KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 35, No. 1, pp. 92~96 (2003)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

1차 발효 후 냉동생지를 이용한 빵의 특성에 미치는 비타민 C의 영향

이정훈 · 최두리[1] · 이시경[1,*] · 민상기[2]
안산공과대학 호텔조리과, [1]건국대학교 응용생물화학과, [2]건국대학교 축산가공학과

The Effect of Vitamin C on Properties of the Breads Made by Dough Frozen after 1st Fermentation

Jeong-Hoon Lee, Doo-Ri Choi[1], Si-Kyung Lee[1,*] and Sang-Gi Min[2]
Department of Hotel Culinary Arts, Ansan College of Technology
[1]Department of Applied Biology and Chemistry, Kon Kuk University
[2]Department of Animal Product Science, Kon Kuk University

Effects of vitamin C on the properties of bread including number of yeast cells, volume of bread, specific loaf volume, and hardness and sensory characteristics were evaluated. Vitamin C was added at various amounts to frozen doughs made through sponge & dough method using sweet dough formula and quickly frozen at –40°C. Doughs were stored for 4 weeks at –20°C. Evaluations were done after frozen dough was thawed, fermented, and baked every week. The bread with 150 ppm vitamin C revealed higher yeast cell survival rate during freezing storage, and higher specific and bread volumes than other doughs. Hardness of bread increased with increasing amount of vitamin C added. Bread with 100 ppm vitamin C revealed the highest sensory score. Consequently, addition of 100 ppm vitamin C to bread dough resulted in the highest overall evaluation.

Key words: frozen dough, bread, vitamin C

서 론

오늘날 외식산업의 발전으로 빵 소비가 증가하여 제품의 질적인 면과 영양적인 면을 강조하고 있다. 대량생산 체계의 제과업계는 window bakery 및 in-store bakery로 유통구조를 변화시켜 소비자에게 신선한 제품을 공급하고자 하는데 관심을 가지게 되어[1,2] 냉동생지 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다. 냉동생지는 1960년대 이래 많은 연구가 진행되어[3] 약 15년 전부터 급격한 신장을 보이고 있다. 냉동생지란[4] 빵 반죽을 제빵공정 도중에 동결시킨 것으로 생지를 해동하면 제빵공정을 재개할 수 있다. 이는 중앙 공장에서 집중적으로 대량 생산된 냉동생지를 소규모의 bakery에 공급하여 숙련된 기술 없이 간단한 조작으로 신선한 제품을 만들 수 있는 장점이 있다. 반죽 안정제의 개발[5]로 1차 발효 후 성형 냉동, 2차 발효 후 냉동[6], 반제품 및 완제품 냉동[7], 냉동생지를 오븐에서 직접 굽는 방법[8] 등이 병행되고 있다. 그러나 비 냉동제품에 비하여 냉동생지는 발효 중 생성된 초산, 젖산, 낙산, 카프로인산 등의 유기산이나 알코올에 의하여 동결이나 냉동저장 중 효모의 사멸, 냉동저장 중 사멸된 효모에서 용출되는 환원성 물질인 glutathione에 의해 글루텐의 disulfide (-S-S-)가 -SH로 환원되어 부피가 감소된다[9]. 이러한 부피감소를 보완하기 위하여 Almeida 등[10]과 Hino 등[11]은 냉동에 강한 내한성 효모를 사용하였고 특히 Hahn[12]과 Takagi 등[13]은 냉동생지용 내한성 효모를 천연에서 분리하였다. Matsutani 등[14]은 유전자 변형으로 새로운 효모 균주를 개발하였고, Nakagawa와 Ouchi 등[15]은 냉동 전 발효생지를 열처리로 냉동 중 효모 세포에 손상을 감소시켰다. 냉동 중 효모의 생존율을 최대화하기 위하여 냉동생지의 제조는 No-time dough method에 의한 것이 일반화[16]되어 있으나 비 냉동제품에 비하여 제조시간을 많이 요구하고 있다. 밀가루 반죽의 글루텐이 냉동저장 중 손상되는 것을 방지하기 위하여 비타민 C나 azodicarbonamide(ADA)같은 첨가물을 사용하였다[8]. Kuzuko 등[17]은 비 냉동제품 빵에 egg yolk를 사용하여 효모 사멸률을 감소시켰으며, sugar ester를 사용하여 냉동저장동안 단백질의 변성을 방지하였다.

