

## 반응표면 방법에 의한 도우넛용 냉동 yeast dough의 안정성 향상

이영춘 · 강운영 · 이경혜

중앙대학교 식품가공학과

### Improvement of Frozen Yeast Dough Stability for Doughnuts by Response Surface Methodology

Young-Chun Lee, Yun-Young Kang and Kyung-Hae Lee

Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

#### Abstract

To improve the stability of frozen yeast raised dough for doughnuts, amounts of sugar, sodium steroyl lactylate(SSL) and  $KBrO_3$  to be added to the premix were optimized, using the fractional factorial design with 3 variables and 3 levels, by a RSM computer program. The optimum sugar, SSL and  $KBrO_3$  levels to be added to the premix were 2%, 0.3% and 25 ppm for a desired doughnut volume, and 2%, 0.4% and 10 ppm for a desired doughnut texture, and 2%, 0.4% and 20 ppm, respectively, for an overall optimum quality of doughnuts. The frozen stored yeast raised dough prepared without floor time resulted in better doughnut volume and texture than that with floor time. The yeast raised dough prepared with the formula for overall optimum quality, was formed to "plain ring" type doughnuts and stored at  $-18^\circ C$  for 5 weeks. Volume and texture of fried doughnuts were comparable to those of control for 2 weeks of storage, and then deteriorated noticeably from 3 weeks of storage.

Key words: frozen doughnuts, dough stability, response surface methodology

#### 서 론

빵제품은 구어낸 직후에 좋은 향미와 조직감을 갖는데, 그 후 시간이 경과함에 따라 향미의 손실이 현저하며, 전분질의 노화로 조직이 굳어져 제품의 품질이 크게 손상된다. 빵제품을 냉동하면 이들 제품의 화학적 및 생물학적 반응을 효과적으로 억제하여 굽거나 굽지않은 제품의 수명을 효과적으로 연장할 수 있다<sup>(1-3)</sup>. 빵제품의 냉동은 최초로 이들 제품의 노화에 의한 품질손상을 방지하기 위해 사용하였으며, Bailey 등<sup>(4)</sup>, Godkin 및 Cathcart<sup>(5)</sup> 등의 연구가 초기에 이 분야에 크게 공헌하였다. 여러 가지 종류의 빵제품을 중앙생산공장에서 반죽상태로 생산하여 냉동제품으로 소매점에 공급하면, 소매점에서는 이를 필요에 따라 해동하여 구어서 판매할 수 있어 많은 인력과 시설을 절감할 수 있다<sup>(1)</sup>.

냉동반죽의 안정성은 해동 후 반죽이 적절한 시간내에 발휘되어 원하는 부피(volume)와 제품특성을 갖게하는 성질이다<sup>(6)</sup>. 그런데 냉동반죽의 안정성은 반죽의 배합비, 효모의 품질, 효모에서 배출된 sulfhydryl 화합물, 냉동전 발효, 냉동-해동속도 등의 영향을 받는다고 보고되었

다<sup>(3,5,7-11)</sup>. Godkin과 Cathcart<sup>(5)</sup>, Kline과 Sugihara<sup>(8)</sup>는 여러 가지 원료와 제조방법이 냉동반죽의 안정성에 미치는 영향을, Marston<sup>(12)</sup>과 Hsu 등<sup>(7)</sup>, Davis<sup>(3)</sup>는 반죽의 해동 후 가스 발생능력과 proof time에 관하여 보고하였다. 그리고 Merritt<sup>(8)</sup>, Kline과 Sugihara<sup>(11)</sup>는 효모의 종류가, Hsu 등<sup>(7)</sup>과 Bamford<sup>(13)</sup>는 냉동 및 해동속도가 냉동반죽의 품질에 미치는 영향에 관하여 보고한 바 있다. Holmes와 Hosney<sup>(14)</sup>는 냉동반죽의 가스 발생능력을 보완하기 위하여 효모와 팽창제의 복합사용을 제안하였다.

효모로 발효한 냉동 도우넛용 반죽의 품질은 냉동빵의 경우와 같이, 해동 후 proofing 능력, 텍스처의 변화 등이 중요하다. Bechtel과 Kulp<sup>(15)</sup>는 냉동 도우넛을  $-18^\circ C$ 에 저장했을 경우 1개월 후부터 firmness가 현저히 증가하였으며, 신선도도 크게 감소하였다고 보고한 바 있다. 이런 냉동 도우넛의 품질변화를 최소화하기 위하여 배합비의 조정이 필요한데, Wolt와 D'Appolonia<sup>(6)</sup>의 연구 결과에 의하면 compressed yeast와 sodium steroyl lactylate(SSL)를 사용한 경우 냉동반죽의 물성이 향상되었으며, Davis<sup>(3)</sup>도 비슷한 결과를 얻었다. 본 연구에서는 효모로 발효한 도우넛용 반죽을 성형하여 냉동저장한 다음 최종 도우넛 제품으로 만드는데 적합한 배합을 반응표면 방법을 사용하여 결정하고, 냉동저장 중 품질 변화를 최소로 하여 좋은 품질의 냉동 도우넛을 생산할

