

반죽의 냉동과 저장 조건에 따른 빵의 품질 특성

고 봉 경
계명대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Wheat Flour Breads with the Doughs Frozen at the Different Freezing and Storage Conditions

Bong-Kyung Koh

Department of Food and Nutrition, Keimyung University

The dough was frozen either before or after fermentation at the five different freezing and storage conditions. Although fermentation before freezing was effective for rapid freezing, it reduced bread volume of the dough frozen at both air freezer and liquid immersion freezer. Freezing at the air freezer set to -70°C took more time for freezing and resulted in lower bread volume than freezing at the immersion freezer set to -20°C . Therefore, the freezing in the liquid immersion freezer was more effective to reduce the freezing time and increase the bread volume. At the liquid immersion freezer, the higher temperature was more effective than lower temperature. The doughs frozen in a liquid immersion freezer set to -10°C and fermented after de-frosting produced higher bread volume than control unfrozen dough. And also there was no significant difference in bread volume between the control unfrozen dough and the dough frozen in a liquid immersion freezer set to -10°C , fermented before freezing and re-fermented after defrosting. The longer proof time and greater loaf volume obtained for the dough frozen and stored at the air freezer set to -70°C . Therefore the optimum process for freezing the dough was freezing immediately after mixing, storing at -10°C in a liquid immersion freezer and fermented after defrosting.

Key words: frozen dough, freezing and storage condition, air freezer, immersion freezer

서 론

제빵 과정에서 냉동은 baking한 완제품을 동결하는 냉동 빵(frozen bread)과 반죽 상태를 냉동한 냉동 반죽(frozen dough)을 제조하는데 이용된다. 제빵 과정에서 냉동을 이용함으로써 노동력을 절약할 수 있고 작업시간을 조정 할 수 있으므로 야간작업이 폐지되고 설비와 작업공간이 절약되며, 다품종 소량생산이 가능하여 냉동을 이용한 제품 시장이 점차 확대되고 있다. 오늘날 제과 제빵 산업에서는 주로 냉동 반죽(frozen dough)을 이용하고 있는데 냉동 빵보다 운송이 편리할 뿐 아니라, 소비자에게 더 신선한 제품을 공급할 수 있는 이점이 있다⁽¹⁻³⁾.

그러나 두 가지 방법 모두 저장에 따른 제품의 노화문제를 해결하고자 시도되는 방법이지만, 냉동 빵은 냉동 과정에

서 발생하는 전분의 노화로 인하여 해동하였을 때 어떻게 신선한 빵의 품질을 그대로 재현하느냐 하는 기술적 문제점이 있으며, 냉동반죽을 이용하였을 때는 냉동에 의한 효모의 동결장해로 인한 빵의 품질 저하를 방지해야 하는 기술적 문제점이 있다. 특히 냉동된 빵은 냉동과 해동 과정에서 모두 가장 노화되기 쉬운 온도인 1°C 를 통과하여야 하므로 노화에 의한 품질 저하의 문제를 해결하고자 동결과 해동을 가능한 신속히 하여야한다^(1,4).

냉동 반죽을 이용하여 빵을 제조할 때 가장 큰 문제점은 냉동으로 인한 효모의 동결장해와, 얼음 결정에 의한 gluten 막의 손상으로 인하여 나타나는 냉동 장해로써, 냉동하지 않은 반죽을 이용하였을 때보다 제품의 품질이 좋지 못하다. 첫 번째 문제점인 효모의 동결장해는 냉동기간에 yeast cell 이 냉동장해를 받으므로 해동하여 발효하였을 때 정상적인 발효를 시키지 못하며 사멸한 효모세포는 glutathione과 같은 환원성 물질을 분비하므로 단백질의 disulfide 결합이 환원되어 빵의 gluten 조직이 변화를 일으켜서 발효 시간과 굽는 시간이 길어지고 빵의 부피가 감소한다^(5,6). 따라서 이러한 냉동 장해를 극복하기 위하여 냉동에 대한 내성이 강한 yeast 를 연구하였으며⁽⁷⁻¹⁰⁾, 제빵 공정을 변화시켜 효모의 활성을

*Corresponding author : Koh, Bong Kyung, Dept. of Foods and Nutrition, Keimyung University, 1000, Sin-dang dong, Dal-suh gu, Dae-gu 704-701 Korea
Tel: 82-53-580-5876
Fax: 82-53-580-5885
E-mail: kohfood@kmu.ac.kr