본 연구는 냉동생지 제조시 모닝롤 빵 배합률로 가당 중종법에 의해 반죽을 1차 발효 시킨 후 성형·냉동하여 빵의 풍미를 비 냉동제품에 근접하도록 하고자 하였으며, 비타민 C의 첨가가 냉동생지 및 제품에 미치는 영향을 조사하기 위하여 냉동 저장기간에 따른 효모의 생균수 측정, 완제품의 부피와 비용적, 저장기간에 따른 빵의 hardness 측정으로 조

*Corresponding author : Si-Kyung Lee, The Department of Applied Biology and Chemistry, Kon Kuk Unversity, Seoul 143-701, Korea
Tel: 82-2-450-3759
Fax: 82-2-456-7183
E-mail: lesikyung@kkucc.konkuk.ac.kr

Table 1. Formula of the frozen dough (unit: baker's %)

Ingredients	Sponge	Dough
Bread flour	70	30
Granulated sugar	3	12
Butter	-	12
Instant dry yeast	1.2	0.8
Mineral yeast food	0.1	-
Water	42	8
Salt	-	1.5
Whole egg	-	8
NFDM[1)]	-	4
Vitamin C	-	variation

[1)]Non fat dry milk.

Table 2. Composition of mineral yeast food

Ingredients	%
$(NH_4)_2SO_4$	34.5
$CaSO_4$	8.0
diastase	0.5
starch	57.0
Total	100

직감 진행 등을 분석하여 1차 발효 후 냉동생지의 이용 가능성에 대한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

재료

밀가루는 단백질 13%, 회분 0.4%, 수분 13.5%의 강력 1등급(대한제분), 설탕은 순도 99.0%의 정백당(삼양사), 인스턴트 드라이 효모는 건조효모 98.9% (DMS Ltd., England), 비타민 C는 순도 100%(Rochu Co., Ltd., Swiss), 버터는 롯데삼강(주)의 제품을 사용하였고 이외의 재료는 시판용을 사용하였다.

생지조성

냉동생지용 모닝롤 배합률은 Table 1과 같으며 생효모 대신에 냉동장해가 적은 인스턴트 드라이 효모로 생효모의 40%를 사용하였다[18]. 보통 가당 중종법에서 효모는 스펀지에 모두 사용하나 본 실험에서는 1차발효 후 냉동하였기 때문에 발효에 의한 효모의 냉동장해를 줄이기 위하여 도우에도 일부 사용하였다. 비타민 C는 도우에 각각 0, 50, 100, 150 ppm 첨가하였다. 이스트푸드의 배합률은 Table 2와 같다.

냉동생지 및 제품제조

모닝롤 배합률로 가당 스펀지 및 도우법[19]에 따라 스펀지 재료를 Hobart mixer(Hobart A200, China)로 120 rpm에서 3분, 220 rpm에서 2분간 혼합 후 스펀지 온도를 26°C로 맞추어 온도 27°C, 상대습도 75%의 발효실에서 2시간동안 1차 발효시켰다. 스펀지와 나머지 재료를 Hobart mixer에서 120 rpm으로 3분, 220 rpm에서 2분간 혼합하여 버터를 넣고 120 rpm에서 3분간 혼합 후 220 rpm에서 5 분간 더 혼합하여 반죽을 제조하였다. 제조된 반죽을 상온에서 15분간 휴지시켜 30 g씩 분할하여 둥글리기(Kamata KY 250 Dough Sheeter, Japan) 한 후 15분간 중간발효 시켰다. 재 둥글리기하여 평철판에 배열 후 −40°C의 급속냉동고(Daiwa HY- LT1, Japan)에서 중심온도를 −15°C까지 약 30분간 냉동시킨 후 polyethylene bag에 각각을 12개씩 덕용포장하여 −20°C의 냉동저장고(77w-1045, Sam Sung Electronic Co., Korea)에서 온도변화 없이 1주에서 4주간 저장하였다. 냉동생지를 1주 간격으로 평철판에 12개씩 배열하여 온도 5°C, 상대습도(RH) 75%에서 5시간[5] 동안 냉동생지의 중심온도를 5°C가 되도록 해동 후 온도 37°C, RH 80%의 2차 발효실에서 70분간 발효시켰다. 발효된 생지를 윗불 210°C, 밑불 170°C의 오븐에서 약 10분간 구워 냉각시킨 다음 실험에 사용하였다.