Corresponding author: Young Chun Lee, Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Ansong, Kynug Gi Do 456-830, Korea

수 있는 방법을 연구하는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 재료

도우넛을 만드는데 사용한 premix는 제일제당(주) 제품을 사용하였으며, compressed yeast는 제일 유니버살사 제품을 사용하였다. 그리고 도우넛을 튀길 때 사용한 기름은 서울식품(주)의 제빵용 shortening이었다.

### Yeast doughnut dough의 제조 및 성형

냉동저장한 후 해동하여 가스생산 능력이 좋고, 텍스처의 변화가 적은 yeast doughnut dough의 배합비를 최적화 하기 위하여 다음과 같이 반죽을 만든 다음 2주간  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동저장 후 품질변화를 조사하였다.

대조구는 제일제당(주)에서 공급하는 yeast doughnut용 premix(72%)에 물 22%와 효모 6%를 첨가하여 12분간 mixing하고, 45분간의 floor time 및 10분간의 덩어리지어 재우기를 거쳐, 표준제품으로 선정된 45g의 "plain ring" 형태로 절단하였다. 성형된 것을  $32\sim 40^{\circ}\text{C}$ , 50~80% RH에서 45분간 proofing한 다음 5~10분간 방치하였다가  $180\sim 190^{\circ}\text{C}$ 에서 상하면을 각각 45초간 튀김하여 대조구 제품으로 하였다.

처리구는 효모의 사용량을 예비실험의 결과에 따라 7.8%로 대조구 보다 30% 증가시키고 설탕, sodium steryl lactylate(SSL) 및  $\text{KBrO}_3$ 의 첨가량을 최적수준으로 선정하기 위하여 response surface methodology(RSM) computer program(The National Food Laboratory, Inc., USA)을 사용하여 3변수 및 3수준의 fractional factorial design(Table 1)에 의하여 시료를 만들어 대조구의 공정에 따라 도우넛으로 성형하였다.

### 성형된 도우넛의 냉동저장 및 튀김

앞에서 설명한 방법에 따라 만들어진 처리구의 시료를 팬에 담아 wax paper로 포장한 다음  $-35^{\circ}\text{C}$ 의 강제송풍식 냉동기에서 냉동한 다음  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 2주간 저장하였다. 저장이 끝난 시료는 실온해동하여  $32\sim 40^{\circ}\text{C}$ , 50~80% RH의 proofing box에서 45분간 proofing하고, 5~10분간 선반에 얹어 두었다가  $180\sim 190^{\circ}\text{C}$ 에서 상하면 각각 45초간씩 튀겼다.

### 냉동저장 시험

앞의 실험결과로 얻은 냉동 도우넛용 배합비로 반죽을 만들어 "plain ring" 제품으로 성형하고  $-35^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동한 다음  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 5주간 저장하면서, 매주마다 시료를 취하여 해동, proofing 및 튀김공정을 거쳐 도우넛을 만든 다음 제품의 체적, 텍스처 및 surface color를 측정하였다.

### 반죽제조시 floor time의 생략효과 조사

표준방법으로 도우넛 반죽을 만들 때 효모의 발효를 촉진하기 위하여 약 45분의 floor time을 주는 것이 보되는데, 냉동용 반죽을 제조할 경우 floor time의 유무가 도우넛의 품질에 미치는 영향을 다음과 같이 조사하였다.

Floor time구는 앞의 실험결과로 얻은 최적냉동용 도우넛 배합비를 사용하여 45분간의 floor time을 준 다음 성형하여, 앞의 처리구에서 설명한 조건에 따라 냉동저장한 다음, 튀긴 도우넛으로 만들어 체적과 텍스처를 측정하였다.

No floor time구는 최적 냉동용 도우넛 배합비로 mixing한 다음 floor time없이 "plain ring"으로 절단-성형하였고, 다른 조건은 floor time구와 같았다.

### 품질특성의 측정

튀긴 도우넛의 부피측정을 위하여, 17들이 비이커에 쌀을 채운 다음 쌀의 약 2/3를 덜어냈다. 도우넛을 비이커에 넣고 그 위에 덜어낸 쌀을 비이커의 상단까지 수평이 되게 채운 다음, 비이커를 채운 후 남아있는 쌀의 부피를 250 ml들이 mess cylinder에 담아서 얻은 쌀의 부피를 도우넛의 부피로 기록하였다.

