

## 밀가루 첨가 시 증자 쌀가루 내부온도에 따른 가래떡의 노화억제효과

김희선 · 김경미<sup>1</sup> · 한귀정<sup>1</sup> · 이현규<sup>2</sup> · 김명환\*

단국대학교 식품공학과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, <sup>2</sup>한양대학교 식품영양학과

### Effect of Steamed Rice Powder Temperature Added to Wheat Flour on Retrogradation Retardation in *Garaetteok*

Hee-Sun Kim, Kyung-Mi Kim<sup>1</sup>, Gwi-Jung Han<sup>1</sup>, Hyeon-Gyu Lee<sup>2</sup>, and Myung-Hwan Kim\*

Department of Food Engineering, Dankook University

<sup>1</sup>Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, RDA

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Hanyang University

#### Abstract

The retrogradation retardation effects in *Garaetteok*, after storage for 28 days at 4°C, by the addition of the wheat flour into the steamed rice powder on a 0.8% (w/w) basis at different temperatures were analyzed. In the X-ray diffraction pattern, the control and 95°C treatment showed mixed B- and V-type patterns. The peaks were sharp with their size having increased after storage, whereas the 55 and 75°C treatments showed a single peak throughout the storage period. In addition, enthalpy changes ( $\Delta E$ ) measured by differential scanning calorimeter (DSC) thermograms of *Garaetteok* were minimized with the 55°C treatment. Concurrently, the blue values in the starch increased during storage. The optimum temperature of the wheat flour, based on the textural hardness and chewiness of *Garaetteok*, was found to be 55°C after storage.

**Key words:** wheat flour, *Garaetteok*, rice starch, retrogradation

## 서 론

우리나라의 가장 오래된 쌀 가공식품인 떡류는 전분질 식품으로 쌀, 밀 등 곡류의 분말을 호화시켜 제조하는 과정에서 수분함량이 증가됨에 따라서 실온이나 저온에서 일정기간 저장 후에는 전분의 노화에 의한 질감의 경화, 소화성 및 식미 저하 등의 문제점이 있다. 따라서 노화를 억제시키고 장기간 보존할 수 있는 기술을 개발하는 일은 떡 산업에서 가장 중요한 과제이다(Lee & Kim, 1995; Kim, 1996). 전분의 노화는 60°C 이상의 고온에서는 잘 일어나지 않고 동결하지 않는 한 저온의 조건에서는 노화가 일어나기 쉬운 것으로 알려져 있다(Lee, 2003). 떡의 주재료인 쌀가루는 70-80%의 전분을 함유하고 있으며 전분의 노화는 전분의 종류, 전분내의 아밀로스 및 아밀로펙틴의 함량, 각각의 분자크기, 수분함량, 저장온도와 산도, 전분이외의

구성성분, 첨가물질 및 가공공정 등의 여러 가지 요인에 의해 복합적으로 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Hall & Johnson, 1996; Choi et al., 2004; Sohn et al., 2005). 전분 중 아밀로스 함량이 높으면 노화가 빠르게 진행되는데 이는 아밀로스가 직선상의 분자구조를 가지고 있으므로 물에 분산되어 쉽게 콜로이드 용액을 만들 수 있으나 이 콜로이드 용액은 불안정하며 쉽게 침전하여 부분적인 결정을 형성하는 경향이 있기 때문이다(Keum et al., 1996). 전분의 노화는 초기에는 아밀로스가 관여하고 후기에는 아밀로펙틴이 관여하는 것으로 알려져 있다(Gudmundsson, 1994).

떡류를 포함한 전분의 노화를 억제하기 위한 많은 연구가 수행되어 왔으며, 첨가물질은 전분의 호화뿐만 아니라 노화에도 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 첨가물질을 노화억제제로 이용한 연구를 보면, 당류(Choi & Shin, 1996), 올리고당(Katsuta et al., 1992; Song et al., 1997), 식이섬유(Choi & Kim, 1993), 검류(Kim et al., 2006), 만니톨(Park et al., 2003), 펜토산(Kim & D'Appolonia, 1977), 밀가루(Kim & Chung, 2009), 트레할로스(Kim & Chung, 2009), 전분분해효소에 의한 가수분해물(Katsuta et al., 1992), 지방질과 지방질 유도체(Hoover et al., 1994; Mun et al., 1996), 단백질, 염류(Russell & Oliver, 1989; Lee et

\*Corresponding author: Myung Hwan Kim, Department of Food Engineering, Dankook University, 119 Dandaero, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam, 330-714, Korea

Tel: +82-41-550-3563; Fax: +82-41-559-7868

E-mail: kim1@dankook.ac.kr

Received July 29, 2014; revised August 7, 2014; accepted August 7, 2014

al., 1993) 등이 있다.

밀가루는 amylase, protease, lipoxygenase, polyphenol oxidase, peroxidase 등의 다양한 효소를 지니고 있다(Rani et al., 2001). 밀의 alpha-amylase는 주로 외피(pericarp)에 존재하며 소량이 종피(seed coat)와 호분층(aleurone layer)에 존재한다(Kruger & Tippl, 1980). 밀 또는 밀가루의 저장과정에서는 효소활성이 나타나지 않으나 수분을 공급하면 활성을 띄게 된다. 준강력분 Punjab종의 밀 경우 롤 밀(roll mill)을 이용하여 밀 제분과정에서 alpha-amylase activity는 2.60에서 5.90 units/g protein으로 증가하여 최종 밀가루제품의 alpha-amylase activity는 5.90 units/g protein으로 나타났다(Rani et al., 2001).

