

## Azodicarbonamide를 첨가한 밀가루 반죽의 물성 및 냉동저장 중 제빵 특성의 변화

라임정<sup>1</sup> · 이만중<sup>1</sup> · 박희동<sup>2</sup> · 김관필<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>롯데그룹 중앙 연구소

<sup>2</sup>경북대학교 식품공학과

### Effects of Azodicarbonamide on the Rheology of Wheat Flour Dough and the Quality Characteristics of Bread

Im-Joung La<sup>1</sup>, Man-Chong Lee<sup>1</sup>, Heui-Dong Park<sup>2</sup> and Kwan-Pil Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Lotte R&D Center, Seoul 150-104, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

#### Abstract

Effects of azodicarbonamide (ADA) were investigated on the rheological properties of flour dough by measuring farinogram, amylogram and extensogram based on the amount of ADA added. Quality characteristics of the bread made with the ADA added dough were also evaluated by measuring dough volume, moisture content, pH, proofed time, baking loss and textural characteristics. The farinogram showed that water absorption, stability and elasticity of the dough with ADA were higher than those without ADA. However, its absorption time and weakness decreased compared to the dough without ADA. Through the amylogram, it was found that gelatinization temperature and maximum viscosity increased, but temperature of maximum viscosity reduced in the dough with ADA. The extensogram showed that the area and resistance of the dough increased slightly but extensibility decreased drastically after fermentation, resulting in the ratio of resistance and extensibility (R/E) of the dough with ADA was lower than those without ADA. The bread prepared with the dough containing ADA after freezing up to 12 weeks showed higher pH and specific loaf volume but lower moisture content, second proof time and resistance than those without ADA.

**Key words:** azodicarbonamide (ADA), farinogram, amylogram, extensogram, frozen dough

#### 서 론

냉동 반죽이란(1) 빵 반죽을 제조 공정 중의 어느 한 단계에서 -35~40°C의 저온에서 급속 동결시켜 -18°C 이하로 반죽의 온도를 유지되도록 보관하면서(2) 반죽 내의 효소 활성을 억제시켜 제품의 가치를 장기간 저장으로 보존·유지하는 것을 말한다. 반죽을 장기간 냉동 저장하여 제조한 제품은 냉동 저장 기간이 증가할수록 품질이 대체로 떨어진다. 그 요인으로는 효모의 품질, 냉동 반죽의 제조 방법 및 냉동과 해동 조건 등에 의해 좌우된다고 할 수 있다(3,4). 효모는 효모 그 자체만을 냉동시켰을 때보다도 빵 반죽에 첨가하여 이를 냉동하면 훨씬 많은 수의 효모가 손상을 받는다(5). 동결전 발효 시간이 길면 길수록 저장 기간 동안에 가스 발생이 감소한다(6). 또한 Inoue와 Bushuk(7)은 냉동 반죽 제빵법에서 반죽의 약화는 반죽 중의 CO<sub>2</sub> 발생과 동결시 얼음 결정의 생성에 의한 상승 작용의 원인으로 반죽의 가스 보유력이

현저히 떨어진다고 보고하였다.

냉동 반죽에서 효모의 생존 능력과 발효력을 높이기 위해서 낮은 반죽 온도(18~20°C), 후 효모 첨가법, 발효 시간 단축, 효모 첨가량 증가 등을 사용하고 있다(8).

개선하기 위해 sodium stearyl lactylate(SSL), diacetyl tartarate esters of mono glycerides(DATA), carboxymethyl cellulose(CMC)(9,10) 등과 같은 계면활성제를 이용하여 이를 극복하고 있다. 또한 단백질의 함량을 증가시키고(11, 12), 계란 노른자를 사용하여 효모의 사멸을 억제시키고 있으며, sugar ester를 사용하여 냉동 저장동안 단백질 변성을 방지시키거나(13), 잔탄검, 구아검, 가라기난 등의 hydrocolloid를 반죽에 첨가하여(14,15) shelf life를 증가시키는 등 유화제 및 기타 제빵 개량제를 병용 또는 단독으로 사용하고 있다.

냉동 반죽을 냉동 저장하면 효모가 사멸되어 환원성 물질인 glutathione을 방출한다. 이 glutathione 물질은 gluten 단

\*Corresponding author. E-mail: kimkp@daum.net  
Phone: 82-2-2670-6852, Fax: 82-2-2670-6852

백질에 존재하는 disulfide(-SS-) 결합을 -SH로 환원시켜 제품의 부피를 감소시킨다(16). 이러한 문제점을 해결하기 위하여  $KBrO_3$ (1996년 4월 지정 취소)(17), 비타민 C,  $KIO_3$ ,  $CaO_2$ ,  $(NH_4)_2S_2O_8$ , ADA(Azodicarbonamide)와 같은 산화제를 사용하여 -SH기를 -SS- 결합으로 산화하여 단백질 분해를 지연시킨다. 이런 결과에 의해서 전분의 미셀구조의 붕괴가 억제되어 이는 노화를 지연시키는 원인이 된다(1,18,19).

이에 ADA를 첨가한 밀가루 반죽의 이화학적 특성과 냉동 반죽 제빵법으로 제조한 제빵 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 재료는 밀가루(강력 1등급, 대한제분), 생효모((주) 제니코), 정백당(대한 제당), 탈지분유(서울유유협동조합), 정제염(삼한염업), 쇼트닝((주)롯데삼강), ADA(Azodicarbonamide, Sakura & Co., Inc., Kyoto, Japan)를 사용하였다.

### 방법

**Farinogram 특성** : Farinogram(M81044, Brabender Co., Ltd., Duisburg, Germany) 측정은 AACC 방법 54-21(20)에 따라 300 g의 밀가루에 ADA(azodicarbonamide)를 각각 0, 15, 30, 45, 60 ppm을 첨가하여 반죽의 흡수율, 흡수 시간(development time), 안정도, 약화도, 강력도의 값을 측정하였다.