튀긴 도우넛의 텍스처는 Texture Test System(Food Technology Corp., Maryland, USA)의 shear-compression cell에 도우넛 한 개씩 넣고 shear-compression할 때 필요한 힘(psi)을 recorder에 기록하여 측정하였다. 도우넛의 surface color는 Hunter Color and Color-Difference Meter(model CQ-1200X, Hunterlab, USA)로 측정하였으며, white standard plate( $L=95.28$ ,  $a=-0.97$ ,  $b=0.28$ )를 표준으로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 냉동용 yeast doughnut dough의 적정 배합비 결정

냉동용 yeast doughnut dough의 배합비를 결정하기 위하여 RSM program으로 Table 1과 같은 실험설계에 의하여 시료를 만들어 반응(volume과 shear press values)을 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 냉동용 yeast doughnut의 배합비를 반응표면 방법을 사용하여 최적화하기 위하여 설탕, SSL,  $\text{KBrO}_3$ 의 세 가지 원료첨가량을 변수  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ 로 놓고, 품질 측정치인 도우넛 부피와 텍스처를 반응치  $Y_1$ ,  $Y_2$ 로 입력하여 변수와 반응치와의 관계를 수식모델(Taylor second order equation)로 계산한 결과는 Table 3과 같았다. 이와 같이 계산된  $Y_1$ 과  $Y_2$ 에 대한 두 수식의 first order, second order 및 interaction 효과를 검정하기 위하여 분산분석한 결과 모두 1% 수준에서 통계적인 유의성이 있었다.

처리구의 도우넛 품질을 대조구의 것과 비교하여 대조구의 기준품질을 나타낼 수 있는 배합을 RSM 방법으로 최적화하기 위하여 대조구 도우넛의 부피와 텍스처를 측정된 결과는 Table 4와 같았다. 즉, 15개의 도우넛을 만들어 부피를 측정된 결과 평균 196 ml이었으며,

**Table 1. The fractional factorial design by RSM computer program for the ingredients optimization of frozen yeast raised doughnut dough**

Treatment Number	Sugar (%)	SSL (%)	KBrO <sub>3</sub> (ppm)
1	0.0	0.1	30.0
2	4.0	0.1	30.0
3	0.0	0.7	30.0
4	4.0	0.7	30.0
5	0.0	0.4	10.0
6	4.0	0.4	10.0
7	0.0	0.4	50.0
8	4.0	0.4	50.0
9	2.0	0.1	10.0
10	2.0	0.7	10.0
11	2.0	0.1	50.0
12	2.0	0.7	50.0
13	2.0	0.4	30.0
14	2.0	0.4	30.0
15	2.0	0.4	30.0

**Table 2. Volume and texture measurements of doughnuts prepared with frozen dough for the ingredients optimization by RSM**

Treatment Number	Sugar (%)	SSL (%)	KBrO <sub>3</sub> (ppm)	Doughnut volume(ml)	Texture (psi)
1	0.0	0.1	30	203	13.3
2	4.0	0.1	30	186	14.0
3	0.0	0.7	30	145	11.3
4	4.0	0.7	30	165	12.0
5	0.0	0.4	10	224	10.3
6	4.0	0.4	10	223	10.6
7	0.0	0.4	50	214	9.6
8	4.0	0.4	50	204	11.0
9	2.0	0.1	10	231	11.6
10	2.0	0.7	10	173	9.3
11	2.0	0.1	50	188	11.0
12	2.0	0.7	50	153	10.3
13	2.0	0.4	30	193	10.6
14	2.0	0.4	30	192	11.0
15	2.0	0.4	30	194	10.1

텍스처 값은 9.0 psi이었다.

Table 3의 Taylor second order equations을 이용하여 독립변수와 반응(responses)간의 관계를 X/Y plot 및 contour map으로 도시하면 Fig. 1~4와 같았다. Fig. 1은 SSL을 0.2~0.4%로 변화시킬 때 설탕 첨가량과 KBrO<sub>3</sub>가 도우넛의 부피에 어떻게 영향을 주는지를 나타낸 그림이다. SSL이 0.2%일 때, 기준이 되는 대조구의 부피(196 ml)에 해당하는 값은 설탕 2%, KBrO<sub>3</sub> 약 30 ppm일 때임을 Fig. 1a에서 알 수 있었다. 그리고 SSL을 0.3%로 증가시켰을 때(Fig. 1b), 196 ml에 가까운 부피는 설탕 2%, KBrO<sub>3</sub> 30 ppm일 때 이었다. 다시 SSL 사용량을 0.4%로 증가시켜도(Fig. 1c) 0.3%의 경우와 별 차이가

