

우유단백질-검류 복합체 첨가가 제빵용 반죽의 물리적 특성과 식빵의 노화에 미치는 영향

윤 영 · 김영호¹ · 김영수² · 최성희³ · 은종방[†]

전남대학교 식품공학과 및 생물공학연구소, ¹대전대학교 제과제빵학과, ²동우대학 호텔제과제빵학과,
³동의대학교 식품영양학과

Effects of Milk Protein-Gum Conjugates on The Characteristics of The Dough and Staling of Bread Made of Frozen Dough During Freeze-Thaw Cycles

Young Yun, Young-Ho Kim¹, Young-Su Kim², Sung-Hee Choi³ and Jong-Bang Eun[†]

*Department of Food Science and Technology & Biotechnology Research Institute,
Chonnam National University, Gwangju 500-070 Korea*

¹*Department of Baking Technology, Hyejeon College, Hong-Sung 350-702 Korea*

²*Department of Hotel Cookie & Bread, Dong-u College, Sokcho 217-711 Korea*

³*Department of Food Science and Nutrition, Dongeui University, Busan 614-714 Korea*

Abstract

Milk protein-gum conjugates were prepared by Maillard reaction and added to dough to investigate the possible use of them as anti-staling agents in bread. Four different types of conjugates were added to dough, i.e., casein- κ -carrageenan (CK), casein-sodium alginate (CA), whey- κ -carrageenan (WK) and whey-sodium alginate (WA). Their addition to flour increased the gelatinization temperature, water absorption and development time of the dough. Extensogram showed the increased resistance to extension of the doughs resulting from the addition of the conjugates. Moisture content of the breads decreased during storage at 5°C for 4 days. The breads added with conjugates had lower extents of the decreases than non-treated degrees and maintained higher moisture content than non-treated bread after 3 freeze-thaw cycles. The storage degrees at 5°C for 4 days affected the increased bread hardness, but, addition of WA conjugate decreased extents of the increases. Therefore, milk protein-gum conjugates, especially WA conjugate, contributed to retarding staling of breads

Key words : milk protein-gum conjugates, frozen dough, freeze-thaw cycles, anti-staling

서 론

식생활이 서구화, 편의화 되면서 빵의 수요가 증가됨에 따라 다양한 제품과 우수한 품질의 빵을 제조하려는 시도들이 꾸준히 진행되고 있다. 빵은 구운 시간이 지남에 따라 빵이 갖고 있는 독특한 향미가 없어지게 되며, 바삭바삭하던 빵 껍질부분(bread crust)이 눅눅해지고 부드러운 빵 속 부분(bread crumb)이 거칠고 단단해진다. 이를 빵의 staling 이라고 하는데 이와 같은 현상이 나타나는 것은 빵을 구운

후 직후부터 전분이 노화되고 수분이 손실되기 때문이다. 빵의 staling은 소비자들의 선호도를 저해시켜 빵의 상품적 가치가 떨어지게 되고 경제적으로 큰 손실이 발생시킨다(1-3). 따라서 식이성 섬유(4), 올리고당(5), 사과분말(6)과 섬유소(7)를 첨가하여 빵의 staling을 억제시키는 연구가 실행되어 왔고 shortening, monoglycerides, amylase 등의 첨가가 전분의 노화를 지연시킨다는 보고가 있다(8,9).

빵의 staling은 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 가지며 빵의 texture를 향상시키는 역할을 하며,

[†]Corresponding author. E-mail : jbeun@chonnam.ac.kr,
Phone : 82-62-530-2145 Fax : 80-62-530-2140

carrageenan과 sodium alginate와 같은 검질 또한 수분 보유력을 가지고 있으므로(10) 빵의 품질을 향상시키는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 단백질의 경우 열에 불안정적인 성질로 인해 식품계에서의 사용이 제한적인 단점을 가지고 있다. 이러한 성질을 보완하기 위해서 단백질의 아미노기와 검류의 환원말단 카보닐기 사이에 covalent cross link를 형성시켜 복합체를 얻을 수 있는데 이 복합체 형태의 경우 매우 안정적일 뿐 아니라 유화성도 뛰어난 것으로 보고 되고 있다(11).

