KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 38, No. 1, pp. 59~67 (2006)

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

냉동반죽의 제빵 품질특성에 미치는 유화제와 α-amylases의 영향

박범준[1] · 신언한[1] · 김소미[2] · 박천석*

울산과학대학 호텔조리과[1], 제주대학교 생명자원과학대학[2], 경희대학교 식품공학과

Influence of Emulsifiers and α-Amylases on the Quality of Frozen Dough

Bum-Joon Park[1], Eon-Hwan Sihn[1], and Cheon-Seok Park*

[1]*Department of Hotel Culinary Arts, Ulsan College*

[2]*Department of Biotechnology, Cheju National University*

Department of Food Science and Biotechnology and Institute of Life Science & Resources, KyungHee University

Abstract Effects of α-amylases and emulsifiers on characteristics of frozen bread dough were examined during 12 weeks of storage. Fungal or bacterial α-amylase and various emulsifiers, including monoglyceride (MG), sodium stearoyl-2-lactylate (SSL), and diacetyltartaric acid ester of mono- and diglycerides (DATEM), were added to frozen dough individually and as mixtures. Height of frozen dough at maximum development time, total volume of CO_2 gas, and retention volume increased with increasing content of emulsifiers. indicating addition of enzymes and emulsifiers had significant effect on flexibility of starch-gluten complex in dough. Frozen dough made with bacterial α-amylase showed slightly higher pH during storage than that of frozen dough with fungal α-amylase. Bread made from frozen dough prepared with both enzymes and emulsifiers showed lower specific loaf volume than that of control during storage, whereas highest specific loaf volume was obtained with addition of fungal α-amylase with SSL+MG and bacterial α-amylase with MG.

Key words: α-amylase, emulsifier, frozen dough, rheofermentometer

서 론

Bakery가 발전함에 따라 고객들은 양산된 빵보다는 매장에서 직접 구워주는 빵을 더 선호하고 있다. 이에 따라 냉동반죽에 대한 연구가 1960년대 이래 많이 진행되었다. 냉동반죽은 소비자에게 신선한 제품을 공급할 수 있고, 노동력이 절감되며, 재고 관리가 용이하고, 계획생산이 가능하며, 야간작업이 폐지되는 등의 장점이 있어 그 생산량이 지속적으로 증가되고 있다(1). 그러나 냉동반죽의 주된 문제점은 shelf life가 짧다는 것이다. 약 2-3주의 냉동기간 후에 구운 빵은 품질이 현저하게 떨어진다. 이는 냉동 저장 중, 그리고 해동 중의 이스트 사멸, 사멸된 이스트에서 용출되는 glutathione에 의해 글루텐이 약화되기 때문이고, 이에 따른 제품의 부피 감소, 껍질 표면의 수포형성 및 발효 부족에 의한 이스트취 등의 단점이 나타난다(2).

Dubois 등(3)에 의하면 일반적으로 냉동반죽의 공통된 문제점은 냉동기간이 길어질수록 발효시간이 늘어난다는 것이다. Varriano-Marston 등(4)에 의하면 $KBrO_3$는 저장기간에 대한 발효시간 단축의 효과는 없지만 ascorbic acid와 함께 사용하면 발효시간을 줄이는 효과를 얻을 수 있고, SSL(Sodium Stearoyl Lactylate)을 사용하면 냉동반죽의 안정성을 향상시킨다고 했다. 또한 냉동반죽에 대한 실험의 저장기간은 2개월로 충분하며, 그 이상은 시장상황과 저장공간 등의 이유로 의미가 없다고 알려져 있다. Räsänen 등(5)에 의하면 냉동반죽의 품질저하는 냉동기간 중 효모의 활성저하가 주원인이며 이를 개선하기 위해 발효냉동반죽을 이용하려 하지만 이것 또한 발효된 반죽의 gluten network, 특히 기포형성 시 팽창저하와 얼음결정에 의한 손상에 의해 구조적으로 매우 불안정하다고 한다. 또한 효소(α-amylase)의 사용에 의해 냉동반죽에서 나타나는 부피 저하의 회복은 효소 사용으로 반죽 내의 유리수양 증가가 조직을 부드럽게 하고, 팽창을 더욱 잘되게 하기 때문이라고 한다. Low-temperature scanning electron micrograph technique을 이용한 연구에서 Berglund 등(6)에 의하면, 냉동기간이 길어질수록 반죽의 gluten network는 파열되고, 얇아지며 전분입자가 분리된다고 하였다. 이러한 변화는 반죽의 gluten network를 손상시켜 gas retaining 능력을 감소시키고, 결과적으로 proofing time이 짧아지고 제품의 부피가 작아지게 된다. Autio와 Sinda(1)의 물성학 연구에 의하면 냉동반죽에서 gluten network의 약화와 polymer cross-linking의 감소를 관찰하였다고 하였다 여기서 활성을 잃은 yeast는 반죽의 물성에 아무런 영향을 주지 못했고, 냉동과 해동의 반복을 통한 반죽의 구조적 변화에 의한 조직열화는 yeast의 활성감소로 인한 것이 아님을 보여주었다. 따라서 양질의 밀가루가 강한 gluten network를 형성하여 좋은 품질의 냉동반죽을 만들어 낸다고 하였다.

지금까지 이러한 냉동반죽의 단점을 극복하기 위해, 냉동장해가 적은 이스트, 급속 냉동기술, 비타민 C 등의 항산화제, DATEM 등의 유화제를 사용하였고, 이외에도 부피가 작아지는 단점을 보완하기 위하여 반죽 시 소금과 이스트를 나중에 넣거나, 단백질 함량 증가 또는 난황을 사용하여 이스트 사멸률을 감소시키고 있

*Corresponding author: Cheon-Seok Park, Department of Food Science and Biotechnology and Institute of Life Science & Resources, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea
Tel: 82-31-201-2631
Fax: 82-31-204-8116
E-mail: cspark@khu.ac.kr
Received August 4, 2005; accepted December 9, 2005

다. 또한 sugar ester를 사용하여 냉동저장 동안 단백질의 변성을 방지하거나, 잔탄검, 구아검, 카라기난 등의 hydrocolloid를 반죽에 첨가하여 저장기간을 연장시키고 있다(7). 특히, 최근에는 α-amylase와 같은 효소뿐만 아니라 유화제 중 crumb softener인 monoglyceride(MG) 및 dough strengthener인 sodium stearoyl lactylate(SSL)와 diacetyltartaric acid ester of mono- and diglycerides (DATEM)을 냉동반죽에 첨가하여 냉동반죽으로부터 만든 빵의 crumb softness와 제품의 부피를 개선시키는 연구가 많이 시도되고 있다(8-11).

따라서 본 연구에서는 fungal α-amylase, bacterial α-amylase, dough strengthener 및 crumb softner를 냉동반죽에 첨가하여 저장기간에 따른 냉동반죽의 품질 특성을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

α-Amylase는 효소활성 실험을 통하여 곰팡이에서 유래된 α-amylase(Gist-brocades BSD B.V., Delft, Holland)는 0.01 g/kg을 사용하였고, 세균에서 유래된 α-amylase(Genencor International Asia Pacific PTE, Ltd., Winsland House, Singapore)는 0.002 g/kg을 사용하였다.

유화제는 밀가루에 대하여 연화제(crumb softener)로 사용되는 monoglyceride (MG, 삼풍비앤에프, Korea) 0.5%와 반죽 강화제(dough strengthener)로 사용되는 sodium stearoyl-2-lactylate(SSL, 삼풍비앤에프, Korea) 0.5%, diacetyltartaric acid ester of mono- and diglycerides(DATEM, Kerry Bio-Science, Singapore) 0.5%, 그리고 SSL 0.3%와 MG 0.2%를 혼합하여 사용하였다.

기타 재료는 밀가루(강력 1등급, 대한제분), 물, fresh yeast [Jenico(주)], 설탕(제일제당), 식염[(주)한주], 쇼트닝[롯데삼강(주)], L(+)-Ascorbic acid (Kanto Chemical Co., Inc. Tokyo, Japan)를 사용하였다.