유지시키고자 하였다⁽¹¹⁻¹⁶⁾. 두 번째 문제점은 반죽의 수분이 냉동으로 인하여 얼음 결정이 생성되고 또한 해동과정이 진행되면서 글루텐 조직의 팽창과 수축 현상으로 인하여 글루텐 조직의 파괴와 재생성 되는 변성과정을 통하여 빵 반죽의 구조가 파괴된다. 특히 빙결정이 형성되는 지점에서 생성된 얼음 결정의 크기는 해동 시 gluten 막을 손상시키는 중요한 요인이 되어 빵의 부피가 적고 crumb grain이 거칠며 딱딱한 결점이 있다⁽¹⁷⁻²⁰⁾.

세포막을 손상시키는 일차적인 요소인 얼음 결정의 크기는 냉동 속도가 빠른 급속냉동으로 하면 크기를 작게 할 수 있으므로 식품 냉동에서 가장 일반적으로 이용되고 있다. 그러나 일반적으로 급속냉동은 최대빙결정 형성대(0 ~ -3°C)가 30분 또는 그 이하의 시간에서 냉동하는 것⁽²¹⁾이지만, 효모에 의해 발효되어야 하는 발효 식품에서는 급속 냉동하였을 때 얼음 결정의 크기뿐 아니라 냉동에 따른 효모의 활성감소도 고려되어야 한다. Bender 등⁽²²⁾에 따르면 반죽의 냉동 속도가 0.05~0.5°C/min일 때 저장기간 동안 효소활성의 감소를 초래하므로 -40°C보다 -20°C에서 천천히 냉동하는 것이 효소활성의 저해가 적다고 하였다. El-Hady 등⁽¹⁹⁾의 연구는 -20°C에서 high air velocity(3 m/sec)로 냉동한 반죽의 이스트활성이 가장 크고 빵의 질이 가장 좋으며, -30°C에서 3 m/sec 속도로 냉동한 후 -20°C에서 1주일 저장한 반죽이 가장 적은 이스트 활성을 가진다고 보고하였다. 또한 김^(23,24)의 연구에 따르면 침지식 냉동이 냉동 속도가 빠르며 효소의 활성저하가 적어서 발효되는 동안 CO₂의 생성량도 가장 많다고 하였다. 그러나 Marston⁽¹²⁾은 초기 냉동을 20분 이내에 급속히 할 때 효소에 적은 저해를 주므로 가장 좋은 품질을 얻을 수 있다고 하였다.

따라서 본 연구는 냉동 반죽 생산 과정에서의 기술적 문제를 해결하기 위한 하나의 방안으로, 냉동 온도와 방법을 달리 하여 냉동, 저장된 반죽으로 생산된 빵의 품질을 비교하여, 냉동 장해를 줄일 수 있는 냉동 처리 조건을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

재료

1999년산 DNS(Dark Northern spring) 밀을 제분하여 straight grade fraction을 실험용 밀가루로 이용하였으며 단백질 함량은 13%(N×5.74)이었다. Active dry yeast(Saf levure, France), 백설탕(Sam, Yang Co.) 소금(Hae pyo), shortening(Coco, Sam lip), KBrO₃(Sigma Co.) 등은 시중에서 구입하여 사용하였다.

Table 1. Formula of wheat flour dough

Ingredient	Baker's %	Batch
flour	100%	500 g
water	65%	325 mL
yeast	1%	5 g
sugar	6%	30 g
salt	1.5%	7.5 g
shortening	3%	15 g
KBrO ₃	30 ppm	

