

## 우유단백질과 검류가 밀가루 반죽의 특성과 냉동반죽으로 제조한 식빵 저장중의 노화에 미치는 영향

윤영·김영호<sup>1</sup>·김영수<sup>2</sup>·은종방\*

전남대학교 식품공학과 및 농업과학기술연구소, <sup>1</sup>혜전대학교 제과제빵학과, <sup>2</sup>동우대학 호텔제과제빵학과

## Effects of Milk Proteins and Gums on the Dough Characteristics and Staling of Bread Made from Frozen Dough during Storage

Young Yun, Young Ho Kim<sup>1</sup>, Young Su Kim<sup>2</sup>, and Jong-Bang Eun\*

Department of Food Science and Technology and Institute of Agricultural Science and Technology,  
Chonnam National University

<sup>1</sup>Department of Baking Technology, Hyejeon College

<sup>2</sup>Department of Hotel Cookie & Bread, Dong-u College

**Abstract** Rheological properties of the dough added with milk proteins and gums was studied to investigate the possibilities as anti-staling agents. Also, physical properties of the resultant bread baked from the frozen dough after 8 weeks of storage at -20°C were examined. The 4 sets of their combinations of milk proteins and gums, casein- $\kappa$ -carrageenan (CK), casein-sodium alginate (CA), whey- $\kappa$ -carrageenan (WK), and whey-sodium alginate (WA), were added to dough to examine their possible anti-staling effects. Rheological properties of dough were evaluated, and physical properties of resultant bread baked from frozen dough after 8 weeks storage at -20°C were examined. Addition of all treatments increased gelatinization temperature and water absorption, and lowered maximum viscosities and extension of doughs, compared to the control. Doughs added with CA and WA showed longer development times than that of the control. Addition of WK and WA resulted in lowest dough extensions. Treated bread showed lower moisture content decrease during storage at 5°C for 4 days. Breads baked with frozen doughs after 6 weeks storage at -20°C showed similar results. Although textural hardness of breads increased with storage at 5°C, CA- and WA-added breads were less affected, showing they effectively retarded staling of breads.

**Key words:** milk proteins, gums, frozen dough, staling

### 서 론

반죽 특성의 최적화와 최종 제품의 품질을 향상시키는 것이 제빵 산업에 있어서의 주요 관심 사항이며 소비자들에게 최종 제품이 관능적으로 우수함을 보이는 것이 중요하다. 하지만 빵을 구운 후, 시간이 지남에 따라 빵이 갖고 있는 독특한 향기와 맛이 없어지게 되며 전분의 노화와 수분의 손실로 인해 부드럽던 빵 속 부분(bread crumb)의 조직이 거칠고 단단해진다. 반대로 빵 겹질부분(bread crust)은 바삭바삭하던 상태에서 눌누해 지는데 이와 같은 현상을 빵의 staling이라 하며 이로 인해 소비자들의 선호도를 저해시켜 빵의 상품적 가치가 떨어지게 되고 경제적으로 큰 손실이 발생된다(1-3). 따라서 식이성 섬유, 올리고당을 첨가하여 빵의 staling을 억제시키는 연구가 실행되어 왔고 shortening, monoglycerides, amylase 등의 첨가가 전분의 노화를 지연시킨다는 보고가 있다(4-7).

빵의 노화는 수분함량과 밀접한 관계를 가지고 있는데 수분 보유력에 뛰어난 검류 등을 첨가할 경우 빵 자체 수분 보유력을 높임으로써 빵의 노화를 지연시킬 수 있는데(3), casein과 whey 단백질과 같은 우유 단백질은 높은 수분 흡수성을 가진 빵의 texture를 향상시키는 역할을 하며, carrageenan과 sodium alginate와 같은 검질 또한 수분 보유력을 가지고 있으므로(8) 빵의 품질을 향상시키는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 검류인 카라기난과 알긴산염, 우유단백질인 카제인과 유청을 반죽에 첨가하여 이를 첨가제가 반죽 특성에 미치는 영향을 조사하고, 이를 이용함으로 현재 사용량이 증가되고 있는 냉동 반죽에 이들을 첨가하여 빵을 제조한 뒤 5°C에서 4일간 냉장저장하면서 빵의 수분함량 변화와 경도변화를 분석함으로 빵의 노화에 미치는 영향을 조사함으로 노화 억제제로서의 사용 가능성을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

본 실험에서는 제빵용 강력분 밀가루(한국제분: 수분 14.0%, 단백질 12.5%, 회분 0.38%)를 사용하여 밀가루의 반죽 특성을 조사하였다. 우유 단백질인 casein(Matsutan Inc., Itami, Japan), whey(Davidco Foods International. Inc., Eden Prairie, MN, USA)

\*Corresponding author: Jong-Bang Eun, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju, South Korea  
 Tel: 82-62-530-2145  
 Fax: 80-62-530-2140  
 E-mail: jbeun@chonnam.ac.kr  
 Received June 21, 2005; accepted December 12, 2005

와 검류인 κ-carrageenan(한국 카라겐, 순천, 한국), sodium alginate(MSC Co., 양산, 한국)를 각각 0.6%씩 혼합 첨가하였으며 그 혼합 형태는 casein-κ-carrageenan(CK), casein-sodium alginate(CA), whey-κ-carrageenan(WK) 그리고 whey-sodium alginate(WA)였다. 식빵을 제조하기 위하여 사용한 원료는 instant dry yeast(Marcq, France), yeast food, 설탕, skim milk powder(삼양사, 울산, 한국), 마가린(롯데삼강, 서울, 한국), 소금, ascorbic acid로 그 배합비는 Table 1에 명시하였다.