**Table 3. Taylor second order equations calculated by RSM program**

Response	Taylor second order equation
Doughnut volume	$Y_1 = 192.5 - 0.925X_1 - 21.562X_2 - 11.563X_3 + 6.087X_1^2 - 23.888X_2^2 + 17.313X_3^2 + 9.050X_1(X_2) - 2.200X_1(X_3) + 5.925X_2(X_3)$
Texture	$Y_1 = 10.6 + 0.387X_1 - 0.875X_2 + 0.012X_3 + 0.937X_1^2 + 1.112X_2^2 - 1.163X_3^2 + 0.275X_1(X_3) + 0.4X_2(X_3)$

X<sub>1</sub> = sugar(%), X<sub>2</sub> = SSL(%), X<sub>3</sub> = KBrO<sub>3</sub>(ppm)  
 First order, second order and interaction effects of these two equations were statistically significant at 1% level

**Table 4. Volume and texture values of doughnuts for optimum volume, texture and overall quality**

	Control	Formula for opt. volume	Formula for opt. texture	Formula for opt. overall quality
Volume(ml)	196.0	198.0	188.0	200.0
Texture(psi)	9.0	11.0	8.6	10.0

없었다. 이 결과를 보면, 도우넛의 기준부피는 설탕 첨가량이 2%일 때 적정치에 접근하였으며, KBrO<sub>3</sub>는 약 30 ppm, SSL은 .2% 이상임을 알 수 있었다.

Fig. 2는 SSL을 0.2~0.4%로 변화시킬 때 설탕과 KBrO<sub>3</sub> 첨가량이 도우넛의 텍스처에 어떤 영향을 미치는지를 나타낸 그림이다. KBrO<sub>3</sub>의 첨가량에 관계없이 설탕 첨가량이 2%일 때 도우넛의 텍스처 값이 최소치를 나타내어 대조구의 기준값인 9.0 psi에 접근하였다. Fig. 1과 2의 결과를 종합해 보면, 냉동 도우넛의 부피를 기준치인 196 ml에 접근시키려면 설탕첨가량을 2%로 하고 SSL과 KBrO<sub>3</sub>의 첨가량을 적정수준으로 조절해야함을 알 수 있었다. Premix에 설탕을 2% 더 첨가하면 반죽을 해동한 후 proofing할 때 효모의 활성을 증진시켜 가스 생성이 정상적으로 이루어지도록 하는데 도움을 주며<sup>(12)</sup>, KBrO<sub>3</sub>의 첨가는 냉동저장 중 죽은 효모에서 배출되는 환원성 품질의 작용을 없애주어 빵의 loaf volume의 감소를 방지하는 등 전체적인 품질향상에 도움이 된다는 보고가 있다<sup>(8,10)</sup>. 본 실험의 결과에서도 KBrO<sub>3</sub>의 효과가 나타났으나 30 ppm 이상의 농도에서는 그 효과가 감소하였다.

앞의 결과에 따라 설탕 첨가량을 2%로 고정하고, SSL과 KBrO<sub>3</sub>의 첨가량을 최적화하기 위하여 작성한 contour maps은 Fig. 3 및 4와 같았다. Fig. 3에서 KBrO<sub>3</sub>의 첨가량이 10~50 ppm, SSL 첨가량이 0.1~0.7%로 변할 때 도우넛의 부피가 어떻게 변하는가를 나타내는 contour map이다. 대조구 도우넛의 부피(196 ml)에 해당하는 곡선은 196.8로 표시된 것이며, 이것은 SSL 0.1~0.55%의 범위와 KBrO<sub>3</sub> 10~30 및 45~5 ppm의 범위에서 찾아볼 수 있었다. 이 경우 KBrO<sub>3</sub>의 첨가량이 많은 것은