따라서 본 연구에서는 검류인 카라기난과 알긴산염, 우유단백질인 카제인과 유청을 복합체로 제조하고 이를 반죽에 첨가하여 반죽특성에 미치는 영향을 조사하고, 이들을 이용하여 현재 사용량이 증가되고 있는 냉동반죽에 이들을 첨가하여 빵을 제조한 뒤 5°C에서 4일간 냉장저장하면서 빵의 수분함량 변화와 경도변화를 분석하여 빵의 노화에 미치는 영향을 조사하여 노화 억제제제료써의 사용 가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

밀가루는 제빵용 강력분 밀가루(한국제분: 수분 14.0%, 단백질 12.5%, 회분 0.38%)를 사용하였으며 우유 단백질인 casein(Matsutan Inc., Itami, Japan), whey (Davidco Foods International. Inc., Eden Prairie, MN, USA)와 검류인 κ -carrageenan(한국 카라젠, 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(Marq, France), yeast food, 설탕, skim milk powder(삼양사, 울산, 한국), 마가린(롯데삼강, 서울, 한국), 소금, ascorbic acid로 그 배합비는 Table 1에 명시하였다.

복합체 제조

일정 비율의 우유단백질과 검류를 1:1 비율로 물에 녹여 동결 건조시킨 후 온도 60°C 습도 80% R.H 조건에서 10일 정도 방치하여 우유단백질의 아미노기와 검류의 카보닐기 사이에 결합을 형성시키는 maillard반응을 유도시킨 후 60°C에서 6시간 건조하여 사용하였다(11).

아밀로그래프의 측정

시료의 아밀로그래프 특성은 AACC방법(12)에 따라 아밀로그래프(ASG6, Brabender, Duisburg, Germany)를 사용하여 시료 65 g을 450 mL 증류수에 현탁시켜서 보울에 넣고 보울의 회전속도를 75 rpm으로 조정하였다. 현탁액은 1분

Table 1. Formulation for bread added with milk protein-gum conjugates

(Unit: % flour basis)

| Ingredients | Sample ¹⁾ | | | | |
|-------------------|----------------------|------|------|------|------|
| | Control | CK | CA | WK | WA |
| Flour | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Water | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 |
| Instant dry yeast | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| Yeast food | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Sugar | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Salt | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Skim milk powder | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Shortening | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Ascorbic acid | 4 mg | 4 mg | 4 mg | 4 mg | 4 mg |
| Casein | - | 0.6 | 0.6 | - | - |
| Whey protein | - | - | - | 0.6 | 0.6 |
| Carrageenan | - | 0.6 | - | 0.6 | - |
| Sodium alginate | - | - | 0.6 | - | 0.6 |

¹⁾Control; non-adding conjugate, Casein- κ -carrageenan conjugate; Casein-sodium alginate conjugate; WK, whey- κ -carrageenan conjugate; WA, whey-sodium alginate conjugate.

간 1.5°C의 비율로 25 °C에서 95°C까지 가열시키면서 paste의 호화개시온도 (initial gelatinization temperature), 최고점도(maximum viscosity), 최고점도시의 온도 (temperature at maximum viscosity)등을 측정하였다.

파리노그래프의 측정

우유 단백질과 검류를 각각 0.6%씩 첨가한 밀가루의 반죽 특성은 Farinograph(M8101, Brabender, Duisburg, Germany)를 이용하여 AACC방법(12)에 따라 실시하였다. 시료 밀가루 300 g을 30±0.2 °C로 유지된 혼합용 보울에 넣고 물을 첨가하여, 혼합하는 동안 curve의 중앙이 500±20 B.U 에 도달할 때까지 흡수량을 조정하였다. 파리노그램으로부터 수분 흡수율(water absorption), 도착시간(arrival time), 반죽 형성시간(development time), 반죽 안정도(stability) 그리고 약화도(weakness) 의 값을 측정하였다.

익스텐소그래프의 측정

AACC방법(12)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±10 B.U에 도달하도록 필요에 따라 물의 흡수량을 조절하였다. 반죽을 믹서에서 꺼내어 150±1 g으로 분할한 후 rounder에 넣어 구형 반죽을 만든 뒤 roller에 넣어 원통형으로 성형하여 30°C의

항온조에서 45분, 90분, 135분간 방치하여 반복 측정을 실시하였다. 측정된 값은 신장도(extension), 신장도에 대한 저항도(resistance to extension)를 나타내었다.