## 실험방법

### 아밀로그램 측정

시료의 아밀로그램 특성은 AACC방법(9)에 따라 아밀로그래프(ASG6, Brabender Co., Germany)를 사용하여 시료 65 g을 450 mL 증류수에 혼탁시켜서 보울에 넣고 보울의 회전속도를 75 rpm으로 조정하였다. 혼탁액은 1분간 1.5°C의 비율로 25°C에서 95°C까지 가열시키면서 paste의 호화개시온도(initial gelatinization temperature), 최고점도(maximum viscosity), 최고점도를 나타내는 온도(temperature at maximum viscosity) 등을 측정하였다.

### 파리노그래프 측정

우유 단백질과 검류를 각각 0.6%씩 첨가한 밀가루의 반죽 특성은 Farinograph(M8101, Brabender Co., Germany)를 이용하여 AACC방법(9)에 따라 실시하였다. 시료 밀가루 300 g을  $30 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 로 유지된 혼합용 보울에 넣고 물을 첨가하여, 혼합하는 동안 curve의 중앙이  $500 \pm 20$  B.U에 도달할 때까지 흡수량을 조정하였다. 파리노그래프로부터 수분 흡수율(water absorption), 도착시간(arrival time), 반죽형성시간(development time), 반죽 안정도(stability) 그리고 약화도(weakness)의 값을 측정하였다.

### 익스텐소그래프의 측정

AACC방법(9)에 따라 300 g 밀가루와 6 g의 소금을 녹인 물을 넣어 1분 동안 반죽을 한 뒤 5분간 방치하고 다시 2분 동안 반죽을 하면서 최종의 경도가  $500 \pm 10$  B.U에 도달하도록 필요에 따라 물의 흡수량을 조절하였다. 반죽을 막서에서 꺼내어  $150 \pm 1$  g으로 분할한 후 rounder에 넣어 구형 반죽을 만든 뒤 roller에 넣어 원통형으로 성형하여  $30^\circ\text{C}$ 의 항온조에서 45, 90, 135분간 방치하여 반복 측정을 실시하였다. 측정한 값은 신장도(extension),

신장도에 대한 저항도(resistance to extension)로 나타내었다.

### 식빵의 제조

식빵의 제조 공정은 AACC방법의 직접 반죽법(Straight method)(9)으로 제조하였다. 제빵 시 반죽은 수직 혼합기(KSM90, KitchenAid, St. Joseph, MI, USA)로 하였으며 완성된 반죽은 각각 430 g씩 분할하여 둥글리기 한 후 폴리에틸렌 백에 넣어  $-40^\circ\text{C}$ 의 freezer에 넣어 금속 냉동을 3시간 실시한 후  $-20^\circ\text{C}$ 의 보관 냉동고(GC-114ADM, LG)에서 실험에 사용할 때까지 냉동 보관하였다. 냉동 된 반죽을  $5^\circ\text{C}$ 에서 저온 해동 후 반죽을 성형하여 틀에 넣은 뒤 온도  $35^\circ\text{C}$ , 습도 85% 조건에서 50분간 2차 발효 시켜 윗불  $160^\circ\text{C}$ , 아랫불  $180^\circ\text{C}$ 에서 35분간 구운 다음 냉각시켜 실험에 사용하였다.

### 식빵의 수분함량 변화

식빵의 저장기간별 수분함량 변화는 AACC방법(9)으로 식빵의 가운데 부분에서 crumb 부분만을 잘라 시료로 사용하고 crumb부분을  $4^\circ\text{C}$ 에서 4일간 저장 후 저장 중의 수분함량 변화를 상압 건조 가열 건조법으로 측정하였다.

### 식빵의 텍스처 변화

$1.3 \text{ cm}^2$ 두께의 빵 crumb부분을  $50 \times 60 \times 13 \text{ mm}^3$  크기로 잘라 당일의 빵과  $5^\circ\text{C}$ 에서 4일간 저장한 빵의 hardness를 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems, England)로 측정하였다.

### 통계적 분석

기계적 텍스처 측정 결과와 관능검사 결과는 SAS package를 사용하여 ANOVA에 의해 분석하며 실험군 간의 유의성 검정은 던컨의 다중 범위 시험 비교법(Duncan's multiple range test)으로 검증하였다(10).

