

## Hydrocolloids를 첨가한 식빵의 텍스처와 노화에 관한 연구

이승주 · 조숙경 · 이승주<sup>1\*</sup>

동국대학교 식품공학과, <sup>1</sup>한국식품연구원 전통식품연구단

## Study on the Texture and Staling of Breads with Addition of Various Hydrocolloids

Seung Ju Lee, Sook-Kyung Cho and Seung-Joo Lee<sup>1\*</sup>

Department of Food Science and Technology, Dongguk University

<sup>1</sup>Traditional Foods Research Group, Korea Food Research Institute

### Abstract

The principal objective of this study was to assess the effects of hydrocolloids(xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan, carboxy-methyl cellulose) on the suppression of retrogradation in the bread. The pasting properties of the doughs and the sensory properties were determined in the bread samples, to which xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan, and CMC, were added at different ratios(0.2%, 0.6%, 1%). CMC and k-carrageenan with 0.6% level were selected for the further retrogradation studies. Changes in the firmness of the bread samples at room temperature for 15 days were assessed using a texture analyzer, and the type of retrogradation was calculated via the Avrami equation. The thermal properties of the samples were also determined via differential scanning calorimetry (DSC). The addition of hydrocolloids was shown to increase the viscosities of the doughs. Setback and breakdown viscosity were reduced significantly via the addition of CMC(0.6%, 1%), xanthan gum(1%), and k-carrageenan(1%). Sensory hardness was significantly increased when 1% hydrocolloids were added. Our textural analysis showed that the addition of CMC reduced the firmness of the bread, whereas k-carrageenan didn't. However, the retrogradation rate was reduced via the addition of k-carrageenan, as was also demonstrated in the results of our DSC analysis.

**Key words:** hydrocolloid, staling, retrogradation, firmness, DSC

### 1. 서론

오븐에서 갓 구워낸 빵은 시간이 경과함에 따라 맛과 냄새가 없어지며 부드럽고 말랑말랑하던 빵 속 부분(bread crumb)의 조직이 거칠어져 부스러지기 쉽고 건조해진다. 또한 빵 껍질 부분(bread crust)은 바삭 바삭하던 상태에서 눅눅해지는 품질 저하 현상이 일어난다(Krog N 등 1989). 이와 같은 현상을 빵의 노화(staling)라 하며 노화는 미생물의 작용에 의한 변화 이외에 빵 내부에서 일어나는 물리적, 화학적 변화에 의하여 소비자의 기호성 감소 현상이라 할 수 있다(Betchel 등 1953). 또한 빵 내부의 노화는 상당히 복잡한 과정을 수반하며 내부 경도의 증가 현상과 함께 맛, 향 및 텍스처의 변화 및 수분 손실이 일

어난다(Krog N 등 1989). 빵의 노화에 중요한 역할을 하는 식품 성분은 전분이다. 노화를 물리적 측면에서 보면 전분의 호화상태가 저장기간 중 자유에너지가 낮은 상태로 돌아가 전분 분자 간에 수소결합이 형성되어 결정화 상태로 변화하면서 전분 겔이 단단하게 되고 전분 분자 사이의 일부 물 분자가 빠져 나가 이상 분리가 나타나는 현상으로 저장 안정성을 상실하게 되고 조직감이 단단해진다(Krog N 등 1989, Betchel WG 등 1953). 전분의 노화도 측정은 다양한 방법을 통해 분석이 가능한데 texture analyzer에 의한 텍스처 분석(Kim MH 등 1999, Lee HJ와 Nam JH 2000), 아밀로그래프를 이용한 분석(Yun Y 등 2006), DSC(differential scanning calorimetry)를 이용한 열량분석(Park JW 등 2003, Kim YI 등 1995), X선 회절도 측정(Kim JO와 Shin MS 1996, Mun SH 등 1996), Avrami equation을 이용한 분석(Kum JS 등 1996, Kim SK 등 1976) 등이 있다. 즉, amylograph에서 노화 전분을 냉각시킬 때 점성 증가를 분석 할 수 있고, DSC thermo-

\*Corresponding author: Seung-Joo Lee, Traditional Foods Research Group, Korea Food Research Institute  
Tel: 031-780-9303  
Fax: 031-709-9876  
E-mail: sejlee@kfri.re.kr

gram에서는 노화된 시료의 상변화 에너지를 측정하여 노화 정도를 예측 할 수 있다. 또한 firmness의 증가를 노화도로 간주하거나, Avrami식의 지수를 산출하여 노화 특성을 알 수 있다.