식빵의 제조

식빵의 제조 공정은 AACC방법(12)의 직접 반죽법(Straight method)(13)으로 제조한다. 제빵시 반죽은 수직 혼합기(PM-250 S.S, Korea)로 행하며 완성된 반죽은 각각 430 g씩 분할하여 등글리기 한 후 폴리에틸렌 백에 넣어 -40℃의 freezer에 넣어 급속 냉동을 3시간 실시한 후 -20℃의 보관 냉동고(GC-114ADM, LG)에서 실험에 사용할 때까지 냉동 보관한다. 냉동된 반죽을 5℃에서 저온 해동 후 반죽을 성형하여 틀에 넣은 뒤 온도 35℃, 습도 85% 조건에서 50분간 2차 발효 시켜 윗불 160℃, 아랫불 180℃에서 35분간 구운 다음 냉각시켜 실험에 사용했다.

식빵의 수분함량 측정

식빵의 저장기간별 수분함량은 AACC방법(12)으로 식빵의 가운데 부분에서 crumb 부분만을 잘라 시료로 사용하고 crumb부분을 4℃에서 4일간 저장 후 저장 중의 수분함량 변화를 상압 건조 가열 건조법으로 측정하였다.

식빵의 텍스처의 측정

두께가 1.3 cm 인 빵의 crumb부분을 50×60×13 mm 크기로 잘라 만든 당일의 빵과 5℃에서 4일간 저장한 빵의 hardness를 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, England)로 측정했다.

원통형의 plunger (Φ 20mm)를 이용하였고 2cm 높이에서 Two bite compression test로 실행하였다.

통계처리

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(13).

결과 및 고찰

반죽의 호화특성

반죽에서의 호화는 굽는 동안 빵 내부의 기공 벽에서 일어나는데 호화 과정 중에 전분 입자는 팽윤되고 반죽은 점성과 유연성을 갖게 되며 이러한 성질은 빵의 품질을 결정짓는 중요한 인자이다(14). 우유단백질과 검류 복합체를 첨가한 밀가루의 amylograph를 측정하여 굽기 과정 중 빵내부의 안정성을 측정한 결과를 Table 2에 나타내었다. 호화개시온도는 대조구가 63.25℃, CK 첨가구가 65.5℃,

Table 2. Amylogram data of wheat flour doughs containing milk protein-gum conjugates

| Characteristics | Samples ¹⁾ | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|------|------|-------|------|
| | Control | CK | CA | WK | WA |
| Gelatinization temperature (°C) | 63.25 | 65.5 | 68.5 | 65.5 | 62.5 |
| Temperature at maximum viscosity (°C) | 93 | 92 | 93.5 | 91.75 | 91.5 |
| Maximum viscosity (B.U) | 735 | 780 | 900 | 940 | 860 |

¹⁾Control; non-adding conjugate, Casein-κ-carrageenan conjugate; Casein-sodium alginate conjugate; WK, whey-κ-carrageenan conjugate; WA, whey-sodium alginate conjugate.

CA 첨가구가 68.5, WK 첨가구가 65.5℃ 그리고 WA 첨가구가 62.5℃ 였는데 첨가구 종류에 따른 특정한 경향이 관찰되지는 않았으나 복합체를 첨가할 경우 호화개시온도가 높아지는 경향을 보였다. 이러한 현상은 우유단백질과 검류가 전분입자를 둘러싸 전분의 팽윤을 억제시킴으로서 나타나는 것으로 사료되며(15) 호화가 덜 일어나게 되면 붕괴되지 않은 다수의 전분 입자가 반죽 기포막의 유연성과 신장성이 증가시켜 빵의 부피를 개선시키는 효과가 있을 것으로 생각된다(16). 최고점도 도달 온도는 대조구와 첨가구에서 91~93℃로 유의적인 차이를 보이지 않았고 최고 점도의 경우 대조구 735 B.U 보다 모든 첨가구가 높은 점도를 보였다. 이러한 결과가 나타난 것은 반죽에 검류를 첨가하게 되면 검류 자체가 가지는 점성이 영향을 줄 뿐만 아니라 가열 중에 발생하는 전분입자의 수화와 팽윤으로 용출되는 아밀로스로 인해 상승되는 점도가 가속화 때문인 것으로 사료되며(3) 점성이 너무 높은 반죽으로 제조한 빵은 축축한 경향이 있으므로 적당한 점성을 갖도록 첨가물의 양을 조절할 필요가 있을 것으로 생각된다.