## 결과 및 고찰

### 반죽의 호화특성

굽기과정 중 빵 내부 구조의 안정성을 판단하기 위하여 밀가루와 우유단백질과 검류 혼합물의 호화 특성을 amylograph를 통해 조사하여 Table 2에 나타내었다.  $60^\circ\text{C}$ 가 되면 반죽 내 전분이 호화되기 시작하는데(3,11) 호화개시온도에 있어서 대조구는  $63.5^\circ\text{C}$ ,

Table 1. Formulation for bread added with milk proteins and gum

| Ingredients       | Control <sup>1)</sup> | CK <sup>2)</sup> | CA <sup>3)</sup> | WK <sup>4)</sup> | WA <sup>5)</sup> | (Unit: % flour basis) |
|-------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Flour             | 100                   | 100              | 100              | 100              | 100              | 100                   |
| Water             | 63                    | 63               | 63               | 63               | 63               | 63                    |
| Instant dry yeast | 2.5                   | 2.5              | 2.5              | 2.5              | 2.5              | 2.5                   |
| Yeast food        | 0.5                   | 0.5              | 0.5              | 0.5              | 0.5              | 0.5                   |
| Sugar             | 6                     | 6                | 6                | 6                | 6                | 6                     |
| Salt              | 2                     | 2                | 2                | 2                | 2                | 2                     |
| Skim milk powder  | 3                     | 3                | 3                | 3                | 3                | 3                     |
| Shortening        | 4                     | 4                | 4                | 4                | 4                | 4                     |
| Ascorbic acid     | 40 ppm                | 40 ppm           | 40 ppm           | 40 ppm           | 40 ppm           | 40 ppm                |
| Casein            | -                     | 0.6              | 0.6              | -                | -                | -                     |
| Whey protein      | -                     | -                | -                | 0.6              | 0.6              | 0.6                   |
| Carrageenan       | -                     | 0.6              | -                | 0.6              | -                | -                     |
| Sodium alginate   | -                     | -                | 0.6              | -                | 0.6              | 0.6                   |

<sup>1)</sup>Control: wheat flour 100%, <sup>2)</sup>CK: casein-κ-carrageenan, <sup>3)</sup>CA: casein-sodium alginate, <sup>4)</sup>WK: whey-κ-carrageenan, <sup>5)</sup>WA: whey-sodium alginate.

**Table 2. Amylogram data of wheat flour doughs containing milk proteins and gums**

| Characteristics                       | Samples               |                  |                  |                  |                  |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                       | Control <sup>1)</sup> | CK <sup>2)</sup> | CA <sup>3)</sup> | WK <sup>4)</sup> | WA <sup>5)</sup> |
| Gelatinization temperature (°C)       | 63.5                  | 65               | 64               | 62.5             | 64               |
| Temperature at maximum viscosity (°C) | 91                    | 92               | 91.7             | 91               | 91.7             |
| Maximum viscosity (B.U)               | 760                   | 750              | 680              | 900              | 660              |

<sup>1)</sup>Control: wheat flour 100%, <sup>2)</sup>CK: casein-κ-carrageenan, <sup>3)</sup>CA: casein-sodium alginate, <sup>4)</sup>WK: whey-κ-carrageenan, <sup>5)</sup>WA: whey-sodium alginate.

CK첨가구는 65°C, CA와 WA 첨가구는 64°C 그리고 WK 첨가구는 62.5°C로 나타났는데, CK 첨가구와 CA와 WA 첨가구의 경우 호화개시온도가 증가하였다. 이러한 현상이 나타나는 것은 검류와 우유단백질이 전분입자가 호화되는데 필요한 수분을 흡수하여 전분입자의 수분 결핍이 발생됨으로써 전분입자의 호화가 지연되는 것으로 생각된다. 최고 점도 도달 온도는 대조구와 첨가구에서 91-92°C로 유의적인 차이를 보이지 않았고 최고 점도의 경우 대조구가 760 B.U으로 CA와 WA 첨가구는 대조구보다 낮은 점도를 보였고 CK와 WK의 경우는 대조구보다 높은 점도를 보였다. 반죽에 검류를 첨가하게 되면 가열 중에 발생하는 전분입자의 수화와 팽윤으로 아밀로스가 용출하게 되고 이런 현상은 점도상승을 가속화시킨다고 보고되어 있는데(3) κ-carrageenan(K)을 첨가한 경우가 이와 같은 결과를 보였다. 반면에 sodium alginate(A)를 첨가할 경우 대조구에 비해 낮은 점도를 나타내어 대조구보다는 제빵 적성이 개선되고 노화가 느리게 진행되지만 속이 축축해지는 경향으로 제품 품질에 영향을 미칠 것으로 생각된다(11).