이러한 노화를 억제하여 보존기간을 증가시키기 위한 많은 연구가 이루어지고 있으며 빵류의 노화를 억제하기 위한 연구로 밀가루 대체 복합분에 대한 연구, 계면활성제나 검류 등의 첨가에 따른 노화 유형 및 특성분석 연구 등이 보고된 바 있다(Osman EM와 Leith SJ 1961, Ghiasi KM 등 1983, Roach RR와 Hosney RC 1966). Gum류는 매우 다양한 기능성을 제공하기 때문에 각종 가공식품에 광범위하게 사용되고 있는데, 최근에는 제과·제빵분야에서도 다양하게 적용되고 있다. Gum은 물에 수화되어 점도를 증가시키거나 젤을 형성하는 물질로서 검류(gums), 점질물(mucilages), 수용성 고분자(water-soluble polymers), 하이드로콜로이드(hydrocolloids) 등으로 불린다(Dziezak JDA 1991). 이들은 인체 내의 소화효소에 의해 분해되지 않기 때문에 영양학적인 측면에서 보면 식이섬유(dietary fibers)로 분류되기도 한다(Roger JA 등 1999). Gum의 여러 가지 기능성은 안정성, 증점성, 젤화성, 보수성, 기포성, 빙결정방지성 등이 있다. 제빵에서 검류는 식품의 수용성과 관련된 기능을 하는데 식품조직의 향상, 전분의 노화 지연, 보수력 향상, 시간경과에 의한 제품의 총체적 품질의 연장, 빵 반죽에서 글루텐의 점탄성과 유사한 특성을 갖는 종합적 물질로 작용한다. 따라서 제빵과정에서 일정량의 hydrocolloid의 첨가는 품질 저하를 방지하는데 효과가 있으리라 여겨진다. Chung JY와 Kim CS (1998)은 hydrocolloid가 메밀빵의 노화에 미치는 영향에 대해서 연구했는데 xanthan gum과 guar gum의 경우 메밀빵의 노화를 지연시키는 것으로 나타났고, 우유단백질과 검류의 첨가에 따른 냉동반죽의 노화에 대한 연구에서는 우유단백질과 함께 첨가한 sodium alginate가 노화지연에 효과가 있다고 보고된바 있다(Yun Y 등 2006).

본 논문에서는 식빵의 식감향상과 노화 방지에 hydrocolloid의 첨가가 미치는 영향을 파악하기 위해 5종의 hydrocolloid(xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan, CMC)를 첨가량을 달리하여 식빵을 제조하였다. 이들 시료의 제빵특성 파악하기위해, 아밀로그래프를 이용하여 첨가물에 따른 반죽의 호화특성을 분석하고 관능평가를 실시하였다. 또한 hydrocolloid 첨가 식빵의 노화속도와 유형을 파악하고자 texture Analyzer를 사용하여 저장기간에 따른 정도의 변화를 Avrami 식으로 분석하였고 또한 DSC thermogram 분석을 통한 분석도 병행하여 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 원료

제빵 재료로는 2003년 생산된 제빵용 소맥분((주)대선제분 강력분, 서울, 영등포), 효모(Bruggeman Co., Belgium), 소금(CJ 제일제당 천일염 100%), 설탕((주)CJ 제일제당, 정백당), 탈지분유(서울우유 협동조합), 쇼트닝((주)오뚜기 식품, 비유화성 쇼트닝), 프로피온산 칼슘(Sigma-Aldrich Co., Milwaukee, USA)을 사용하였다. Hydrocolloid로는 xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan, CMC(carboxymethyl cellulose)을 (주)MSC(양산, 한국)에서 구입하여 사용하였다.