따라서 본 연구에서는 밀가루 자체에 포함되어있는 전분 가수분해효소를 이용하여 가래떡의 노화를 억제시키는 방법으로써 가래떡 제조과정에서 열처리공정이 끝난 다음 증자 쌀가루의 내부온도(첨가온도)를 달리하여 0.8%(w/w)의 밀가루를 첨가 후 제조된 가래떡을 4°C에서 28일간 저장하면서 노화억제정도를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 멥쌀가루는 충청남도 부여군에서 2011년 수확한 멥쌀(혼합 품종, 유촌농산미곡처리장)을 사용하였고, 소금은 천일염(Daesang Co., Seoul, Korea), 밀가루는 준력분(CJ Cheiljedang Corp., Seoul, Korea)을 구입하여 사용하였다. 멥쌀가루와 밀가루의 아밀로스함량은 각각 23.7%와 25.0%이었다.

### 가래떡제조

가래떡 제조 시 멥쌀을 2회 수세하여 3시간 동안 수침한 후, 체에 건져 30분간 물기를 제거한 다음 불린 쌀 무게의 1%(w/w)에 해당하는 소금을 첨가하여 roll mill(KM-18, Kyungchang Machine Co., Gwangju, Gyeonggi, Korea)로 1차 분쇄한 다음 20 mesh 체에 통과시켜 사용하였다. 분쇄한 쌀 무게의 22%가 되도록 물을 첨가하여 다시 혼합한 후, roll mill로 2차 분쇄하였다. 가스레인지 화력을 중간정도로 가열하여 물이 끓기 시작하면, 찜기에 실리콘 시루를 깔고 쌀가루를 담아 25분 동안 가열하였다. 일반 가래떡제조는 가열이 끝난 시료를 녹즙기(NJE-3570, NUC, Daegu, Korea)로 사출시켜 가래떡 모양으로 성형하였다. 밀가루를 첨가한 가래떡제조는 가열이 끝난 후 증자 쌀가루의 내부온도가 55, 75 및 95°C로 되도록 방냉한 후 불린 쌀 무게의 0.8%에 해당하는 밀가루를 첨가한 다음 편칭기계(KM89, Kyungchang Machine, Gwangju, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 400 rpm으로 13분간 편칭하였다. 편칭공정을 마친 반죽은 녹즙기를 통해 가래떡 모양으로 성형하여 분석시료

로 사용하였다. 시료는 -70°C의 deep freezer(DF8517, Ilshin Lab Co. Ltd. Nanyangju, Korea)에서 급속 동결한 후 동결 건조기(SFDSM24L, Samwon Freezing Engineering Co., Seongnam, Korea)를 사용하여 건조하였다.

### 미세구조

시료의 미세구조는 scanning electron microscope(SEM, S-4300, Hitach Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 관찰하였다. 동결건조기를 사용하여 동결 건조한 후 SEM ion sputter coater(E1030, Hitach Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 진공 상태에서 60초간 palladium으로 10-30 nm의 두께로 코팅하였고 이를 10.0 kV에서 3,000의 배율로 관찰하였다.

### Blue value

전분의 blue value는 Gilbert & Spragg(1964)의 방법을 이용하였다. 즉, 전분시료 200 mg에 증류수 100 mL을 가하여 2 mg/mL의 농도로 제조한 시료 용액을 90°C에서 45분간 호화시켰다. 이 용액에서 1.0 mL를 취하여 50 mL의 시험관에 넣었고 1 N NaOH 용액을 0.5 mL 가한 다음 3분간 끓는 항온수조에서 중탕가열한 후 1 N HCl 용액을 0.5 mL를 가하여 중화시켰다. 중화된 전분 용액에 potassium hydrogen tartrate 0.09 g과 iodine solution 0.5 mL를 넣고 전체부피를 50 mL로 한 다음 UV visible spectrophotometer(OPTIZEN POP, Mecasys Co., Ltd. Daejeon, Korea)를 이용하여 680 nm에서 흡광도를 측정하였으며 아래의 식에 의하여 전분의 blue value 값을 계산하였다.

$$\text{Blue value(B.V.)} = \frac{\text{Absorbance} \times 4}{\text{Starch concentration(mg/ml)}}$$

### 결정구조

시료의 결정구조는 X-ray diffractometer(XRD, Ultima IV, Rigaku, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였으며 40 kV, 40 mA에서 Cu tube를 사용하여  $\theta$ -2 $\theta$ 범위로 5-40°의 구간에서 8°/min의 속도로 측정하였다.