#### Farinography에 의한 반죽의 물리적 특성

우유단백질과 검류를 첨가한 밀가루의 farinogram 특성은 Table 3과 같았다. 대조구와 비교한 결과 첨가구의 수분 흡수율(water absorption)이 증가하였는데 이와 같은 현상은 첨가한 우유단백질과 검류가 가지는 높은 수분 흡수성이 기인하는 것으로 사료된다(8). 밀가루의 수분 흡수율은 빵의 품질에 중요한 인자로 작용하는데 우유단백질과 검류를 첨가할 경우 반죽을 혼합하는데 첨가할 수 있는 수분량이 증가하게 되고 그에 상응하여 빵의 수분 함량이 높아짐으로써 빵의 노화가 지연될 수 있을 것으로 생각된다(12). 반죽형성시간(development time)은 밀가루가 물을 흡수하여 반죽의 굳기와 최고점에 도달하는 시간을 나타내는데 반죽의 안정성이 클수록 길어지며 제빵 적성이 좋아지게 된다(13). CK와 WK를 첨가한 경우는 대조구에 비해 반죽형성시간이 짧았으나 CA와 WA를 첨가한 경우는 각각 13.0분과 11.0분으로 대조구 9.0분 보다 길어지는데 이것은 반죽이 혼합되는 동안 글루텐 시트를 형성하는 시간이 오래 걸리기 때문으로(13) CA와 WA 첨가시 대조구와 다른 첨가구 보다 반죽시간을 길게 할 경우 제빵성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다(3). 반죽의 안정도

(stability)의 경우 CK와 WK 첨가구가 대조구에 비해 낮게 나타나 carrageenan(K)이 반죽의 안정성을 낮추는 결과를 나타냈고, CA와 WA첨가구의 경우 안정도가 각각 20.0분과 17.0분으로 대조구 20.0분과 같거나 약간 낮은 값을 보여 반죽의 안정도에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다. 약화도(weakness)는 대조구가 10으로 가장 작았고 CK와 WK 첨가구의 경우 60과 100으로 대조구와 큰 차이를 보인 반면 CA와 WA 첨가구의 경우 30과 40으로 CK와 WK첨가구 보다는 낮은 약화도를 보였다. 약화도는 단백질의 함량이 높고 질이 양호할수록 차이가 작은데 우유단백질과 검류를 첨가할 경우 약화도가 증가하여 글루텐 그조력이 저하된 것으로 생각되는데 이의 문제점을 보완하기 위해 반죽시간을 조절하거나 반죽 강화제를 사용할 필요가 있을 것으로 사료된다(12).

앞의 결과들을 종합해 볼 때 우유단백질과 검류를 첨가할 경우 수분 흡수율이 증가되어 빵의 노화를 지연시키는데 효과가 있을 것으로 보이며 CA와 WA를 첨가하면 반죽형성 시간을 증가시켜 식빵 제조에 긍정적인 효과를 줄 것으로 예상되나 반죽의 안정성을 약화시키는 결과를 야기하므로 우유단백질과 검류의 첨가 시 적절히 반죽 시간을 조절할 필요성이 있는 것으로 판단되며 비교적 제빵성이 양호할 것으로 판단된다.

#### Extensography에 의한 반죽 특성

Table 4에 우유단백질과 검류를 첨가한 밀가루 반죽의 익스텐소그램 데이터를 나타내었다. 모든 시료구 밀가루 반죽의 신장도(extension)는 발효시간이 지남에 따라 감소하였고 신장저항도(resistance to extension)는 증가하였는데 이러한 현상은 발효시간이 길어짐에 따라 발생하는 반죽의 물성 변화이다(3). 발효과정 동안 대조구의 신장도는 우유단백질과 검류를 첨가한 신장도보다 약간 높은 값을 보여, 대조구 반죽이 첨가구 반죽보다 gluten network가 약한 경향을 가지는 것으로 생각되었다(14). 신장저항도의 경우 대조구 반죽과 CK와 CA를 첨가한 반죽 사이에는 큰 차이가 없었으나 WK와 WA를 첨가한 반죽은 다른 반죽에 비해 매우 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 우유단백질이 반죽동안에 글루텐 생성을 억제함으로써 나타나는 것으로 생각되며 우유단백질을 첨가할 경우 반죽의 발효시간을 늘여줄 필요가 있을 것으로 생각된다.

**Table 3. Farinogram data of wheat flour added with milk proteins and gums**

| Characteristics        | Samples               |                  |                  |                  |                  |
|------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                        | Control <sup>1)</sup> | CK <sup>2)</sup> | CA <sup>3)</sup> | WK <sup>4)</sup> | WA <sup>5)</sup> |
| Water absorption (%)   | 64                    | 65.2             | 65.5             | 65               | 65.5             |
| Development time (min) | 9.0                   | 5.0              | 13.0             | 6.5              | 11.0             |
| Stability (min)        | 20                    | 13.5             | 20               | 10.0             | 17.0             |
| Weakness (B.U)         | 10                    | 60               | 30               | 100              | 40               |

<sup>1)</sup>Control: wheat flour 100%, <sup>2)</sup>CK: casein-κ-carrageenan, <sup>3)</sup>CA: casein-sodium alginate, <sup>4)</sup>WK: whey-κ-carrageenan, <sup>5)</sup>WA: whey-sodium alginate.