Frozen dough 제조 방법

식빵의 배합률은 Table 1과 같으며 일반 반죽은 AACC 10-10b 방법(12)을 일부 수정한 직접법(straight dough method)으로 하였다. 냉동 반죽 제조 방법은 Fig. 1과 같이 효소와 유화제를 mixing 공정 중에 첨가하는 냉동 반죽법(frozen dough method)을 사용하였다.

제조 공정은 배합기(Maximat N-40S, G. L. Eberhardt GmbH, Gräfelfing, Germany)로 발전 단계까지 혼합하여 반죽 온도를 20±0.5℃, floor time은 0-10분, 반죽 무게는 450 g으로 분할하고 -40℃에서 30분간 급속 냉동기(KOMA CDS, Roermomd, Netherland)로 냉동 후, 폴리비닐 포장지로 포장하여 -20℃ 냉동고(KOMA CDS, Roermomd, Netherland)에 각각 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주 및 12주 저장하여 사용하였다. 공정에 따라 5℃ 냉장고에서 반죽을 12시간 해동 후, 상온에서 반죽 온도를 20℃까지 상승시켜 식빵 틀에 450 g(용적비 3.46 : 1)을 팬닝하여 온도 38℃, 습도 85%의 발효기(Fresh proofer, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd., Seoul, Korea)로 2차 발효 후, 위 온도 200℃, 아래 온도 220℃의 전기 오븐(FDO-7104, Electric Deck Oven, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 20분간 구워 상온에서 1시간 냉각 후 시료로 사용하였다.

Table 1. Frozen bread dough formulation

(Unit; % of flour basis)

Ingredients	Control dough
Flour	100.0
Water	65.0
Yeast (Fresh yeast)	4.0
Sucrose	6.0
Salt	2.0
Non-fat dry milk	3.0
Shortening, non emulsified	4.0
Ascorbic acid	100 ppm

Rheofermentometer 측정

Rheofermentometer 측정(13)은 F3 Rheofermentometer(Chopin S.A, Villeuneuve La Garenne, France)를 사용하였으며, 측정을 위한 반죽 제조는 온도 28.5℃, 밀가루(수분 14.0%) 250 g, 효모(instant dry yeast) 3 g, 식염 5 g, 물은 mixograph 데이터에 기초한 결과에 따라 129.4 mL를 넣었다. 그리고 alvelograph mixer로 먼저 밀가루와 효모(instant dry yeast)를 믹서 볼에 넣고 1분간 혼합한 후 식염과 물을 첨가하여 6분간 혼합하여 315 g을 뽑아내어 측정에 사용하였다. 측정 조건의 Protocole type은 온도 28.5℃, Duration 180 mm, 반죽 무게는 315 g, 원추의 무게(weight used on the sample)는 2 kg, Piston은 standard, Quantity는 1.2%로 하였으며, 측정은 효소와 유화제를 각각 함량별로 첨가하여 3시간 동안 지속적으로 하였다. 또한 냉동 반죽은 Table 1을 냉동 반죽법(frozen dough methed)으로 제조하여 315 g씩 분할하여 -20℃ 냉동고에 저장하면서 시료로 사용하였다.

Rheofermentometer 측정 parameter의 dough development curve는 T_1(최대 팽창 높이까지 소요되는 시간), H_m(dough development

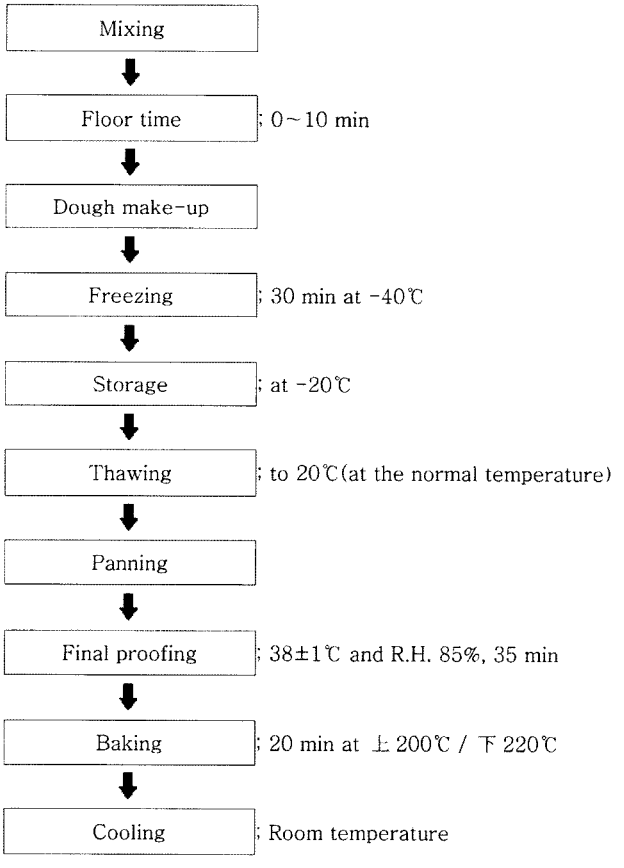

Fig. 1. Breadmaking procedure from frozen dough.

의 최대 높이), h(시험이 끝났을 때 dough development 높이) 및 $(H_m\text{-h})/H_m$(3시간 후 T_1과 비교한 development의 감소율)을 측정하였고, Gaseous release는 H_m(가스 발생 커브의 최대 높이), T_1(가스 발생 커브 최대 높이까지 소요되는 시간), T_x(반죽에서 CO_2 가스가 손실되기 시작할 때의 시간), 전체 부피(A1 + A2 커브에서 가스 발생량), CO_2 가스 손실량과 보유량(mL) 및 CO_2 가스 보유율(%)을 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준 편차를 사용하였다.

반죽의 pH 측정

반죽의 pH 측정(14)은 pH meter(ψTM 300 Series, Beckman Coulter Inc., Fullerto, USA)를 이용하여 반죽 혼합, 1차 발효, 중간 발효, 2차 발효 및 굽기 등의 과정을 거친 후에 반죽 10 g을 취해 250 mL 비커에 넣고 100 mL 증류수를 가해 균일하게 혼합한 후 측정한 값을 10회 반복 측정하여 계산한 평균값과 표준 편차를 사용하였다.

비용적 측정

제품의 부피 측정(15)은 굽기 1시간 후에 loaf volumeter(loaf volumeter, National Cereal Chemistry Equipment, USA)에 유채씨를 사용한 종자 치환법으로 측정한 제품의 부피를 굽기 후 중량으로 나눈 값인 비용적을 10회 반복 측정하여 계산한 평균값과 표준 편차를 사용하였다.

통계 분석

통계 분석은 Statistical Analysis System(SAS)(17) 통계 package를 이용하여 분산분석(one-way ANOVA)를 실시하였고, 각 시료간의 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준으로 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)을 사용하였다.

결과 및 고찰

저장에 따른 냉동반죽의 rheofermentometer 특성

저장에 따른 냉동반죽의 발효특성을 알아보기 위해 rheofermen-

Table 2. Rheofermentometric analysis for development of frozen doughs prepared with fungal α-amylase (0.01 g/kg) and emulsifiers during storage