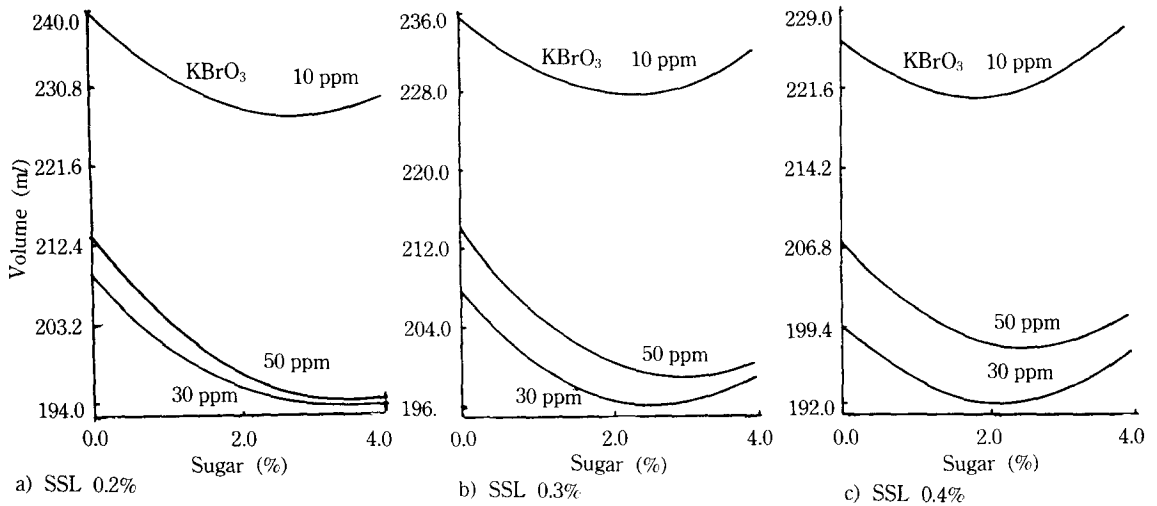


Fig. 1. Effects of sugar, SSL and KBrO<sub>3</sub> on doughnut volume

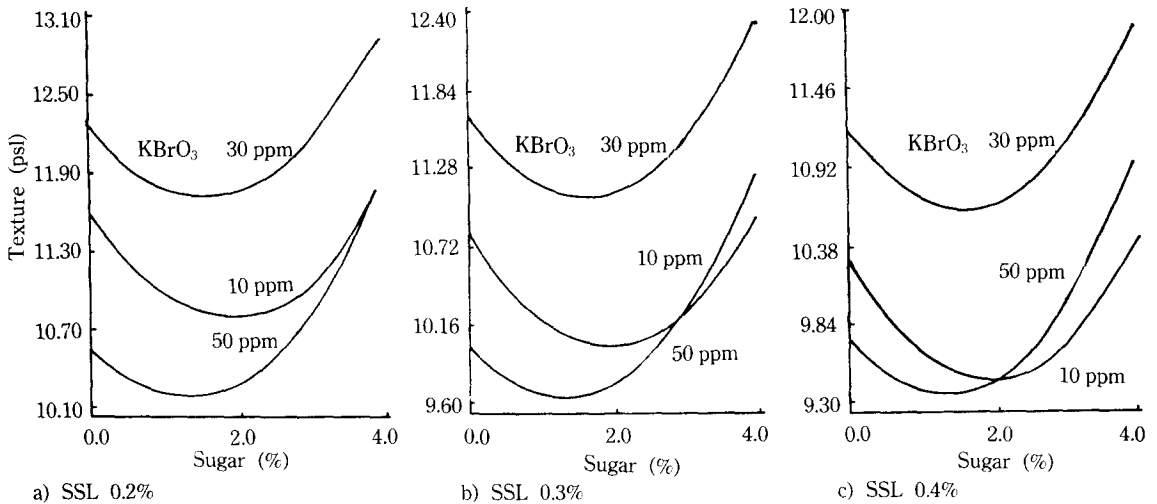


Fig. 2. Effects of sugar, SSL and KBrO<sub>3</sub> on texture of doughnuts

여러 가지로 바람직하지 않기 때문에 도우넛의 기준부피를 얻는데 가장 적당한 조건은 설탕 2%, SSL 0.3%, KBrO<sub>3</sub> 25 ppm으로 설정되었다.

Fig. 4는 설탕 첨가량을 2%로 고정하고, SSL과 KBrO<sub>3</sub>의 첨가량을 변화시켰을 때 이것이 냉동 도우넛의 텍스처에 미치는 영향을 나타내는 contour map이다. 이 그림에서 대조구의 기준치인 9.0 psi에 해당하는 area는 나타나지 않았으나, 이와 가장 근사한 값을 나타내는 조합은 빗금으로 표시한 부분이었다. 이는 9.1~10.1로 표시된 부분으로, SSL 0.3~0.7%, KBrO<sub>3</sub> 10~20 ppm과 SSL 0.25~0.7% 및 KBrO<sub>3</sub> 45~50 ppm의 첨가범위에 해당하였다. 그러나 KBrO<sub>3</sub>를 40 ppm 이상 첨가하는 것은 바람직하지 못하므로, Fig. 4의 윗부분에 해당하는

조건은 고려대상에서 제외되었으며, 기준 텍스처를 얻기 위한 최적조건으로 설탕 2%, SSL 0.4% KBrO<sub>3</sub> 10 ppm을 선정하였다.

Wolt와 D'Appolonia<sup>(6)</sup>는 SSL을 냉동용 반죽에 첨가하면 반죽의 물성이 향상되고, loaf volume이 증진된다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서도 SSL을 0.3% 첨가할 때 까지는 도우넛의 부피가 증가하는 효과가 있었으나, 그 이상의 첨가시 오히려 부피가 감소하였다. 그러나 텍스처의 경우는 SSL의 첨가량이 증가할수록 대조구에 가깝게 부드러워(soft)져, 그 효과가 부피의 증가보다 뚜렷했다(Fig. 4).