### 열적거동

열적거동측정은 differential scanning calorimeter(DSC-2010, TA Instrument, Newcastle, DE, USA)를 이용하였으며 Cho(2007)의 방법에 준하여 측정하였다. 노화정도를 알아보기 위하여 4°C에서 28일간 저장한 시료를 즉시 동결 건조 시킨 다음 gold hermetic pan에 시료 3 mg을 넣고 시료 대 증류수의 비율이 1:2.5가 되도록 증류수를 첨가하고 즉시 밀봉한 후 pan을 실온에서 2시간 방치한 다음 분석을 진행하였다. 실험조건으로는 측정온도 구간은 10-140°C, 가열속도는 10°C/min이었다. 이 조건으로부터 얻은 DSC thermogram을 통하여 각 시료의 호화개시온도( $T_i$ ), 최대호

화온도( $T_p$ ) 및 용융엔탈피( $\Delta E$ ) 값을 산출하였다. 이 때, reference에는 empty pan을 이용하였다.

**조직감**

Texture Analyzer(TA-XT2, Stable micro system, Surrey, England)를 이용하여 상온(25°C)에서 10 회 반복 측정하였다. 시료의 직경은 12 mm, 높이는 10 mm 이었으며 직경이 25 mm의 probe를 사용하였다. 변형율(deformation rate)은 60%이었고 probe 속도는 1.0 mm/s이었다.

**포장 및 저장**

시료는 PET/AL/PE의 수증기투과(water vapor penetration)를 제어할 수 있는 적층필름 파우치를 사용하여 상압 밀봉하였다. 포장된 시료는 4°C의 온도조건에서 28일간 저장하였다.

**통계처리**

자료 분석은 SAS(Statistical Analysis System, version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) program을 이용하여 분산분석(ANOVA)후  $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 하여 대조군과 처리군 간의 유의성을 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**가래떡 전분의 미세구조**

밀가루 첨가 시 첨가온도를 달리하여 가래떡을 제조하였을 때 4°C에서 28 일 저장 중 가래떡 전분의 표면미세구조를 주사전자현미경(SEM)으로 3,000 배 확대한 후 촬영한 사진을 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 밀가루의 함량조절은 예비실험을 통하여 0.1%간격으로 0-0.9%(w/w)범위로 첨가하여 저장실험을 한 결과 경도(hardness)가 가장 작은 결과의 함량인 0.8%로 첨가량을 결정하였다. 저장초기 대조구의 경우 표면이 매끄러웠으나 처리구는 표면이 울퉁불

퉁하였으며 저장 28 일 후 처리구는 저장 초기나 대조구에 비하여 작은 구멍들이 관찰되었다. 이는 저장 중 밀가루의 가수분해효소작용에 의하여 전분입자의 표면이나 내부구조에 변화를 일으킨 것으로 판단된다. 첨가밀가루 자체에 포함되어 있는 전분가수분해효소활성을 호화떡쌀가루에 대하여 반응온도(20-90°C)별로 분석한 결과 반응온도가 상승함에 따라 증가하다 감소하는 추세를 나타냈고 30°C에서 0.49 unit로 활성이 가장 높았으며 30-50°C의 반응온도구간에서 활성도가 높았다.

**가래떡 전분의 blue value**

밀가루 첨가 시 첨가온도를 달리하여 가래떡을 제조하였을 때 4°C에서 28 일 저장 중 전분의 blue value를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. Blue value는 전분의 구성성분과 요오드 간의 반응강도를 나타낸 것으로 blue value를 통하여 전분용액 중의 직쇄상분자의 양을 상대적으로 비교할 수 있다. 저장 초기 대조구, 밀가루 첨가온도 55°C, 75°C, 95°C의 blue value는 각각 0.21, 0.21, 0.24, 0.26으로 첨가온도가 높을수록 blue value는 높게 나타났다. 저장 28 일 후에는 각각 0.15, 0.27, 0.42, 0.29이었다. 저장 초기 보다

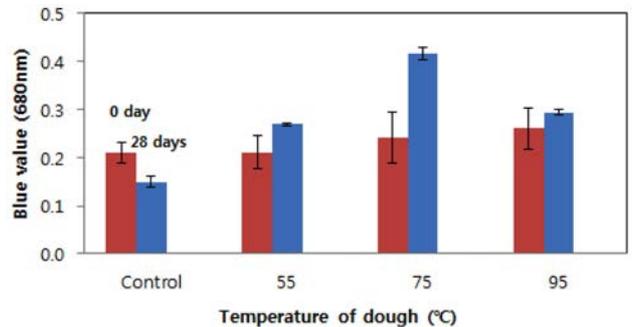


Fig. 2. Blue values of the Garaetteok after storage for 28 days at 4°C as affected by temperature of the dough at which wheat flour was added. Control: dough without addition of wheat flour.

