.018
Water	90	90
Soybean oil	8	8

분할하고, 온도 35°C, 상대습도 80~95%에서 30, 40, 50, 60 및 70분간 발효시켰으며, 윗불과 아랫불 온도 170과 170°C로 예열한 오븐(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)에서 30분간 굽기를 하였다. 오븐 온도에 따른 실험에서는 이스트 첨가 수준 1.5%에서 위와 같은 조건에서 60분간 발효시켰으며, 윗불과 아랫불의 여러 가지 온도 140과 170, 140과 200, 170과 140, 170과 170, 170과 200, 200과 140, 200과 170°C로 예열한 오븐(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)에서 20~40분간 굽기를 하였다.

3. 쌀빵의 물리적 특성 측정

쌀빵은 구운 후 1시간 동안 실온에서 방냉한 다음 실험을 수행하였다. 모든 시료의 부피(mL)는 AACC(2000) method 10-05에 의한 종자치환법으로 측정하였으며, 비용적(mL/g)은 부피(mL)를 무게(g)로 나누어 산출하였다. 그리고 부피 지수(volume index), 좌우 대칭 지수(symmetry index) 및 균등 지수(uniformity index)는 AACC(2000) 10-91의 방법으로 측정하였다.

4. 쌀빵의 텍스처 측정

쌀빵의 텍스처 특성은 Bourne MC(1978)에 의해 기술된 방법으로 실험하였다. Texture analyser(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 TPA(texture profile analysis) 방법으로 3회 반복하였고, 평균값으로 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness) 값을 구하였다(Table 2).

Table 2. Texture analyzer conditions for texture characteristics

Parameter	Operating condition
Test type	TPA
Measuring type	2-bite compression test
Distance format	50% strain
Load cell	5 kg
Plunger diameter	35.0 mm
Test speed	1.7 mm/sec
Pre-test speed	5.0 mm/sec
Post-test speed	10.0 mm/sec
Sample size (width × length × height)	25×25×20 mm

5. 통계분석

본 실험은 3회 반복 실험하였으며, 실험군간 차이검증은 SAS(Statistical Analysis System, ver. 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 분산분석 결과, 실험군간 유의성이 있는 경우, 각 실험군의 평균값간의 차이수준 여부를 결정하기 위해 사후검증으로 SNK (Student Newman Keul)의 다중비교 방법을 사용하였다. 제빵 시 오븐의 아랫불과 윗불 온도에 대한 쌀빵 비용적의 효과는 SigmaPlot® 9.0 software(SigmaPlot® 9.0 User's Guide, Richmond, VA, USA)를 사용하여 독립변수는 중요한 변수로 고려되는 오븐의 아랫불 온도(X_1)와 윗불 온도(X_2) 2개의 요인으로 설정하였고, 반응변수는 쌀빵의 비용적으로 설정하여, 반응표면분석법(Response Surface Methodology: RSM)을 이용하여 contour plot으로 나타내었다.

결 및 고찰

1. 이스트 첨가 수준과 발효 시간에 따른 쌀빵의 반죽 및 제빵 특성

쌀빵 제조 시 첨가되는 이스트 첨가 수준 1.5% 및 3.0%와 발효 시간 30, 40, 50, 60 및 70분에 따른 반죽의 비중, 쌀빵의 외관, 부피 지수, 좌우 대칭 및 균등 지수 등 물리적 특성은 Table 3에 나타나 있다. 그리고 이스트 첨가 수준과 발효 시간에 따른 쌀빵의 외관 모양 사진은 Fig. 1에 나타나 있다.

쌀빵 제조 시 첨가되는 이스트 첨가 수준과 발효 시간에 따른 반죽의 비중은 발효 후에 유의적 차이가 있었으며 ($p<0.001$), 이스트 첨가 3.0%에서 이스트 첨가 1.5%보다 반죽의 비중이 낮았다. 본 연구에서는 이스트 첨가 수준이 높을수록 반죽의 비중이 낮았으며, 또한 발효 후에 발효 시간이 길어질수록 반죽의 비중이 낮게 조사되었다.