Farinogram에 따른 반죽의 물리적 특성

Table 3에 우유단백질과 검류 복합체를 첨가한 밀가루의 파리노그램 특성을 나타내었다. 복합체를 첨가할 경우 밀가루의 수분 흡수율(water absorption)이 증가하였는데 이와 같은 현상이 나타나는 것은 우유단백질과 검류 각각이 가지는 높은 수분 흡수성에 기인하는 것으로 생각된다(10). 빵의 수분함량은 저장 중에 발생하는 빵의 노화와 깊은 연관이 있는데 우유단백질과 검류 복합체를 첨가하여 반죽을 혼합하는데 있어서 수분함량을 증가시킴으로써 빵의 노화를 지연시킬 수 있을 것으로 생각된다(17). 반죽형성시간(development time)은 반죽의 안정성이 클수록 길어지며 제빵 적성이 좋아지는데(18) CA와 WA 복합체를 첨가한 반죽의 반죽형성시간이 각각 15분과 14.2분으로 대조구 12분보다 길어 CA와 WA 복합체 첨가시 반죽시간이 제빵성에 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다(19). 이러한 결과가 나타나는 것은 CA와 WA 복합체가 반죽하는 동안 글루텐 시트

형성을 늦추기 때문인 것으로 생각된다(20). 안정성(stability)의 경우 대조구와 복합체를 첨가한 밀가루 사이에 큰 차이를 보이지 않았다. 약화도(weakness)는 단백질의 함량이 높고 질이 양호할수록 차이가 적는데 대조구의 약화도는 20 B.U. 인데 반해 CK와 CA 복합체를 첨가한 경우 모두 40 B.U. 로 대조구보다 약화도가 높게 나타났다. 하지만 WK와 WA 복합체를 첨가한 경우 각각 15와 20 B.U. 로 대조구와 유사한 결과를 보였다. 위의 결과를 볼 때 우유단백질과 검류 복합체의 첨가는 밀가루의 수분흡수율을 높임으로써 저장기간 동안에 발생하는 빵의 노화를 지연시키는데 효과가 있을 것으로 보이며, 특히 WA 복합체의 경우 반죽시간을 적절히 조절할 경우 반죽의 제빵성을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Farinogram data of wheat flour added with milk protein-gum conjugates

| Characteristics | Samples ¹⁾ | | | | |
|------------------------|-----------------------|------|------|------|------|
| | Control | CK | CA | WK | WA |
| Water absorption (%) | 65.3 | 66.3 | 66.8 | 66.5 | 66.5 |
| Development time (min) | 12 | 11 | 15 | 11 | 14.2 |
| Stability (min) | 20 | 21 | 22 | 23 | 21 |
| Weakness (B.U) | 20 | 40 | 40 | 15 | 20 |

¹⁾Control; non-adding conjugate, Casein-k-carrageenan conjugate; Casein-sodium alginate conjugate; WK, whey-k-carrageenan conjugate; WA, whey-sodium alginate conjugate.