**Amylogram 특성** : Amylogram 특성은 AACC 방법 22-10(20)에 따라 아밀로그래프(ASG-6, Brabender Co., Ltd., Duisburg, Germany)를 사용하여 밀가루 65 g에 ADA를 각각 0, 15, 30, 45, 60 ppm을 첨가하여 450 mL 증류수에 현탁시켜서 보울에 넣고 보울의 회전 속도를 75 rpm으로 조정했다. 현탁액은 1분간 1.5°C의 비율로 30°C에서 95°C까지 가열시키면서 paste의 호화개시온도, 최고 점도시 온도, 최고점도의 값을 측정하였다(20).

**Extensogram 특성** : Extensogram(EXEK/7, Brabender Co., Ltd., Duisburg, Germany) 특성은 AACC 방법 54-10(20)에 따라 300 g의 밀가루에 ADA를 각각 0, 15, 30, 45, 60 ppm을 첨가하고, 물의 양은 Farinogram 흡수량보다 2% 적게 하였다. 3분 동안 반죽을 한 다음 5분간 방치하고 다시 2분간 반죽을 하면서 파리노그래프의 중심이 500 BU에 도달하도록 필요에 따라 흡수량을 조절하였다. 반죽이 끝난 다음  $150 \pm 0.1$  g으로 분할한 후 라운더에서 20번 둥글리기고 원통형으로 성형하여 30°C 항온조에서 45분간 방치하고 1차 측정이 끝난 후 다시 30°C에서 45분간 방치하고 2차 측정을 하였다. 이와 같은 방법으로 45분, 90분, 135분까지 반복 측정을 실시하였다. 밀가루의 힘을 나타내는 면적, 신장도에 대한 저항도는 5 cm 높이(BU)로, 신장도는 커브의 전체 길이(mm)로, 그리고 저항비(R/E)를 측정하였다(20).

**반죽 배합율 및 제조 공정** : 반죽의 배합비율은 Table 1

**Table 1. Dough formulation for the bread with azodicarbonamide**

Ingredient	Content based on flour (%)
Bread flour, 14 mb	100.0
Water	59.0
Yeast, compressed	5.5
Sucrose	6.0
Non-fat milk powder	3.0
Salt	2.0
Shortening	4.0
Azodicarbonamide	Variable

과 같이 Karel 등(21)의 방법을 수정한 냉동 반죽법(frozen dough method)을 사용하였으며, ADA를 각각 0, 15, 30, 45, 60 ppm을 첨가하였다. 제조 공정은 배합기로 발진 단계까지 혼합하여 반죽 온도를  $20^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ , floor time은 0~10분, 반죽 무게는 490 g으로 분할하여  $-35^\circ\text{C}$ 에서 30분간 급속 냉동기(SC2, Castel Macspa Tecnomac, Veneto, Italy)로 냉동 후, 폴리비닐 포장지로 포장하여  $-20^\circ\text{C}$  냉동고(SC2, Castel Macspa Tecnomac, Veneto, Italy)에 각각 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주 및 12주 저장하여 사용하였다. 공정에 따라  $5^\circ\text{C}$  냉장고에서 반죽을 12시간 해동 후, 상온에서 반죽 온도를  $20^\circ\text{C}$ 까지 상승시켜 식빵 틀에 490 g(용적비 3.77:1)를 팬닝하여 온도  $38^\circ\text{C}$ , 습도 85%의 발효기로 2차 발효 후,  $200^\circ\text{C}$ 의 전기 오븐에서 30분간 구워 상온에서 1시간 냉각한 다음 이를 폴리비닐 포장지에 넣어 상온에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

**2차 발효 시간 및 pH 측정** :  $-20^\circ\text{C}$  냉동고에 각각 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주 및 12주 저장한 냉동 반죽을  $5^\circ\text{C}$  냉장고에서 반죽을 12시간 해동 후, 상온에서 반죽 온도를  $20^\circ\text{C}$ 까지 상승시켜 식빵 틀에 490 g(용적비 3.77:1)을 팬닝하여 온도  $38^\circ\text{C}$ , 습도 85%의 발효기에서 2차 발효 시간을 측정하였다. 제품의 pH 측정은 pH meter( $\phi$  TM 300 Series, Beckman Coulter Inc., Fullerton, USA)를 이용하여 굽기 과정을 거친 후에 제품 10 g을 취해 250 mL 비커에 넣고 100 mL 증류수를 가해 균일하게 혼합한 후 측정하였다.

**수분 함량 및 비용적 측정** : 제품의 수분 함량은 굽기 1시간 후에 수분 분석기(Model MB45, Moisture Balance, Ohaus Co., Ltd., USA)를 사용하여  $105^\circ\text{C}$ 에서 3시간 건조시키는 방법으로 측정하였다. 제품의 비용적은 굽기 1시간 후에 유체찌를 사용한 종자 치환법으로 제품의 부피를 측정하여 굽기 후 중량으로 나눈 값을 사용하였다.

**Crumb softness** : Crumb softness는 구운 후 0일(6시간 후), 2일, 4일, 6일 간격으로 제품을 상온에서 보관하면서 Rheometer(Model CR-200D, Sun Rheometer, Japan)에 직경이 40 mm인 adaptor를 사용하여, adaptor의 진입 거리를 10 mm, 감지 센서의 최대 값을 4 kg으로 고정시킨 후, 시료의 제품을 2회 연속 반복, 측정하여 실측치를 얻고, Rheometer로 maximum weight와 distance를 측정하여 strength를 계산하고 경도를 구하였다.