Table 4. Extensogram data of wheat flour added milk proteins and gums

| Characteristics                | Samples               |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                | Control <sup>1)</sup> | CK <sup>2)</sup> | CA <sup>3)</sup> | WK <sup>4)</sup> | WA <sup>5)</sup> |
| Water absorption (%)           | 60.0                  | 61.2             | 61.5             | 61               | 61.7             |
| Extension (mm)                 | 45 min                | 235              | 210              | 240              | 220              |
|                                | 90 min                | 245              | 205              | 225              | 250              |
|                                | 135 min               | 235              | 220              | 215              | 240              |
| Resistance to extension (B.U.) | 45 min                | 400              | 440              | 420              | 280              |
|                                | 90 min                | 600              | 560              | 520              | 300              |
|                                | 135 min               | 610              | 610              | 540              | 380              |

<sup>1)</sup>Control: wheat flour 100%, <sup>2)</sup>CK: casein- $\kappa$ -carrageenan, <sup>3)</sup>CA: casein-sodium alginate, <sup>4)</sup>WK: whey- $\kappa$ -carrageenan, <sup>5)</sup>WA: whey-sodium alginate.

### 빵의 수분함량 변화

8주 동안 -20°C에서 저장한 냉동반죽으로 만든 당일의 빵과 5°C에서 4일간 저장한 빵의 수분함량 변화는 Table 5와 같다. 빵을 만든 당일과 4일 후의 수분함량을 비교하면, 저장기간 동안 모든 시료구의 수분함량이 감소되는 것을 알 수 있으며, 이러한 현상은 저장기간 중에 crumb에서 crust로 이동된 수분이 대기 중으로 손실됨으로써 나타나는 것이다(15). 우유 단백질과 검류를 첨가한 경우 대조구에서 보다 수분의 감소경향이 적게 나타났는데 이러한 결과는 casein과 whey 단백질이 갖는 높은 수분 흡수율과 (8) carrageenan과 sodium alginate와 같은 검류가 갖는 빵의 수분 보유력이 미치는 효과로 보여진다(15). Aibara 등(16)이 보고한 것과 마찬가지로 만든 당일의 빵에서 대조구와 첨가구 사이의 수분함량은 43~45%로 유의적인 차이를 보이지 않았고, 4일간 저장된 빵에서도 대조구와 첨가구가 비슷한 수분함량을 보였다. 이러한 결과는 초기 냉동 저장기간 동안 나타났으며, 저장 6주 후부터 대조구 빵의 수분함량이 첨가구 빵의 수분함량보다 낮게 나타나 우유단백질과 검류가 냉동 초기 저장기간에는 수분 보유력에 큰 영향을 끼치지 않지만 저장기간이 길어질수록 빵의 수분 보유력을 유지시키는데 효과가 있을 것으로 생각된다.

빵의 수분함량이 많을수록 노화가 지연된다고 보고되고 있는 데(17), 결과적으로 우유단백질과 검류를 첨가함으로서 빵의 수분 보유량을 증가시켜 저장기간 동안 빵 제품의 노화를 지연시키는데 큰 효과를 나타낼 것으로 예상된다.

### 식빵의 경도 변화

-20°C에서 8주 저장된 냉동반죽으로 제조한 식빵의 경도를 만든 당일과 5°C에서 4일간 저장한 후, 저장기간 동안의 경도를 측정하여 반죽의 냉동저장과 제조한 빵의 4일간의 냉장저장 동안 우유단백질과 검류의 첨가 유무가 빵의 경도 변화에 미치는 효과를 Table 6에 나타내었다.

빵을 만든 당일 경도를 측정했을 때, 냉동저장동안 대조구 빵의 경도가 첨가구 빵의 경도와 비슷하거나 높은 경향을 보여 우유단백질과 검류가 경도에 미치는 영향을 확인하기 어려웠다. 이러한 결과는 만든 당일 빵의 경도가 guar gum의 첨가 유무에 영향을 받지 않는다고 보고한 Ribotta(15)의 연구 결과와 일치하였다.

빵을 5°C에서 4일간 저장하면 빵의 경도가 증가되는데 이러한 현상은 저장기간 동안에 발생하는 수분 손실과 전분의 노화에 기인(2)하는 것으로 생각된다. 측정된 경도는 우유단백질과 검류의 첨가 유무와 종류에 따라 다른 현상을 보였는데 전반적으로 CA와 WA를 첨가한 빵이 다른 첨가구와 대조구빵에 비해 낮은 경도값을 보였다. 다른 첨가구도 대조구에 비해 낮은 경도값을 보였는데 이러한 현상은 검류의 수분 보유력에 영향(3)을 받는 것으로 생각되며, casein과 whey 단백질이 갖는 유화성이 빵의 경도증가를 감소시키는데 기여하는 것으로 사료된다(1). 또한 CA와 WA를 첨가한 빵이 경도증가를 억제하는데 다른 첨가구에 비해 긍정적인 효과를 보인 것은 우유단백질과 sodium alginate가 반응하여 유화안정성이 증가됨에 기인하는 것으로 보여 진다. 위