Extensogram에 따른 반죽 특성

Table 4는 우유단백질과 검류를 첨가한 밀가루 반죽의 물리적 특성을 익스텐소그램으로 나타내었다. 모든 실험구 밀가루 반죽은 발효시간이 지남에 따라 신장도(extension)는 감소하고 신장저항도(resistance to extension)는 증가하였는데 이는 발효에 의해 반죽의 탄성이 증가되고 신장성은 감소되기 때문이다(3). 발효과정 동안 대조구의 신장도는 우유단백질과 검류 복합체를 첨가한 신장도보다 약간 높은 값을 보였는데 대조구 반죽이 첨가구 반죽보다 gluten network가 약한 경향을 가지는 것으로 생각되었다. 신장저항도의 경우 대조구 반죽에 비해 첨가구 반죽인 높은 경향을 나타내었다. 특히 혼합형태로 유청단백질을 첨가할 경우 다른 첨가구에 비해 낮은 신장저항도를 보였었는데 복합체의 형태로 첨가하였을 경우 다른 첨가구에 비해 높은 신장저항도를 보였다. 이러한 결과는 유청단백질이 복합체 형성과정 중 열처리로 인해 변성됨에 따라 반죽동안에 글루텐 생성을 억제하는 성질이 없어짐으로써 나타나는 현상인 것으로 생각되며(21) 이러한 결과는 우유단백질을 첨가할 경우 발생할 수 있는 빵의 비용적 감소(10)를 막을 수 있는 가능성을 제시해 준다.

Table 4. Extensogram data of wheat flour added milk protein-gum conjugates

| Characteristics | Samples ¹⁾ | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|-----|
| | Control | CK | CA | WK | WA | |
| Water absorption (%) | 65.5 | 66.5 | 66.5 | 66.5 | 66.5 | |
| Extension (mm) | 45 min ²⁾ | 230 | 180 | 215 | 180 | 210 |
| | 90 min | 226 | 170 | 212 | 180 | 206 |
| | 135min | 220 | 160 | 208 | 170 | 202 |
| Resistance to extension (B.U) | 45min ²⁾ | 445 | 630 | 618 | 575 | 500 |
| | 90min | 625 | 920 | 780 | 820 | 708 |
| | 135min | 680 | 970 | 820 | 900 | 760 |

¹⁾Control; non-adding conjugate, Casein-k-carrageenan conjugate; Casein-sodium alginate conjugate; WK, whey-k-carrageenan conjugate; WA, whey-sodium alginate conjugate.

²⁾Measurement time.

빵의 수분함량 변화

냉동-해동 사이클을 1~3회 반복한 반죽으로 제조한 빵의 수분함량을 만든 당일과 5°C에서 4일간 저장한 후 측정하여 우유단백질과 검류 복합체가 빵의 수분 보유력에 미치는 영향을 조사하였다(Table 5). 만든 당일의 빵의 경우, 대조구와 첨가구 빵 사이의 수분함량이 유의적인 차이를 보이지 않았는데 이는 Aibara(22)의 연구에서도 보고된 것이었다. 5°C에서 4일 저장된 빵의 수분함량의 경우, 2번의 냉동-해동 사이클 후까지는 대조구와 첨가구 빵의 수분함량에 유의적인 차이가 없었으나 3번의 냉동-해동 사이클 후에는 대조구가 첨가구의 빵보다 낮은 수분함량을 보였다. 이를 통해서 냉동-해동 사이클의 반복 횟수가 증가할수록 우유단백질과 검류 복합체가 빵의 수분보유력에 미치는 영향이 점차 뚜렷해짐을 알 수 있었다. 4일 동안 저장된 빵은 만든 당일의 빵보다 낮은 수분함량을 나타내는데, 이러한 현상이 나타나는 것은 저장 동안 식빵 crumb의 수분이 식빵 crust로 이동하여 수분손실이 발생하기 때문이다(23). 각각의 냉동-해동 사이클에서, 만든 당일과 4일 저장된 빵의 수분함량을 비교해 보면 대조구 빵의 수분함량이 우유단백질과 검류 복합체의 첨가한 빵의 수분함량보다 감소되는 정도가 크다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 casein과 whey 단백질이 수분 흡수율은 높여주고(10) carrageenan과 sodium alginate와 같은 검류가 빵의 수분 보유력을 높여주기 때문인 것으로 사료된다 (24). 수분손실은 빵의 노화를 일으키는 원인 중 하나이며, 빵의 수분함량을 높일 경우 빵의 노화가 지연되는 효과가 발생하게 되는데(23,25) 우유단백질과 검류 복합체는 빵의 수분 보유력을 높임으로써 빵의 노화를 지연시키는데 효과가 있을 것으로 사료된다.