**통계 처리 :** 통계 분석은 Statistical Analysis System (SAS)(22) 통계 package를 사용하여 분산 분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 각 시료간의 유의성 검증은  $p < 0.05$  수준으로 던컨의 다중 범위시험법(Duncan's multiple range test)을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### Farinogram 특성

밀가루 반죽 제조시 ADA 첨가량을 달리한 farinogram의 특성 값은 Table 2와 같다. 흡수율은 대조구가  $65.10 \pm 0.16\%$ 이었으나, ADA 30, 60 ppm 첨가구는 각각  $65.57 \pm 0.19\%$ ,  $66.70 \pm 0.16\%$ 로 첨가 비율이 증가할수록 흡수율이 증가하는 경향이었으며, 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타났다. 흡수 시간은 대조구가  $3.53 \pm 0.19$ 분이었으나, ADA 60 ppm 첨가구는  $2.50 \pm 0.08$ 분으로 첨가 비율이 증가할수록 감소하였다. 안정도는 대조구가  $12.50 \pm 0.08$ 분이었으나, ADA 15 ppm 첨가구부터 18분 이상으로 측정이 불가능하였다. 약화도는 대조구가  $45.00 \pm 0.82$  BU이었으나, ADA 15 ppm 첨가구는  $14.67 \pm 0.47$  BU로, 반죽 시간과 반죽에 대한 저항성에 기초를 둔 강력도는 대조구가  $58.67 \pm 0.94$  units이었으나, ADA 15 ppm 첨가구는  $66.00 \pm 1.63$  units로 첨가 비율이 증가함에 따라 증가하였으며, ADA 30 ppm 이상 첨가구는 최대 저항도 값이 1,000 BU를 넘어서 측정이 불가능하였으며, 각각의 첨가구는 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타났다. 이상의 실험에서 밀가루 반죽 제조시 ADA 첨가 비율이 증가할수록 반죽의 흡수율, 안정도와 강력도는 증가하고, 흡수 시간과 약화도는 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 밀가

루 단백질의 2개의 -SH(thiol group)기가 산화되어 -SS- 결합을 형성함으로써 반죽의 강력도가 증가되는 요인으로 생각된다. 이는 ADA와 glutathione 그리고 황화젤라틴의 첨가 경우와도 같은 효과를 나타낸다고 Tsen(23)이 보고하였다.

### Amylogram 특성

밀가루 반죽 제조시 ADA의 첨가량을 달리한 amylogram 특성 값은 Table 3과 같다. 호화개시 온도는 대조구가  $54.90 \pm 0.29^\circ\text{C}$ 이었으나, ADA 60 ppm 첨가구는  $58.03 \pm 0.12^\circ\text{C}$ 로 첨가 비율이 증가할수록 증가하였다. 최고 점도시 온도는 대조구가  $86.23 \pm 0.05^\circ\text{C}$ 이었으나, ADA 60 ppm 첨가구는  $84.93 \pm 0.09^\circ\text{C}$ 로 첨가 비율이 증가할수록 감소하였다. 또한 최고 점도는 대조구가  $475.00 \pm 4.08$  BU이었으나, ADA 60 ppm 첨가구는  $521.33 \pm 2.62$  BU로 첨가 비율이 증가할수록 증가하였다. 각각의 첨가구는 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타났다. 이상의 실험에서 밀가루 반죽 제조시 ADA 첨가 비율이 증가할수록 호화 개시 온도와 최고 점도는 증가하고, 최고 점도시 온도는 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 밀가루 또는 효모로부터 유래하는 환원성 물질인 glutathione이 단백질 분자 상호간에 비공유 결합과 미세 입자간의 결합·응집 반응에 의해 전분의 호화 개시 온도, 최고점도 및 최고 점도시 온도에 기인된 것으로 생각된다(19).

### Extensogram 특성

밀가루 반죽 제조시 ADA의 첨가량을 달리한 extensogram 특성 값은 Table 4와 같다. 밀가루의 힘을 나타내는 면적은 대조구가 발효시간 45분, 90분, 135분에서 각각  $167.0 \pm 2.2$  cm<sup>2</sup>,  $170.0 \pm 1.6$  cm<sup>2</sup>,  $163.3 \pm 1.2$  cm<sup>2</sup>로 발효 시간 90분은 45분과 비교하여 면적이 증가하였으나, 135분에는 감소

**Table 2. Farinogram characteristics of the dough with various azodicarbonamide contents**

Azodicarbonamide (ppm)	Water absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Weakness (BU)	Valorimeter value
0	$65.10 \pm 0.16^{1c2)}$	$3.53 \pm 0.19^a$	$12.50 \pm 0.08^b$	$45.00 \pm 0.82^a$	$58.67 \pm 0.94^b$
15	$65.20 \pm 0.16^{bc}$	$3.47 \pm 0.05^a$	$18 <^a$	$14.67 \pm 0.47^b$	$66.00 \pm 1.63^a$
30	$65.57 \pm 0.19^b$	$3.00 \pm 0.08^b$	$18 <^a$	-	-
45	$66.47 \pm 0.25^a$	$2.97 \pm 0.05^b$	$18 <^a$	-	-
60	$66.70 \pm 0.16^a$	$2.50 \pm 0.08^c$	$18 <^a$	-	-

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  SD based on 3 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 3. Amylogram characteristics of the dough with various azodicarbonamide contents**

Azodicarbonamide (ppm)	Gelatinization temperature ( $^\circ\text{C}$ )	Maximum viscosity temperature ( $^\circ\text{C}$ )	Maximum viscosity (BU)
0	$54.90 \pm 0.29^{1c2)}$	$86.23 \pm 0.05^{ab}$	$475.00 \pm 4.08^d$
15	$56.37 \pm 0.09^b$	$86.17 \pm 0.05^a$	$489.67 \pm 1.26^c$
30	$56.50 \pm 0.05^b$	$85.77 \pm 0.05^b$	$501.00 \pm 2.94^b$
45	$56.70 \pm 0.05^b$	$85.50 \pm 0.08^c$	$516.67 \pm 2.36^a$
60	$58.03 \pm 0.12^a$	$84.93 \pm 0.09^d$	$521.33 \pm 2.62^a$