Treatments	Frozen storage (weeks)	T_1[1] (min)	H_m[2] (mm)	h[3] (mm)	$(H_m\text{-h})/H_m$[4] (%)
Control	0	180.0 ± 0.0[a5)]	5.9 ± 0.0[d]	5.9 ± 0.0[d]	0.0 ± 0.0[c]
	1	179.3 ± 0.5[b]	7.9 ± 0.2[b]	7.8 ± 0.2[b]	1.3 ± 0.5[a]
	2	180.0 ± 0.0[a]	7.4 ± 0.1[c]	7.4 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[b]
	4	180.0 ± 0.0[a]	8.4 ± 0.1[a]	8.4 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	7.9 ± 0.1[b]	7.9 ± 0.1[b]	0.2 ± 0.0[b]
	12	180.0 ± 0.0[a]	4.6 ± 0.1[e]	4.6 ± 0.1[e]	0.2 ± 0.0[b]
MG	0	163.3 ± 0.8[b]	5.3 ± 0.1[d]	5.0 ± 0.2[d]	5.7 ± 0.2[a]
	1	180.0 ± 0.0[a]	6.0 ± 0.1[c]	6.0 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[b]
	2	180.0 ± 0.0[a]	7.0 ± 0.1[b]	7.0 ± 0.1[b]	0.2 ± 0.0[b]
	4	180.0 ± 0.0[a]	8.2 ± 0.1[a]	8.2 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	5.8 ± 0.0[c]	5.8 ± 0.0[c]	0.2 ± 0.0[b]
	12	180.0 ± 0.0[a]	3.1 ± 0.1[e]	3.1 ± 0.1[e]	0.2 ± 0.0[b]
SSL	0	180.0 ± 0.0[a]	5.3 ± 0.1[d]	5.3 ± 0.1[d]	0.1 ± 0.0[b]
	1	180.0 ± 0.0[a]	5.7 ± 0.1[c]	5.7 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[a]
	2	180.0 ± 0.0[a]	6.5 ± 0.1[b]	6.5 ± 0.1[b]	0.1 ± 0.0[b]
	4	180.0 ± 0.0[a]	7.4 ± 0.0[a]	7.4 ± 0.0[a]	0.2 ± 0.0[a]
	8	180.0 ± 0.0[a]	5.7 ± 0.1[c]	5.7 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[a]
	12	180.0 ± 0.0[a]	4.7 ± 0.1[e]	4.7 ± 0.1[e]	0.1 ± 0.0[b]
SSL+MG	0	180.0 ± 0.0[a]	7.2 ± 0.1[b]	7.2 ± 0.1[b]	0.1 ± 0.0[c]
	1	177.8 ± 0.6[b]	5.5 ± 0.3[d]	5.4 ± 0.3[d]	1.8 ± 0.3[a]
	2	180.0 ± 0.0[a]	6.1 ± 0.1[c]	6.1 ± 0.1[c]	0.1 ± 0.0[c]
	4	180.0 ± 0.0[a]	7.6 ± 0.1[a]	7.6 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	5.0 ± 0.1[e]	5.0 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[b]
	12	180.0 ± 0.0[a]	5.0 ± 0.1[c]	5.0 ± 0.1[e]	0.1 ± 0.0[c]
DATEM	0	174.7 ± 0.5[b]	5.3 ± 0.3[d]	5.2 ± 0.5[d]	1.9 ± 0.4[a]
	1	180.0 ± 0.0[a]	7.2 ± 0.1[c]	7.2 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[c]
	2	180.0 ± 0.0[a]	9.1 ± 0.1[b]	9.1 ± 0.1[b]	0.2 ± 0.0[c]
	4	175.3 ± 0.5[b]	12.2 ± 0.5[a]	12.1 ± 0.5[a]	0.8 ± 0.2[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	5.3 ± 0.1[d]	5.3 ± 0.1[d]	0.1 ± 0.0[d]
	12	180.0 ± 0.0[a]	5.5 ± 0.1[d]	5.5 ± 0.1[d]	0.1 ± 0.0[d]

[1)]: Time of maximum rise expressed in minutes, [2)]: Height of maximum dough development under constraint, expressed in mm, [3)]: Height of dough development at the end of the test (T; 3 hours for a whole test, or T; x for a test manually interrupted), [4)]: Lowering of the development percentage after 3 hours compared to T_1, [5)]: Mean ± SD based on 3 samples, [a-e]: Means with different superscripts in a column of each amylase are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

tometer를 이용하여 시간에 따른 반죽의 성상을 측정하였고, 반죽의 형성 커브에 대한 최대 팽창 높이까지 걸리는 시간, 높이 및 감소율에 대한 결과를 나타내었다(Table 2, 3). 곰팡이와 세균모두 최대 팽창 높이까지 걸리는 시간 T_1은 180.0 ± 0.0 분으로 유의적인 차이가 없었다. 다만 저장기간에 따라 최고 팽창 높이는 4주까지 증가하다가 4주 이후부터 다시 감소하는 추세를 보여주었다. 즉, 효소와 유화제를 처리하지 않은 대조구의 경우 초기 5.9 ± 0.0 mm에서 4주 동안 저장하였을 때, 8.4 ± 0.1 mm로 증가하다가 12주째 4.6 ± 0.1 mm로 다시 감소하였고, 곰팡이 효소(0.01 g/kg)와 유화제를 첨가한 경우 역시 4주째까지 증가하였다가 다시 감소하였다(Table 2). 세균에서 유래된 효소(0.002 g/kg)와 유화제를 첨가한 경우 역시 저장기간에 따라 4주까지 최대 팽창 높이가 증가하였으나, 4주 이후 다시 감소하는 경향을 보여주었다. 시험이 끝났을 때 반죽 형성 높이 h에서는 대부분 최대 팽창 높이와 유사하였고, 그에 따라 3시간 후의 감소율에서 대부분 0.2% 이하의 낮은 감소율을 보여주었다. 이는 팽창 후 제빵으로 baking 되기 전까지 팽창된 반죽을 유지할 수 있음을 의미하며, 추후 제빵의 물성학적 성질에 좋은 영향을 주는 것으로 사료된다. 일반적으로 반죽의 팽창은 반죽 내의 효모 발효로 인한 CO_2 생성에 의해서 발생되는 현상(18)으로 저장기간에 따라 gassing power가 줄어들어 팽창이 적게 일어난다(19). 이는 저장 중 효모의 활성이 저하되고, 반죽의 강도가 서서히 쇠퇴하기 때문이며, 또한 냉-해동 과정에서 글루텐 조직에 영향을 주기 때문에(20) 팽창이 적게 일어나는 것으로 사료된다. 따라서 팽창에 대한 특성을 알기 위하여 CO_2 가스의 생성 및 반죽에 미치는 영향을 측정하여 Table 4와 5에 나타내었다.

Table 4의 경우 곰팡이 효소와 유화제를 첨가한 냉동반죽의 저장기간에 따른 gaseous release 특성을 살펴본 것인데, 가스 활생 커브의 최대 높이(H'_m)는 효소와 유화제를 처리하지 않은 대조구에서 67.3 ± 0.2 mm에서 저장기간이 길어짐에 따라 저장 12주째 34.6 ± 0.9 mm까지 감소하였다. 효소와 유화제의 처리 역시 저장기간이 길어짐에 따라 H'_m값도 감소시켰지만 대조구와 비교하여 낮은 감소율을 보여주었다. 특히 유화제 SSL, SSL + MG, DATEM을 첨가한 냉동반죽에서는 각각 약 24, 25, 28%의 감소율을 보

Table 3. Rheofermentometric analysis for development of frozen doughs prepared with bacterial α-amylase (0.002 g/kg) and emulsifiers during storage