냉동기간에 따른 효모 생균수의 변화

냉동생지를 −20°C의 냉동고에 4주간 저장하면서 1주 간격으로 5°C의 무균실에서 16시간 해동 후 반죽의 효모 생균수를 표준평판법[20]에 의하여 측정하였다. 해동된 반죽을 1 g 취하여 인산완충 희석수에 10배 단계로 희석한 후 각 단계 희석액 1 mL을 Sabouraud dextrose medium(peptone 10 g, dextrose 40 g, agar 15 g, distilled water 1000 mL, pH 5.6)을 분주한 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하여 32°C의 배양기에서 24~48시간 배양하여 효모의 생균수를 산출하였다.

제품의 비용적 측정

냉동생지를 −20°C의 냉동고에 4주간 저장하면서 1주 간격으로 해동, 발효 및 굽기로 제조한 제품을 40분간 냉각 후 부피를 측정하여 그 부피를 반죽 분할무게로 나누어 비용적[specific loaf volume(cc/g) = bread volume/dough weight]을 측정하였다. 비타민 C의 첨가량에 따라 각각 3개씩 측정하여 그 평균을 자료로 하였다.

제품의 부피측정

냉동생지를 −20°C의 냉동고에 4주간 저장하면서 1주 간격으로 발효·해동 및 굽기로 제조한 제품을 상온에서 40분간 냉각 후 종자치환법[21]에 의하여 부피를 측정하였다.

제품의 조직감 측정

제품의 조직감 변화 진행은 Rheometer(CR-200D, Sun Co., Ltd., Japan)로 table speed(mm/min) 100, chart speed(mm/min) 60, load cell range(kg) 1, critical area(mm^2) 314, % deformation 25의 조건에서 hardness를 측정하여 비교 분석하였다. 저장한 냉동생지를 1주 간격으로 해동·발효 후 구워 상온에서 40분간 냉각하고 polyethylene bag에 포장하여 빵의 내부를 가로 및 세로 3 cm로 잘라 시료당 5개를 측정하여 오차범위가 큰 최대값, 최소값은 제외하고 3개의 평균을 자료로 하였다.

품질평가 및 관능검사

냉동생지를 −20°C의 냉동고에 4주간 저장하면서 1주 단위

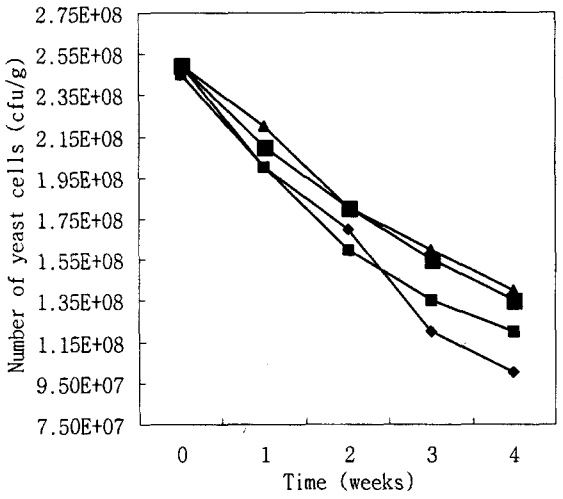

Fig. 1. Effect of vitamin C on the number of yeast cells in frozen dough with storage time.
◆ : control, ■ : frozen dough with vit. C 50 ppm, ▲ : frozen dough with vit. C 100 ppm, ■ : frozen dough with vit. C 150 ppm.

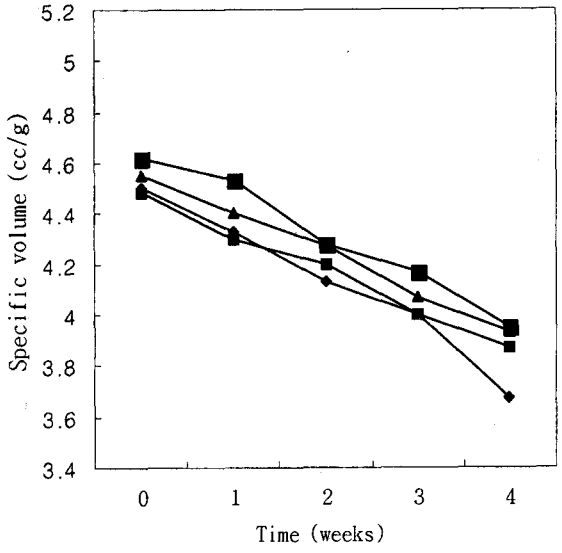

Fig. 2. Effect of vitamin C on the specific volume of breads with time.
◆ : control, ■ : bread made by the frozen dough with vit. C 50 ppm, ▲ : bread made by the frozen dough with vit C 100 ppm, ■ : bread made by the frozen dough with vit. C 150 ppm.