Table 5. Changes in bread moisture content at 0 and 4 days after baking from frozen doughs containing milk proteins and gums during storage at -20°C for 1 to 8 weeks  
(Unit: %)

| Samples               | Storage time                |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                       | 1 week <sup>6)</sup>        |                             | 2 weeks                     |                             | 4 weeks                     |                             | 6 weeks                     |                             | 8 weeks                     |                             |
|                       | 0 day <sup>7)</sup>         | 4 days                      | 0 day                       | 4 days                      | 0 days                      | 4 day                       | 0 day                       | 4 days                      | 0 day                       | 4 days                      |
| Control <sup>1)</sup> | 45.39±<br>0.09 <sup>a</sup> | 44.35±<br>0.26 <sup>b</sup> | 45.32±<br>0.31 <sup>A</sup> | 43.90±<br>1.19 <sup>B</sup> | 44.50±<br>0.33 <sup>c</sup> | 43.36±<br>0.02 <sup>d</sup> | 44.31±<br>0.41 <sup>c</sup> | 43.32±<br>0.24 <sup>D</sup> | 44.36±<br>0.28 <sup>c</sup> | 43.47±<br>0.21 <sup>f</sup> |
| CK <sup>2)</sup>      | 44.77±<br>0.12 <sup>a</sup> | 43.63±<br>0.29 <sup>b</sup> | 44.39±<br>0.52 <sup>A</sup> | 42.89±<br>0.69 <sup>B</sup> | 44.68±<br>0.15 <sup>c</sup> | 43.30±<br>0.69 <sup>d</sup> | 44.92±<br>0.09 <sup>c</sup> | 43.59±<br>0.46 <sup>D</sup> | 44.32±<br>0.37 <sup>e</sup> | 43.77±<br>0.14 <sup>f</sup> |
| CA <sup>3)</sup>      | 45.32±<br>0.38 <sup>a</sup> | 43.96±<br>0.41 <sup>b</sup> | 44.85±<br>0.11 <sup>A</sup> | 43.93±<br>0.21 <sup>B</sup> | 44.92±<br>0.50 <sup>c</sup> | 43.75±<br>0.19 <sup>d</sup> | 45.38±<br>0.45 <sup>c</sup> | 43.60±<br>1.51 <sup>D</sup> | 44.34±<br>0.25 <sup>e</sup> | 43.27±<br>0.01 <sup>f</sup> |
| WK <sup>4)</sup>      | 45.24±<br>0.54 <sup>a</sup> | 44.03±<br>0.07 <sup>b</sup> | 44.85±<br>0.31 <sup>A</sup> | 43.67±<br>0.64 <sup>B</sup> | 44.99±<br>0.01 <sup>c</sup> | 43.76±<br>0.22 <sup>d</sup> | 44.41±<br>0.50 <sup>c</sup> | 43.62±<br>0.08 <sup>D</sup> | 43.94±<br>0.10 <sup>e</sup> | 43.78±<br>0.08 <sup>f</sup> |
| WA <sup>5)</sup>      | 44.08±<br>0.15 <sup>a</sup> | 43.26±<br>0.72 <sup>b</sup> | 44.35±<br>0.25 <sup>A</sup> | 42.78±<br>0.59 <sup>B</sup> | 43.91±<br>0.70 <sup>c</sup> | 42.51±<br>0.45 <sup>d</sup> | 43.62±<br>0.48 <sup>c</sup> | 43.12±<br>0.40 <sup>D</sup> | 43.03±<br>0.05 <sup>e</sup> | 42.86±<br>0.01 <sup>f</sup> |

<sup>1)</sup>Control: wheat flour 100%, <sup>2)</sup>CK: casein- $\kappa$ -carrageenan, <sup>3)</sup>CA: casein-sodium alginate, <sup>4)</sup>WK: whey- $\kappa$ -carrageenan, <sup>5)</sup>WA: whey-sodium alginate.

<sup>6)</sup>Storage time in frozen dough at -20°C for 1 to 8 weeks before baking.

<sup>7)</sup>Storage time in bread at room temperature made with frozen dough.

<sup>a-f,A-F</sup>Values with different superscripts with columns are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

<sup>a-f,A-F</sup>Values with different superscripts with rows are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

**Table 6. Changes in bread hardness at 0 and 4 days after baking from frozen doughs containing milk proteins and gums and stored at –20°C for 1 to 8 weeks**  
(Unit: kgf)