### 2. 제빵 방법

식빵의 제조공정은 AACC법(2000)에 준하여 직접 반죽법(straight-dough method)를 이용하여 소맥분 100 g pan에 open-top 형태의 식빵을 제조하였다. 대조군과 hydrocolloid(xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan, CMC)를 각각 0.2%, 0.6%, 1%를 첨가하여 식빵을 제조하였다. 제빵에 사용된 기본적인 원료의 시료별 배합비율은 Table 1과 같다. 소맥분을 100% 기준으로 하는 bakers

Table 1. Formulation of bread samples

(Unit:% flour basis)

Ingredients	percent <sup>1)</sup>	weight(g)
Basic formula		
Hard Wheat flour	100	500
Water	63	315
Sugar	4	20
Shortening	4	20
Salt	1	5
Yeast	1	5
Milk solid nonfat	4	20
Additives		
CMC	0.2	1
	0.6	3
	1	5
Xanthan gum	0.2	1
	0.6	3
	1	5
Guar gum	0.2	1
	0.6	3
	1	5
sodium alginate	0.2	1
	0.6	3
	1	5
k-carrageenan	0.2	1
	0.6	3
	1	5

<sup>1)</sup> All ingredients are based on flour as 100%

%의 배합물을 사용하였으며 사용 중량은 반죽기의 bowl 용량 12 quart에 맞춰 소맥분 500 g을 사용하였다. 반죽기는 bench type의 수직형 반죽기(Model A-200T, Hobart Corporation, USA)로서 12 quart 용량의 스테인레스 스틸 보울에 dough arm(hook)을 장착하여 사용하였다. 소량 재료들의 용해 및 분산을 위하여 반죽기 보울에 물을 먼저 넣어 water-base mixing 방법을 사용하였고 시료와 소맥분이 골고루 섞이게 채로 5회 반복하여 쳐서 사용하였다. 원료를 반죽기를 사용하여 반죽한 후 온도 27°C, 상대습도 75%에서 2시간 발효시켰다. 1차 발효 후 반죽을 169 g씩 분할하고, 둥글리기 하여 20분간 중간발효 한 다음 정형하여 팬에 넣어 60분 동안 2차 발효(온도 35°C, 상대습도 85%)하였다. 굽기는 200°C로 예열되어 있는 오븐(Dae-Young Co., Korea)에 2차 발효가 완료된 반죽 pan을 평철판과 함께 흔들리지 않게 넣고 20분 동안 굽기를 하였다. 냉각은 굽기가 완료된 빵을 pan에서 조심스럽게 꺼내어 냉각 선반에 놓고 1개의 빵에 온도계를 꽂아 35°C가 될 때까지 실온에서 냉각하였다.

### 3. 아밀로그래프 측정

시료의 아밀로그래프 특성은 amylograph(Model 8001, Brabender Co., Germany)를 사용하여 측정하였으며, 각 시료 65 g을 450 mL의 증류수에 넣어 현탁액을 제조하였다. 작동조건으로 회전속도는 75 rpm으로 측정하였고 개시온도는 1분에 1.5°C씩 일정한 속도로 최고 온도 95°C까지 상승시켰다. 측정온도가 95°C에 이르면 95°C인 상태로 15분간 유지하고 다시 50°C까지 1분에 1.5°C씩 냉각하였다. Amylogram 변수로서 호화개시온도(Initial pasting temperature), 최고점도(Peak Viscosity), 최종점도(Cold paste viscosity), 강하점도(breakdown), 치반점도(setback)를 계산, 비교하였다.

### 4. 관능평가

남부여성발전센터(서울시 금천구) 제과·제빵반 학생 34명을 패널 요원으로 선발하여 관능평가를 수행하였다. 관능평가는 항목은 대조군과 hydrocolloid 첨가 식빵의 관능특성 차이를 파악하기 위해 내부 색상(crumb color), 경도(hardness), 뒷맛(after taste)에 관해 9점 강도척도(1점: 매우 약하다, 9점: 매우 강하다)를 이용하여 평가하였다. 시료는 대조군과 hydrocolloid(xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan, CMC)를 각각 0.2%, 0.6%, 1%를 첨가하여 제조한 식빵을 사용하였으며 제조 당일과 24일 경과 후의 시료에 대해 평가하였다. 패널들에게 훈련 과정을 통해 평가 항목에 대해 주지시키고 관능검사 방법에 대해서도 교육을 실시하였다. 시료는 상온에서 난수표로 표기되어 플라스틱 컵에 제시되었고 검사원은 무작위로 제시된 시료에 대해 평가하였다.