로 해동·발효 후 구워 40분간 냉각하고 polyethylene bag에 8개씩 포장하여 12시간 동안 상온에서 보존하여 시료로 하였다. 품질은 American Institute of Baking(AIB)의 Bread Scoring[21]에 의하여 평가하였다. Panel 요원은 5년 이상 제빵 연구경력이 있는 훈련된 연구원 8명으로 구성하여 개인별로 scoring sheet에 점수를 작성하도록 하여 최상위와 최하위를 제외하고 6개를 평균으로 하여 자료로 하였다.

결과 및 고찰

비타민 C가 냉동생지의 효모 생균수에 미치는 영향

비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지와 비타민 C를 각각 50, 100, 150 ppm 첨가하여 제조한 생지를 −20°C의 냉동고에 4주간 보관하면서 1주 단위로 효모의 생균수를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 생지를 제조한 직후의 생균수는 비타민 C를 첨가하지 않은 생지에서 2.50×10^8 cfu/g이었고, 비타민 C를 50 ppm 첨가한 것은 2.45×10^8 cfu/g, 100 ppm과 150 ppm 첨가한 것은 2.50×10^8 cfu/g로 나타나 비타민 C가 반죽 제조직후의 생균수에는 영향을 미치지 않았으나 저장 1주부터 비타민 C를 첨가한 것에서 생균수가 많이 검출되었다. 특히 저장 3주에 비타민 C를 100 ppm 첨가한 것에서 1.60×10^8 cfu/g로 다소 많은 생균수가 검출되었다. Kwag[22]은 냉동생지를 −20°C와 −30°C에서 저장할 때 온도가 낮은 −30°C에서 냉동장해를 더 받아 생균수가 적게 검출되었다고 보고하였다. 이는 첨가물질도 냉동기간 중 효모의 생균수에 영향을 미치지만 냉동온도와 같은 물리적 환경에 의해서도 효모의 생존이 영향을 받는다고 생각된다.

비타민 C가 제품의 비용적 및 부피 변화에 미치는 영향

비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지와 비타민 C를 각각 50, 100, 150 ppm 첨가한 냉동생지를 −20°C 냉동고에서 4주간 저장하면서 1주 단위로 해동 및 발효시켜 구운 제품의 비용적 변화는 Fig. 2와 같다.

생지를 냉동시키지 않고 직접 구웠을 때 비타민 C를 첨가하지 않은 것과 50 ppm 첨가한 것이 각각 4.5 cc/g와 4.48 cc/g로 낮은 비용적을 나타냈고 비타민 C를 100 ppm 첨가한 것이 4.55 cc/g, 비타민 C를 150 ppm 첨가한 것이 4.62 cc/g로 상대적으로 높은 비용적을 나타냈다. 냉동저장 기간이 길어질수록 비용적의 감소가 나타나 냉동저장 4주에서 비타민 C를 150 ppm 첨가한 것이 3.95 cc/g, 100 ppm을 첨가한 것이 3.93 cc/g, 50 ppm 첨가한 것이 3.87 cc/g로 나타나 첨가량이 많을수록 높은 비용적을 나타냈다. Tanaka 등[9]은 냉동생지에서 생지의 냉동저장 중 사멸된 이스트에서 용출되는 glutathione이 글루텐 조직을 약화시켜 가스포집력이 저하되어 부피가 작아지게 되는데 비타민 C를 첨가하면 부피를 개선할 수 있다고 하였다.