| Samples               | Storage time                            |  |  |   |   |   |   |   |  |   |
|-----------------------|---|--|--|---|---|---|---|---|--|---|
|                       | 1 week <sup>6)</sup>                    |  | 2 weeks                                  |   | 4 weeks                                 |   | 6 weeks                                 |   | 8 weeks                                  |   |
|                       | 0 day <sup>7)</sup>                     | 4 days                                   | 0 day                                    | 4 days                                  | 0 day                                   | 4 days                                  | 0 day                                   | 4 days                                  | 0 day                                    | 4 days                                  |
| Control <sup>1)</sup> | <sup>x</sup> 0.24±<br>0.01 <sup>b</sup> | <sup>y</sup> 0.56±<br>0.03 <sup>a</sup>  | <sup>x</sup> 0.24±<br>0.00 <sup>B</sup>  | <sup>y</sup> 0.60±<br>0.00 <sup>A</sup> | <sup>x</sup> 0.25±<br>0.01 <sup>d</sup> | <sup>y</sup> 0.63±<br>0.03 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.26±<br>0.00 <sup>D</sup> | <sup>y</sup> 0.65±<br>0.00 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.27±<br>0.02 <sup>f</sup>  | <sup>y</sup> 0.67±<br>0.04 <sup>s</sup> |
|                       | 0.00 <sup>b</sup>                       | 0.01 <sup>a</sup>                        | 0.00 <sup>B</sup>                        | 0.02 <sup>A</sup>                       | 0.03 <sup>d</sup>                       | 0.02 <sup>c</sup>                       | 0.01 <sup>D</sup>                       | 0.00 <sup>c</sup>                       | 0.01 <sup>f</sup>                        | 0.02 <sup>e</sup>                       |
| CK <sup>2)</sup>      | <sup>y</sup> 0.21±<br>0.00 <sup>b</sup> | <sup>xy</sup> 0.52±<br>0.01 <sup>a</sup> | <sup>xy</sup> 0.21±<br>0.00 <sup>B</sup> | <sup>y</sup> 0.54±<br>0.02 <sup>A</sup> | <sup>x</sup> 0.25±<br>0.03 <sup>d</sup> | <sup>y</sup> 0.55±<br>0.02 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.24±<br>0.01 <sup>D</sup> | <sup>y</sup> 0.60±<br>0.00 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.26±<br>0.01 <sup>f</sup>  | <sup>y</sup> 0.64±<br>0.02 <sup>e</sup> |
|                       | 0.00 <sup>b</sup>                       | 0.04 <sup>a</sup>                        | 0.01 <sup>B</sup>                        | 0.00 <sup>A</sup>                       | 0.02 <sup>d</sup>                       | 0.03 <sup>c</sup>                       | 0.03 <sup>D</sup>                       | 0.03 <sup>c</sup>                       | 0.02 <sup>f</sup>                        | 0.01 <sup>e</sup>                       |
| CA <sup>3)</sup>      | <sup>y</sup> 0.21±<br>0.00 <sup>b</sup> | <sup>y</sup> 0.47±<br>0.04 <sup>a</sup>  | <sup>xy</sup> 0.23±<br>0.01 <sup>B</sup> | <sup>y</sup> 0.54±<br>0.00 <sup>A</sup> | <sup>x</sup> 0.22±<br>0.02 <sup>d</sup> | <sup>y</sup> 0.55±<br>0.03 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.24±<br>0.03 <sup>D</sup> | <sup>y</sup> 0.64±<br>0.02 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.27±<br>0.03 <sup>f</sup>  | <sup>y</sup> 0.75±<br>0.01 <sup>e</sup> |
|                       | 0.00 <sup>b</sup>                       | 0.02 <sup>a</sup>                        | 0.00 <sup>B</sup>                        | 0.02 <sup>A</sup>                       | 0.00 <sup>d</sup>                       | 0.01 <sup>c</sup>                       | 0.01 <sup>D</sup>                       | 0.00 <sup>c</sup>                       | 0.01 <sup>f</sup>                        | 0.00 <sup>e</sup>                       |
| WK <sup>4)</sup>      | <sup>y</sup> 0.21±<br>0.00 <sup>b</sup> | <sup>y</sup> 0.44±<br>0.02 <sup>a</sup>  | <sup>y</sup> 0.21±<br>0.00 <sup>B</sup>  | <sup>y</sup> 0.49±<br>0.02 <sup>A</sup> | <sup>x</sup> 0.23±<br>0.00 <sup>d</sup> | <sup>y</sup> 0.52±<br>0.01 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.20±<br>0.01 <sup>D</sup> | <sup>y</sup> 0.54±<br>0.00 <sup>c</sup> | <sup>y</sup> 0.21±<br>0.01 <sup>f</sup>  | <sup>y</sup> 0.55±<br>0.00 <sup>e</sup> |
|                       | 0.00 <sup>b</sup>                       | 0.05 <sup>a</sup>                        | 0.02 <sup>B</sup>                        | 0.03 <sup>A</sup>                       | 0.03 <sup>d</sup>                       | 0.03 <sup>c</sup>                       | 0.03 <sup>D</sup>                       | 0.01 <sup>c</sup>                       | 0.00 <sup>f</sup>                        | 0.03 <sup>e</sup>                       |
| WA <sup>5)</sup>      | <sup>x</sup> 0.24±<br>0.01 <sup>b</sup> | <sup>y</sup> 0.59±<br>0.05 <sup>a</sup>  | <sup>xy</sup> 0.24±<br>0.02 <sup>B</sup> | <sup>y</sup> 0.60±<br>0.03 <sup>A</sup> | <sup>x</sup> 0.22±<br>0.03 <sup>d</sup> | <sup>y</sup> 0.67±<br>0.03 <sup>c</sup> | <sup>x</sup> 0.22±<br>0.03 <sup>D</sup> | <sup>y</sup> 0.70±<br>0.01 <sup>c</sup> | <sup>xy</sup> 0.23±<br>0.00 <sup>f</sup> | <sup>y</sup> 0.77±<br>0.03 <sup>e</sup> |
|                       | 0.01 <sup>b</sup>                       | 0.05 <sup>a</sup>                        | 0.02 <sup>B</sup>                        | 0.03 <sup>A</sup>                       | 0.03 <sup>d</sup>                       | 0.03 <sup>c</sup>                       | 0.03 <sup>D</sup>                       | 0.01 <sup>c</sup>                       | 0.00 <sup>f</sup>                        | 0.03 <sup>e</sup>                       |

<sup>1)</sup>Control: wheat flour 100%, <sup>2)</sup>CK: casein-κ-carrageenan, <sup>3)</sup>CA: casein-sodium alginate, <sup>4)</sup>WK: whey-κ-carrageenan, <sup>5)</sup>WA: whey-sodium alginate.