쌀빵의 외관 특성에서 쌀빵의 무게는 첨가되는 이스트 첨가 수준과 발효 시간에 따라 유의적 차이가 있었으며($p<0.001$), 이스트 3.0% 첨가와 발효 시간 70분일 때 230 g으로 값이 가장 낮게 조사되었다. 그리고 이스트 1.5% 첨가에서는 발효 시간 70분일 때 쌀빵의 부피는 1,021 mL, 비용적은 3.86 mL/g으로 가장 높았고, 이스트 3.0% 첨가에서는 부피는 발효 시간 60분일 때 1,262 mL, 비용적은 발효 시간 70분일 때 5.21 mL/g으로 가장 높게 나타났다($p<0.001$). 활성글루텐 첨가 수준에 따른 쌀빵 특성 연구에서 이스트 1.5% 사용한 경우, 글루텐을 11~20% 첨가한 쌀빵의 비용적은 3.0~3.6 mL/g으로 본 연구와 큰 차이가 없었다(Lee YT 2011).

쌀빵의 부피 지수, 좌우 대칭 및 균등 지수 측정 결과, 부피 지수는 이스트 1.5% 첨가에서 발효 시간 70분일 때 21.1로,

Table 3. Effects of percentages of yeast and fermentation time on the characteristics of rice bread

Characteristics ^{1,2)}	Yeast 1.5%					Yeast 3.0%					
	Fermentation time (min)										
	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	
Specific gravity of dough	Before fermentation	1.04	1.07	1.09	1.02	1.07	1.09	1.10	1.08	1.11	1.07
	After fermentation ***	0.57 ^a	0.51 ^b	0.45 ^{bc}	0.36 ^{de}	0.35 ^{de}	0.40 ^{cd}	0.39 ^{cd}	0.36 ^{de}	0.36 ^{de}	0.30 ^e
Appearance of bread	Weight (g) ***	269 ^a	271 ^a	267 ^a	270 ^a	265 ^{ab}	274 ^a	270 ^a	266 ^{ab}	256 ^b	230 ^c
	Volume (mL) ***	697 ^c	783 ^{de}	812 ^{de}	963 ^{cd}	1,021 ^{bc}	878 ^{cde}	1,003 ^{bc}	1,153 ^{ab}	1,262 ^a	1,194 ^a
	Specific volume (mL/g) ***	2.59 ^f	2.90 ^{ef}	3.04 ^{def}	3.56 ^{cde}	3.86 ^{bc}	3.20 ^{cdef}	3.72 ^{bcd}	4.35 ^b	4.93 ^a	5.21 ^a
Volume index ***	15.9 ^c	17.6 ^c	17.3 ^c	19.9 ^b	21.1 ^b	20.1 ^b	21.6 ^{ab}	22.8 ^{ab}	24.2 ^a	22.0 ^{ab}	
Symmetry index ***	0.75 ^a	0.62 ^{ab}	0.41 ^{abc}	0.25 ^{abc}	0.01 ^{bc}	0.29 ^{abc}	0.00 ^{bc}	-0.02 ^{bc}	-0.23 ^c	0.12 ^{abc}	
Uniformity index **	-0.66 ^b	-0.65 ^b	-0.39 ^{ab}	-0.07 ^a	-0.17 ^a	-0.50 ^{ab}	-0.51 ^{ab}	-0.12 ^a	-0.22 ^{ab}	-0.43 ^{ab}	

¹⁾ Mean values of three replications.

²⁾ Values with the same alphabet within a row are not significantly different.

, * Significantly differ at $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

Yeast (%)	Fermentation time (min)	Upper shape	Side shape	Cross section
1.5	30			
	40			
	50			
	60			
	70			
3.0	30			
	40			
	50			
	60			
	70			

Fig. 1. Effects of percentages of yeast and fermentation time on the upper, side and cross shape of rice bread.