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  SD based on 3 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 4. Extensogram characteristics of the dough with various azodicarbonamide contents**

Azodicarbonamide (ppm)	Area (cm <sup>2</sup> )			Resistance (BU)			Extensibility (mm)			R/E ratio		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
0	167.0 ±2.2 <sup>1)2)</sup>	170.0 ±1.6	163.3 ±1.2	603.3 ±4.7 <sup>b</sup>	664.3 ±3.3 <sup>b</sup>	681.7 ±2.4 <sup>b</sup>	204.7 ±1.2 <sup>a</sup>	191.3 ±2.6	179.0 ±0.8	3.0 ±0.1 <sup>b</sup>	3.5 ±0.0	3.8 ±0.0
15	175.0 ±1.4 <sup>a</sup>	-	-	763.3 ±4.7 <sup>a</sup>	1,000 < <sup>a</sup>	1,000 < <sup>a</sup>	170.0 ±1.6 <sup>b</sup>	-	-	4.5 ±0.0 <sup>a</sup>	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup>Mean ± SD based on 3 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

하였다. ADA 15 ppm 첨가구는 발효 시간 45분이 175.0±1.4 cm<sup>2</sup>이었으나, 발효 시간 90분, 135분과 ADA 30 ppm 이상 첨가구는 측정 범위를 넘어서 측정이 불가능하였다. 저항도는 대조구가 발효 시간 45분과 135분이 각각 603.3±4.7 BU, 681.7±2.4 BU로 발효 시간이 증가함에 따라 증가하였다. ADA 15 ppm 첨가구는 발효 시간 45분이 763.3±4.7, 발효 시간 90분과 135분은 1,000 BU 이상으로 나타났으며, 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타났다. 한편 ADA 30 ppm 이상 첨가구는 각각의 발효 시간에서 1,000 BU 이상으로 나타나 측정이 불가능하였다. 신장도는 대조구가 발효 시간 45분 90분, 135분에서 각각 204.7±1.2 mm, 191.3±2.6 mm, 179.0±0.8 mm으로 발효 시간이 증가함에 따라 감소하였다. ADA 15 ppm 첨가구는 발효 시간 45분에서 170.0±1.6 mm로 대조구에 비해 감소하였으나, 발효 시간 90분, 135분과 ADA 30 ppm 이상 첨가구는 측정이 불가능하였다. 한편 저항도를 신장도로 나눈 값인 저항비는 대조구가 발효 시간 45분과 135분에서 각각 3.0±0.1, 3.8±0.0으로 발효 시간이 증가함에 따라 증가하였으나, ADA 15 ppm 첨가구는 발효 시간 45분에서 4.5±0.0으로 대조구에 비해 증가하였으나, 발효 시간 90분, 135분과 ADA 30 ppm 이상 첨가구는 저항도와 신장도값이 측정이 불가능하여 저항비는 계산되지 않았다. 이상의 실험에서 ADA를 첨가한 반죽은 발효 시간 45분에서 면적, 신장도와 저항비는 증가하고, 저항도는 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 farinogram과 같은 원인으로 인하여 저항도의 값이 증가하여 그 결과 측정이 부가한 것으로 생각된다. Tsen(23)에 의하면 ADA 20 ppm 이상 첨가시 exten-

sogram 측정이 불가능하였다. 이는 밀가루 반죽시 글루텐 단백질에 있는 -SH기를 ADA가 -SS-로 산화하여 저장도가 1,000 BU 이상 되어 측정이 불가능하다는 보고와 동일하다는 것을 알 수 있었으며, 본 연구에서는 신장도와 저항비(R/E)도 같은 결과가 나타났다.

#### 2차 발효 시간

밀가루 반죽 제조시 ADA의 첨가량을 달리하여 냉동 반죽을 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주, 12주 동안 -20°C에서 저장하면서 해동, 성형 후, 2차 발효 시간을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 냉동 저장 기간 0주와 12주의 2차 발효 시간은 대조구가 각각 60.00±1.63분, 104.00±0.82분이었으며, ADA 60 ppm 첨가구는 각각 52.33±0.94분, 89.33±0.47분으로 냉동 저장 기간이 증가할수록 2차 발효 시간이 증가하는 경향이 있었으며, ADA 첨가량이 증가할수록 2차 발효 시간이 감소하는 경향이 있었다. 각각의 첨가구는 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타났다. 이상의 실험에서 냉동 저장 기간이 증가할수록 2차 발효 시간이 증가하고, ADA 첨가 비율이 증가할수록 같은 냉동 저장 기간에서 2차 발효 시간이 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 반죽이 냉동 저장 기간에 따라 사멸한 효모에서 방출한 glutathione의 증가(1) 즉 glutathione에 결합되어 있는 -SH기의 증가에 의해 2차 발효 시간이 증가된 것으로 생각되며, 산화제인 ADA를 첨가함에 따라 첨가량이 증가할수록 -SH기가 -SS- 결합으로 산화가 증가되어 같은 냉동 저장 기간에서 2차 발효 시간이 감소된 것으로 생각된다(19). Inoue와 Bushuk(12)은 냉동 반죽의 저장 기간이 증가할수록 2차 발효 시간이 증가하였다고 보고하였다.