<sup>6)</sup>Storage time in frozen dough at –20°C for 1 to 8 weeks before baking.

<sup>7)</sup>Storage time in bread at room temperature made with frozen dough.

<sup>x,y</sup>Values with different superscripts with columns are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

<sup>a-f,A-F</sup>Values with different superscripts with rows are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

의 결과를 볼 때 CA와 WA의 첨가는 빵의 경도증가를 자연시킴으로써 빵의 조직감을 향상시키고 저장수명을 연장하는데 효과적일 것으로 생각된다.

## 요 약

우유단백질과 겉류의 혼합 첨가가 빵의 노화를 억제시키는데 사용될 수 있는지를 조사하기 위하여 이들 첨가한 밀가루의 amylogram, farinogram 그리고 extensogram을 측정하였다. 또한 우유단백질과 겉류를 첨가한 반죽을 8주 동안 냉동 저장한 후 이 냉동반죽으로 식빵을 제조하고, 만든 당일과 5°C에서 4일간 저장한 식빵의 수분함량 변화와 경도 변화를 측정하여 노화정도를 비교하였다. Amylogram 특성 중 우유단백질과 겉류를 첨가한 밀가루의 호화 개시온도가 증가하였고 CA와 WA 첨가한 밀가루의 최고 점도가 대조구보다 낮았다. Farinogram 특성을 통해 우유단백질과 겉류가 밀가루의 수분 흡수율을 증가시키는 것과 CA와 WA를 첨가할 경우 반죽 형성시간이 길어짐을 확인할 수 있었다. Extensogram 특성에서 밀가루의 신장도는 우유단백질과 겉류를 첨가함으로써 낮아지는 현상을 보였다. 빵의 수분함량 변화를 살펴보면, 4일 저장기간 동안 모든 빵의 수분이 감소되는 것을 알 수 있었으며, 냉동저장 6주후부터는 대조구 빵의 수분함량이 우유단백질과 겉류를 첨가한 빵보다 감소정도가 큰 것을 확인할 수 있었다. 빵의 경도 변화의 경우 또한 저장기간 동안 대조구 빵이 우유단백질과 겉류를 첨가한 빵, 특히 CA와 WA를 첨가한 빵보다 높은 경도를 나타냈다. 이를 통해서 우유단백질과 겉류를 첨가할 경우 반죽의 제빵 적성을 향상시켜주며 CA와 WA의 첨가는 빵의 노화를 자연시켜주는데 효과가 있는 것으로 생각된다.

## 문 헌

- Stampfli L, Nersten B. Emulsifiers in bread making. *Food Chem.* 52: 353-360 (1995)
- Cauvain SP. Improving the control of staling in frozen bakery products. *Trends Food Sci. Technol.* 9: 56-61 (1998)
- 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)
- Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 502-508 (1997)
- Kang KC, Baek SB, Rhee KS. Effect of the addition of dietary fiber on salting of cakes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 19-25 (1990)
- Kim YA. Effects of fructo-oligosaccharide and isomaltol-oligosaccharide on quality and staling of cake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 875-880 (1998)
- Pisesookbunterng W, D'appolonia BL. Bread staling studies (I). Effects of surfactants on moisture migration from crumb to crust and firmness values of bread crumb. *Cereal Chem.* 60: 298-300 (1983)
- Erdogdu-Arnoczyk N, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. Functionality of whey and casein on fermentation and in breadbaking by fixed and optimized procedures. *Cereal Chem.* 73: 309-316 (1996)
- AACC. Approved method 44-15A of the AACC. 8th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1983)
- Hwang HS, Kim GS, Kim J, Lee SH, Park JS. SAS Statistics Analysis. Chung-Moon Publishing Co. Seoul, Korea. pp. 84-100. (2001)
- Chung JY, Kim CS. Development of buckwheat bread: 2. Effects of vital wheat gluten and water-soluble gums on baking and sensory properties. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14: 168-176 (1998)
- Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim, DH. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian tunic. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 387-395 (2000)
- Kim HJ, Kang WW, Moon KD. Quality characteristics of bread added with Gastrodia elata blume powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 437-443 (2001)
- Kenny S, Wehrle K, Auty M, Arendt EK. Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough. *Cereal Chem.* 78: 458-463 (2001)
- Ribotta PD, Perez GT, Leon AE, Aron MC. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids* 18: 305-313 (2004)
- Abbara S, Nishimura K, Esaki K. Effects of shortening on the loaf volume of frozen dough bread. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 521-528 (2001)
- Maleki M, Noseney RC, Mattern PJ. Effects of loaf volume, moisture content and protein quality on the softness and staling rate of bread. *Cereal Chem.* 57: 138-140 (1980)