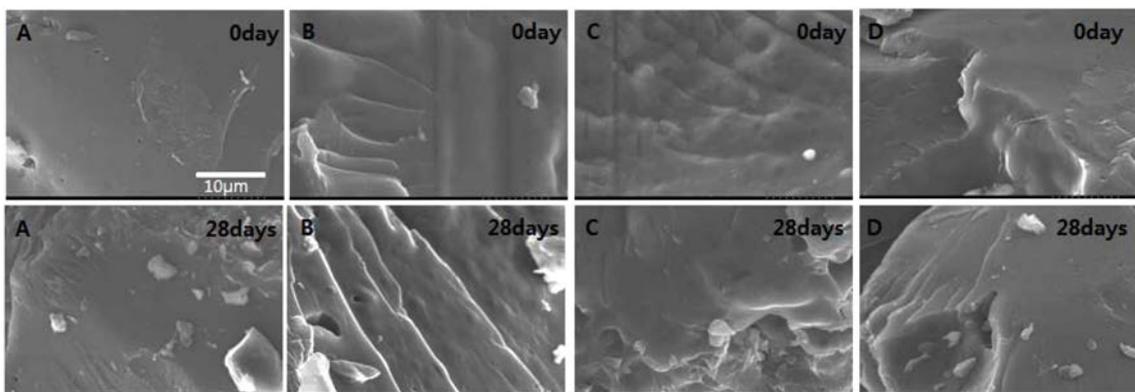


Fig. 1. Scanning electron micrographs of the Garaetteok during storage at 4°C as affected by temperature of the dough at which wheat flour was added. A: control, B: 55°C, C: 75°C, D: 95°C. Bar is 10 μm.

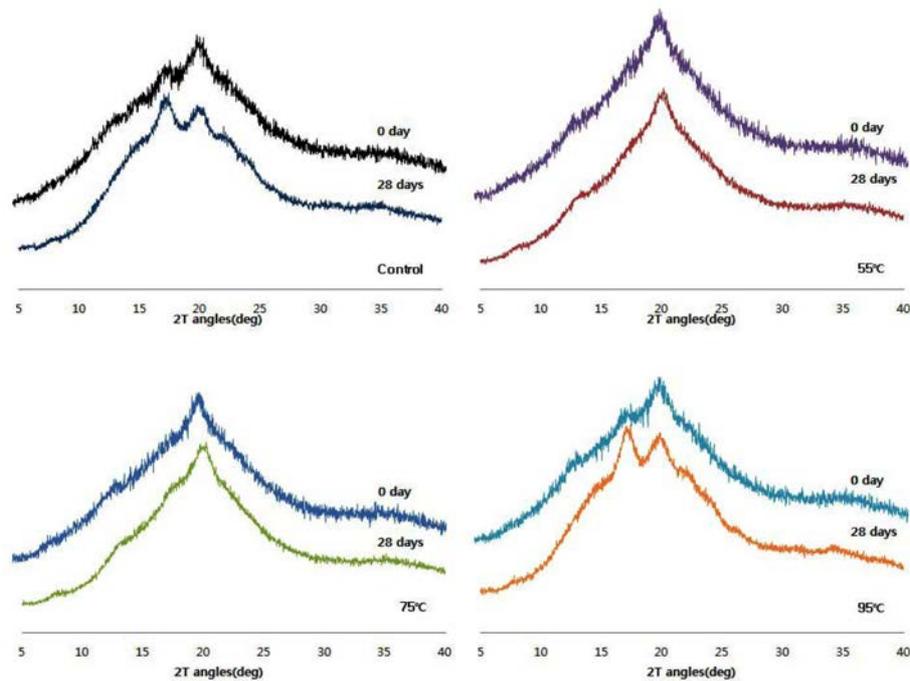


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of the *Garaetteok* after storage for 28 days at 4°C as affected by temperature of the dough at which wheat flour was added.

저장 28 일 후 대조구는 감소한 반면에 처리구의 blue value는 증가하였으며 특히 첨가온도 75°C가 가장 크게 증가하였다. 이는 4°C 저장 중 밀가루에 포함되어있는 amylase의 효소에 의하여 가수분해작용으로 아밀로스함량 증가 등의 구조변화가 나타난 결과라 판단된다.

#### 가래떡 전분의 결정구조

밀가루 첨가 시 첨가온도를 달리하여 가래떡을 제조하였을 때 4°C에서 28 일 저장 중의 XRD pattern은 Fig. 3과 같다. XRD pattern은 전분입자의 결정구조를 나타내는 것으로 peak의 날카로운 정도 또는 peak의  $2\theta$ 에 따라서 A, B, C, V type으로 구분된다. 저장 초기의 대조구와 첨가온도 95°C의 경우에는  $2\theta=17^\circ$  에서 피크를 나타내는 B-type

과  $2\theta=20^\circ$  에서 피크를 나타내는 결정형이 거의 소실된 V-type이 혼합된 XRD pattern을 나타내었다. 반면 첨가온도 55°C와 75°C는  $2\theta=20^\circ$  의 V-type의 단일 피크를 보임으로서 이는 쌀가루 증자 후의 잔존하고 있는 결정구조 때문에 나타난 것으로 전분의 결정성일부에서 변화가 진행되었다고 판단된다(Lee et al., 2004). 저장 28 일 후에는 대조구와 첨가온도 95°C의 경우 B-type과 V-type이 혼합되어 있는 양상이 두드러지고 결정형성이 증가됨으로서 peak가 날카로워지면서 크기가 커지는 것을 알 수 있었다. 이는 증자로 인해 쌀가루의 쌀 전분들이 호화된 후 4°C에서 저장하는 동안 아밀로스 분자들 사이나 아밀로스와 아밀로펙틴 분자들 사이 또는 아밀로펙틴 분자들 사이에서 재조립 현상(노화)으로 인한 새로운 결정구조를 형성하였기 때문