한편 비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지와 비타민 C를 각각 50, 100, 150 ppm 첨가한 냉동생지를 해동 및 발효시켜 구운 제품의 부피 변화는 Fig. 3과 같다. 반죽제조 후 냉동시키지 않고 구운 제품의 부피는 대조구가 135 cc이었고, 비타민 C를 50 ppm 첨가한 것이 134 cc, 100 ppm 첨가한 것이 136 cc, 150 ppm 첨가한 것이 139 cc로 냉동생지 제조시 비타민 C의 첨가량이 많을수록 빵의 부피가 커짐을 나타냈다. 이것은 비타민 C가 밀가루 산화제로 글루텐 단백질과 작용하여 글루텐구조를 더욱 크게 하여 효모가 생성한 CO_2가스를 포집하는 능력이 향상되었기 때문이라는 Varriano[23]의 연구결과와 일치하였다. 냉동저장 기간이 경과할수록 부피가 적어지는 경향은 비슷하였으나 비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지에서 가장 심하였다. 냉동저장 4주에서 비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지가 110 cc, 비타민 C를 50 ppm 첨가한 것이 116 cc, 100 ppm과 150 ppm 첨가한 것이 118 cc로 비타민 C를 많이 첨가한 것에서 상대적으로 큰 부피를 나타

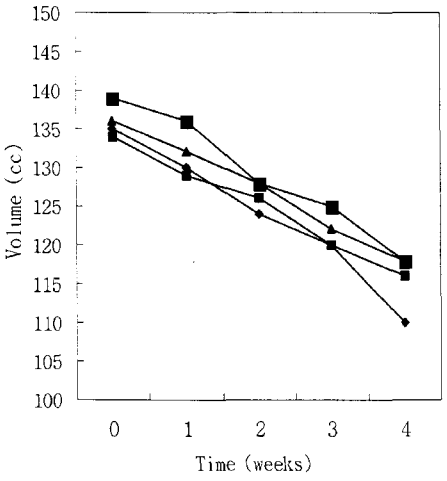

Fig. 3. Effect of vitamin C on bread volume with time.
◆ : control, ■ : bread with vit. C 50 ppm, ▲ : bread with vit. C 100 ppm, ■ : bread with vit. C 150 ppm.

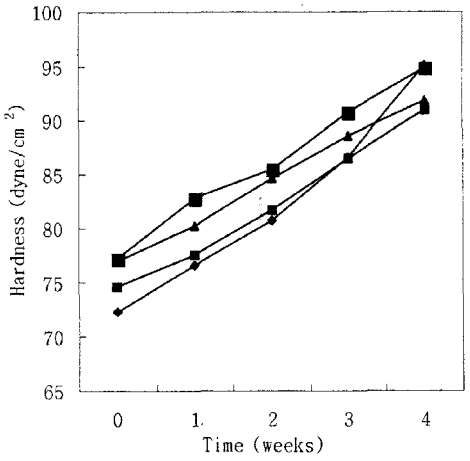

Fig. 4. Effect of vitamin C on bread hardness with time.
◆ : control, ■ : bread made by the frozen dough with vit. C 50 ppm, ▲ : bread made by the frozen dough with vit. C 100 ppm, ■ : bread made by the frozen dough with vit. C 150 ppm.

내 1차발효 후 냉동생지에서도 비타민 C가 제품의 부피에 영향을 주었다. 이상의 결과는 Jang[24]이 연구한 No-Time법으로 제조한 냉동생지에서 비타민 C의 첨가가 냉동생지를 해동 후 발효하여 구웠을 때 부피가 커진다는 연구와 일치하였다.

제품의 조직감에 미치는 영향

비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지와 비타민 C를 50, 100, 150 ppm 첨가한 냉동생지를 4주간 냉동저장하면서 1주 단위로 해동 및 발효시켜 구운 제품의 조직감 진행을 분석하기 위한 hardness 측정결과는 Fig. 4와 같다. 냉동시키지 않은 경우 비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지의 hardness값이 72.322 dyne/cm^{2}로 가장 낮은 값을 나타냈고 비타민 C를 50 ppm 첨가한 것이 72.624 dyne/cm^2, 100 ppm 첨가한 것이 76.924 dyne/cm^2, 150 ppm 첨가한 것이 77.256 dyne/cm^{2}로 비타민 C의 첨가량이 많을수록 높은 수치로 조직이 부드럽지 못함을 나타냈다. 냉동저장 기간이 경과할수록 비타민 C를 많이 첨가한 것에서 hardness값이 높은 값을 나타냈는데 저