Dough formulation 및 냉동 반죽의 제조

실험에 사용되는 반죽은 Table 1과 같이 AACC method 10-10B의 formula⁽²⁵⁾와 제조 방법을 이용하여 Fig. 1과 같은 과정으로 제조되었다. Hobalt mixer(Hobalt A120, USA)를 이용하여 speed 1에서 30초간 dry ingredients를 혼합한 후에 speed 1에서 1.5분간 wet ingredients와 mixing 하고 speed 2에서 9분 그리고 speed 1에서 20초간 반죽하였다. 반죽 덩어리는 크기를 60 g로 분할하여 20번 등글리기를 하였다. Bread I을 만들기 위한 발효하지 않고 냉동하는 반죽은 등글리기 직후 즉시 baking 용기에 넣어 냉매 등이 침투하지 못하도록 밀봉한 후 Table 2와 같은 조건의 냉동고에 각각 넣어 냉동하였으며, Bread II와 III을 만들기 위한 시료는 반죽을 60 g 분할한 후 20회 등글리기 한 뒤 발효 (30°C, 85% Rh, 1.5 h, Soft Mill, Dae Hung Co. Korea)하고, 다시 5회 등글리기 하여 baking 용기에 넣어 밀봉 한 후 Table 2의 조건으로 냉동되도록 각각의 시료를 냉동고에 넣어 냉동하였다.

반죽의 냉동 및 저장 조건

냉동속도는 시료의 시작 온도에 따라서 영향을 받으므로 모든 반죽의 냉동 시작은 실험실 온도와 시료 및 반죽용기 등의 온도를 일정하게 유지하여 최종 반죽의 중심부 온도를 28°C가 되도록 하여 냉동을 시작하였다. 저장을 위하여 냉동고를 변경할 경우, 반죽의 중심부 온도가 -10°C가 되는데 걸리는 시간만큼 냉동하고 즉시 Table 2에 나타난 실험 계획과 같이 저장고로 이동하였다. 냉동과 저장은 냉각 방식이 다른 냉동고와 온도가 다른 조건에서 실험하였는데, 침지식 냉동고(Immersion freezer)는 실험실에서 외부 cooler(LC-301, Advantec, Japan)의 cooling coil을 propylene glycol 냉매로 채워진 항온조에 넣어 냉매를 냉각한 후, 반죽을 넣어 냉동하도록 제작하였으며 냉매는 항상 내부에 설치된 stirrer에 의

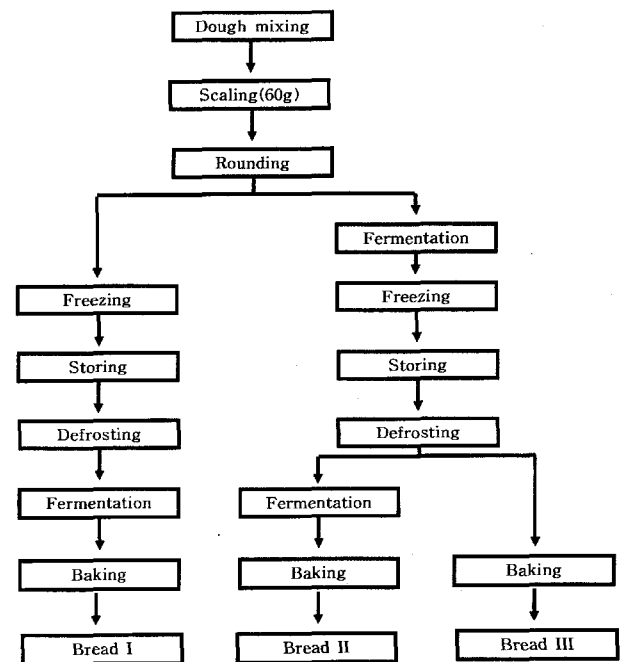


Fig 1. Experimental baking procedure.

Table 2. Freezing and storage condition of the dough

sample	freezing condition	freezing time ^{a)}	storage condition
control	non-freezing		
A22	-20°C air freezer		-20°C air freezer
A72	-70°C air freezer	48 min/ 50 min ^{b)}	-20°C air freezer
A77	-70°C air freezer		-70°C air freezer
I22	-20°C immersion freezer	33 min/ 37 min ^{b)}	-20°C air freezer
I11	-10°C immersion freezer		-10°C immersion freezer

^{a)}freezing time was controlled only for the doughs which were transferred to other storage freezer.

^{b)}freezing time for fermented/ non-fermented dough before freezing.

Table 3. Specific volume¹⁾ of frozen dough breads

freezing and storage condition	baking procedure		
	bread I	bread II	bread III
control ²⁾	3.59 ± 0.10 ^{b3)}	3.59 ± 0.10 ^a	3.59 ± 0.10 ^a
A22	3.58 ± 0.04 ^b	2.76 ± 0.17 ^b	1.77 ± 0.16 ^c
A72	3.17 ± 0.41 ^b	2.44 ± 0.06 ^c	1.62 ± 0.07 ^{cd}
A77	2.57 ± 0.10 ^c	2.24 ± 0.15 ^c	1.55 ± 0.07 ^d
I22	3.63 ± 0.17 ^b	2.77 ± 0.07 ^b	1.78 ± 0.19 ^c
I11	4.21 ± 0.52 ^a	3.48 ± 0.27 ^a	2.05 ± 0.04 ^b

¹⁾Values are average ± standard deviation of 5 experiments.