### 5. 경도 측정

식빵의 경도(firmness)는 AACC방법(AACC 1983)에 의해 texture analyzer(Model TA-XT2, Stable Micro System, England)를 이용하여 측정하였다. 경도 측정 시료로는 호화 특성 분석과 관능검사서 노화 지연에 효과적으로 선발된 CMC, k-carrageenan을 각각 0.6% 첨가한 시료가 선정되었다. 검류를 첨가한 시료와 대조군을 제조 후 38±2°C로 냉각 한 후 지퍼 팩에 밀봉하여 항온기(22±2°C)에 보관하여 실험을 실시하였다. 제조 후 1일, 3일, 5일, 8일, 9일, 13일, 15일 간격으로 각 시료의 경도 변화를 다음과 같이 측정하였다. 25 mm 두께의 빵 crumb 부분을 50×60×25 mm<sup>3</sup> 크기로 절단하여 받침대에 올려놓았다. 36 mm 직경의 원통형 탐침(plunger)을 200 mm/min의 속도, trigger force를 20 g 으로 하여 시료 상단의 중앙부위를 80%까지 즉 시료 높이 25 mm에서 20 mm까지 압축하였을 때 측정된 응력(g-force)을 firmness로 간주하였다(Nishita KD 등 1976).

### 6. Avrami 모형

식빵 시료의 제조 후 15일간의 저장 중의 경도 변화를 측정 후 Avrami 모형에 적용하여 노화속도를 계산하였다(Avrami M 1939, Chung MS 등 2003). Avrami 식은 다음과 같이 계산하였다(1).

$$\Theta = (T_{\infty} - T_t) / (T_{\infty} - T_0) = \exp(-kt^n) \quad (1)$$

$$T_{\infty} - T_t = (T_{\infty} - T_0) \exp(-kt^n)$$

$$T_t = (T_{\infty} - T_0) \exp(-kt^n) \quad (2)$$

여기에서  $\Theta$ 는 일정 시간(t) 후 남아있는 비결정 부분을 의미하며, k는 속도상수, n는 Avrami 지수,  $T_0$ 는 초기상태의 경도,  $T_{\infty}$ 는 이론적으로 무한대의 시간 후의 경도,  $T_t$ 는 일정 시간의 지난 후의 경도를 나타낸다. Avrami 모형 적용의 k, n,  $T_{\infty}$ 값을 구하기 위하여 식 (1)을 식 (2)로 변환하여 t를 독립변수,  $T_t$ 를 종속변수,  $T_0$ 를 상수값으로 하여 비선형 회귀분석을 하였다.

### 7. DSC(differential scanning calorimetry) 측정

시료로는 대조군과 CMC, k-carrageenan을 각각 0.6% 첨가하여 제조한 식빵을 사용하였다(Table 1). 식빵 제조 후 38±2°C로 냉각 한 후 지퍼 팩에 밀봉하여 항온기(22°C)에서 각각 3일과 7일간 보관한 시료를 사용하여 진공건조 오븐(VO-10 Jeio Tech Co, Korea)에서 22±2°C로 2일 동안 건조한 후에 분쇄한 분말을 사용하였다. 분말시료 3.8±0.2 mg의 2배에 해당하는 증류수를 첨가하고 대기 중에서 1시간 방치 후에 밀폐형 알루미늄 팬에 밀봉하고 1시간 동안 방치한 후 DSC(Q-1000, TA Instrument DSC, USA)

를 이용하여 20℃부터 120℃까지 10℃/min의 속도로 가열하며 흡열피크를 얻었다.

## 8. 통계분석

관능평가 결과는 SAS(Statistical Analysis Systems) for Windows 7.2를 이용하여 분산분석(analysis of variance)을 실시하였고 유의성이 있는 경우 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 사후 검증하였다. 또한 관능특성과 아밀로그래프 분석 결과 간의 상관관계를 알아보기 위해서 Pearson correlation coefficient를 산출하였다. Avarami 모형 분석을 위해 SAS(Statistical Analysis Systems) for Windows 7.2를 이용하여 비선형회귀분석(nonlinear regression)을 실시하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 호화 특성

소맥분만으로 제조한 대조군과 소맥분에 hydrocolloids(CMC, xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan)를 각각 0.2%, 0.6%, 1.0%로 첨가한 반죽의 amylogram 특성 측정 결과는 Table 2와 같다. 호화개시온도(Initial pasting temperature)는 대조군의 경우 56.3℃로 나타났고 hydrocolloids 첨가군의 경우 대조군보다 전반적으로 호화개시온도가 하강하였다. 이러한 현상은 식빵에

xanthan gum, guar gum과 cellulose gum을 첨가한 경우에도 보고된바 있다(Christiansonm DD 등 1981). Xanthan gum, sodium alginate의 경우 첨가 농도 상승시 호화개시온도도 하강하였으나 CMC, guar gum과 k-carrageenan의 경우 반대로 상승하였다. 따라서 소맥분에 첨가한 hydrocolloids의 종류나 첨가량에 따라 호화온도의 변화가 매우 다르게 나타났다.