**Table 5. Changes in the proofed time of the dough with various azodicarbonamide contents during frozen storage**

(Unit: min)

Azodicarbonamide (ppm)	Frozen dough storage (weeks)					
	0	1	2	4	8	12
0	60.00±1.63 <sup>1)2)</sup>	67.00±0.82 <sup>a</sup>	77.67±1.25 <sup>a</sup>	80.33±0.47 <sup>a</sup>	90.00±1.63 <sup>a</sup>	104.00±0.82 <sup>a</sup>
15	57.00±0.82 <sup>b</sup>	66.17±0.85 <sup>ab</sup>	76.17±0.85 <sup>ab</sup>	78.67±0.47 <sup>b</sup>	85.67±0.47 <sup>b</sup>	99.33±0.47 <sup>b</sup>
30	55.67±0.47 <sup>bc</sup>	64.83±0.24 <sup>bc</sup>	74.67±0.47 <sup>b</sup>	77.67±0.47 <sup>b</sup>	79.33±0.94 <sup>c</sup>	95.00±0.82 <sup>c</sup>
45	54.67±0.47 <sup>c</sup>	64.33±0.47 <sup>c</sup>	71.00±0.82 <sup>c</sup>	75.67±0.47 <sup>c</sup>	79.00±0.82 <sup>c</sup>	92.33±0.94 <sup>d</sup>
60	52.33±0.94 <sup>d</sup>	62.00±0.82 <sup>d</sup>	65.33±0.47 <sup>d</sup>	68.00±0.82 <sup>d</sup>	77.33±0.47 <sup>d</sup>	89.33±0.47 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± SD based on 8 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

## pH

밀가루 반죽 제조시 ADA의 첨가량을 달리하여 냉동 반죽을 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주, 12주 동안  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하면서 해동, 성형, 2차 발효 후, 제조한 제품의 pH의 변화를 측정된 결과는 Table 6과 같다. 0주와 12주 동안 냉동 저장 후 제조한 제품의 pH는 대조구가 각각  $5.30 \pm 0.02$ ,  $5.50 \pm 0.02$ 이었으며, ADA 60 ppm 첨가구는 각각  $5.40 \pm 0.01$ ,  $5.58 \pm 0.01$ 로 냉동 저장 기간과 ADA 첨가량이 증가할수록 pH는 다소 증가하는 경향이였다. 각각의 첨가구는 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타났다. 이상의 실험에서 냉동 저장 기간과 ADA 첨가 비율이 증가할수록 pH가 증가되는 것을 알 수 있었다. 이는 본 연구에서 냉동 저장 기간이 증가할수록 사멸 효모의 증가로 2차 발효 시간의 증가(19)에 따라 pH가 다소 감소되었으며, 같은 냉동 저장 기간에서 산화제인 ADA 첨가량이 증가할수록 -SH기가 -SS- 결합으로 산화가 증가되어 2차 발효시간이 감소되어 pH가 다소 증가된 것으로 생각된다. 빵의 pH는 원료의 종류와 함량 및 제법에 따라 5.23~5.74이었다고 보고하였다(18).

## 수분 함량

밀가루 반죽 제조시 ADA의 첨가량을 달리하여 냉동 반죽을 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주, 12주 동안  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하면서 해동, 성형, 2차 발효 후 제조한 제품의 수분 함량을 측정된 결과는 Table 7과 같다. 0주와 12주 동안 냉동 저장 후 제조한 제품의 수분 함량은 대조구가 각각  $37.33 \pm 0.12\%$ ,  $37.85 \pm 0.04\%$ 이었으며, ADA 60 ppm 첨가구는 각각  $36.46 \pm 0.58\%$ ,  $37.33 \pm 0.13\%$ 로 냉동 저장 기간이 증가할수록 미

세한 증가를 하였으나, 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

또한 ADA 첨가량이 증가할수록 제품의 수분 함량은 다소 감소하는 경향이였으나, 유의적인 차이가 나타나지 않는 경향이였다. 이는 냉동 반죽의 냉동 저장 기간이 증가할수록 냉동 건조에 의해 제품의 수분 함량이 감소될 것으로 생각되었으나, 냉동 반죽의 해동 과정에서 재수화가 일어나거나 비용적이 낮아져 제품의 수분 함량이 증가되어 냉동 저장 기간에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다.

## 비용적

밀가루 반죽 제조시 ADA의 첨가량을 달리하여 냉동 반죽을 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주, 12주 동안  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하면서 해동, 성형, 2차 발효 후 제조하여 제품의 비용적을 측정된 결과는 Table 8과 같다. 0주와 12주 동안 냉동 저장 후 제조한 제품의 비용적은 대조구가 각각  $5.04 \pm 0.04 \text{ mL/g}$ ,  $4.07 \pm 0.02 \text{ mL/g}$ 이었으며, ADA 60 ppm 첨가구는 각각  $5.39 \pm 0.01 \text{ mL/g}$ ,  $4.31 \pm 0.07 \text{ mL/g}$ 으로 냉동 저장 기간이 증가할수록 제품의 비용적이 감소하였으며, ADA 첨가량이 증가할수록 제품의 비용적은 증가하는 경향이였으며, 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나타났다. Inoue와 Bushuk(12)은 냉동 반죽의 저장 기간이 증가할수록 비용적이 감소하였다고 보고하였다. 이상의 실험에서 냉동 저장 기간이 증가할수록 제품의 비용적이 감소하고, ADA 첨가 비율이 증가할수록 같은 냉동 저장 기간에서 비용적이 증가되는 것을 알 수 있었다. 이는 ADA를 반죽에 첨가함으로써 단백질, 펩티드 및 glutathione의 -SH기를 -SS- 결합으로 산화하여 글루텐 단백질의 신전성과 가스 보유력이 증가하고 oven spring이 양호하여 비용적이 증가된 것으로 생각된다(1,18).