²⁾Control bread was that dough was immediately fermented and baked after mixing without freezing and storing step.

³⁾Values with different letters at the column are significantly different (P<0.05).

하여 저어지므로 냉매 전체가 균일한 온도를 유지할 수 있도록 하였다²³⁾. 침지식 냉동고에서는 김²³⁾의 연구 결과 공기대류식 냉동고 보다 높은 온도에서도 냉동 속도가 빠르므로, -10°C와 -20°C에서 냉동하였으며 중심부의 온도가 -10°C가 된 뒤에는 -10°C 침지식인 경우는 그대로 계속 냉동(I11) 하고 -20°C 냉동 시료(I22)는 공기대류식 가정용 냉동고로 이동하여 -20°C에서 저장하였다. 공기 대류 방식의 냉동고(Air freezer)는 현재 보편적으로 널리 이용되는 가정용 냉동고(SR-62EA, Sam Sung Co., Korea)와 실험실용 초저온 냉동고(Programmable deep freezer, PDF 9014, Il Sin, Korea)를 이용하여 가정용은 -20°C에서 냉동하여 중심부의 온도가 -10°C가 된 후에도 그대로 계속 저장(A22)하였으며, 초저온 냉동고에서는 -70°C에서 냉동하여 반죽의 중심부 온도가 -10°C가 된 후 그대로 동일한 냉동고에 두거나(A77), -20°C 가정용 냉동고로 이동하여 저장(A72)하였다.

냉동 반죽의 품질 평가

1주일 간 저장된 냉동 반죽은 발효기(Dae Hung Co. Korea)에서 4°C, 16시간 동안 해동하였다. Fig. 1와 같이 Bread I을 제조하기 위한 반죽은 해동 후 발효하였으며 이때 발효 조건은 앞서 발효한 Bread II와 III를 제조하기 위한 반죽과 동일하게 하였다. Bread II를 제조하기 위한 반죽은 해동 후 90분간 다시 재 발효하였으며, 이때 발효 조건도 위와 동일하게 하였다. 그러나 Bread III를 제조하기 위한 반죽은 해동 후 재 발효 과정을 거치지 않고 그대로 baking 하였다. Baking은 deck oven(Dae Hung Co. Korea)에서 190°C, 16분간하였다.

냉동 반죽을 이용한 빵의 부피 감소를 재발효 시간을 연

장하여 극복하고자 Bread I와 II에 이용되는 반죽에 대하여 120분, 150분, 180분, 그리고 210분까지 재 발효시간을 연장하여 발효시켜, 냉동하지 않은 대조구와 같은 부피를 갖는데 필요한 재 발효시간을 조사하였다.

빵의 품질은 baking 되어진 후 3시간 방랭한 빵의 무게를 측정하며, 좁쌀 치환용 부피 측정기를 이용하여 부피를 측정하여, 빵의 무게에 대한 부피의 비율인 specific volume을 통하여 평가하였다. 실험 결과는 SAS²⁶⁾ 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였으며 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

반죽의 내부 온도가 -10°C될 때까지 냉동하여 1주일간 저장한 후 해동하여 90분간 재 발효하여 baking한 빵의 specific volume(SV)은 Table 3에서 보는 바와 같이 발효하지 않은 냉동 반죽을 이용한 bread I의 경우, -20°C immersion(I22) 또는 -20°C air freezer에 냉동하여 -20°C air freezer에 1주일 저장(A22)하거나 -70°C air freezer에서 냉동하여 -20°C air freezer로 이동된 시료(A72)는 냉동, 저장하지 않은 대조구와 비교하여 부피가 유의적으로 차이가 없었다. 그러나 반죽을 발효하여 냉동한 bread II는 bread I과 비교하여 어떠한 냉동과 저장 방법에서도 모두 현격히 빵의 부피가 감소되며 저온 침지식 냉동한 I11을 제외하고 모두 대조구 보다 빵의 부피가 감소되었다. 즉, 발효하여 냉동하였을 경우 김^{23,24)}의 연구에서와 같이 냉동속도는 빨라지지만, 최종 제품의 부피가 현격히 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 발효된 반죽은 냉동되는 속도가 빠른 반면 냉동기간에 yeast 활성이 급격히