Table 3. Comparative sensory evaluation of breads baked from frozen dough

Portion	Perfect Score	Control	A[1]				B[2]				C[3]			
			1 w[4]	2 w	3 w	4 w	1 w	2 w	3 w	4 w	1 w	2 w	3 w	4 w
External														
Volume	10	10	10	9	8	7	10	9	8	8	10	10	9	8
Color of crust	8	8	8	8	7	7	8	8	8	7	8	8	7	7
Symmetry	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2
Evenness of bake	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	2
Character of crust	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Break & shred	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2
External subtotal	30	29	28	26	26	23	29	28	24	24	29	28	24	23
Internal														
Grain	10	10	9	9	8	7	10	10	9	8	9	9	9	8
Color of crumb	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8	10	9	8	8
Aroma	10	9	10	9	9	9	10	9	9	9	9	10	9	8
Taste	15	15	14	13	13	13	14	14	13	13	15	14	14	13
Mastication	10	10	9	9	8	8	9	9	8	8	10	9	9	8
Texture	15	15	14	13	13	13	15	14	14	13	14	14	13	13
Internal subtotal	70	69	65	62	60	59	67	65	62	59	67	65	62	58
Total score	100	98	93	88	86	82	96	93	92	83	95	93	86	81

[1]Bread made by the frozen dough with vitamin C 50 ppm.
[2]Bread made by the frozen dough with vitamin C 100 ppm.
[3]Bread made by the frozen dough with vitamin C 150 ppm.
[4]Weeks

장 4주에서 비타민 C를 첨가하지 않은 냉동생지에서 95.163 dyne/cm^2, 비타민 C를 50 ppm첨가한 것이 90.998 dyne/cm^2, 100 ppm첨가한 것이 91.884 dyne/cm^2, 150 ppm첨가한 것이 94.886 dyne/cm^{2}이었다. 이상의 실험에서 비타민 C는 밀가루 글루텐을 산화시켜 단단하게 변화시킴으로 식감에 영향을 주는 것으로 나타났다. Ronald[25]는 제빵에서 산화제를 과량 사용하면 반죽이 강해져 기계성이 나빠지고 빵 내부의 기공이 작아 맛이 거칠어진다고 하였다.

품질평가 및 관능검사

냉동생지를 4주간 저장하면서 1주 간격으로 해동 및 발효 후 구운 제품을 AIB의 bread scoring에 따라 관능검사에 의한 품질평가 결과는 Table 3과 같다. 외적인 평가에서 냉동저장기간에 따른 부피는 비타민 C를 150 ppm 첨가한 냉동생지가 높은 점수를 얻었고 껍질색, 대칭성, 구워진 정도, 껍질 특성, 오븐에서 팽창한 정도 등은 차이를 나타내지 못했다. 내적인 평가 중 기공은 비타민 C를 150 ppm 첨가한 것이 가장 낮은 점수를 얻었고 100 ppm 첨가한 것이 높은 점수를 얻었다. 내부 색과 씹는 식감에서는 150 ppm 첨가한 것에서 상대적으로 높은 점수를 얻었고 조직과 향에서는 거의 동일한 점수를 얻었다. 외적·내적인 종합평가에서 비타민 C를 100 ppm 첨가한 것이 높은 점수를 얻었고 비타민 C를 50 ppm 첨가한 것이 가장 낮은 점수를 얻었다.

요 약

반죽을 중종법으로 제조하여 1차발효 후 냉동생지 제조시 비타민 C의 양을 다르게 첨가하여 효모의 생균수, 제품의 부피, 비용적, 조직감 및 관능검사 등에 미치는 영향을 조사하였다. 효모의 생균수는 비타민 C를 100 ppm 첨가한 것에서 높은 생존율을 나타냈다. 비용적과 부피에서는 비타민 C를 150 ppm 첨가한 것에서 가장 높은 값을 나타냈다. 제품의 조직감에 미치는 영향은 비타민 C의 첨가량이 많을 수록 높은 값을 보여 첨가량이 많을수록 부드럽지 못함을 나타냈다. 관능검사에서는 비타민 C를 100 ppm 첨가한 것이 높은 점수를 얻었다.