이스트 3.0% 첨가에서는 발효 시간 60분일 때 24.2로 가장 높게 나타났다($p < 0.001$). 좌우 대칭 지수는 이스트 첨가 수준 1.5%와 3.0% 모두 발효 시간 30분일 때 0.75와 0.29로 가장 높게 나타났으며($p < 0.001$), 균등 지수는 이스트 1.5% 첨가에

서 발효 시간 60분일 때 -0.07로, 이스트 3.0% 첨가에서는 발효 시간 50분일 때 -0.12로 가장 높게 나타났다($p < 0.01$).

이스트 첨가 수준에 따라 발효 시간별 쌀빵의 외관 및 단면의 사진 Fig. 1을 보면 이스트 3.0% 첨가군에서는 발효 50

분 이후부터 과발효가 일어난 반면, 이스트 1.5% 첨가군에서는 발효시간 60분까지도 과발효의 뚜렷한 현상은 보이지 않았다. 발효 시간 별 쌀빵의 모양은 이스트 1.5% 첨가와 발효 시간 60분일 때 다른 실험군에 비해 부피가 크고 좌우 대칭의 모양이 높고 둥그런 모양을 보여 주었으며, 발효 시간 70분일 경우에는 부피 지수는 높게 나타났으나, 좌우 대칭 지수가 낮게 나타났고(Table 3), 쌀빵의 외관도 매끄럽지 않게 조사되었다. 이스트 3.0% 첨가군에서는 이스트 1.5% 첨가군보다 부피 지수는 높게 나타났으나, 발효 50분 이후부터 과발효가 일어났으며, 빵의 색도도 이스트 1.5% 첨가 실험군에 비해 낮은 것으로 나타났다. 따라서 쌀빵의 비중, 좌우 대칭 및 외관 모양 등을 함께 고려할 때, 이스트 1.5% 첨가와 발효 시간 60분일 때 쌀빵의 색도와 함께 부피가 크고, 측면의 외관이 높으며, 둥그런 모양을 보여 주어, 쌀빵의 제빵 조건으로 가장 적절한 것으로 조사되었다(Fig. 1). 쌀 품종에 따른 제빵성 조사에서 이스트 3% 사용한 경우, 일부의 백미 품종에서 쌀빵의 비용적은 6.55~6.81 mL/g으로 높았으며, 본 연구와 같이 빵 모양에서 다른 실험군에 비해 과발효된 것을 볼 수 있었다(Kang 등 1997b).

2. 오븐 온도에 따른 쌀빵의 굽기 시간

쌀빵 제조 시 굽기 과정 제조 공정에서 오븐의 윗불과 아랫불 온도에 대한 효과를 조사하기 위해 오븐의 윗불과 아랫불의 여러 가지 온도 140과 170, 140과 200, 170과 140, 170과 170, 170과 200, 200과 140 및 200과 170°C로 조정하였으며, 이에 따른 쌀빵의 적절한 굽기 시간에 대한 결과는 Table 4에 나타나 있다.

오븐의 윗불과 아랫불의 온도에 따라 굽는 시간의 차이가 있는 것으로 조사되었다. 윗불과 아랫불 온도 200과 140°C와 200과 170°C의 경우, 윗부분과 아랫부분이 타기 때문에 굽기 시간이 20분으로 짧게 조사되었고, 윗불과 아랫불 온도 140

Table 4. Baking time of rice bread for the top and bottom temperature of oven

	Oven temperature (°C)							
	Top (°C)	140	140	170	170	170	200	200
Bottom (°C)	170	200	140	170	200	140	170	
Baking time (min)	40	37	30	30	28	20	20	