Table 6. Changes in the pH for the breadmaking with the dough containing various contents of azodicarbonamide during frozen storage

Azodicarbonamide (ppm)	Frozen dough storage (weeks)					
	0	1	2	4	8	12
0	$5.30 \pm 0.02^{1)c2)}$	$5.32 \pm 0.01^d$	$5.35 \pm 0.02^b$	$5.36 \pm 0.02^d$	$5.40 \pm 0.01^b$	$5.50 \pm 0.02^b$
15	$5.33 \pm 0.01^b$	$5.34 \pm 0.02^{cd}$	$5.36 \pm 0.01^b$	$5.38 \pm 0.01^{cd}$	$5.42 \pm 0.03^b$	$5.50 \pm 0.02^b$
30	$5.34 \pm 0.01^b$	$5.36 \pm 0.02^{bc}$	$5.37 \pm 0.01^b$	$5.40 \pm 0.02^{bc}$	$5.51 \pm 0.01^a$	$5.54 \pm 0.02^{ab}$
45	$5.36 \pm 0.02^b$	$5.38 \pm 0.01^{ab}$	$5.41 \pm 0.01^a$	$5.42 \pm 0.01^{ab}$	$5.52 \pm 0.01^a$	$5.56 \pm 0.02^a$
60	$5.40 \pm 0.01^a$	$5.41 \pm 0.02^a$	$5.40 \pm 0.01^a$	$5.44 \pm 0.01^a$	$5.53 \pm 0.01^a$	$5.58 \pm 0.01^a$

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  SD based on 8 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Table 7. Changes in the moisture content for the breadmaking with the dough containing various contents of azodicarbonamide during frozen storage (Unit: %)

Azodicarbonamide (ppm)	Frozen dough storage (weeks)					
	0	1	2	4	8	12
0	$37.33 \pm 0.12^{1)a2)}$	$37.37 \pm 0.05^a$	$37.55 \pm 1.00^a$	$37.54 \pm 0.49^a$	$37.57 \pm 0.14^a$	$37.85 \pm 0.04^a$
15	$37.27 \pm 0.23^a$	$37.37 \pm 0.12^a$	$37.44 \pm 0.16^a$	$37.43 \pm 0.26^a$	$37.53 \pm 0.18^a$	$37.63 \pm 0.17^{ab}$
30	$36.89 \pm 0.68^a$	$36.93 \pm 0.09^{ab}$	$37.10 \pm 0.04^a$	$37.32 \pm 0.13^a$	$37.45 \pm 0.04^a$	$37.50 \pm 0.08^{bc}$
45	$36.52 \pm 0.55^a$	$36.87 \pm 0.02^{ab}$	$36.96 \pm 0.06^a$	$37.27 \pm 0.17^a$	$37.39 \pm 0.11^a$	$37.47 \pm 0.05^{bc}$
60	$36.46 \pm 0.58^a$	$36.71 \pm 0.57^b$	$36.88 \pm 0.11^a$	$36.91 \pm 0.05^a$	$37.11 \pm 0.28^a$	$37.33 \pm 0.13^c$

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  SD based on 3 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 8. Changes in the specific loaf volume for the breadmaking with the dough containing various contents of azodicarbonamide during frozen storage** (Unit: mL/g)

Azodicarbonamide (ppm)	Frozen dough storage (weeks)					
	0	1	2	4	8	12
0	5.04±0.04 <sup>1(c2)</sup>	4.73±0.01 <sup>d</sup>	4.66±0.02 <sup>c</sup>	4.55±0.01 <sup>c</sup>	4.46±0.02 <sup>c</sup>	4.07±0.02 <sup>b</sup>
15	5.08±0.01 <sup>c</sup>	4.87±0.04 <sup>c</sup>	4.78±0.03 <sup>b</sup>	4.71±0.05 <sup>b</sup>	4.53±0.06 <sup>b</sup>	4.12±0.07 <sup>b</sup>
30	5.13±0.06 <sup>bc</sup>	4.94±0.03 <sup>b</sup>	4.93±0.02 <sup>a</sup>	4.75±0.05 <sup>ab</sup>	4.63±0.03 <sup>a</sup>	4.28±0.06 <sup>a</sup>
45	5.21±0.07	5.04±0.02 <sup>a</sup>	4.94±0.04 <sup>a</sup>	4.75±0.03 <sup>ab</sup>	4.66±0.02 <sup>a</sup>	4.32±0.02 <sup>a</sup>
60	5.39±0.01 <sup>a</sup>	5.08±0.01 <sup>a</sup>	5.02±0.06 <sup>a</sup>	4.84±0.04 <sup>a</sup>	4.62±0.03 <sup>a</sup>	4.31±0.07 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Mean±SD based on 3 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

**Table 9. Changes in the hardness for the breadmaking with the dough containing various contents of azodicarbonamide during frozen storage** (Unit: dyne/cm<sup>2</sup>)