Xanthan gum, guar gum 첨가 시 대조군에 비해 최고점도(peak viscosity)가 증가하였으며, 또한 첨가량 증가 시 최고점도도 증가하였다. 이는 guar gum과 xanthan gum이 다른 hydrocolloid(CMC, sodium alginate, k-carrageenan)와 달리 측쇄(side chains)를 갖는 분지형(branched type)인 것에 기인한 것으로 여겨진다(Hwang JK 1993). 특히 분석 시료 중 guar gum(1.0%) 첨가군이 780 BU로 시료 중에서 가장 높은 수준을 나타냈다. Guar gum은 점증제로서 많이 사용되고, 자연에 존재하는 검류 중 가장 높은 점도를 갖는데, 1%의 용액은 6,000~10,000 Mpa·sec의 점도를 나타낸다(Billiaderis CG 등 1997, Lent PJ와 Grant LA 2001). 반면 다른 CMC, sodium alginate, k-carrageenan의 경우 대조군에 비해 유사하거나 낮은 수준의 최고점도를 나타냈고 첨가량의 증가가 최고점도의 상승으로 이어지지 않아 불연속적인 경향을 보였다. Christianson DD 등(1981)은 수용액상 전분 분산액을 가열할 경우 전분에 첨가되는 검류에 따라 전분의 팽윤에 영향을 미쳐 점도가 증가하

**Table 2.** Amylogram properties of wheat flour doughs added with hydrocolloids

Additives	Additive content (%)	Initial pasting temperature (°C)	Viscosity(BU) <sup>1)</sup>				
			Peak Viscosity (p)	Hot paste viscosity(95°C) (H)	Cold paste viscosity(50°C) (C)	Breakdown (P-H)	Setback (C-P)
Control	-	56.3	640	480	860	160	220
CMC	0.2	55.0	585	420	720	165	135
	0.6	55.0	550	400	660	150	110
	1.0	56.5	580	450	710	130	130
	Xanthan gum	0.2	53.5	680	500	640	180
Xanthan gum	0.6	51.3	750	570	880	180	130
	1.0	51.3	755	600	800	155	45
	Guar gum	0.2	54.3	690	500	880	190
0.6		54.3	720	510	640	210	-80
1.0		55.0	780	570	940	210	160
Sodium Alginate	0.2	55.0	640	460	760	180	120
	0.6	55.0	630	460	660	170	30
k-carrageenan	1.0	54.5	670	500	720	170	50
	0.2	52.0	650	460	790	190	140
	0.6	55.0	630	450	760	180	130
	1.0	55.0	570	420	670	150	100

<sup>1)</sup> Brander Units

며 상승작용(synergistic effect)을 나타낸다고 보고한 바 있다. 그러나 점도 증가 범위와 속도는 전분과 검류 각각의 물리적, 화학적 특징에 기인되며, 적당한 검류의 첨가는 순수한 전분의 경우보다 젤화를 촉진하고, 혼합젤의 점탄성을 변화시킨다고 여겨진다. 또한 검류의 첨가에 의한 소맥분의 호화점도가 검류의 종류에 따라 다양하게 변하는 것을 관찰하였으며, 이러한 현상은 각 검류의 전분과의 상호작용이 각기 다르기 때문이라고 보고하였다.

치반점도(setback)은 50℃에서의 최종 점도(cold paste viscosity)에서 최고점도(peak viscosity)를 뺀 값으로 전분의 노화정도를 반영하며 그 값이 클수록 노화가 쉽게 일어난다(Collar C 등 1999). 본 연구 결과도 hydrocolloid를 첨가한 반죽은 무첨가 시료보다 치반점도가 모두 낮게 나타난 것으로 보아 hydrocolloid 첨가 시 노화 지연효과를 추측할 수 있다. Guar gum 첨가 시 다른 첨가군에 비해 가장 낮은 수준을 나타내었으나 첨가량에 따라 일정한 경향을 나타내지는 않았다.