Treatments	Frozen storage (weeks)	T_1[1] (min)	H_m[2] (mm)	h[3] (mm)	$(H_m\text{-h})/H_m$[4] (%)
Control	0	180.0 ± 0.0[a5]	5.9 ± 0.0[d]	5.9 ± 0.0[d]	0.0 ± 0.0[c]
	1	179.3 ± 0.5[b]	7.9 ± 0.2[b]	7.8 ± 0.2[b]	1.3 ± 0.5[a]
	2	180.0 ± 0.0[a]	7.4 ± 0.1[c]	7.4 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[b]
	4	180.0 ± 0.0[a]	8.4 ± 0.1[a]	8.4 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	7.9 ± 0.1[b]	7.9 ± 0.1[b]	0.2 ± 0.0[b]
	12	180.0 ± 0.0[a]	4.6 ± 0.1[e]	4.6 ± 0.1[e]	0.2 ± 0.0[b]
MG	0	180.0 ± 0.0[a]	5.1 ± 0.1[d]	5.1 ± 0.1[d]	0.2 ± 0.0[a]
	1	180.0 ± 0.0[a]	6.3 ± 0.1[b]	6.3 ± 0.1[b]	0.2 ± 0.0[a]
	2	180.0 ± 0.0[a]	7.8 ± 0.1[a]	7.8 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[a]
	4	180.0 ± 0.0[a]	7.8 ± 0.1[a]	7.8 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[a]
	8	180.0 ± 0.0[a]	5.6 ± 0.1[c]	5.6 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[a]
	12	180.0 ± 0.0[a]	5.1 ± 0.1[d]	5.1 ± 0.1[d]	0.2 ± 0.0[a]
SSL	0	180.0 ± 0.0[a]	5.0 ± 0.1[d]	5.0 ± 0.1[d]	0.2 ±0.0[c]
	1	157.3 ± 0.9[c]	5.6 ± 0.3[c]	5.5 ± 0.2[c]	1.8 ± 0.5[ab]
	2	180.0 ± 0.0[a]	8.5 ± 0.1[a]	8.5 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[c]
	4	177.0 ± 0.8[b]	8.5 ± 0.3[a]	8.4 ± 0.5[a]	1.2 ± 0.2[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	7.5 ± 0.1[b]	7.5 ± 0.1[b]	0.2 ± 0.0[c]
	12	177.3 ± 0.5[b]	3.5 ± 0.5[e]	3.4 ± 0.4[e]	2.9 ± 0.8[a]
SSL+MG	0	180.0 ± 0.0[a]	7.2 ± 0.1[b]	7.2 ± 0.1[b]	0.2 ± 0.0[c]
	1	180.0 ± 0.0[a]	8.1 ± 0.1[a]	8.1 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[c]
	2	180.0 ± 0.0[a]	6.2 ± 0.1[c]	6.2 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[c]
	4	177.5 ± 0.5[b]	8.5 ± 0.3[a]	8.4 ± 0.3[a]	1.2 ± 0.3[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	4.9 ± 0.1[d]	4.9 ± 0.1[d]	0.2 ± 0.0[c]
	12	177.5 ± 0.8[b]	4.9 ± 0.5[d]	4.8 ± 0.6[d]	2.0 ± 0.5[a]
DATEM	0	165.8 ± 1.6[c]	5.0 ± 0.5[d]	4.9 ± 0.5[d]	2.0 ± 0.5[a]
	1	180.0 ± 0.0[a]	6.8 ± 0.1[c]	6.8 ± 0.1[c]	0.2 ± 0.0[b]
	2	178.3 ± 0.8[b]	8.2 ± 0.3[b]	8.1 ± 0.3[b]	1.2 ± 0.5[a]
	4	180.0 ± 0.0[a]	10.7 ± 0.1[a]	10.7 ± 0.1[a]	0.2 ± 0.0[b]
	8	180.0 ± 0.0[a]	5.3 ± 0.1[d]	5.3 ± 0.1[d]	0.2 ± 0.0[b]
	12	180.0 ± 0.0[a]	5.4 ± 0.1[d]	5.4 ± 0.1[d]	0.2 ± 0.0[b]

[1]: Time of maximum rise expressed in minutes, [2]: Height of maximum dough development under constraint, expressed in mm, [3]: Height of dough development at the end of the test(T; 3 hours for a whole test, or T; x for a test manually interrupted), [4]: Lowering of the development percentage after 3 hours compared to T_1, [5]: Mean ± SD based on 3 samples, [a-e]: Means with different superscripts in a column of each amylase are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

여주어 대조구의 49%보다 현저하게 적은 감소율을 보여주었다. 세균 효소를 첨가하였을 때에는 유화제 MG, SSL+MG, DATEM을 첨가한 냉동반죽에서 각각 약 23, 16, 19%의 감소율을 보여 역시 저장기간에 따라 H_m값을 감소시켰고, 저장기간에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. 이러한 현상은 El-Hady 등(19)의 냉동반죽에서 산화제와 유화제를 첨가하였을 때 H_m값을 낮춘다는 결과와 동일하였다. 가스 발생 최대 높이 H_m의 감소는 냉동반죽 내의 발효력을 가늠할 수 있는 지표(21)로써 저장기간에 따라 발효가 잘 일어나지 않았음을 의미한다. 반죽에서 CO_2 가스가 손실되기 시작할 때의 시간 T_x에서는 저장기간이 증가함에 따라 시간이 증가하는 추세를 보여주었다. 이것은 발효동안 글루텐 조직의 내구력의 증가를 의미하지는 않으며(22), 해동과 발효동안 효모의 활성 저하로 일어난 현상으로 보인다. 저장기간 동안 발효의 감소는 최종 냉동반죽의 부피를 감소시킬 것으로 생각되며 이를 측정하여 Table 4과 5에 나타내었다. 효소와 유화제를 첨가하지 않은 대조구의 경우 발효 후 최종 부피는 저장초기 1131.3±6.8 mL에서 저장기간 동안 감소하여 저장 12주 후 517.6±8.6 mL로 약 54% 감소하였다. 곰팡이와 세균에서 유래된 α-amylase와 유화제를 첨가한 냉동반죽에서는 유화제 SSL+MG를 첨가한 반죽에서 약 18%와 11%로 가장 적은 감소율을 보여주었다. 이러한 결과는 Dziezak(23)의 유화제의 첨가가 냉동저장 중 CO_2 가스 보유력을 높여 부피를 유지하였다는 연구결과와 일치하였다. 또한 저장기간 중 CO_2 가스 손실량에서는 대조구가 저장초기 204.2±1.5 mL에서 저장 12주 후 2.0±0.7 mL로 현저하게 감소하였으며, 이는 발효력 감소에 의한 적게 생산된 CO_2 가스가 반죽 내에 밀집되어 있어 손실량도 줄이는 것으로 생각된다. Bloksma(24)에 의하면 발효에 의하여 생성된 가스가 반죽에 포집되어 가스의 압력이 반죽 안에서 증가할 때 반죽의 tensile stress를 증가시켜 가스의 손실을 막는다고 하여 본 연구결과를 확인할 수 있었다. 보유한 반죽 부피(volume of retention)의 경우 최종 부피에 비례하여 나타났으며, 효소와 유화제의 첨가가 저장 중 부피의 감소를 적게 일으켰다. 즉, 대조구의 경우 저장 초기 927.4±8.1 mL에서

Table 4. Rheofermentometric analysis for changes in gaseous releases of frozen doughs prepared with fungal α-amylase (0.01 g/kg) and emulsifiers during storage