이와 같이 냉동 도우넛의 적정부피와 텍스처를 갖기 위한 최적조건이 서로 조금씩 다르기 때문에, 이를 절

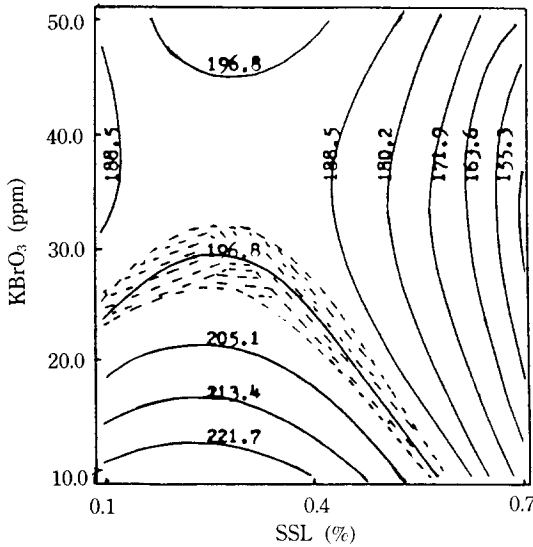


Fig. 3. Contour map of doughnut volume at 2% sugar

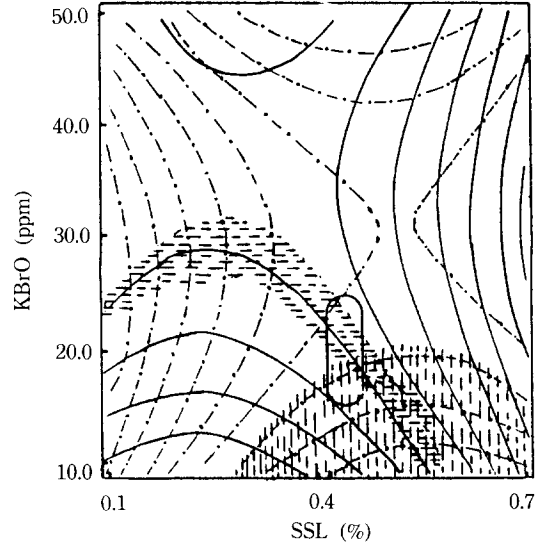


Fig. 5. Superimposed contour map for overall optimization of doughnuts

— — contour map line of volume, - - - contour map line of texture, overall optimum area

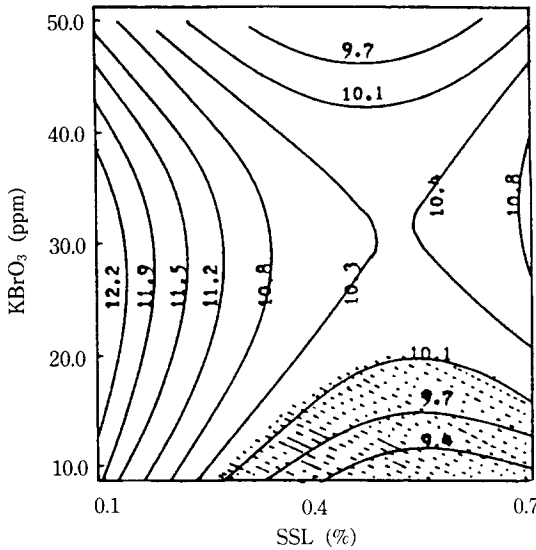


Fig. 4. Contour map of doughnut texture at 2% sugar

추가하기 위하여 Fig. 5와 같이 superimposed map을 작성하였다. 그런데 냉동 도우넛의 품질은 기준치의 부피를 유지하는 일이 우선 중요하므로 이 목적을 달성하는데 가장중점을 주면서 최적조건을 선정해야 하므로, 텍스처를 위한 적정조건은 약간 조정되어야 했다. 이런 품질상 중요성의 차이를 고려하여 전체적인 최적조건으로 설탕 첨가량 2%, SSL 0.4%, KBrO<sub>3</sub> 20 ppm으로 결정하였다 (Fig. 5).

이상과 같이 RSM program을 이용하여 결정한 배합비에 따라서 반죽을 만들어 성형한 다음 -18°C에서 2주간 냉동저장한 후 해동하여 튀긴 도우넛의 품질은

Table 4와 같았다. 즉, 최적부피를 위하여 결정된 배합비는 대조구와 아주 가까운 부피값을 갖는 도우넛을 생산하는데 좋았으나 경도는 약간 높았고, 최적 텍스처를 위하여 결정한 배합비는 대조구와 가까운 텍스처를 갖는 도우넛을 만들 수 있었으나 부피가 188 ml/이어서 품질상 적합치 못하였다. 그리고 전체적인 적정품질을 위하여 선정한 배합비는 대조구와 가까운 부피를 갖고 텍스처도 좋은 편이었다. 이들 결과를 종합해 보면, RSM으로 결정한 최적배합비가 예측한 것에 상당히 가까운 결과를 가져와 이의 신뢰성을 입증하였다고 평가되었다.