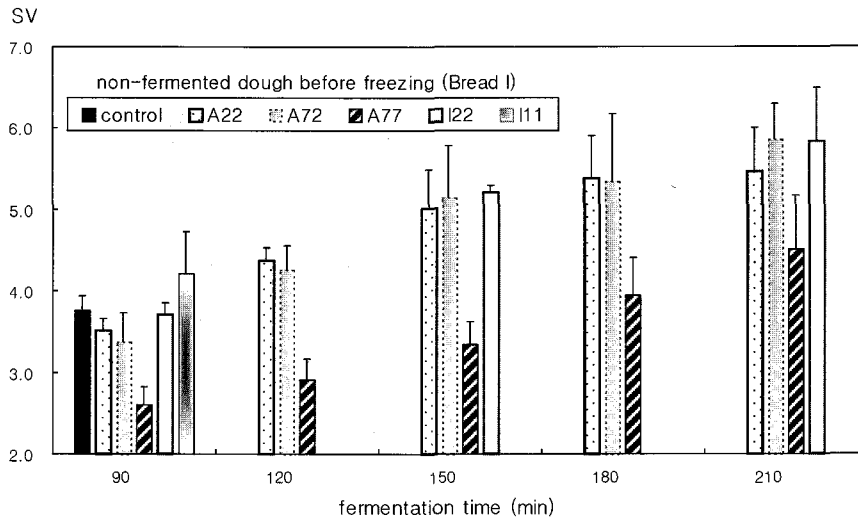


Fig. 2. Specific volume (SV) of wheat flour breads.

Doughs are frozen immediately after mixing, stored, de-frosted and fermented for the different time.

감소되어 해동 후 발효하였을 때 발생하는 CO₂ gas 양이 매우 감소되며 빵의 specific volume이 급격히 감소되므로 이미 다른 연구⁹⁾에서 관찰된 것과 마찬가지로 발효하여 냉동할 경우, 냉동속도가 빨라서 얼음 결정은 작아 지지만 냉동 장애가 더 많이 발생하여 바람직하지 못하다는 결과와 일치하였다. 이러한 결점은 침지식 냉동 방식으로 냉동된 시료들 (I11, I22)에서도 해결되지 않았다. 특히 냉동 전 발효하여 재 발효과정을 거치지 않고 곧바로 baking한 bread III는 가장 빵의 부피가 작아서 바람직한 방법이 아니었다. 재 발효 과정을 거치지 않으므로 제빵 공정에서 시간과 노력이 절감될 수 있으므로 실험에서 시도하였으나 재 발효하지 않고는 빵의 부피가 매우 작아서 해동 후 반드시 재 발효 과정이 필요한 것을 확인 할 수 있었다.

냉동저장 방법 가운데 가장 온도가 높은 -10°C 침지식 냉동고에서 저장되었을 때 냉동 전 발효하지 않은 반죽을 이용한 bread I은 대조구보다도 부피가 오히려 더 크고, 냉동 전 발효되고 해동 후 재 발효된 bread II는 대조구와 유의적으로 같았다. 또한 해동 후 재 발효시키지 않은 bread III은 대조구보다는 작지만 나머지 냉동 시료보다는 월등히 부피가 컸다. 즉 -10°C 침지식 냉동은 다른 초저온 냉동 방식 또는 -20°C 침지식 냉동보다 냉동 속도는 늦지만 이스트의 냉동 장애가 가장 적으며 저온 저장은 오히려 저장 기간 동안 반죽의 숙성이 진행되어 빵의 부피가 오히려 더 커지는 것을 알 수 있었다.