Treatments	Frozen storage (weeks)	H_m[1]	T[2]	T_x[3]	Total volume[4]	Volume of CO_2 lost[5]	Volume of retention[6]	Retention Coefficient
		(mm)	(min)	(min)	(mL)	(mL)	(mL)	(%)
Control	0	67.3±0.2^a	111.0±0.8^e	91.3±0.5^e	1131.3±6.8^b	204.2±1.5^a	927.4±8.1^e	81.9±0.1^f
	1	66.6±0.4^b	117.0±0.5^d	124.3±0.4^c	1337.6±6.2^a	61.7±1.8^d	1276.3±2.2^a	95.4±0.2^c
	2	65.8±0.4^b	117.3±0.6^d	124.3±0.4^c	1340.5±9.5^a	73.0±1.6^c	1267.3±4.9^b	94.6±0.1^d
	4	63.7±0.4^c	120.7±0.5^c	120.8±0.5^d	1325.5±8.8^a	85.4±2.8^b	1240.5±5.6^c	93.6±0.1^e
	8	53.7±0.6^d	165.4±0.5^b	168.5±0.5^b	1000.8±5.2^c	12.2±2.7^e	988.5±7.7^d	98.8±0.1^b
	12	34.6±0.9^e	180.0±0.0^a	180.0±0.0^a	517.6±8.6^d	2.0±0.7^f	515.4±2.9^f	99.6±0.0^a
MG	0	70.3±0.2^a	111.3±0.5^f	135.5±0.7^c	1394.5±7.8^a	83.0±2.5^a	1311.6±7.4^a	94.1±0.2^d
	1	67.6±0.4^b	117.5±0.5^e	141.7±1.2^d	1352.6±7.5^a	39.7±1.7^b	1313.5±7.6^a	97.1±0.2^c
	2	63.3±0.6^c	141.0±0.3^c	150.0±1.3^c	1155.5±5.4^d	22.5±4.0^c	1133.6±5.8^c	98.1±0.1^b
	4	61.6±0.4^d	132.8±0.7^d	133.3±0.5^e	1246.6±3.7^c	38.5±3.8^b	1208.5±4.5^b	97.0±0.0^c
	8	54.0±0.3^e	178.3±0.6^b	178.3±0.3^b	856.5±6.4^e	1.1±0.1^d	855.5±6.8^d	99.8±0.1^a
	12	37.4±0.4^f	180.0±0.0^a	180.0±0.0^a	698.7±10.7^f	2.0±0.9^d	696.3±7.9^e	99.7±0.1^a
SSL	0	69.4±0.8^a	105.6±0.8^d	126.5±0.5^e	1400.8±4.5^a	85.3±5.6^a	1315.5±5.4^a	93.9±0.4^e
	1	66.7±0.4^b	126.3±0.6^c	127.3±0.6^e	1313.5±9.4^b	49.5±4.2^b	1264.5±6.2^b	96.2±0.2^d
	2	62.6±0.4^c	141.5±0.2^a	139.3±1.3^d	1198.5±10.2^c	14.7±2.7^e	1184.4±5.8^c	98.9±0.2^b
	4	62.8±0.4^c	147.7±0.7^a	154.3±0.6^b	1171.8±6.8^d	18.5±2.5^d	1152.0±6.7^d	98.4±0.2^c
	8	57.1±0.6^d	153.8±0.9^b	150.8±0.7^c	1094.7±7.7^d	22.6±3.6^c	1072.5±7.4^e	98.0±0.1^c
	12	52.9±0.8^e	159.4±1.2^b	159.5±0.5^a	1046.3±11.4^e	7.3±1.4^f	1039.5±8.7^f	99.4±0.1^a
SSL+MG	0	70.5±0.4^a	123.3±0.7^d	138.3±0.5^e	1282.7±9.9^e	69.4±1.8^c	1213.4±8.6^c	94.6±0.2^c
	1	68.0±0.5^b	106.3±0.6^e	126.3±0.5^d	1478.6±10.5^a	119.1±2.7^a	1359.2±9.7^a	92.0±0.4^d
	2	65.1±0.5^c	105.5±0.6^e	124.5±0.3^e	1382.6±6.7^b	85.0±1.3^b	1297.8±8.7^b	93.8±0.2^c
	4	63.9±0.7^c	129.3±0.8^c	160.3±0.7^b	1256.7±4.5^d	41.7±0.9^d	1215.0±6.9^c	96.7±0.1^b
	8	57.0±0.4^d	141.5±0.4^b	160.3±1.1^b	1115.4±9.7^e	28.4±0.5^e	1087.3±9.7^d	97.5±0.2^a
	12	52.9±0.2^e	177.8±0.8^a	166.3±0.9^a	1052.2±11.4^f	22.0±0.5^f	1030.8±3.8^e	97.9±0.1^a
DATEM	0	73.2±0.4^a	123.3±1.2^e	148.3±0.8^c	1395.4±8.3^a	45.1±1.5^a	1351.8±10.4^a	96.8±0.2^b
	1	66.6±0.5^b	141.5±0.8^c	141.5±1.2^d	1249.7±7.4^b	30.5±0.7^b	1219.7±9.1^b	97.6±0.2^b
	2	58.5±0.4^c	147.3±0.8^b	177.7±0.8^a	1115.6±12.4^d	7.0±0.2^d	1107.4±11.7^c	99.3±0.3^a
	4	58.3±0.6^c	153.8±0.3^a	156.5±1.8^b	1082.8±5.3^e	8.4±0.6^d	1074.9±6.8^d	99.2±0.2^a
	8	56.9±0.8^c	135.6±0.4^d	154.3±0.5^b	1152.6±9.6^c	42.5±2.6^a	1110.8±3.7^c	96.3±0.2^b
	12	52.5±1.1^d	147.5±0.5^b	147.5±0.6^c	1057.5±5.2^f	11.3±1.2^c	1046.7±5.5^e	99.0±0.1^a

[1]: Maximum height(mm) of the gaseous release curve, [2]: Time (hr) spent to reach H_m, [3]: Appearance time of dough's porosity (time when the dough begins to CO_2), [4]: Total volume of gaseous release in mL (A1+A2), [5]: The carbon dioxide volume released by the dough during its fermentation (A2), [6]: Carbon dioxide volume in mL kept in the dough at the end of the test (A1).

저장 12주 후 515.4 ± 2.9 mL로 현저하게 감소하였지만, 곰팡이에서 유래된 효소와 유화제 SSL, SSL + MG, DATEM을 첨가한 경우 저장 초기 1315.5 ± 5.4 mL, 1213.4 ± 8.6 mL, 1351.8 ± 10.4 mL에서 12주 후 각각 1039.5 ± 8.7 mL, 1030.8 ± 3.8 mL, 1046.7 ± 5.5 mL로 적게 감소 되었다(Table 4). 세균에서 유래된 효소와 유화제를 첨가한 경우에서는 유화제 MG, SSL + MG 및 DATEM을 첨가하였을 때 곰팡이 효소와 유화제를 첨가한 경우와 유사하게 적은 부피 감소율을 보여주었다(Table 5).

이상의 결과에서 냉동반죽의 저장에 따라 발효특성을 살펴볼 때, 저장기간이 증가할수록 효모의 불활성과 냉-해동의 문제로 인하여 발효가 적게 일어남을 알 수 있었으며, 적은 발효는 CO_2 가스의 생성을 줄임으로써 반죽의 높이를 줄이는 것으로 나타났다. 그러나 곰팡이와 세균에서 유래된 α-amylase와 유화제를 첨가한 경우 감소율을 현저하게 줄임으로써 냉동반죽으로 안정성을 부여하였다.

저장기간별 냉동반죽의 pH 변화

냉동반죽의 문제점으로는 저장이 길어짐에 따라 효모의 사멸과 글루텐 조직의 파손 등이 있다. 특히 반죽에 포함된 효모는 냉동 시 생성되는 얼음결정에 의해 세포막의 파괴로 인하여 사멸되고, 발효 중 효모와 세균에 의해 생성된 에틸알코올, 초산, 젖산 및 ethylacetate와 같은 ester 화합물이 냉동저장 시 반죽에 농축되어 효소의 자가소화가 진행시키고 이 또한 효모의 손실을 가져온다(25,26). 이러한 효모의 손실은 냉동저장 중 반죽의 pH를 증가시키는데(27), pH의 증가가 빵에 미치는 영향을 살펴보고자 저장기간별 냉동반죽의 pH를 측정하여 Fig. 2, 3에 나타내었다.

Fig. 2와 3의 결과에서 보면 저장기간에 따라 냉동반죽의 pH는 증가하는 추세를 보여주었다. 즉, 곰팡이와 세균에서 유래된 α-amylase와 유화제를 첨가한 경우와 효소와 유화제를 첨가하지 않은 대조구 모두 저장기간이 길어짐에 따라 pH가 증가하였다. 다만 저장 4주까지는 다소 증가하다가 4주 이후로는 변화의 정

Table 5. Rheofermentometric analysis for changes in gaseous releases of frozen doughs prepared with bacterial α-amylase (0.002 g/kg) and emulsifiers during storage