과 170°C와 140과 200°C의 경우, 쌀빵 껍질 crust가 갈변화 되는데 더 많은 시간이 소요되어 굽기 시간이 37~40분으로 다른 실험군보다 길게 조사되었다. 쌀가루 첨가 식빵의 품질에 대한 연구(Lee & Lee 2006; Choi ID 2010; Im & Lee 2010; Lee YT 2011)에서 쌀빵 제조 시 대부분 오븐의 온도는 200~210°C로 20분 정도 굽기를 하였다. 이는 쌀가루를 100% 사용하지 않고 밀가루를 10~30% 섞거나 황성글루텐을 17% 정도 첨가하여 쌀빵을 제조한 것으로 본 연구의 쌀가루 100% 사용한 쌀빵보다 오븐의 온도는 높은 것으로 조사되었다. 그 외에 국산 및 수입 밀가루 종류별 및 첨가물을 넣고 만든 식빵 연구에서도 밀가루 100%를 사용한 식빵에서 오븐의 온도는 200~220°C로 40분 정도 굽기를 하였으며, 쌀가루로 만든 쌀 식빵보다 오븐의 온도는 높았다(Chang 등 2008; Jang 등 2008; Lee 등 2009).

3. 오븐 온도에 따른 쌀빵의 물리적 특성

쌀빵 제조 시 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 140과 170, 140과 200, 170과 140, 170과 170, 170과 200, 200과 140 및 200과 170°C에 따른 쌀빵의 외관, 부피 지수, 좌우 대칭 및 균등 지수 등 물리적 특성은 Table 5에 나타나 있다. 그리고 오븐의 윗불과 아랫불 온도별 쌀빵의 비용적 contour plot은 Fig. 2에 나타나 있으며, 쌀빵의 외관 모양 및 단면 사진은 Fig. 3에 나타나 있다.

Table 5. Effects of oven temperature on the characteristics of rice bread

Characteristics ^{1,2)}	Oven temperature (°C)							
	140	140	170	170	170	200	200	
Top (°C)	140	140	170	170	170	200	200	
Bottom (°C)	170	200	140	170	200	140	170	
Appearance of bread	Weight (g) ^{***}	259 ^b	258 ^b	267 ^a	264 ^a	263 ^a	267 ^a	265 ^a
	Volume (mL) [*]	1,238 ^{ab}	1,198 ^{ab}	1,159 ^b	1,179 ^{ab}	1,244 ^{ab}	1,179 ^{ab}	1,285 ^a
	Specific volume (mL/g) [*]	4.78 ^{ab}	4.66 ^{ab}	4.35 ^b	4.46 ^{ab}	4.73 ^{ab}	4.42 ^{ab}	4.85 ^a
	Volume index [*]	26.1 ^{ab}	26.2 ^{ab}	25.3 ^{ab}	25.4 ^{ab}	24.2 ^b	26.1 ^{ab}	26.8 ^a
Symmetry index	0.32	0.23	0.60	0.30	0.80	0.40	0.38	
Uniformity index	-0.42	-0.17	-0.23	-0.23	-0.30	-0.33	-0.15	

¹⁾ Mean values of three replications.

²⁾ Values with the same alphabet within a row are not significantly different.

*, ***, Significantly differ at $p < 0.05$ and $p < 0.001$, respectively.

오븐 온도에 따른 쌀빵의 외관 특성에서 쌀빵의 무게는 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 140과 170℃와 140과 200℃에서는 259 g과 258 g으로 다른 온도 실험군보다 적게 조사되었다($p < 0.001$). 부피와 비용적은 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 170과 140℃에서 1,159 mL와 4.35 mL/g으로 가장 낮았고, 200과 170℃에서 1,285 mL와 4.85 mL/g으로 가장 높게 조사되었다($p < 0.05$). 본 실험 오븐 온도 조건 중 아랫불을 낮게 140℃ 경우, 쌀빵의 비용적이 낮았으며, 오븐의 굽기 온도가 170과 200℃로 높은 경우, 쌀빵의 비용적이 높게 조사되었다 (Table 5).