Table 5. Changes in moisture content of fresh bread just baked and bread aged at 5°C for 4 days after baking made with frozen doughs subjected to 1-3 freeze-thaw cycles

(Unit: %)

| Samples ¹⁾ | Freeze-thaw cycles ²⁾ (days) ³⁾ | | | | | |
|-----------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | 1 ²⁾ | | 2 ²⁾ | | 3 ²⁾ | |
| | 0 day ³⁾ | 4 days ³⁾ | 0 day ³⁾ | 4 days ³⁾ | 0 day ³⁾ | 4 days ³⁾ |
| Control | ^x 43.38±0.08 ^a | ^x 41.53±0.24 ^b | ^x 43.56±0.29 ^A | ^{xy} 40.95±0.91 ^B | ^x 43.23±0.33 ^c | ^y 41.52±0.04 ^d |
| CK | ^x 43.49±0.12 ^a | ^x 41.48±0.26 ^b | ^y 42.97±0.48 ^A | ^{xy} 40.12±0.54 ^B | ^x 43.12±0.11 ^c | ^x 42.34±0.71 ^d |
| CA | ^x 43.41±0.36 ^a | ^x 41.27±0.22 ^b | ^x 43.82±0.19 ^A | ^x 41.49±0.25 ^B | ^{xy} 42.80±0.44 ^c | ^{xy} 41.54±0.24 ^d |
| WK | ^x 43.28±0.54 ^a | ^x 41.33±0.17 ^b | ^x 43.40±0.29 ^A | ^{xy} 40.28±0.59 ^B | ^x 43.27±0.51 ^c | ^x 41.87±0.14 ^d |
| WA | ^x 43.04±0.50 ^a | ^x 41.65±0.11 ^b | ^{xy} 43.28±0.09 ^A | ^x 41.14±0.32 ^B | ^{xy} 42.70±0.21 ^c | ^{xy} 41.70±0.22 ^d |

¹⁾Control; non-adding conjugate, Casein-κ-carrageenan conjugate; Casein-sodium alginate conjugate; WK, whey-κ-carrageenan conjugate; WA, whey-sodium alginate conjugate.

²⁾Freeze-thaw cycles with frozen dough before baking.

³⁾Storage time with bread at room temperature after baking from frozen dough.

^{x,y}:values with different superscripts with columns are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

^{a,b,A,B,c,d}:values with different superscripts with rows are significantly different by T-test at p<0.05.

식빵의 경도 변화

냉동-해동 사이클을 1~3회 반복 실행한 냉동반죽으로 제조한 식빵의 경도를 빵을 만든 당일과 5°C에서 4일간 저장한 후 측정하여 저장기간 동안의 경도 변화를 Table 6에 나타냈다. 구아검과 같은 첨가제가 만든 당일의 빵의 경도에 영향을 미치지 못했다는 Ribotta(24)의 보고와 마찬가지로 만든 당일 빵의 경도의 경우, 대조구와 우유단백질과 검류 복합체를 첨가한 빵의 경도 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 빵을 5°C에서 4일간 저장하면 빵의 경도가 증가되는데 이러한 현상은 저장기간 동안 빵의 수분함량이 감소되고 호화된 전분이 에너지가 낮은 상태인 결정상태로 돌아가 전분이 노화되기 때문에 나타나는 것으로 생각된다(23,26). 빵의 경도 증가에서 WA 복합체를 첨가한 빵이 가장 낮은 증가를 보였는데, 1~2회 냉동-해동 사이클을

반복한 반죽으로 제조한 빵을 4일간 저장한 경우, WA 복합체를 첨가한 빵의 경도가 대조구와 다른 복합체를 첨가한 빵의 경도보다 낮았고 3번 냉동-해동 사이클을 반복한 경우, CA와 WA 복합체를 첨가한 빵의 경도가 대조구와 다른 복합체를 첨가한 빵의 경도보다 낮았다. 이러한 현상을 보이는 것은 첨가제 각각이 갖는 수분 보유력(27)에 기인하는 것으로 생각되며 유청단백질이 갖는 유화성이 반죽의 안정성을 높이고 빵의 경도증가를 감소시키는 것으로 생각된다(23). 우유단백질과 검류를 혼합형태로 첨가하지 않고 복합체로 첨가할 경우 첨가물의 안정성이 증가할 뿐 아니라 뛰어난 유화성을 보인다는 연구 결과가 보고된 바 있으므로 우유단백질과 검류를 복합체의 형태로 첨가할 경우 반죽의 유화안정성을 높여 빵의 노화를 지연시키는 효과가