Treatments	Frozen storage (weeks)	H'_m [1]	T [2]	T_x [3]	Total volume [4]	Volume of CO_2 lost [5]	Volume of retention [6]	Retention Coefficient
		(mm)	(min)	(min)	(mL)	(mL)	(mL)	(%)
Control	0	67.3 ± 0.2^{a}	111.0 ± 0.8^{e}	91.3 ± 0.5^{e}	1131.3 ± 6.8^{b}	204.2 ± 1.5^{a}	927.4 ± 8.1^{e}	81.9 ± 0.1^{f}
	1	66.6 ± 0.4^{ab}	117.0 ± 0.5^{d}	124.3 ± 0.4^{c}	1337.6 ± 6.2^{a}	61.7 ± 1.8^{d}	1276.3 ± 2.2^{a}	95.4 ± 0.2^{c}
	2	65.8 ± 0.4^{b}	117.3 ± 0.6^{d}	124.3 ± 0.4^{c}	1340.5 ± 9.5^{a}	73.0 ± 1.6^{c}	1267.3 ± 4.9^{b}	94.6 ± 0.1^{d}
	4	63.7 ± 0.4^{c}	120.7 ± 0.5^{c}	120.8 ± 0.5^{d}	1325.5 ± 8.8^{a}	85.4 ± 2.8^{b}	1240.5 ± 5.6^{c}	93.6 ± 0.1^{e}
	8	53.7 ± 0.6^{d}	165.4 ± 0.5^{b}	168.5 ± 0.5^{b}	1000.8 ± 5.2^{c}	12.2 ± 2.7^{e}	988.5 ± 7.7^{d}	98.8 ± 0.1^{b}
	12	34.6 ± 0.9^{e}	180.0 ± 0.0^{a}	180.0 ± 0.0^{a}	517.6 ± 8.6^{d}	2.0 ± 0.7^{f}	515.4 ± 2.9^{f}	99.6 ± 0.0^{a}
MG	0	71.1 ± 0.2^{a}	114.3 ± 0.8^{e}	178.3 ± 0.8^{a}	1429.5 ± 13.7^{a}	65.3 ± 0.5^{b}	1364.7 ± 10.8^{d}	95.4 ± 0.2^{c}
	1	67.9 ± 0.5^{b}	117.5 ± 1.1^{d}	126.5 ± 1.2^{f}	1364.5 ± 9.9^{b}	48.7 ± 0.5^{c}	1316.0 ± 3.8^{b}	96.5 ± 0.3^{b}
	2	67.3 ± 0.4^{b}	129.5 ± 1.3^{c}	136.3 ± 0.7^{e}	1258.7 ± 11.4^{c}	50.7 ± 0.5^{c}	1208.7 ± 6.9^{d}	96.0 ± 0.2^{b}
	4	64.9 ± 0.4^{c}	117.3 ± 0.5^{d}	139.3 ± 0.5^{d}	1357.0 ± 7.6^{b}	82.0 ± 0.8^{a}	1275.7 ± 5.6^{c}	94.0 ± 0.2^{d}
	8	57.7 ± 0.7^{d}	141.3 ± 0.7^{b}	160.3 ± 1.4^{b}	1132.4 ± 5.5^{d}	15.7 ± 0.3^{d}	1117.0 ± 4.7^{e}	98.7 ± 0.3^{a}
	12	54.7 ± 0.6^{e}	147.5 ± 0.6^{a}	150.0 ± 0.9^{c}	1081.5 ± 4.5^{e}	16.7 ± 1.7^{d}	1066.8 ± 11.8^{f}	98.6 ± 0.1^{a}
SSL	0	68.2 ± 0.5^{a}	123.3 ± 0.7^{d}	152.3 ± 1.0^{c}	1310.7 ± 12.5^{a}	41.0 ± 1.3^{b}	1269.8 ± 10.6^{a}	96.9 ± 0.2^{d}
	1	66.6 ± 0.4^{b}	123.3 ± 1.5^{d}	138.0 ± 1.7^{f}	1290.3 ± 9.4^{b}	50.0 ± 2.7^{a}	1240.7 ± 7.7^{b}	96.1 ± 0.3^{d}
	2	64.4 ± 0.5^{c}	135.6 ± 1.3^{c}	142.3 ± 0.9^{e}	1248.8 ± 6.6^{c}	48.3 ± 0.8^{a}	1200.0 ± 4.3^{c}	96.2 ± 0.4^{d}
	4	61.2 ± 0.7^{d}	135.5 ± 0.8^{c}	147.5 ± 0.7^{d}	1215.7 ± 8.4^{d}	26.7 ± 1.2^{c}	1189.0 ± 4.2^{d}	97.8 ± 0.2^{c}
	8	57.8 ± 0.6^{e}	159.8 ± 0.9^{b}	159.0 ± 0.8^{b}	1046.7 ± 10.3^{e}	13.7 ± 0.5^{d}	1033.3 ± 12.5^{e}	98.8 ± 0.4^{b}
	12	36.1 ± 0.4^{f}	180.0 ± 0.0^{a}	180.0 ± 0.0^{a}	571.9 ± 11.8^{f}	2.0 ± 0.2^{e}	569.9 ± 11.7^{b}	99.7 ± 0.3^{b}
SSL+MG	0	67.3 ± 0.4^{a}	123.3 ± 0.5^{e}	139.3 ± 1.4^{d}	1318.8 ± 13.5^{a}	45.4 ± 1.3^{c}	1272.4 ± 12.8^{a}	96.5 ± 0.2^{c}
	1	67.3 ± 0.8^{a}	129.5 ± 1.4^{d}	156.5 ± 0.6^{a}	1262.0 ± 6.5^{b}	43.5 ± 0.8^{c}	1219.6 ± 5.7^{b}	96.6 ± 0.4^{c}
	2	65.4 ± 0.5^{b}	177.7 ± 2.4^{a}	142.3 ± 1.4^{c}	1239.7 ± 3.7^{c}	55.5 ± 1.5^{b}	1184.6 ± 4.3^{c}	95.5 ± 0.3^{d}
	4	61.2 ± 0.5^{c}	135.0 ± 1.6^{c}	147.0 ± 0.9^{b}	1215.5 ± 7.5^{d}	26.6 ± 0.7^{d}	1189.8 ± 6.4^{c}	97.8 ± 0.2^{b}
	8	56.7 ± 0.5^{d}	141.0 ± 0.5^{b}	148.3 ± 2.1^{b}	1145.0 ± 10.0^{f}	19.5 ± 0.6^{e}	1126.2 ± 8.9^{d}	98.3 ± 0.2^{a}
	12	56.4 ± 0.7^{d}	135.8 ± 0.6^{c}	133.3 ± 0.5^{e}	1179.9 ± 8.7^{e}	63.5 ± 2.1^{a}	1115.6 ± 7.8^{d}	94.6 ± 0.4^{e}
DATEM	0	74.1 ± 0.4^{a}	177.5 ± 0.5^{a}	175.3 ± 1.1^{a}	1459.7 ± 9.4^{a}	81.6 ± 2.5^{a}	1378.6 ± 8.8^{a}	94.4 ± 0.3^{c}
	1	70.9 ± 0.4^{b}	129.6 ± 1.5^{c}	136.3 ± 0.6^{c}	1337.5 ± 6.7^{b}	50.0 ± 1.3^{c}	1287.4 ± 6.4^{b}	96.3 ± 0.5^{b}
	2	69.2 ± 0.5^{c}	124.3 ± 0.4^{d}	127.3 ± 0.8^{e}	1339.4 ± 5.5^{b}	52.2 ± 1.2^{c}	1287.3 ± 5.6^{b}	96.1 ± 0.4^{b}
	4	67.5 ± 0.5^{d}	123.3 ± 0.6^{d}	132.3 ± 0.6^{d}	1307.8 ± 12.5^{c}	52.2 ± 1.0^{c}	1255.7 ± 10.8^{c}	96.0 ± 0.5^{b}
	8	62.0 ± 0.4^{e}	123.3 ± 1.5^{d}	132.3 ± 1.3^{d}	1259.5 ± 0.8^{d}	76.6 ± 0.8^{b}	1184.6 ± 2.5^{d}	94.0 ± 0.5^{c}
	12	59.8 ± 0.4^{f}	141.7 ± 0.9^{b}	141.5 ± 0.8^{b}	1167.0 ± 10.8^{e}	34.4 ± 0.9^{d}	1133.8 ± 10.5^{e}	97.1 ± 0.5^{a}

[1]: Maximum height(mm) of the gaseous release curve, [2]: Time (hr) spent to reach H'_m, [3]: Appearance time of dough's porosity (time when the dough begins to CO_2), [4]: Total volume of gaseous release in mL (A1+A2), [5]: The carbon dioxide volume released by the dough during its fermentation (A2), [6]: Carbon dioxide volume in mL kept in the dough at the end of the test (A1).

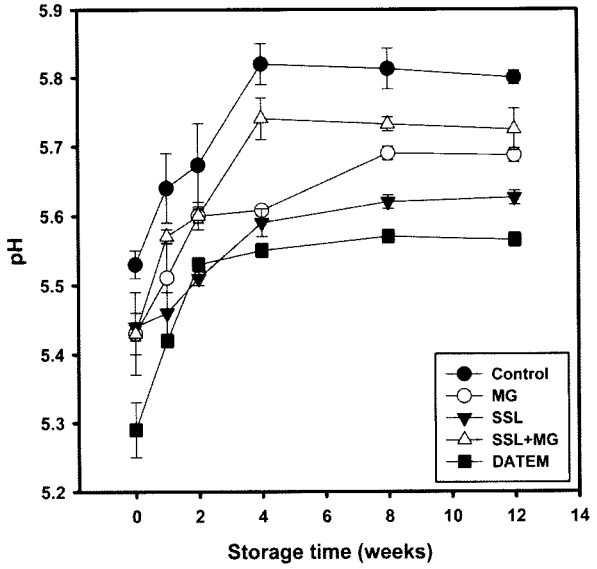

Fig. 2. Changes in pH of frozen doughs with fungal α-amylase (0.01 g/kg) and various emulsifiers during storage.