쌀빵의 부피 지수, 좌우 대칭 및 균등 지수 측정 결과, 부피 지수는 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 170과 200℃일 때 24.2로 가장 낮았고, 200과 170℃일 때 26.8로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 좌우 대칭 지수는 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 170과 200℃일 때 0.80으로, 균등 지수는 온도 200과 170℃일 때 -0.15로 가장 높게 조사되었으나 유의적 차이는 없었다. 그리고 오븐의 윗불과 아랫불 온도별 쌀빵의 비용적 contour plot에서 전반적으로 오븐의 온도가 높을수록 쌀빵의 비용적은 높게 나타났다(Fig. 2).

오븐 온도에 따른 쌀빵의 모양은 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 170과 200, 200과 140 및 200과 170℃일 때 측면과 절단면에서 다른 실험군에 비해 부피가 크고 좌우 대칭의 모양이 높고 둥그런 모양을 보여주었으나, 오븐의 온도가 200℃로 높을 경우, 쌀빵 껍질(crust)바로 아래의 빵속(crumb) 경계 부분에 빈 공간인 터널이 발생하는 것으로 조사되었다. 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 140과 170℃의 경우, 단면에서는 부피가 크고 좌우 대칭의 모양이 높고 둥그런 모양을 보여주었

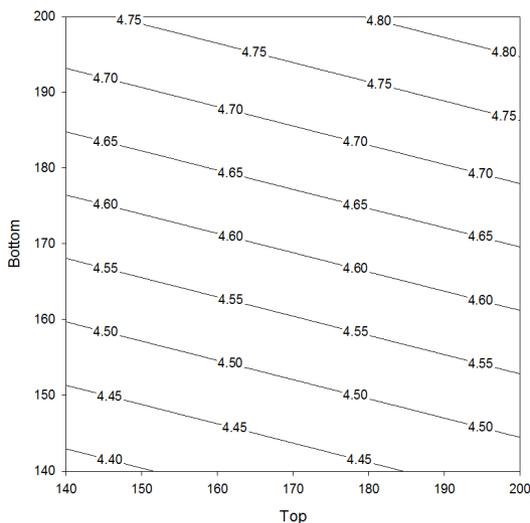


Fig. 2. Response surface plots illustrating effect of top and bottom temperature of oven on the specific volume of rice bread.

나, 쌀빵 껍질과 빵속 경계 부분에 터널이 크게 나타났다. 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 170과 140 및 170과 170℃의 경우, 쌀빵 모양의 윗면, 측면 및 절단면 모두에서 좌우 대칭 및 균등 상태가 좋은 것으로 나타났다(Fig. 3).

4. 오븐 온도에 따른 쌀빵의 텍스처 특성

쌀빵 제조 시 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 140과 170, 140과 200, 170과 140, 170과 170, 170과 200, 200과 140 및 200과 170℃에 따른 쌀빵의 텍스처 특성 경도, 부착성, 탄성, 응집성 및 씹힘성 등을 측정하여 비교하였으며, 결과값은 Table 6에 나타나 있다.

오븐 온도에 따른 쌀빵의 텍스처 특성에서 경도, 응집성 및 씹힘성 등에서 유의적 차이를 보였으며($p < 0.001$), 텍스처 프로필 분석 결과, 비용적이 클수록 빵의 경도와 씹힘성이 낮은 것으로 조사되었다. 경도는 오븐의 윗불과 아랫불의 온도 140과 200℃일 때 389 g, 170과 140℃일 때 368 g, 200과 150℃일 때 374 g으로 높게 조사되었고, 오븐의 윗불과 아랫