Table 1. DSC endothermic properties of the *Garaetteok* after storage at 4 as affected by to temperature of the dough at which wheat flour was added.

| Storage period (days) | Temperature of wheat flour addition (°C) | First peak |            |                  | Second peak |            |                  |
|-----------------------|------------------------------------------|------------|------------|------------------|-------------|------------|------------------|
|                       |                                          | $T_0$ (°C) | $T_p$ (°C) | $\Delta E$ (J/g) | $T_0$ (°C)  | $T_p$ (°C) | $\Delta E$ (J/g) |
| 0                     | Control                                  | 51.37      | 68.51      | 1.335            | -           | 100.71     | 0.390            |
|                       | 55                                       | 59.41      | 79.13      | 0.355            | 95.14       | 100.94     | 0.296            |
|                       | 75                                       | 58.27      | 75.28      | 0.562            | 95.00       | 101.60     | 0.530            |
|                       | 95                                       | 53.87      | 80.15      | 1.030            | 95.05       | 101.48     | 0.372            |
| 28                    | Control                                  | 55.27      | 64.13      | 5.670            | 99.43       | 102.25     | 0.566            |
|                       | 55                                       | 61.14      | 78.59      | 0.615            | -           | 99.99      | 0.587            |
|                       | 75                                       | 57.22      | 81.13      | 1.432            | 95.26       | 100.51     | 0.471            |
|                       | 95                                       | 55.34      | 64.96      | 3.935            | -           | 101.24     | 0.649            |

**Table 2. Textural properties of the Garaetteok as affected by temperature of the dough at which wheat flour was added and storage period at 4°C.**

| Storage period (days) | Texture parameter | Control <sup>1)</sup>             | Temperature of wheat flour addition (°C) |                                |                                   |
|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
|                       |                   |                                   | 55                                       | 75                             | 95                                |
| 0                     | Springiness       | 0.838±0.155 <sup>2)NS</sup>       | 0.869±0.081 <sup>NS</sup>                | 0.894±0.050 <sup>NS</sup>      | 0.817±0.206 <sup>NS</sup>         |
|                       | Cohesiveness      | 0.893±0.030 <sup>NS</sup>         | 0.902±0.013 <sup>NS</sup>                | 0.887±0.014 <sup>NS</sup>      | 0.907±0.020 <sup>NS</sup>         |
|                       | Chewiness         | 533.675±207.921 <sup>b3)</sup>    | 690.952±164.534 <sup>ab</sup>            | 802.737±163.102 <sup>a</sup>   | 757.040±301.399 <sup>a</sup>      |
|                       | Adhesiveness      | 50.207±34.989 <sup>c</sup>        | 165.466±54.501 <sup>b</sup>              | 270.065±38.629 <sup>a</sup>    | 312.993±58.657 <sup>a</sup>       |
|                       | Hardness          | 690.470±211.399 <sup>b</sup>      | 869.233±162.600 <sup>ab</sup>            | 1,006.790±178.092 <sup>a</sup> | 964.740±315.194 <sup>a</sup>      |
| 7                     | Springiness       | 0.895±0.177 <sup>ab</sup>         | 0.790±0.047 <sup>bc</sup>                | 0.716±0.201 <sup>c</sup>       | 0.966±0.035 <sup>a</sup>          |
|                       | Cohesiveness      | 0.922±0.025 <sup>a</sup>          | 0.861±0.029 <sup>b</sup>                 | 0.877±0.060 <sup>b</sup>       | 0.917±0.022 <sup>a</sup>          |
|                       | Chewiness         | 1,7530.772±5,052.577 <sup>a</sup> | 538.629±100.330 <sup>b</sup>             | 464.197±232.607 <sup>b</sup>   | 16,650.963±2,401.432 <sup>a</sup> |
|                       | Adhesiveness      | -                                 | 628.756±132.600 <sup>a</sup>             | 499.340±214.480 <sup>a</sup>   | 12.557±5.116 <sup>b</sup>         |
|                       | Hardness          | 20,714.580±4,189.489 <sup>a</sup> | 789.680±141.485 <sup>b</sup>             | 689.080±293.781 <sup>b</sup>   | 18,763.950±2,125.087 <sup>a</sup> |
| 14                    | Springiness       | 0.941±0.029 <sup>a</sup>          | 0.822±0.061 <sup>b</sup>                 | 0.803±0.067 <sup>b</sup>       | 0.932±0.027 <sup>a</sup>          |
|                       | Cohesiveness      | 0.931±0.018 <sup>NS</sup>         | 0.838±0.060 <sup>NS</sup>                | 0.846±0.042 <sup>NS</sup>      | 0.921±0.011 <sup>NS</sup>         |
|                       | Chewiness         | 17,461.380±3,612.702 <sup>a</sup> | 308.820±54.349 <sup>b</sup>              | 311.467±52.788 <sup>b</sup>    | 17,092.075±2,047.762 <sup>a</sup> |
|                       | Adhesiveness      | -                                 | 351.066±42.021 <sup>a</sup>              | 384.747±61.922 <sup>a</sup>    | 30.698±14.362 <sup>b</sup>        |
|                       | Hardness          | 19,827.820±3,460.010 <sup>a</sup> | 449.950±77.663 <sup>b</sup>              | 458.260±62.806 <sup>b</sup>    | 19,911.030±2,268.820 <sup>a</sup> |
| 21                    | Springiness       | 0.934±0.067 <sup>a</sup>          | 0.792±0.032 <sup>c</sup>                 | 0.830±0.033 <sup>c</sup>       | 0.889±0.050 <sup>b</sup>          |
|                       | Cohesiveness      | 0.940±0.034 <sup>a</sup>          | 0.741±0.036 <sup>c</sup>                 | 0.737±0.039 <sup>c</sup>       | 0.904±0.019 <sup>b</sup>          |
|                       | Chewiness         | 20,315.400±3,260.029 <sup>a</sup> | 152.413±31.510 <sup>c</sup>              | 232.102±22.182 <sup>c</sup>    | 15,733.508±3,407.009 <sup>b</sup> |
|                       | Adhesiveness      | -                                 | 321.363±63.897 <sup>a</sup>              | 324.491±56.823 <sup>a</sup>    | 39.126±17.802 <sup>b</sup>        |
|                       | Hardness          | 23,051.660±2,346.437 <sup>a</sup> | 259.400±51.352 <sup>c</sup>              | 380.230±36.276 <sup>c</sup>    | 19,567.650±4,125.040 <sup>b</sup> |
| 28                    | Springiness       | 0.915±0.029 <sup>a</sup>          | 0.804±0.023 <sup>b</sup>                 | 0.809±0.018 <sup>b</sup>       | 0.801±0.200 <sup>b</sup>          |
|                       | Cohesiveness      | 0.912±0.009 <sup>a</sup>          | 0.719±0.061 <sup>b</sup>                 | 0.724±0.011 <sup>b</sup>       | 0.920±0.019 <sup>a</sup>          |
|                       | Chewiness         | 18,183.495±2,505.254 <sup>a</sup> | 92.189±14.524 <sup>c</sup>               | 155.078±17.877 <sup>c</sup>    | 10,857.045±4,289.351 <sup>b</sup> |
|                       | Adhesiveness      | -                                 | 242.891±45.928 <sup>b</sup>              | 316.652±30.841 <sup>a</sup>    | 22.366±8.774 <sup>c</sup>         |
|                       | Hardness          | 2,2708.175±2,173.648 <sup>a</sup> | 160.871±33.166 <sup>c</sup>              | 264.614±28.032 <sup>c</sup>    | 16,505.917±1,814.688 <sup>b</sup> |