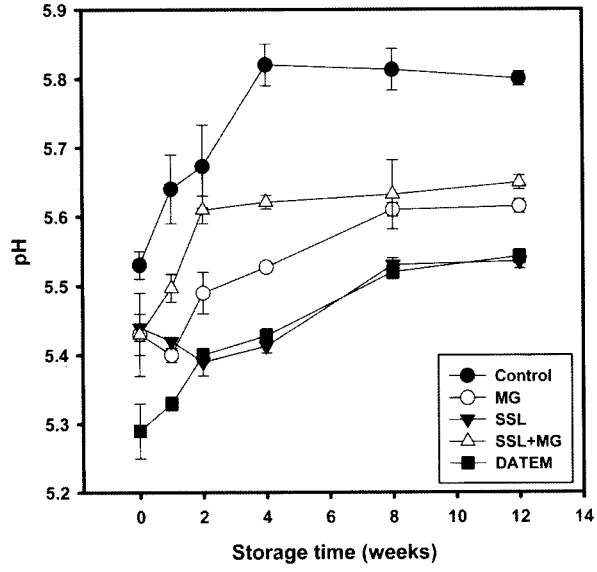

Fig. 3. Changes in pH of frozen doughs with bacterial α-amylase (0.002 g/kg) and various emulsifiers during storage.

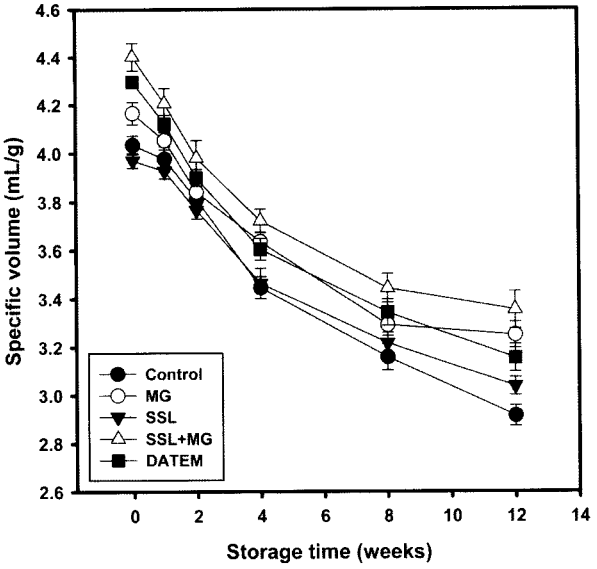

Fig. 4. Changes in specific loaf volume of bread made from frozen doughs with fungal α-amylase (0.01 g/kg) and various emulsifiers during storage.

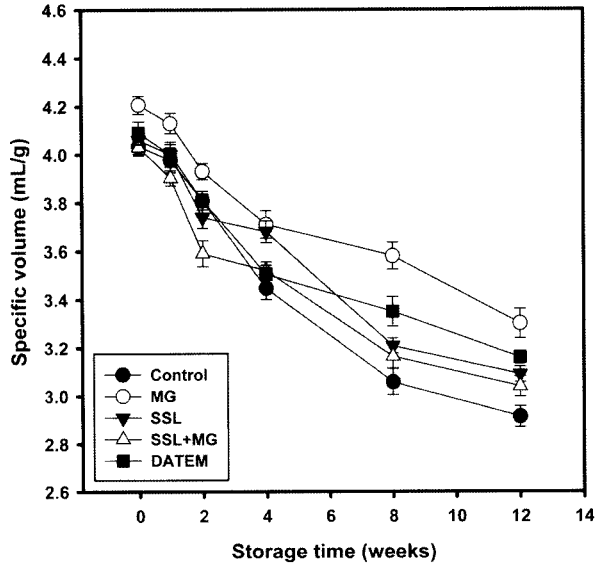

Fig. 5. Changes in specific loaf volume of bread made from frozen doughs with bacterial α-amylase (0.002 g/kg) and various emulsifiers during storage.

도가 미미하였다. 곰팡이와 세균에서 유래된 효소와 유화제를 첨가한 경우 대조구에 비해서 저장기간 동안 계속 낮은 pH를 보여주었으나 효소와 유화제의 첨가가 저장기간에 따른 pH값 상승 억제효과의 유의적인 차이를 보이지는 못했다.

반죽의 pH값은 반죽의 발효, amylase의 호화, gluten 조직에 영향을 주어 저장 기간 동안 pH값 상승은 빵의 비용적 감소를 일으킨다고 한다(28). 따라서, 저장기간이 길어질수록 냉동반죽의 pH는 증가하는 경향을 보이므로 이것이 비용적을 감소시킬 것으로 사료된다.

저장기간별 냉동반죽의 제빵 시 비용적 변화

냉동반죽의 가장 큰 문제점으로는 냉동저장 중 효모의 사멸과 사멸된 효모에서 용출되는 glutathione에 의한 글루텐의 약화로 부피가 감소되는 것이다(29). 냉동반죽에서 글루텐 구조의 약화를 보완하기 위해 반죽 강화제로 sodium stearoyl lactylate(SSL) 또는 diacetyl tartaric acid ester mono and diglycerides(DATEM)를 이용하거나 xanthan gum, guar gum, tragacanth gum, carrageenan gum, carboxymethyl cellulose 등의 hydrocolloid를 첨가하여 얼음결정 형성을 방지하는 연구가 많이 진행되었다(19,30,31).

본 연구에서는 효소와 유화제의 첨가가 냉동저장 중 빵의 비용적에 미치는 영향을 살펴보고자 저장기간 동안 빵의 비용적을 측정하여 Fig. 4과 5에 나타내었다. 곰팡이와 세균에서 유래된 효소와 유화제의 첨가는 빵의 비용적을 대조구에 비하여 증가시키는 결과를 보여주었는데, 저장 초기 곰팡이에서 유래된 효소를 첨가한 빵에서는 유화제 SSL+MG를 첨가한 빵에서 가장 높은 비용적을 나타내었고, 저장기간 동안 대조구에 비하여 빵의 비용적 감소율을 지연하였다(Fig. 4). 12주 저장 시 비용적은 곰팡이

효소와 유화제 SSL + MG를 첨가한 경우 3.35 ± 0.07 mL/g이었으며, MG의 경우 3.25 ± 0.05 mL/g, DATEM의 경우 3.15 ± 0.05 mL/g, SSL의 경우 3.03 ± 0.03 mL/g, 효소와 유화제를 처리하지 않은 대조구의 경우 2.91 ± 0.04 mL/g으로 곰팡이 효소와 유화제를 첨가한 경우가 약 104-115% 큰 비용적을 보여주었다. 또한 저장기간에 따라서 대조구와 효소 및 유화제 첨가구 모두 비용적이 감소하는 추세가 나타났다. 이는 냉동저장 기간이 증가할수록 냉동 장해로 인한 효모의 사멸률이 증가하고 얼음 결정의 성장에 의해 글루텐 구조가 파괴되며, 전분 입자가 분리되어 있어 글루텐은 더 얇은 상태가 되어 글루텐 구조가 균일하지 못하게 되고, 그 결과 비용적의 감소가 일어난 것으로 생각된다(32). 이러한 냉동 반죽에 효소를 첨가하면 전분이 덱스트린과 발효성 당류인 맥아당 등 분자량이 작은 저분자 물질로 가수분해 되어 전분-글루텐 구조 사이의 결정화를 억제하고 전분 입자간 결합을 유도하여 가스 포집력이 향상되면서 가스 발생량과 가스 보유량을 증가시켜 oven spring이 양호하여 비용적이 대조구에 비해 증가된 것으로 생각된다. El-Hady 등(18)은 냉동반죽을 −20°C에서 저장하면서 제조한 식빵의 비용적을 측정한 결과 0일에는 4.65 mL/g이었으나, 28일 이후에는 3.85 mL/g로 반죽의 냉동저장 기간이 증가할수록 냉동 저장한 반죽으로 제조한 식빵의 비용적이 감소하였다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 또한 Räsänen 등(5)은 냉동저장 기간에 따라 가스 발생량을 측정한 결과 냉동반죽의 냉동저장 기간 7일 이후부터는 가스를 발생하여도 글루텐 구조가 파괴되어 가스를 보유하지 못하여 비용적이 감소되었으며, 30일 이후부터는 냉동 장해로 인한 효모의 활성이 감소되어 rheofermentometer에서도 CO_2 가스 발생량이 감소하였다고 하였다.