-70°C air freezer에서의 초저온 냉동은 -20°C air freezer보다 냉동 속도는 빠르지만^(23,24) 최종 제품인 빵의 부피가 현격히 감소되는 것을 Table 3의 결과를 통해 알 수 있는데, 초저온 냉동이 얼음 결정을 작게 하는 데는 유리하지만 yeast 손상으로 발효 장애가 나타나는 것으로 생각된다. 또한 -20°C 침지식 냉동과 공기 송풍식 냉동 방법을 비교하였을 때 동일한 -20°C 냉동일지라도 침지식 냉동을 할 경우 냉동 시간도 짧으며 유의적인 차이(p<0.05)는 없지만 침지식 냉동으로 제조된 반죽을 이용한 빵의 SV가 더 높은 것으로 보아 침지식 냉동 방법이 일반적인 냉동공학에서 알려진 바와 같이

냉동 반죽의 제조에도 유리하다는 것을 알 수 있다.

냉동에 의한 yeast의 활성 저하로 인하여 냉동 반죽으로 만든 빵은 90분간 동일한 시간 동안 발효하면 냉동하지 않은 것과 비교하여, 부피가 매우 감소되었다 따라서 발효시간을 연장하여 부피를 냉동하지 않은 것만큼 증가되도록 하고자 해동 후 발효 시간을 달리하여 발효한 후 baking된 빵의 발효 시간에 따른 specific volume을 측정하였다. Fig. 2의 결과와 같이 발효하지 않고 냉동한 반죽을 해동 후 발효시킬 경우 냉동 장애가 적어서 침지식 냉동 방법을 이용한 경우는 대조구와 동일하게 90분간 발효하여도 -20°C 냉동은 대조구와 차이가 없으며 -10°C에서는 오히려 부피가 크므로 발효 시간을 연장 할 필요가 없었다. 그러나 air freezer에서 냉동한 것 중 -20°C에서 냉동 저장된 것(A22)은 대조구와 큰 차이가 없으나 -70°C air freezer에서 냉동한 것은 90분간 발효하였을 때 빵 부피의 감소가 뚜렷하여 발효시간을 연장하였다. -70°C에서 초기 냉동하여 -20°C air freezer로 이동시킨 반죽(A72)은 30분 더 연장하여 120분간 발효하면 대조구보다 더 부피가 증가되었다. 그러나 90분간 발효하였을 때 가장 부피가 적었던 -70°C air freezer에서 저장된 시료는 180분간 발효하였을 때 대조구와 유사한 부피를 얻을 수 있었다. 발효 후 냉동한 반죽은 냉동 장애가 더 커서 빵의 부피가 90분간 재 발효 할 경우 -10°C 침지식 냉동을 제외하고는 매우 감소되었다. 따라서 빵의 부피를 냉동 장애를 입지 않은 제품만큼 얻기 위하여 더욱 긴 재 발효 시간이 소요되었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 -10°C 침지식 냉동을 제외하고는 150분 이상을 발효하여야만 대조구와 유사한 부피를 얻을 수 있었다. 특히 발효된 반죽은 -20°C air freezer에서 냉동, 저장된 반죽이 가장 긴 재 발효 시간을 필요로 하는 것을 알 수 있다. 이러한 재 발효 시간의 연장에 따른 빵의 부피 증가는 김⁽²³⁾의 연구에서도 냉동 방법에 따른 발효 중의 CO₂ 발생량을 측정 한 결과에서 발효한 반죽과 발효하지 않은 반죽간에 뚜렷한 CO₂ 함량의 차이가 있었으며, 장시간 발효를 계속하면 CO₂ 발생량이 대조구와 같이 증가되었다는 결과와 일치하였다.

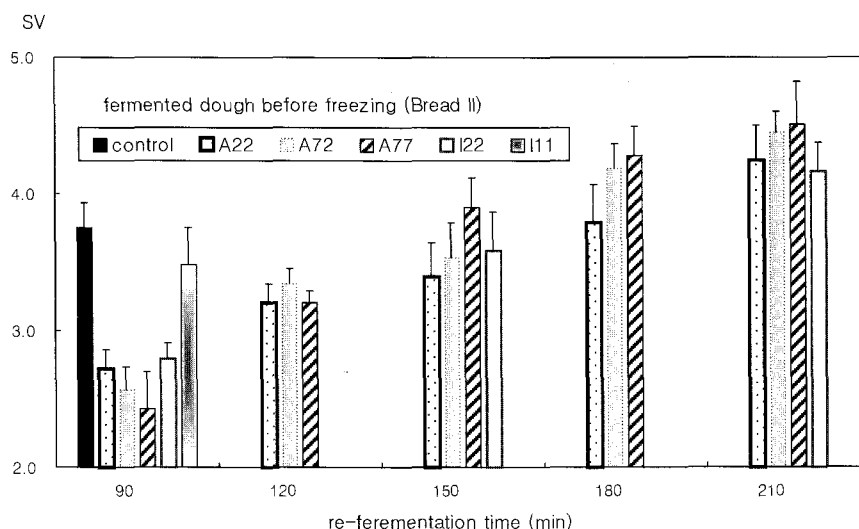


Fig. 3. Specific volume (SV) of breads.