Table 6. Changes in bread hardness at 0 and 4 days after baking from frozen doughs containing milk protein-gum conjugates and subjected to 1-3 freeze-thaw cycles

(Unit: kgf)

| Samples ¹⁾ | Freeze-thaw cycles ²⁾ (days) ³⁾ | | | | | |
|-----------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | 1 ²⁾ | | 2 ²⁾ | | 3 ²⁾ | |
| | 0 day ³⁾ | 4 days ³⁾ | 0 day ³⁾ | 4 days ³⁾ | 0 day ³⁾ | 4 days ³⁾ |
| Control | ^x 0.25±0.08 ^a | ^x 0.54±0.24 ^b | ^x 0.20±0.29 ^A | ^y 0.58±0.91 ^B | ^x 0.23±0.33 ^c | ^x 0.65±0.04 ^d |
| CK | ^x 0.23±0.12 ^a | ^x 0.58±0.26 ^b | ^y 0.23±0.48 ^A | ^x 0.64±0.54 ^B | ^x 0.24±0.11 ^c | ^{xy} 0.57±0.71 ^d |
| CA | ^x 0.20±0.36 ^a | ^x 0.53±0.22 ^b | ^x 0.23±0.19 ^A | ^y 0.59±0.25 ^B | ^{xy} 0.21±0.44 ^c | ^x 0.59±0.24 ^d |
| WK | ^x 0.21±0.54 ^a | ^x 0.56±0.17 ^b | ^x 0.22±0.29 ^A | ^y 0.57±0.59 ^B | ^x 0.23±0.51 ^c | ^z 0.48±0.14 ^d |
| WA | ^x 0.20±0.50 ^a | ^x 0.42±0.11 ^b | ^{xy} 0.20±0.09 ^A | ^z 0.46±0.32 ^B | ^{xy} 0.20±0.21 ^c | ^y 0.53±0.22 ^d |

¹⁾Control; non-adding conjugate, Casein-κ-carrageenan conjugate; Casein-sodium alginate conjugate; WK, whey-κ-carrageenan conjugate; WA, whey-sodium alginate conjugate.

²⁾Freeze-thaw cycles with frozen dough before baking.

³⁾Storage time with bread at room temperature after baking from frozen dough.

^{x,y}:values with different superscripts with columns are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

^{a,b,A,B,c,d}:values with different superscripts with rows are significantly different by T-test at p<0.05.

있을 것으로 보여진다. 특히 앞의 결과들을 통해서 볼 때 WA복합체는 냉동반죽의 품질개선 및 빵의 노화를 지연시키는데 탁월한 효과가 있을 것으로 생각된다(11).