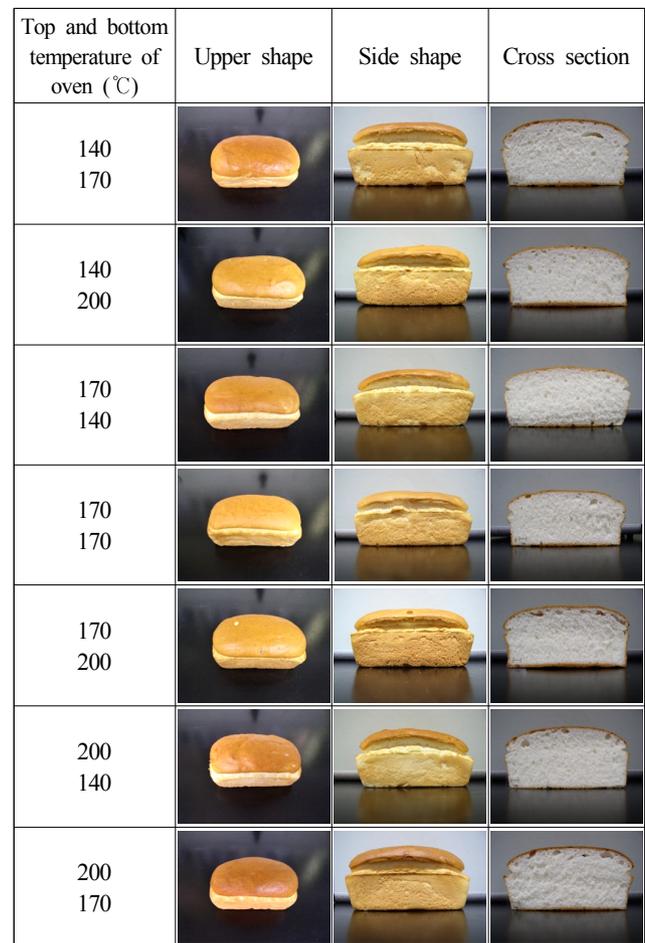


Fig. 3. Effects of oven temperature on the upper, side and cross shape of rice bread.

Table 6. Effects of oven temperature on the texture characteristics of rice bread

Characteristics ^{1,2)}	Oven temperature (°C)						
	140	140	170	170	170	200	200
Top (°C)	140	140	170	170	170	200	200
Bottom (°C)	170	200	140	170	200	140	170
Hardness (g) ^{***}	297 ^{bc}	389 ^a	368 ^{ab}	193 ^d	259 ^{cd}	374 ^{ab}	275 ^c
Adhesiveness (g.sec)	-3.46	-3.42	-4.40	-5.37	-3.74	-9.22	-4.10
Springiness	0.86	0.91	0.90	0.86	0.89	0.88	0.90
Cohesiveness ^{***}	0.63 ^{bc}	0.60 ^c	0.70 ^{ba}	0.74 ^a	0.73 ^a	0.68 ^{ba}	0.70 ^{ba}
Chewiness ^{***}	161 ^c	207 ^{ab}	232 ^a	123 ^d	168 ^{bc}	223 ^a	173 ^{bc}

1) Mean values of three replications.

2) Values with the same alphabet within a row are not significantly different.

*** Significantly differ at $p < 0.001$.

불의 온도 170과 170°C일 때 193 g으로 가장 낮게 조사되었다($p < 0.001$). Kim & Chung(2017)의 gluten-free 쌀빵, 시판 중인 쌀빵 및 밀빵의 품질과 소비자 검사 비교 연구에서도 오븐 온도 170과 170°C로 30분 굽기를 하였고, 개발된 gluten-free 쌀빵이 다른 실험군에 비해 물리적 특성에서 비용적이 크고 텍스처 경도가 낮게 조사되었다.

결론적으로 쌀빵 제조 시 첨가되는 이스트 첨가 수준과 발효 시간에 따른 쌀빵의 제빵 특성에서 이스트 1.5% 첨가와 발효 시간 60분일 때 쌀빵의 색과 함께 부피가 크고, 단면의 외관이 높으며 둥그런 모양을 보여주는 것으로 조사되었다. 그리고 오븐의 윗불과 아랫불 온도에 대한 제빵 효과는 오븐의 윗불과 아랫불의 온도가 170과 170°C일 때 쌀빵의 색과 좌우 대칭의 모양이 좋았으며, 텍스처 경도와 씹힘성도 다른 실험군에 비해 낮게 조사되어 쌀빵의 제조 조건으로 적합한 것으로 조사되었다.