Doughs are fermented for 90 min, frozen, stored, de-frosted and re-fermented for the different time.

온도가 낮을 수록 냉동속도가 빠르고, 온도가 높을수록 yeast의 활성 저하가 적기 때문에 냉동 반죽에서 두 가지 조건을 만족시키는 환경은 서로 상충적인 것을 알 수 있었다. 그러나 위의 실험 결과를 종합하였을 때, 냉동 전에 반죽을 발효하지 않고 -10°C 침지식 냉동하여 저장하거나 -20°C에서 초기에 급속냉동을 하고, -20°C air freezer에 저장하여도 초기 냉동 속도가 빠르고 저장 기간 중 -20°C는 초저온이 아니므로 yeast의 활성 저하도 적어서 가장 바람직한 방법으로 생각된다. 또한 반죽의 냉동 연구를 통하여 냉동속도조절에 가장 결정적 요인은 역시 냉동 방법과 온도인 것을 확인할 수 있었다. 연구에 이용된 programmable deep freezer는 당초 예상하였던 것과는 달리 -70°C의 초저온 냉동에서도 -20°C 침지식 냉동고에 비하여 냉동속도가 현저히 늦으므로 냉동 반죽제조에 immersion freezer 보다 덜 효율적인 것을 확인할 수 있었으며, 냉동 빵 저장을 좀더 효과적으로 하기 위하여 immersion type의 냉동고의 보급이 필요한 것으로 생각된다.

요 약

제빵에 이용 할 반죽을 발효하거나 발효하지 않은 상태로 다섯 가지의 다른 냉동 및 저장 환경에서 냉동하고 일주일 간 저장하여 해동 한 후 제조된 빵의 품질을 비교하였다. 냉동속도가 빠르더라도 발효한 후 냉동된 반죽은 빵의 부피가 감소하였으며 이러한 문제점은 침지식 냉동 방식에서도 해결되지 않았다. -70°C의 초저온 냉동은 -20°C 침지식 냉동고에 비하여 냉동 온도가 매우 낮으나, 냉동 속도도 느리고 해동 후 재 발효하여도 빵의 부피가 작아서 효과적인 냉동 방법이 되지 못하였다. 반면 냉동 속도는 느리지만 -20°C 공기 송풍식 냉동고가 -70°C 공기 송풍식 냉동고보다 냉동에 따른 장해가 적어서 반죽의 발효가 잘되었다. 동일한 온도일 때는 침지식 냉동이 더욱 효과적이었으며 침지식 가운데도 온도가 더 높은 -10°C 냉동이 가장 효과적이어서 발효하지 않고 냉동하여 재 발효 할 경우 대조구보다도 오히려 반죽

의 발효가 잘되어 빵의 부피가 더 컸다. 따라서 본 연구에 이용한 방법 가운데 -70°C 공기 송풍식 냉동고에서 냉동, 저장하는 것이 가장 비효율적이며 침지식 냉동방법들이 냉동 온도가 높더라도 오히려 해동 후 발효 장해가 적어서 효율적이었다. 위의 실험 결과를 종합하였을 때, 냉동 전에 반죽을 발효하지 않고 -10°C 침지식 냉동고에서 냉동하여 저장하거나, -20°C 침지식 냉동고에서 초기에 냉동을 하고, -20°C air freezer에 저장하는 방법이 가장 효과적이었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지역대학 우수과학자지원연구(과제번호 2000-1-22000-008-02)의 일부로 지원에 감사드립니다. 또한 실험용 밀을 제분하여 주신 (주)대선제분에 감사드립니다.