<sup>1)</sup>Control: dough without addition of wheat flour

<sup>2)</sup>Mean±SD

<sup>3)</sup>Means with different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple range test within the row.

<sup>NS</sup>Not significant

이라 생각되며 이와 같은 결과는 노화된 전분에서 자주 나타난다. 반면에 첨가온도 55°C와 75°C의 경우에는 저장 중에도 저장초기와 같은 V-type의 XRD pattern을 나타내고 있으며 피크의 강도는 강해졌으며 이는 무정형 영역이 증가한 것으로 생각된다.

**가래떡전분의 열적거동**

밀가루 첨가 시 첨가온도를 달리하여 가래떡을 제조하였을 때 4°C에서 28일 저장 중의 노화양상을 분석하기 위하여 시차주사열량기(DSC)를 이용하여 측정한 결과는 Table 2와 같다. 전분의 DSC thermogram은 2개의 피크를 나타내며 첫 번째 피크는 호화상전이 현상을 나타내는 것이며 두 번째 피크는 아밀로스과 지질 복합체가 용해되는 현상으로 나타난다. 호화개시온도( $T_0$ )는 전분의 구조, 흡습과 팽윤정도, 전분의 수소결합정도 등에 따라 달라지는데 노화와 관련된 아밀로스 복합체의 용융 또는 파괴 등을 예측하는데 도움이 되는 것으로 첫 번째 피크의 경우 저장

초기 대조구의 호화개시온도는 처리구보다 낮게 나타났다. 저장 28일 후 대조구의 호화개시온도는 첨가온도 95°C와 유사한 값을 보였으며 첨가온도 55와 75°C의 경우는 약간 높게 나타났다. 저장 28일 후 대조구의 최대호화온도( $T_p$ )는 64.13°C로 처리구보다 낮았으며 첨가온도 75°C의 경우 81.13°C로 가장 높게 나타났다. 4°C 저장기간 중 노화가 진행되어 아밀로스 분자들의 재결합에 의해 형성된 결정에 의해 두 번째 피크의 호화개시온도는 95-99°C에서 일어났으며 이 결과는 아밀로스와 지질 복합체가 용해되는 피크로써 90-120°C에서 나타난다는 결과(Lee et al., 2004; Song et al., 2008)와 일치하였다. 용융엔탈피( $\Delta E$ )는 전분구조결합에 대한 절단 또는 붕괴를 유도하는데 필요한 엔탈피로 주로 수분과 전분 분자간의 수소결합, 단백질과 전분간의 결합, 불규칙한 응고의 열 반응 정도에 대한 정보를 제공하는 것으로서 앞서의 XRD pattern의 결과에서와 마찬가지로 저장 기간에 따라 최대호화온도가 증가한 것은 전분분자들이 호화 후 4°C 저장기간 중 일부가 재결합으로