Baked loaf storage (day)	Azodicarbonamide (ppm)	Frozen dough storage (weeks)					
		0	1	2	4	8	12
0	0	34.0±0.5 <sup>1(a2)</sup>	34.6±0.3 <sup>a</sup>	42.5±0.4 <sup>a</sup>	42.2±0.3 <sup>a</sup>	51.3±0.0 <sup>a</sup>	78.8±1.2 <sup>a</sup>
	15	33.0±0.8 <sup>ab</sup>	33.7±0.7 <sup>ab</sup>	37.2±1.1 <sup>b</sup>	41.6±0.7 <sup>a</sup>	51.1±0.6 <sup>a</sup>	67.6±0.9 <sup>b</sup>
	30	32.1±0.5 <sup>b</sup>	33.4±0.3 <sup>b</sup>	35.1±0.7 <sup>b</sup>	39.4±0.7 <sup>b</sup>	49.5±0.9 <sup>b</sup>	64.4±0.5 <sup>c</sup>
	45	24.9±0.8 <sup>c</sup>	32.7±0.4 <sup>b</sup>	32.8±1.4 <sup>c</sup>	39.4±1.1 <sup>b</sup>	42.2±0.6 <sup>c</sup>	61.4±1.1 <sup>d</sup>
	60	23.3±0.4 <sup>d</sup>	27.2±0.6 <sup>c</sup>	32.0±1.1 <sup>c</sup>	37.5±0.6 <sup>c</sup>	37.4±0.7 <sup>d</sup>	49.5±1.1 <sup>e</sup>
2	0	47.5±0.6 <sup>a</sup>	75.7±0.4 <sup>a</sup>	78.0±0.5 <sup>a</sup>	83.1±1.0 <sup>a</sup>	86.7±0.3 <sup>a</sup>	105.1±0.7 <sup>a</sup>
	15	46.2±0.0 <sup>b</sup>	66.2±0.5 <sup>b</sup>	67.4±0.9 <sup>b</sup>	70.9±1.1 <sup>b</sup>	71.6±0.7 <sup>b</sup>	98.3±1.2 <sup>b</sup>
	30	45.7±0.5 <sup>b</sup>	62.7±0.8 <sup>c</sup>	63.8±0.9 <sup>c</sup>	60.7±0.9 <sup>c</sup>	69.3±0.9 <sup>c</sup>	79.8±0.2 <sup>c</sup>
	45	41.7±0.9 <sup>c</sup>	51.5±0.7 <sup>d</sup>	57.1±0.5 <sup>d</sup>	60.3±0.9 <sup>cd</sup>	67.4±1.2 <sup>c</sup>	78.6±0.6 <sup>c</sup>
	60	39.2±0.6 <sup>d</sup>	48.9±0.8 <sup>c</sup>	52.4±0.5 <sup>e</sup>	58.6±0.5 <sup>d</sup>	62.1±0.9 <sup>d</sup>	68.9±0.8 <sup>d</sup>
4	0	55.0±0.1 <sup>a</sup>	91.3±0.1 <sup>a</sup>	98.0±1.2 <sup>a</sup>	102.5±0.5 <sup>a</sup>	109.9±0.6 <sup>a</sup>	114.3±0.2 <sup>a</sup>
	15	54.7±0.6 <sup>ab</sup>	75.4±0.8 <sup>b</sup>	78.9±0.6 <sup>b</sup>	80.5±0.6 <sup>b</sup>	105.5±0.2 <sup>b</sup>	103.7±1.0 <sup>b</sup>
	30	53.8±0.5 <sup>b</sup>	67.8±1.4 <sup>c</sup>	77.0±0.1 <sup>c</sup>	77.8±1.1 <sup>c</sup>	95.2±0.6 <sup>c</sup>	98.7±0.2 <sup>c</sup>
	45	51.8±0.4 <sup>c</sup>	65.8±0.9 <sup>d</sup>	70.1±0.9 <sup>d</sup>	74.7±1.1 <sup>d</sup>	85.3±1.1 <sup>d</sup>	97.4±0.7 <sup>c</sup>
	60	49.9±0.7 <sup>d</sup>	56.9±0.4 <sup>e</sup>	64.4±1.1 <sup>e</sup>	69.4±0.6 <sup>e</sup>	77.4±0.1 <sup>e</sup>	88.9±0.9 <sup>d</sup>
6	0	76.1±0.3 <sup>a</sup>	113.3±0.1 <sup>a</sup>	117.6±0.7 <sup>a</sup>	120.7±0.3 <sup>a</sup>	126.1±1.1 <sup>a</sup>	139.7±0.9 <sup>a</sup>
	15	72.2±0.5 <sup>b</sup>	112.7±0.9 <sup>a</sup>	113.9±0.8 <sup>b</sup>	106.1±0.6 <sup>b</sup>	116.9±0.9 <sup>b</sup>	129.7±0.7 <sup>b</sup>
	30	71.4±0.6 <sup>bc</sup>	110.1±1.0 <sup>b</sup>	90.7±0.9 <sup>c</sup>	101.8±0.8 <sup>c</sup>	108.8±0.5 <sup>c</sup>	123.6±0.7 <sup>c</sup>
	45	70.3±0.8 <sup>cd</sup>	101.7±0.7 <sup>c</sup>	87.1±0.8 <sup>d</sup>	99.0±0.4 <sup>d</sup>	108.4±0.6 <sup>c</sup>	119.4±0.2 <sup>d</sup>
	60	65.5±0.7 <sup>d</sup>	94.7±0.8 <sup>d</sup>	84.9±1.2 <sup>e</sup>	92.6±0.8 <sup>e</sup>	98.0±1.0 <sup>d</sup>	106.9±0.1 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Mean±SD based on 3 samples.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in a column of each baked loaf storage are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

### Crumb softness

밀가루 반죽 제조시 ADA의 첨가량을 달리하여 냉동 반죽을 0주(24시간), 1주, 2주, 4주, 8주, 12주 동안 -20°C에서 저장하면서 해동, 성형, 2차 발효 후 제조하여 제품의 경도를 측정하는 결과는 Table 9와 같다. 냉동 반죽을 0주(24시간) 동안 냉동 저장한 후 제품을 제조하여 상온에서 0일(6시간)과 6일 저장한 후 제품의 경도는 대조구가 각각 34.0±0.5 dyne/cm<sup>2</sup>, 76.1±0.3dyne/cm<sup>2</sup>이었으나, ADA 60 ppm 첨가한 것은 각각 23.3±0.4 dyne/cm<sup>2</sup>, 65.5±0.7 dyne/cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 같은 첨가구에서는 상온에서 저장 기간이 증가할수록 증가하였으나, ADA 첨가 비율이 증가할수록 감소하였다. 12주 동안 냉동 저장한 것은 대조구가 각각 78.8±1.2 dyne/cm<sup>2</sup>, 137.9±0.9 dyne/cm<sup>2</sup>, ADA 60 ppm 첨가한 것은 각각 49.5±1.1 dyne/cm<sup>2</sup>, 106.9±0.1 dyne/cm<sup>2</sup>로 나타나, 같은 첨가구에서 냉동 저장 기간이 증가할수록, 제품이 상온에서 저장 기간