요약 및 결론

본 연구에서는 쌀빵의 적합한 적정제조 조건을 조사하여 쌀빵의 제빵 특성 및 제조 방법을 확립하기 위해 쌀빵 제조 시 이스트 첨가 수준 1.5% 및 3.0%와 발효 시간 30, 40, 50, 60 및 70분에 따른 제빵 특성과 오븐의 윗불과 아랫불 온도 140과 170, 140과 200, 170과 140, 170과 170, 170과 200, 200과 140 및 200과 170°C에 따른 제빵 특성으로 쌀빵의 외관 및 텍스처, 쌀빵의 부피 지수, 좌우 대칭 및 균등 지수 등을 비교 분석하였다. 쌀빵 제조 시 첨가되는 이스트 첨가 수준과 발효 시간에 따른 발효 후 반죽의 비중은 유의적 차이가 있었으며($p < 0.001$), 이스트 첨가 수준이 높을수록 반죽의 비중이 낮았으며, 또한 발효 시간이 길어질수록 발효 후 반죽의 비중이 낮게 조사되었다. 이스트 1.5% 첨가에서 발효 시간 70분일 때 쌀빵의 부피는 1,021 mL, 비용적은 3.86 mL/g으로 가장

높았고, 이스트 3.0% 첨가에서는 부피는 발효 시간 60분일 때 1,262 mL, 비용적은 발효 시간 70분일 때 5.21 mL/g으로 가장 높게 나타났다($p < 0.001$). 이스트 3.0% 첨가군이 이스트 1.5% 첨가군보다 부피 지수는 높게 나타났으나($p < 0.001$), 쌀빵의 외관에서 발효 50분 이후부터 과발효가 일어났고, 빵의 색도도 이스트 1.5% 첨가 실험군에 비해 낮은 것으로 나타났다. 쌀빵의 비중, 좌우 대칭 및 외관 모양 등을 함께 고려할 때, 이스트 1.5% 첨가와 발효 시간 60분일 때 쌀빵의 색과 함께 부피가 크고, 단면의 외관이 높으며, 둥그런 모양을 보여주어 쌀빵의 제빵 조건으로 가장 적절하였다. 오븐의 윗불과 아랫불 온도에 따른 쌀빵의 굽기 시간은 200과 140°C와 200과 170°C의 경우, 위와 아래 부분이 타기 때문에 굽기 시간이 20분으로, 140과 170°C와 140과 200°C의 경우, 쌀빵 껍질 crust가 갈변화 되는데 더 많은 시간이 소요되어 굽기 시간이 37~40분으로 길게 조사되었다. 오븐 온도 조건 중 아랫불을 낮게 140°C 경우, 쌀빵의 비용적이 낮았으며, 오븐의 굽기 온도가 170와 200°C로 높은 경우, 쌀빵의 비용적이 높게 조사되어, 오븐의 윗불과 아랫불 온도별 쌀빵의 비용적은 오븐의 온도가 높을수록 쌀빵의 비용적은 높게 나타났다. 결론적으로 쌀빵의 제빵 특성에서 이스트 1.5% 첨가와 발효 시간 60분일 때 쌀빵의 색과 함께 부피가 크고, 단면의 외관이 높고 둥그런 모양을 보여주었으며, 오븐의 윗불과 아랫불의 온도는 170과 170°C일 때 쌀빵의 색과 좌우 대칭의 모양이 좋았고, 텍스처 경도와 씹힘성도 다른 실험군에 비해 낮게 조사되어 쌀빵의 제조 조건으로 적합함을 보여주었다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업(과제번호: 317019-4)의 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. 10th ed. Methods 10-5, 10-15, and 10-91. American Association of Cereal Chemists
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol* 32:62-72
- Caballero PA, Gomez M, Rosell CM. 2007. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *J Food Eng* 81:42-53
- Chang KH, Byun GI, Park SH, Kang WW. 2008. Dough properties and bread qualities of wheat flour supplemented with rice bran. *Korean J Food Preserv* 15:209-213
- Choi ID. 2010. Substitution of rice flour on bread-making properties. *Korean J Food Preserv* 17:667-673
- Demirkesen I, Mert B, Summu G, Sahin S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *J Food Eng* 96:295-303
- Gujral HS, Rosell CM. 2004. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Res Int* 37:75-81
- Im JS, Lee YT. 2010. Quality characteristics of rice bread substituted with black rice flour. *J East Asian Soc Diet Life* 20:903-908
- Jang HR, Park JS, Shin S, Shin GM. 2008. Properties of white pan breads made with Korean and imported wheat flours. *Korean J Food Preserv* 15:884-890
- Kang MY, Choi YH, Choi HC. 1997a. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J Food Sci Technol* 29:700-704