인해 전분구조가 결정화 된 것으로 판단된다. 저장초기와 저장 28 일 후 모두 대조구 용융엔탈피는 처리구보다 높게 나타났으며 대조구의 경우는 저장기간이 증가함에 따라서 전분분자들이 재결합하여 노화가 많이 진행되었다는 것을 의미하며 특히, 첨가온도 55°C의 경우는 노화가 거의 진행되지 않아 상변화에 필요한 에너지가 그만큼 작게 필요하다는 것을 의미한다.

#### 가래떡의 조직감

4°C에서 28 일 저장 중 가래떡의 조직감을 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 저장 초기의 대조구 경도(hardness)는 처리구보다 낮게 나타났으며 첨가온도 75, 95°C와 5%내에서 유의적인 차이가 있었다. 첨가온도 55와 75°C의 경우는 저장기간이 길어짐에 따라서 경도는 작아졌다. 저장 28 일 후에 대조구는 22,708.2 g인 반면에 첨가온도 55°C는 160.9 g, 75°C는 264.6 g, 95°C는 16,505.9 g으로 첨가온도 55°C의 경도가 가장 낮았으며 대조구의 0.7% 수준이었다. 이는 첨가온도 55°C에서 노화억제가 가장 크다는 것을 의미하며 첨가온도 95°C에서는 밀가루에 포함되어 있는 amylase의 불활성화로 저장과정에서 가수분해활성이 제대로 이루어지지 않아서 나타나는 현상이라 하겠다. 부착성(adhesiveness)의 경우 저장 초기의 대조구는 50.2 erg이고, 첨가온도 55, 75, 95°C는 각각 165.5, 270.1, 313.0 erg로 대조구가 처리구보다 낮게 나타났으며 5%내에서 유의적인 차이가 있었다. 저장 28일 후에 대조구는 측정되지 않았고, 첨가온도 55, 75 및 95°C는 각각 242.9, 316.6, 22.4 erg로 저장 초기보다 첨가온도 55와 75°C는 증가하였으나 대조구와 95°C는 감소하였다. 첨가온도 55와 75°C는 저장 중 밀가루에 포함되어있는 amylase의 가수분해작용에 의한 것이며, 대조구와 95°C는 저장 중 떡 표면의 용출된 전분이 점차 노화되기 때문에 판단된다. 탄력성(springiness)은 저장초기 대조구와 처리구간에 5%내에서 유의적인 차이가 없었으나 저장 28 일 후에는 저장초기에 비하여 대조구는 증가한 반면에 처리구는 감소하였으며 대조구와 처리구간에 유의인 차이를 나타내었다. 응집성(cohesiveness)은 시료 내부의 결합력으로 저장 초기의 대조구와 처리구는 유사한 값으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 저장 28 일 후에는 대조구와 첨가온도 95°C는 저장 초기보다 증가하였으나 첨가온도 55와 75°C는 감소하였다. 씹힘성(chewiness)의 경우는 경도와 유사하게 저장초기 대조구의 씹힘성은 처리구보다 낮게 나타났으며 첨가온도 75, 95°C와 5%내에서 유의적인 차이가 있었다. 저장 28 일 후에는 대조구는 18183.5 erg인 반면에 첨가온도 55°C는 92.2 erg로 대조구의 0.5%수준에 불과하였다. 이는 저장 중 밀가루에 포함되어 있는 amylase의 가수분해작용이 저장 중 첨가온도 55°C에서 가장 활발히 일어났다는 것을 의미한다. 시차주사열량기에서의 용융엔탈피 값과 조직감 측정에서의 경도 값의

분석에서는 첨가온도 55°C에서 노화억제가 가장 컸지만 blue value 값은 첨가온도 75°C에서 높게 나타난 것으로 앞으로 연구를 더하여야 할 것으로 생각된다.

## 요 약

0.8%(w/w) 밀가루를 첨가 시 증자 쌀가루 내부온도를 달리하여 제조한 가래떡을 4°C에서 28일간 저장하면서 노화억제효과를 분석하였다. 저장 기간에 따른 가래떡 전분의 표면미세구조는 처리구의 경우 저장 초거나 대조구에 비하여 표면에 작은 구멍이 보였으며 이는 저장 중 밀가루의 가수분해효소작용에 의한 것으로 판단된다. 저장 기간에 따른 blue value를 측정 한 결과 대조구는 감소한 반면에 처리구는 증가하였다. 결정구조에서는 대조구와 첨가온도 95°C의 경우 저장 28 일 후 B-type과 V-type이 혼합된 형태의 XRD pattern의 peak가 날카로워지면서 크기가 커지는 것을 관찰되었고 첨가온도 55°C와 75°C의 경우는 단일 피크의 XRD pattern을 그대로 유지하고 있었다. 저장 기간에 따른 대조구의 용융엔탈피( $\Delta E$ )는 처리구보다 높게 나타났고 첨가온도 55°C가 가장 적은 용융엔탈피 값을 보였다. 저장 28 일 후의 경도와 씹힘성은 첨가온도 55°C가 가장 낮았으며 각각 대조구의 0.7과 0.5% 수준이었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ0085400 22014)의 지원에 의한 연구결과로 이에 감사드립니다.