Hot paste viscosity는 아밀로그래프에서 95℃에서 15분 동안 유지 시 점도를 나타내는데 이를 통해 조리 중 발생할 수 있는 점도의 변화를 가상할 수 있다. 이 구간에서는 xanthan gum, guar gum 첨가군이 조리 시 열 안정도가 높은 것으로 나타났다. 최고점도(peak viscosity) 값으로부터 hot paste viscosity를 뺀 값인 강하점도(breakdown)는 호화 중 열 및 전단력(shear stress)에 대한 저항력을 나타내는 척도인데(Ghiasi KM 등 1983), 즉 강하점도 값이 클수록 저항정도가 낮은 것을 의미한다. Guar gum을 제외한 모든 첨가군에서 첨가량이 증가할수록 감소하였다. CMC(0.6%, 1%), xanthan gum(1%), k-carrageenan(1%) 첨가 시는 대조군에 비해 강하점도 값이 낮은 수준을 보여 노화 지연에 효과가 있는 것으로 여겨진다.

2. 관능특성

소맥분만으로 제조한 대조군과 소맥분에 hydrocolloids (CMC, xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan)를 각각 0.2%, 0.6%, 1.0%로 첨가하여 제조한 식빵의 제조 당일과 24시간 후의 관능평가 결과는 Table 3, 4와 같다. 제조 당일 관능평가 결과를 살펴보면(Table 3), 내부 색상(crumb color)의 경우, xanthan gum(0.2%), sodium alginate(0.6%)를 제외하고는 hydrocolloid 첨가 시료의 색상이 대조군의 색상과 유의적 차이를 나타내지 않았다. 그러나 전반적으로 대조군에 비해 첨가군이 약간 높은 색상 강도를 나타냈다. 0.2% hydrocolloid 첨가군의 경우 관능적 경도(hardness)평가에서 대조군과 유의적 차이가 없었고 0.6% 첨가군에서는 xanthan gum 0.6% 첨가 시 경도가 대조군에 비해 증가하는 것으로 나타났다. 1% 첨가 시에는 모든 첨가군의 경도가 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타나서 향후 첨가량 결정시 고려하여야 할 부분으로 여

겨진다. 대조군과 첨가군의 뒷맛(after taste) 강도 평가에서는 대부분의 첨가군에서 뒷맛의 강도가 대조군과 비슷한 수준으로 나타났고 k-carrageenan 첨가군에서는 오히려 대조군에 비해 뒷맛 강도가 낮게 나타났다. 또한 첨가군에서 첨가량 증가 시에도 뒷맛 강도에 큰 영향을 보이지 않는 것으로 나타났다.

식빵 제조 후 24시간 경과 후의 관능평가 결과를 살펴보면(Table 4), 내부 색상(crumb color)은 전반적으로 첨가군의 내부 색상이 대조군에 비해 강하게 나타났고 특히 sodium alginate(0.6%)와 guar gum(1%) 첨가 시 내부 색상이 가장 진한 것으로 나타났다. 관능적 경도의 경우 0.2% 첨가시 guar gum과 sodium alginate 첨가군에서 대조군에 비해 유의적으로 높은 경도를 나타냈다. 0.6% 첨가 시에는 xanthan gum, 1% 첨가 시에는 경우, xanthan gum과 k-carrageenan 첨가시 대조군에 비해 유의적으로 높은 경도를 나타냈다. 첨가량 증가에 따른 경도를 증가를 제조

Table 3. Sensory scores<sup>1), 2)</sup> of fresh wheat bread with added hydrocolloids

Attributes	Crumb color			Hardness			Aftertaste		
	0.2	0.6	1	0.2	0.6	1	0.2	0.6	1
Additive content(%)									
Control	5.7 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>a</sup>
CMC	5.9 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>a</sup>
Xanthan gum	4.9 <sup>c</sup>	5.8 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	5.4 <sup>bc</sup>	5.6 <sup>a</sup>
Guar gum	5.6 <sup>b</sup>	6.2 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>abc</sup>	6.0 <sup>a</sup>
Sodium alginate	6.3 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
k-carrageenan	5.6 <sup>b</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	5.1 <sup>c</sup>	5.9 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> 9 point intensity scale(1: weak, 9: strong)  
<sup>2)</sup> Means within a column not sharing an alphabetical letter are significantly different(p<0.05, Duncan's multiple range test).