성형된 반죽의 냉동저장 중 품질변화

앞에서 설명한 방법으로 결정된 최적배합비(premix에 설탕 2%, SSL 0.4%, KBrO<sub>3</sub> 20 ppm를 첨가하고, yeast 사용량은 7.8%)로 반죽을 만들어 성형하여 -18°C에서 저장하면서 시료를 취하여 해동 후 튀긴다음 도우넛의 부피, 텍스처 및 표면색깔을 측정된 결과는 Table 5와 같았다.

도우넛의 부피는 냉동저장 기간이 연장될수록 서서히 감소하였으며, 저장 3주째부터는 신선한 도우넛에 비하여 눈으로 차이를 느낄 수 있을 정도의 감소를 보였다 (Table 5). Kline과 Sugihara<sup>(8)</sup>, Wolt와 D'Appolonia<sup>(6)</sup> 등은 발효된 반죽을 냉동저장하면 빵의 loaf volume이 감소하며, 이는 효모가 냉동저장 중에 손상을 받기 때문이라고 보고하였다. 냉동저장한 반죽으로 만든 도우넛의 부피가 저장기간이 연장됨에 따라 감소하는 현상은 이들의 연구결과에서 밝힌 바와 같이, 냉동저장 중 효모의 손상이 서서히 증가하여 해동 후 proofing시 가스의

**Table 5. Changes in volume, texture and surface color of doughnuts during frozen storage of the formed dough**

Quality factors	Storage period				
	Fresh	1 week	2 weeks	3 weeks	5 weeks
Volume(ml)	195	190	185	170	167
Texture(psi)	10.3	10.5	9.6	11.4	13.7
Surface color	59.3	58.9	61.0	61.0	61.9

**Table 6. Effect of floor time on the stability of frozen doughnut dough stored for 2 weeks at  $-18^{\circ}\text{C}$** 

Quality factors	With floor time	Without floor time
Volume(ml)	184	196
Texture(psi)	12.4	9.4
Air cell distribution	Small cells with several large cells	Uniform small cells with few medium size cells

발생이 충분하지 못하며, 효모의 손상이 어느 정도 이상에 도달하면 산화제나 dough conditioner의 역할로 이를 회복할 수 없는 것으로 해석되었다.

도우넛의 텍스처는 2주간 별변화가 없다가 3주째부터 계속적으로 증가하였다(Table 5). 이는 부피의 변화와 비슷하게 저장 3주째부터 품질의 변화가 심하게 일어나는 것을 나타내었다. 표면색깔 중에 밝기를 나타내는 L값은 냉동저장 중 유의할만한 변화가 없었다.

#### 반죽제조시 floor time 생략효과

냉동반죽의 안정성이 냉동 전 반죽의 발효에 영향을 받는다는 보고<sup>(68)</sup>와 앞의 냉동저장 실험의 결과에 따라, 도우넛 반죽을 만들 때 floor time을 삭제해서 효모의 발효를 최소로 하여 성형한 다음 냉동저장하여 그 효과를 조사한 결과는 Table 6과 같았다.

Floor time없이 제조한 냉동반죽으로부터 만든 도우넛은 2주 냉동저장 후에도 신선한 도우넛과 비슷한 부피와 텍스처를 유지하였다. 반면에 floor time을 준 반죽으로 만든 도우넛은 부피나 텍스처가 floor time을 생략한 것보다 상당히 떨어짐을 볼 수 있었다. 그리고 도우넛을 절단하여 단면의 air cell 분포를 관찰한 결과 floor time을 생략한 것은 작은 air cells이 균일하게 분포되어 있는 반면, floor time을 준 것은 작은 air cells의 사이에 상당히 큰 air cells이 섞여 있음을 관찰할 수 있었다.

Kline과 Sugihar<sup>(68)</sup>는 반죽을 냉동저장하면 효모가 일부 죽기 때문에 proofing시 가스의 발생이 만족스럽지 못하다고 지적하였고, Ponte 등<sup>(16)</sup>은 죽은 효모세포로부터 나오는 환원성 물질(tripeptide glutathione)도 loaf volume의 감소, 산화제 사용량의 증가 및 짧은 mixing time 등의 원인이 된다고 보고하였다. 도우넛 반죽을

만들 때 floor time을 생략하면 효모에 의한 발효가 억제되어 냉동저장 중에 죽는 효모의 수가 감소하여 도우넛의 부피와 텍스처가 우수한 것으로 평가되었다.