이 증가할수록 경도는 증가하였으며, 같은 냉동 저장 기간과 같은 상온 저장 기간에서 ADA 첨가 비율이 증가할수록 경도는 감소하는 경향이였다. 이는 냉동 저장 기간이 증가할수록 단백질의 동결 변성, 얼음 결정의 성장으로 글루텐 막의 손상, 냉동 장해 효모에서 환원성 물질 유출 등에 의해 비용적이 감소하여 빵 크럼(crumb)이 약화에 기인되어 경도 값이 증가된 것으로 생각된다(1). 또한 같은 냉동 저장 기간에서 ADA를 반죽에 첨가함으로써 단백질, 펩티드 및 glutathione의 -SH기를 -SS- 결합으로 산화하여 글루텐 단백질의 신진성과 가스 보유력이 증가하고 oven spring이 양호하여 비용적이 증가되어 경도 값이 감소된 것으로 생각된다(1,18).

### 요 약

냉동 반죽 제조시 azodicarbonamide(ADA) 첨가량을 달

리하여 만든 냉동 반죽의 물성에 미치는 영향인 farinogram, amylogram, extensogram을 비교 조사하였고, 냉동 반죽의 품질을 결정하는 2차 발효 시간, 빵 제품의 pH, 수분 함량, 비용적 및 경도에 미치는 영향을 -20°C 냉동고에서 제조 직후부터 12주까지 저장하면서 비교 조사하였다. ADA 첨가량이 증가할수록 farinogram에서 반죽의 흡수율, 안정도와 강력도는 증가하고, 흡수 시간과 약화도는 감소하였으며, amylogram에서 호화 개시 온도와 최고 점도는 증가하고, 최고 점도시 온도는 감소하였다. 또한 extensogram에서는 발효 시간 45분에서 면적, 신장도와 저항비는 증가하고, 저항도는 감소되었다. 냉동 반죽 제빵법으로 만든 냉동 반죽은 같은 냉동 저장 기간에서 ADA 첨가량이 증가할수록 2차 발효 시간, 수분 함량 및 경도 값은 감소하였으며, pH, 비용적은 증가하였다.

## 문 헌

1. 田中康夫. 1997. 松本博. 製パンプロセスの科學 I. 株式會社光琳, 東京, 日本. p 83-187.
2. Donald HZ. 1993. Freezing unbaked products. Bread lecture. American Institute of Baking, USA, p 3908-3914.
3. Autio K, Sinda E. 1992. Frozen doughs rheological changes and yeast viability. *Cereal Chem* 69: 409-413.
4. Inoue Y, Sapirstein ND, Takayangi S, Bushuk W. 1994. Studies on frozen dough (III). Some factors involved in dough weakening during frozen storage and thaw-freeze cycles. *Cereal Chem* 71: 118-121.
5. 김성곤, 조남지, 김영호. 1999. 제과제빵과학. 비앤씨월드, 서울, 한국. p 51-56.
6. 松本博, 1980. 製パンの科學. 社団法人 日本パン技術研究所, 東京, 日本. p 38-40.
7. Inoue Y, Bushuk W. 1991. Studies on frozen doughs. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. *Cereal Chem* 68: 627-631.
8. Nourigeon A. 1983. Process for preparing deep-frozen yeast bread doughs. *US patent* 4,414,228.
9. Ohashi H. 1995. *Production of frozen dough without potassium bromate*. Japan Food Science, Tokyo, Japan. p 56-61.
10. Wolt MJ, D'appolonia BL. 1984. 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.
11. Earl JB, Charles HK. 1989. Frozen dough having improved frozen storage shelf life. *United States patents* (USA) No. 4,847,104.
12. Inoue Y, Bushuk W. 1992. Studies on frozen doughs II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. *Cereal Chem* 69: 423-428.
13. Kazuko H, Nishi K, Matsumoto H. 1992. Studies on frozen dough baking I. Effects of egg yolk and sugar ester. *Cereal Chem* 69: 89-92.
14. Lisa VF, Roy FS. 1988. Method for producing frozen yeast leavened dough. *United States patents* (USA) No. 4,743,452.
15. Lee JM, Lee MK, Lee SK, Cho NJ, Cha WJ, Park JK. 2000. Effect of gums on the characteristics of the dough in making frozen dough. *Kor. J Food Sci Technol* 32: 604-609.
16. 田中康夫, 中江利昭. 1982. 冷凍生地の理論と實際, 食研センター, 東京, 日本. p 39-81.
17. 한국식품공업협회. 2000. 식품첨가물공전. (주)문영사, 서울. p 113.
18. 中江恒. 1983. パン化學ノート. 有限會社パンニュース社, 東京, 日本. p 1-26 (昭和 58).
19. 田中康夫. 1992. 松本博, 製パン材料の科學 II. 株式會社光琳, 東京, 日本. p 192-201.
20. AACC. 1991. Approved methods of the American association of cereal chemists. Minnesota, USA. 10-10b, 22-10, 54-21.
21. Karel K, Kaus L, Juergen B. 1995. *Frozen & refrigerated dough and batters*. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. p 135-153
22. SAS. 2000. *User's guide*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
23. Tsen CC. 1963. The reaction mechanism of azodicarbonamide in dough. *Cereal Chem* 40: 638-646.

(2004년 7월 27일 접수; 2004년 10월 11일 채택)