## References

- Cho KR. 2007. Quality characteristics of *Baiksulgi* with germinated brown rice flour. *Korean J. Food Nutr.* 20: 185-194.
- Choi CR, Shin MS. 1996. Effects of sugars on the retrogradation of rice flour gels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 904-909.
- Choi SP, Kang MY, Nam SH. 2004. Inhibitory activity of the extracts from the pigmented rice brans on inflammatory reactions. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 47: 222-227.
- Choi YS, Kim YA. 1993. Effect of brown rice on quality of *Baeksulgies*. *Korean J. Food Cookery Sci.* 9: 67-73.
- Gilbert GA, Spragg SP. 1964. Iodimetric determination of amylose. *Methods Carbohydrate Chem.* 4: 168-169.
- Gudmundsson M. 1994. Retrogradation of starch and the role of its components. *Thermochim. Acta* 246: 329-341.
- Hall VL, Johnson JR. 1996. A revised starch-iodine blue test for raw milled rice. *Cereal Chem.* 43: 297-302.
- Hoover R, Vasanthan T, Senanayake NJ, Martin AM. 1994. The effect of defating and heat-moisture treatment on retrogradation of starch gels from wheat, oat, potato and lentil. *Carbohydr. Res.* 261: 13-24.
- Katsuta K, Nishimura A, Miura M. 1992. Effect of saccharides on stabilities of rice starch gels. II. Oligosaccharides. *Food Hydro-*

- col. 6: 399-408.
- Keum JS, Lee SH, Lee HY, Lee C. 1996. Retrogradation behavior of rice starches differing in amylose content and gel consistency. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 1052-1058.
- Kim CS. 1996. Degree of retrogradation of non-waxy and waxy rice cakes during storage determined by DSC and enzymatic methods. Korean J. Soc. Food Sci. 12: 186-192.
- Kim DH, Whang HJ, Kang BS, Moon SW. 2006. The retrogradation of steamed Korean rice cake (*Jeungpyun*) with addition of gums. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 838-842.
- Kim SK, D'Appolonia BL. 1977. Effect of pantosans on the retrogradation of wheat starch gels. Cereal Chem. 54: 150-160.
- Kim SS, Chung HY. 2009. Quality characteristics of a Korean rice cake (*Karedduk*) with mixture of trehalose and modified starch by using response surface methodology. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 377-383.
- Kim SS, Chung HY. 2009. The effects of wheat flour addition on retarding retrogradation in Korean rice cakes (*Karedduk*). Korean J. Food Nutr. 22: 185-191.
- Kruger JE, Tipples KH. 1980. Relationships between falling number, amylograph viscosity and  $\alpha$ -amylase activity in Canadian wheat. Cereal Res. Commun. 8: 97-105.
- Lee C. 2003. Studies on the retrogradation properties of rice starch. Korean J. Food Nutr. 16: 105-110.
- Lee MK, Kim JO, Shin MS. 2004. Properties of nonwaxy rice flours with different soaking time particle size. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 268-275.
- Lee SE, Kim KS. 1995. Effects for storage methods and thawing on the degree of gelatinization and quality characteristics of Baeksol. Chung Ang J. Family Life 9: 5-35.
- Lee SY, Lee SG, Kim KJ, Kwon IB. 1993. Effects of alum on the physicochemical properties. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 355-359.
- Lee YT, Yoo MS, Lee B, Park JH, Chang HG. 2004. Properties of starch isolated from wet-milled rice after steeping at elevated temperatures for annealing effect. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 393-397.
- Mun SH, Kim JO, Lee SK, Shin MS. 1996. Retrogradation of sucrose fatty acid ester and soybean oil added rice flour gels. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 305-310.
- Park JW, Park HJ, Song JC. 2003. Suppression effect of maltitol on retrogradation of Korean rice cake (*Karedduk*). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 175-180.
- Rani KU, Prasada Rao UJS, Leelavathi K, Haridas Rao P. 2001. Distribution of enzymes in wheat flour mill streams. J. Cereal Sci. 34: 233-242.
- Russell PL, Oliver G. 1989. The effect of pH and NaCl content on starch gel aging. A study by differential scanning calorimetry and rheology. J. Cereal Sci. 10: 123-138.
- Sohn HY, Kwon CS, Son KH, Kwon GS, Kwon YS, Ryu HY, Kum EJ. 2005. Antithrombosis and antioxidant activity of methanol extract from different brands of rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 593-598.
- Song J, Kim JH, Kim DS, Lee CK, Youn JT, Kim SL, Suh SJ. 2008. Physicochemical properties of starches in japonica rices of different amylose content. Korean J. Corp Sci. 53: 285-291.
- Song JY, Kim JO, Shin MS, Kim SK, Kim KJ. 1997. Retrogradation of rice starch gels by additives. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 40: 289-293.