## 요 약

냉동용 yeast doughnut dough의 안정성을 향상시킬 수 있는 적정배합비를 결정하기 위하여 설탕, SSL 및  $\text{KBrO}_3$ 의 첨가량을 3 변수와 3 levels fractional factorial 설계에 의하여 RSM computer program을 사용하여 최적조건을 조사하였다. 대조구의 부피에 가장 가까운 도우넛을 생산하는데 적합한 배합은 premix에 설탕 2%, SSL 0.3%,  $\text{KBrO}_3$  25 ppm을 첨가하는 것이었으며, 이때 compressed yeast는 premix의 7.8%를 사용하였다. 그리고 대조구의 텍스처에 가까운 도우넛을 생산하는데 적합한 배합은 premix에 설탕 2%, SSL 0.4%,  $\text{KBrO}_3$  10 ppm을 첨가하는 것이었고, 전체적인 품질이 우수한 도우넛을 생산하는데 적합한 배합은 premix에 설탕 2%, SSL 0.4%,  $\text{KBrO}_3$  20 ppm을 첨가하며, 이때 역시 compressed yeast는 premix의 7.8%를 사용하는 것이었다. 그리고 반죽을 만들 때 floor time을 생략하는 것이 도우넛의 부피와 텍스처를 우수하게 유지하는데 도움이 되었다. 이와 같이 결정된 냉동용 yeast doughnut dough의 배합비에 따라 반죽을 만들어 성형한 다음  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동저장하면서 저장 중 품질변화를 측정된 결과, 저장 2주까지는 도우넛의 부피와 텍스처가 대조구와 유사하였으나, 3주 후부터는 대조구보다 바람직하지 못하게 나타났다.

## 감사의 말

본 연구는 산학협동재단의 연구비 지원으로 이루어졌습니다. 저자들은 연구비를 지원해준 산학협동재단에 사의를 표하는 바입니다.

## 문 헌

1. Pyler, E.J.: *Baking Science and Technology*, 3rd ed., Sosland Publishing Co., Kansas, p.1071(1988)
2. Tressler, D.K.: *The Freezing Preservation of Foods*, AVI Publishing Co., Connecticut, p.360(1976)
3. Davis, E.W.: Shelf-life studies on frozen doughs. *Bakers Dig.* 55(3), 12(1981)
4. Bailey, L.H., Bartram, M.T. and Rowe, S.C.: Effect of storage temperature upon the viability and baking properties of compressed yeast. *Cereal Chem.*, 17, 55 (1940)
5. Godkin, W.J., and Cathcart, W.H.: Fermentation activity and survival of yeast in frozen fermented and unfermented doughs. *Cereal Chem.*, 7, 139(1949)
6. Wolt, M.J. and D'Appolonia, B.L.: Factors involved in the stability of frozen dough. I. The influence of yeast

- reducing compounds on frozen dough stability. *Cereal Chem.*, **61**(3), 209(1984)
7. Hsu, K.H., Hosenev, R.C. and Seib, P.A.: Frozen dough. I. Factors affecting stability of yeasted doughs. *Cereal Chem.*, **56**, 419(1979)
  8. Kline, L., and Sugihara, T.F.: Factors affecting the stability of frozen bread doughs. *Bakers Dig.*, **42**(5), 44(1968)
  9. Lehmann, T. and Dresse, P.: Stability of frozen bread dough. I. Effects of freezing temperatures. *AIB Tech. Bull.* Vol.III, No.7, Am. Inst. Baking, Manhattan, KS (1981)
  10. Lorenz, K.: Frozen dough. *Bakers Dig.*, **48**, 14(1974)
  11. Merritt, P.P.: The effect of preparation on the stability and performance of frozen, unbaked, yeast leavened doughs. *Bakers Dig.*, **40**, 59(1960)
  12. Marston, P.E.: Frozen dough for breadmaking. *Bakers Dig.*, **52**(5), 18(1978)
  13. Bamford, R.: Freezing and thawing of bakery products. *Bakers Dig.*, **49**(3), 40(1975)
  14. Holmes, J.T. and Hosenev, R.C.: Frozen doughs: Freezing and thawing rates and the potential of using a combination of yeast and chemical leavening. *Cereal Chem.*, **64**(5), 348(1987)
  15. Bechtel, W.G. and Kulp, K.: Freezing, defrosting, and frozen preservation of cake doughnuts and yeast-raised doughnuts. *Food Technol.*, **14**, 391(1960)
  16. Ponte, J.G., Glassand, R.L. and Geddes, W.F.: Studies on the behavior of acitive dry yeast in breadmaking. *Cereal Chem.*, **37**, 263(1960)
- 
- (1991년 7월 18일 접수)