- Kang MY, Choi YH, Choi HC. 1997b. Comparison of some characteristics relevant to rice bread processing between brown and milled rice. *Korean J Food Cookery Sci* 13: 64-69
- Kim KE, Lee YT. 2009a. Effect of additives in making frozen rice dough on the quality of rice bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1438-1443
- Kim KE, Lee YT. 2009b. Combined effects of vital gluten, gum, emulsifier, and enzyme on the properties of rice bread. *Food Eng Prog* 13:320-325
- Kim SS, Kim DC, Kim WO, Kim H, Park JH. 2009. Development of novel rice bakery products with high quality. pp.114-115. Agricultural Research Promotion Center. Seoul. Korea
- Kim SS, Chung HY. 2015. Baking properties of gluten-free rice bread with different percentages of corn starch and waxy corn starch. *Korean J Food Nutr* 28:586-593
- Kim SS, Chung HY. 2017. Quality analyses and consumer acceptability of gluten-free rice bread and other commercially marketed bread in Korea. *Korean J Food Nutr* 30:336-344
- Kim WJ, Cha BS, Lee SY. 2011. Food Processing & Preservation. pp.191-192. Hyoilbooks. Seoul. Korea
- Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N, Biliaderis CG. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *J Food Eng* 79:1033-1047
- Lee BC, Joung YM, Hwang SY, Lee JH, Oh MJ. 2009. Effects of cattail pollen powders on the rheology of dough and processing adaptability of white pan bread. *Korean J Food Preserv* 16:525-533
- Lee MH. 2008. Effects of food gums, emulsifiers, and enzymes on the quality characteristics of rice breads. Master's Thesis. Kyungwon Univ. Seongnam. Korea
- Lee MH, Chang HG, Lee YT. 2008. Effects of enzymes and emulsifiers on the loaf volume and crumb hardness of rice breads. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:761-766
- Lee MH, Lee YT. 2006. Bread-making properties of rice flours produced by dry, wet and semi-wet milling. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:886-890
- Lee YT. 2011. Effect of storage on physicochemical and bread-making properties of bread premix prepared from rice flour containing vital gluten. *Food Eng Prog* 15:311-317
- McCarthy DF, Gallagher E, Gormley TR, Schober TJ, Arendt EK. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chem* 82: 609-615
- Nishita KD, Roberts RL, Bean MM. 1976. Development of yeast-leavened rice-bread formula. *Cereal Chem* 53:626-635
- Shin SG, Lee SW, Lee SJ, Joo NY, Choi NS. 2008. Food Processing & Preservation. pp.219-220. Powerbook. Seoul. Korea
- Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *J Food Eng* 62:37-45
- Stampfli L, Nersten B. 1995. Emulsifiers in bread making. *Food Chem* 52:353-360

Received 21 March, 2019

Revised 15 July, 2019

Accepted 31 July, 2019