요 약

우유단백질과 검류 복합체의 첨가가 제조한 빵의 노화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 amylography, farinography, extensography를 통해 반죽의 물성 변화를 측정하고 냉동-해동을 3번 반복한 반죽으로 제조한 식빵의 수분함량과 경도를 만든 당일과 5°C에서 4일간 저장 후 측정하여 저장 기간에 따른 변화를 비교함으로써 우유단백질과 검류 복합체가 식빵의 노화정도를 분석하였다. 우유단백질과 검류를 첨가할 경우 밀가루의 호화 개시온도가 증가하였고 밀가루의 수분흡수율과 반죽 형성시간이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 빵의 수분함량의 경우 4일간의 저장기간 동안 그 함량이 감소하는데 우유단백질과 검류의 첨가가 이 수분 감소 현상을 어느 정도 늦추는 현상을 보였다. 또한 노화의 척도가 되는 빵의 경도에 있어서도 이 복합체가 빵의 경도 증가현상을 늦추는 효과를 보여 빵의 노화 억제제로서 우유단백질과 검류 복합체가 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Stampfli, L. and Nersten, B. (1995) Emulsifiers in bread making. *Food Chem.*, 52, 353-360
- Cauvain, S.P. (1998) Improving the control of staling in frozen bakery products. *Trends in Food Sci. Technol.*, 9, 56-61
- Lee, J.M., Lee, M.K., Lee, S.K., Cho, N.J., Cha, W.J. and Park, J.K. (2000) Effect of gums on the characteristics of the dough in making frozen dough. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 32, 604-609
- Kim, Y.S., Ha, T.Y., Lee, S.H. and Lee, H.Y. (1997) Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 502-508
- Kang, K.C., Baek, S.B. and Rhee, K.S. (1990) Effect of the addition of dietary fiber on salting of cakes. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22, 19-25
- Chen, H., Rubenthaler, G.L. and Schanus, E.G. (1988) Effects of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. *J. Food Sci.*, 53, 304-309
- Mongeau, R. and Brassard, R. (1982) Insoluble dietary fiber from breakfast cereals and brans. *Cereal Chem.*, 59, 413-419
- Kim, Y.A. (1998) Effects of fructo-oligosaccharide and isomalto-oligosaccharide on quality and staling of cake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27, 875-880
- Pisesookbuntern, W. and D'appolonia, B.L. (1983) 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
- Erdogdu-Armoczky, N., Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y. (1996) Functionality of whey and casein on fermentation and in breadbaking by fixed and optimized procedures. *Cereal Chem.*, 73, 309-316
- Kato, A., Minaki, K., and Kobayashi, K. (1993) Improvement of emulsifying properties by the attachment of polysaccharide through maillard reaction in a dry state. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 540-543
- A.A.C.C. (1983) Approved Method of the AACC. 8th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA
- Hwang, H.S., Kim, G.S., Kim, J., Lee, S.H. and Park, J.S. (2001) SAS Statistics analysis. Chung-Moon Publishing Co., Seoul, p.84-100
- Chung, J.Y. and Kim, C.S. (1998) 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
- Lee, K.H. and Kim, K.T. (2000) Properties of wet noodle changed by the addition of whey powder. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 32, 1073-107
- Chung, J.Y. and Kim, C.S. (1998) 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
- Yook, H.S., Kim, Y.H., Ahn, H.J., Kim, J.O. and Byun, M.W. (2000) 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
- Kim, H.J., Kang, W.W. and Moon, K.D. (2001) Quality characteristics of bread added with *Gastrodia elata* blume powder. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 33, 437-443
- Lee, J.M., Lee, M.K., Lee, S.K., Cho, N.J., Cha, W.J. and Park, J.K. (2000). Effect of gums on the characteristics of the dough in making frozen dough. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 32(3). 604-609
- Gang, C.H., (2002) Effect of the addition of powdered - bamboo leaves on the quality and preservations of

- bread. Master Thesis. Chonnan National University, Gwangju, Korea
21. Jimenez-Guzman, J., Cruz-Guerrero, A.E., Rodriguez-Serrano, G., Lopez-Munguia, A., Gomez-Ruiz, L. and Garcia-Garibay, M. (2002) Enhancement of lactose activity in milk by reactive sulfhydryl group induced by heat treatment. *J. Dairy Sci.*, 85. 2497-2502 *Cereal Chem.*, 73, 309-316
 22. Aibara, S., Nishimura, K. and Esaki, K. (2001) Effects of shortening on the loaf volume of frozen dough bread. *Food Sci. Biotechnol.*, 10, 521-528
 23. Stampfli, L. and Nersten, B. (1995) Emulsifiers in bread making. *Food Chem.*, 52, 353-360
 24. Ribotta, P.D., Perez, G.T., Leon, A.E. and Aron, M.C. (2004) Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids* 18, 305-313
 25. Maleki, M. Noseney, R.C. and Mattern, P.J. (1980) Effects of loaf volume, moisture content and protein quality on the softness and staling rate of bread. *Cereal Chem.*, 57, 138-140
 26. Kim, S.K. (1976) On bread staling with emphasis on the role of starch. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 8, 185-190
 27. Lee, J.M., Lee, M.K., Lee, S.K., Cho, N.J. and Kim, S.M. (2001) Effect of gums added in making frozen dough on the characteristics of bread-making. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 33, 190-194
-
- (접수 2005년 11월 4일, 채택 2006년 1월 27일)