문 헌

1. James, L.V. Frozen unbaked dough: past, present, future. Cereal Foods World 24: 42-43 (1979)
2. Tommi, J.L. and Yrjö, H.R. Thermal, dynamic-mechanical and dielectric analysis of phase and state transition of frozen wheat doughs. J. Cereal Sci. 32: 281-292 (2000)
3. Räsänen, J.M., Blanshard, J.R., Mitchell, W.D. and Autio, K. Properties of frozen wheat doughs at subzero temperatures. J. Cereal Sci. 28: 1-14 (1998)
4. Korean Baker's Association. What is frozen dough? pp. 58-60. In: The Monthly Bakery. Korean Bakers Association, Seoul (1995)
5. Ronald, H.Z. Freezing unbaked products, pp. 3908-3914. In: Bread Lecture, American Institute of Baking, USA (1993)
6. Application of freezing and refrigeration technique. Puratos Japan Co., Ltd., Tech. Bull. No. 890,201 (1996)
7. Bernard, S. Preproofed, frozen and crusty bread and method of making same. U.S. Patent 4,788,067 (1988)
8. Kim, S.G., Cho, N.G. and Kim, Y.W. Science of Bread and Cake, pp. 51-56. B&C World Co., Seoul (1999)
9. Tanaka, Y. and Nakae, T. Theory and Practice of Frozen Dough. pp. 39-43, 80-81. Food Research Center, Japan (1982)
10. Almeida, M. and Pais, C. Leavening ability and freeze tolerance of yeasts isolated from traditional corn and rye bread doughs. Appl. Environ. Microbiol. 62: 4401-4404 (1996)
11. Hino, A., Mihara, K., Nakashima, K. and Andano, H. Trehalose levels and survival ratio of freeze-tolerant versus freeze-sensitive yeasts. Appl. Environ. Microbiol. 56: 1386-1391 (1990)
12. Hahn, Y.S. and Kawai, H. Isolation and characterization of freeze-tolerant yeasts from nature available for the frozen dough method. Agric. Biol. Chem. 54: 829-831 (1990)
13. Takagi, H., Iwamoto, F. and Nakamori, S. Isolation of freeze-tolerant laboratory strains of *Saccharomyces cerevisiae* from proline-analogue resistant mutants. Appl. Microbiol. Biotechnol. 47: 405-411 (1997)
14. Matsutani, K., Fukuda, Y., Murata, K., Kimura, A., Nakamura, I. and Yajima, N. Physical and biochemical properties of freeze-tolerant mutants of a yeast *Saccharomyces cerevisiae*. J. Ferment. Bioeng. 70: 275-276 (1990)
15. Nakagawa, S. and Ouchi, K. Improvement of freeze tolerance of commercial baker's yeasts in dough by heat treatment before freezing. Biosci. Biochem. 58: 2077-2079 (1994)
16. Donald, K.D. and Doris, B. Frozen bread dough, effect of dough mixing and thawing methods. Tech. Bull. 8: 1-4 (1986)
17. Kuzuko, H., Nishio, K. and Matsumoto, H. Studies on frozen dough baking. I. Effects of egg yolk and sugar ester. pp. 89-92. American Association of Cereal Chemists, Ins., USA (1992)
18. Lee, J.H., Jeong, J.W. and Choi, J.S. Practical Bread and Cake, pp. 43-44. WhyoungSel Publishing Co., Seoul (2000)
19. Mura, M. Testing Method, p. 17. Japanese Bread Technical Research Center, Japan (1987)
20. Min, K.C., Shim, U.M., Lee, J.U., Cho, S.G., Kim, Y.G., Son, G.M., Son, W.S. and Cho, N.C. Laboratory of Food Microbiology, pp.199-202. Kangmungag Publishing Co., Seoul (2000)
21. Ronald, H.Z. Bread scoring. pp. 1301-1303. Bread Lecture. American Institute of Baking, USA (1993)
22. Kwag, J.W. The effect of frozen process on the bread-making of frozen dough. M.S. thesis, Kon Kuk Univ., Seoul (1999)
23. Varriano, M. Influence of oxidation in frozen dough. Baker's Digest 54: 32-35 (1980)
24. Jang. S.K. Studies in fermentation and thawing conditions of frozen breads. M.S. thesis, Chung Buk Univ., Cheonju (1996)
25. Ronald, H.Z. Bread Lecture, p. 1408. American Institute of Baking, USA (1993)

(2002년 12월 23일 접수; 2003년 1월 29일 채택)