Table 4. Sensory scores<sup>1), 2)</sup> of 24 hr stored wheat bread with added hydrocolloids

Attributes	Crumb color			Hardness			Aftertaste		
	0.2	0.6	1	0.2	0.6	1	0.2	0.6	1
Additive content(%)									
Control	5.1 <sup>b</sup>	5.1 <sup>c</sup>	5.1 <sup>c</sup>	5.1 <sup>b</sup>	5.1 <sup>b</sup>	5.1 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
CMC	5.4 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>b</sup>	5.5 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
Xanthan gum	5.4 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>bc</sup>	5.6 <sup>bc</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
Guar gum	5.3 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
Sodium alginate	5.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>bc</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
k-carrageenan	5.6 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>bc</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> 9 point intensity scale(1: weak, 9: strong)  
<sup>2)</sup> Means within a column not sharing an alphabetical letter are significantly different(p<0.05, Duncan's multiple range test)

직후 식빵과 동일하게 확인할 수 있었다. 뒷맛 강도의 경우 제조 직후 평가한 결과와 유사한 결과를 보여, hydrocolloid의 첨가가 식빵의 뒷맛에는 영향을 주지 않는 것으로 여겨진다. 첨가된 hydrocolloid 별 아밀로그래프 분석결과와 관능 평가 결과간의 상관관계(correlation coefficient) 분석결과를 보면 xanthan gum, Sodium alginate, k-carrageenan 첨가 시는 첨가량과 관능적 경도간의 유의적 양의 상관관계( $p < 0.05$ )를 나타냈고 그 외의 관능 특성과는 유의적 상관관계 나타내지 않았다.

### 3. 노화특성

Hydrocolloid의 첨가에 따른 식빵 저장기간 별 노화 특성변화와 이에 따른 노화유형 분석을 위해 두 가지 분석법을 이용하였다. 먼저 texture analyzer에 의한 텍스처(firmness) 분석과 이를 이용한 Avrami equation 적용을 실시하였고, 또한 DSC(differential scanning calorimetry)를 이용한 열량분석을 실시하였다. 노화특성 분석에 사용된 시료는 노화특성 평가에서 다른 첨가물에 비해 노화 지연 효과가 높게 나타난 CMC와 k-carrageenan을 선정하였다. 첨가 농도는 제조 직후 관능평가에서 대조군과 경도에서 유의적 차이를 나타내지 않은 0.6% 수준을 선정하였다.

#### 1) 저장기간에 따른 식빵의 경도 변화와 Avrami 상수

제조된 식빵시료의 제조 후 15일간 경과 시의 경도 변화를 texture analyzer를 이용하여 측정된 결과는 Table 5와 같다. 시간이 경과함에 따라 모든 시료에서 경도의 증가를 나타내었으나 증가의 폭은 다르게 나타났다. CMC 첨가 시료의 경우 대조군에 비해 저장 초기부터 낮은 수준의 경도를 나타냈고 저장 기간 동안 세 개의 시료 중 가장 낮은 경도를 보였다. k-carrageenan 첨가 시료의 경우 저장 초기에 대조군에 비해 높은 경도를 나타냈는데 이런 현상은 k-carrageenan이 가지고 있는 높은 젤 강도의 특성에 근거한다고 여겨진다. 그러나 저장 기간이 길어질수록(5일 후) 대조군에 비하여 점차 경도가 감소하여 Shin MS(1991)이 보고한 k-carrageenan 첨가에 따른 경도 감소 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 저장 기간에 따른 경도 변화의 정도를 보면, 대조군의 경우 초기 경도(2658.5 gf)에서 15일 후 경도가 5615.5 gf 증가하여 시료 중 가장 높은 약 3.1배의 경도 증가를 나타냈다. 반면 CMC 첨가군의 경우 초기 경도에 비해 4690.9 gf가 증가하여 증가폭이 가장 적었다. k-carrageenan의 경우 증가폭이 CMC 첨가군과 유사한 4865.6 gf 수준이었으나 초기 경도가 세 개 시료 중 가장 높게 나타나 최종 경도 대비 변화 정도는 2.4배로 가장 낮게 나타났다. 따라서 대조군에 비해 CMC와 k-carrageenan 첨가군이 식빵의 경도 증가를 억제하는 것을 확인할 수 있었다.