문 헌

- Best, D. Economic potential of frozen and refrigerated doughs and batters. pp. 1-18. In: Frozen & refrigerated dough and batters. Kulp, K., Lorenz, K. and Brummer, J. (eds.). American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA (1995)
- Suh, N.S. Trends of technology development in the baking industry. Korean J. Food Nutr., 10: 209-218 (1994)
- Lee, T.H. Present and future of frozen food industry. Food Sci. Ind. 24: 3-15 (1991)
- Inoue, Y. and Bushuk, W. Effects of freezing, frozen storage and thawing on dough and baked goods. pp. 367-400. In: Freezing effects on food quality. Jeremiath, L.E. (ed.). Marcel Dekker, NY, USA (1996)
- Wolt, M.J. and D'Appolonia, B.L. Factors involved in the stability of frozen dough. I. The influence of yeast reducing compound on frozen dough stability. Cereal Chem. 61: 209-212 (1984)
- Wolt, M.J. and D'Appolonia, B.L. Factors involved in the stability of frozen dough. II. the effects of yeast type, flour type, and dough additives on frozen dough stability. Cereal Chem. 61: 213-221 (1984)
- Hino, A., Takano, H. and Tanaka, Y. New freeze-tolerant yeast for frozen dough preparations. Cereal Chem. 64: 269-275 (1987)

8. Hahn, Y.S. Screening of freeze-tolerant baker's yeast and its mechanism of freeze injury. NaraWoman's Univ. (1990)
9. Baguena, R. Soriano, M.A. Martinez-anaya, M.A. and Benedito de Barber, C. Viability and performance of pure yeast strains in frozen wheat doughs. *J. Food Sci.* 56: 1690-1698 (1991)
10. Casey, G.P. and Foy, J.J. Yeast performance in frozen doughs and strategies for improvement. pp. 19-52. In: *Frozen and refrigerated doughs and batters*. Kulp, K., Lorenz, K. and Brummer J. (eds.) American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, USA (1995)
11. Lehmann, T.A. and Dreese, P. Stability of frozen dough-effects of freezing temperatures. *Tech. Bull. Am. Inst. Baking* 3: 1-5 (1981)
12. Marston, P.E. Frozen dough for bread making. *Bakers Digest* 52: 18-20, 37 (1978)
13. Hsu, K.H., Hosenev, R.C. and Seib, P.A. Frozen dough. I. Factors affecting stability of yeasted dough. *Cereal Chem.* 56: 419-424 (1979)
14. Hsu, K.H., Hosenev, R.C. and Seib, P.A. Frozen dough. II. Effects of freezing and storing conditions on the stability of yeasted doughs. *Cereal Chem.* 56(5): 424-426 (1979)
15. Holmes, J.T. and Hosenev, R.C. Freezing and thawing rates and the potential of using a combination of yeast and chemical leavening. *Cereal Chem.* 64(4): 348-351 (1987)
16. Neureneuf, O. and Van der plaat, J.B. Preparation of frozen french bread dough with improved stability. *Cereal Chem.* 68: 60-66 (1991)
17. Inoue, Y. and Bushuk, W. Studies on frozen dough. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and theological properties. *Cereal Chem.* 68: 627-631 (1991)
18. Inoue, Y. and Bushuk, W. Studies on frozen doughs. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. *Cereal Chem.* 69: 423-428 (1992)
19. El-Hady, E.A., El-Samahy, S.K., Seibel, W. and Brummer, J.M. Changes in gas production and retention in non-fermented frozen wheat doughs. *Cereal Chem.* 73: 472-477 (1996)
20. Varriano-Marston, E., Hsu, K.H. and Mahdi, J. Rheological and structural change in frozen dough. *Bakers Digest* 54: 32-34 (1980)
21. Desrosier, N.W. and Desrosier, J.N. Principles of food freezing. pp. 110-151 In: *The technology of food preservation*, 4th ed. Desrosier, N.W. and Desrosier, J.N. (eds.) AVI publishing, Westport, CN USA (1977)
22. Bender, L.D. and Lamb, J. The preservation of yeast viability in frozen dough. *J. Sci. Food Agric.* 28: 952-953 (1977)
23. Kim, D.H. Investigation of zone of maximum ice crystal formation of frozen dough. M.S. thesis, Keimyung Univ., Dae-Gu (2001)
24. Kim, D.H. and Koh, B.K. Freezing and fermentation curves of the dough frozen at the different freezing condition. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 99-104 (2002)
25. AACC Approved Methods. 9th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1995)
26. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1990)

(2002년 1월 10일 접수)