Figure 5는 세균에서 유래된 α-amylase와 유화제가 저장기간 동안 냉동반죽으로 만든 빵에 미치는 비용적 변화를 보여주고 있다. 곰팡이 효소와 유사하게 저장기간이 증가함에 따라 빵의 비용적도 감소하였고, 효소와 유화제를 첨가하지 않은 대조구에 비하여 효소와 유화제를 함께 첨가한 경우 비용적이 크게 나타났다. 유화제에 따라 monoglyceride(MG)를 첨가한 냉동반죽 빵에서 유의적으로 가장 높은 비용적으로 보여주었고, 저장 4주 이후부터 유화제에 따른 비용적의 차이가 유의적으로 나타났다. Wolt 등(26)은 냉동반죽의 냉동기간이 경과함에 따라 부피가 감소되는 것을 유화제 DATEM을 사용하여 개선하였다고 보고하였고, Lee 등(30)은 SSL와 DATEM을 첨가 시 냉동 후 제품을 만들 때 빵의 부피감소를 줄인다고 하였다. 또한, Himmelstein(33)은 효소를 처리한 밀가루를 이용한 냉동반죽 실험에서 amylase의 첨가가 냉동반죽의 품질저하 방지에 효과가 있었으며 특히 fungal amylase가 냉동 중 반죽의 품질열화를 막는 효과가 가장 크다고 보고하였다. 본 연구결과에서도 곰팡이 및 세균에서 유래된 효소와 유화제가 모두 빵의 비용적 감소를 줄이는데 작용하였음을 알 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 곰팡이과 세균에서 유래된 α-amylase와 유화제인 monogrlyceride(MG), sodium stearoyl-2-lactylate(SSL) 및 diacetyltartaric acid ester of mono- and diglycerides(DATEM)을 첨가하여 냉동반죽을 제조하고, 12주간 저장하면서 반죽의 rheofermentometer 특성 및 pH와 제빵시 비용적을 살펴보았다. 저장기간이 증가할수록 효모의 불활성과 냉-해동의 문제로 발효가 적게 일어났으나, 곰팡이와 세균에서 유래된 α-amylase와 유화제를 첨가한 경우 감소율을 줄여 냉동반죽으로 안정성을 부여하였다. 저장기간 중 반죽의 pH변화에서는 저장기간이 길어질수록 냉동반죽의 pH가 증가하였다. 저장기간에 따라 냉동반죽으로 제빵시 비용적에서는 곰팡이에서 유래된 효소와 유화제 SSL + MG를 혼합하였을 때와 세균에서 유래된 효소와 유화제 MG을 혼합하였을 때가 가장 큰 비용적을 보여주었고, 전체적으로 효소와 유화제 첨가구가 대조구에 비해서 빵의 비용적 감소를 줄이는 양상을 보였다.

문 헌

1. Autio K, Sinda E. Frozen doughs: Rheological changes and yeast viability. Cereal Chem. 69: 409-413 (1992)
2. Gyeong JH, Lee MG. Treads in technology of bakery. Food Sci. Ind. 36(4): 13-17 (2003)
3. Dubois DK. Dough strengtheners and crumb softeners. II. Products, types and functions. Res. Dep. Tec. Bull. Vol. 1. Issue 5. Am. Inst. of Baking, Manhattan, KS (1979)
4. Varriano-Marston E, Hsu HK. Mahdi J. Rheological and structural chagnes in frozen dough. Bakers Dig. 54: 32-34 (1980)
5. Räsänen J, Laurikainen T, Autio K. Fermentation stability and pore size distribution of frozen prefermented lean wheat doughs. Cereal Chem. 74: 56-62 (1997)
6. Berglund PT, Shelton DR, Freemen TP. Frozen bread dough ultrastructure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles. Cereal Chem. 68: 105-107 (1991)
7. Sharadanant R, Khan K. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. Dough quality. Cereal Chem. 80: 764-772 (2003)
8. Ribotta PD, Pérez GT, León AE, Añón MC. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. Food Hydrocolloids 18: 305-313 (2004)
9. Inoue Y, Sapirstein H, Bushuk W. Studies on frozen doughs. V. Effect of shortening systems on baking and rheological properties. Cereal Chem. 69: 423-428 (1995)
10. Kenny S, Wehrle K, Dennehy T, Arendt E. Correlations between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough. Cereal Chem. 76: 421-425 (1999)
11. Meltler E, Seibel W. Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: a response surface methodology study. Cereal Chem. 70: 373-377
12. AACC. Approved methods of the AACC. Method 10-10b. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA (1991)
13. ICC. International Association of Cereal Science and Technology. Standard Methods. ICC: Detmold (Germany) (1992)
14. AACC. Approved methods of the AACC. Method 02-52b. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA (1991)
15. Rouille J, Le Bail A, Courcoux P. Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough. J. Food Eng. 43: 197-203 (2000)
16. Miyazaki M, Maeda T, Morita N. Effect of various dextrin substitutions for wheat flour on dough properties and bread qualities. Food Res. Intl. 37: 59-65 (2004)
17. SAS Institute, Inc. SAA User's guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (2000)
18. El-Hady EA, El-Samahy SK, Seibel W, Brümmer JM. Changes in gas production and retention in non-prefermented frozen wheat doughs. Cereal Chem. 73: 472-477 (1996)
19. El-Hady EA, El-Samahy SK, Brümmer JM. Effect of oxidants, sodium- stearoyl-2-lactylate and their mixtures on rheological and baking properties of nonprefermented frozen dough. Lebensm.-Wiss. u-Technol. 32: 446-454 (1999)
20. Inoue Y, Bushuk W. Studies on frozen doughs. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. Cereal Chem. 68: 627-631 (1991)
21. He H, Hoseney RC. Gas retention in bread dough during baking. Cereal Chem. 68: 521-525 (1991)
22. Ito M, Yoshikawa S, Asami K, Hanai T. Dielectric monitoring of gas production in fermenting bread dough. Cereal Chem. 69:

325-327 (1992)
23. Dziezak JD. Emulsifiers: the interfacial key to emulsion stability. Food Technol. 42(10): 172-186 (1988)
24. Broksma AH. Effect of surface tension in the gas-dough interface on the rheological behavior of dough. Cereal Chem. 58: 481 (1981)
25. Hsu KH, Hoeny RC, Seib RA. Frozen dough (I). Factors affecting stability of yeasted doughs. Cereal Chem. 56: 419-424 (1979)
26. Wolt MJ, D'Appolonia BL. 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)
27. La IJ, Lee MC, Park HD, Kim KP. Effects of azodicarbonamide on the rheology of wheat flour dough and the quality characteristics of bread. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 1566-1572 (2004)
28. Lee JM, Lee MK, Lee SK, Cho NJ, Cha WJ, Park JK. Effect of gums on the characteristics of the dough in making frozen dough. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 604-609 (2000)
29. Tanaka Y, Nakae T. Theory and frozen dough. pp. 39-81. In: Theory and practice of frozen dough. Food Research Center, Tokyo, Japan (1982)
30. Lee JH, Choi DR, Lee SK, Lee JK. Effect of emulsifiers on properties of the bread made by the dough frozen after first fermentation. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 47: 107-112 (2004)
31. Marston PE. Frozen dough for breadmaking. Bakers Dig. 52: 18-20 (1978)
32. Kulp K, Lorenz K, Brümmer J. Frozen and refrigerated doughs and batter. pp. 63-89. In: Biochemical and Biophysical principles of Freezing Kulp K (ed). AACC Arlington, VA, USA (1999)
33. Himmelstein A. Enzyme treatment of flour. Will it help frozen and retarded doughs Bakers Dig. 58: 8-12 (1984)