**Table 5.** Changes of bread firmness<sup>1)</sup> stored at 22°C during 15 days

Storage period (day)	Samples		
	Control <sup>2)</sup>	CMC <sup>3)</sup>	k-carrageenan <sup>4)</sup>
1	2658.5±13.41	2265.2±20.4	3296.6±80.7
3	3049.2±14.5	2935.4±60.8	3871.1±16.3
5	4363.2±80.0	3914.3±26.0	4089.9±73.0
8	5469.0±88.8	4944.0±26.0	5445.5±16.9
9	6454.3±30.2	5654.4±22.9	6020.9±66.5
13	7637.1±20.6	6631.5±41.0	7488.2±24.8
15	8274.0±30.5	6956.1±45.3	8162.2±60.5

<sup>1)</sup> The values are mean and standard deviation of 4 replication.

<sup>2)</sup> Control: wheat bread without hydrocolloid addition

<sup>3)</sup> CMC : CMC 0.6% added to the control

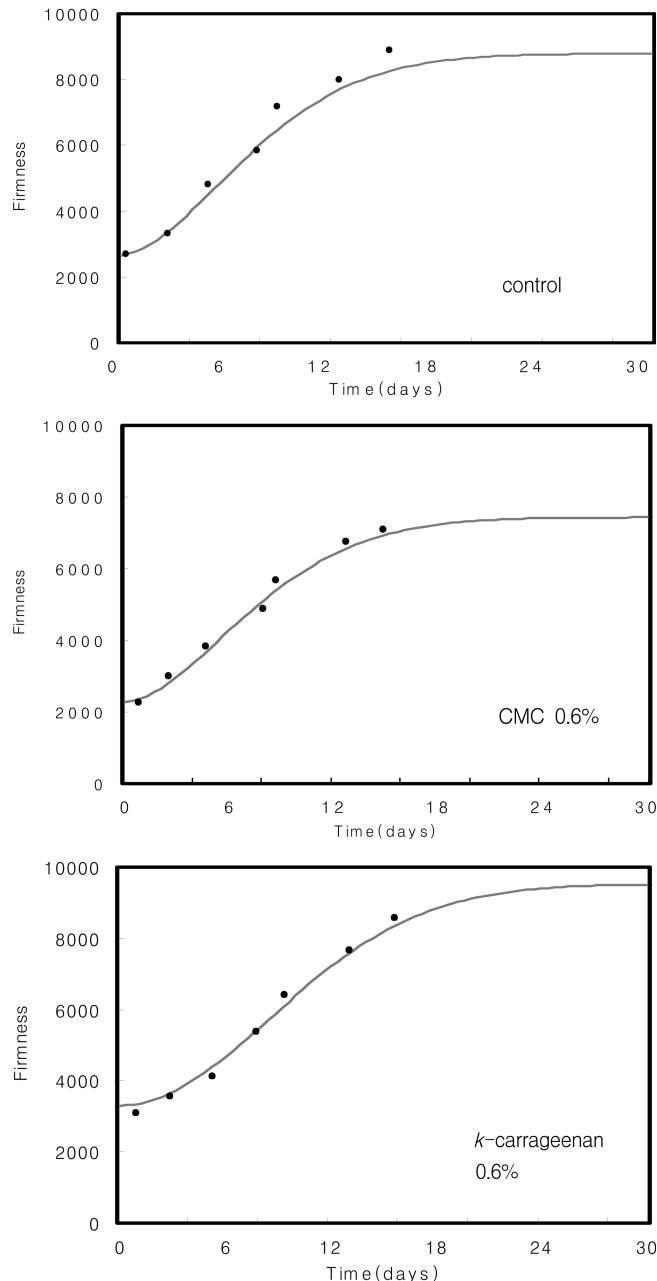
<sup>4)</sup> k-carrageenan : k-carrageenan 0.6% added to the control

본 연구에서는 Avrami 모형 산출을 위해 초기 경도( $T_0$ )는 1일차의 경도 측정치를 이용하였고, 일반적으로 최종 측정된 경도를 최종 경도( $T_\infty$ )로 사용하는 선형 모델(Kim SS와 Chung HY 2007, Kang BS 등 2006)을 사용하지 않고 실제 최종 경도( $T_\infty$ )를 예측하기 위해 Collar C 등(1999)의 보고에 기초하여 비선형 회귀분석을 통해 Avrami 모형을 산출하였다. 이를 통해 속도상수(k)와 Avrami exponent(n) 값을 산출하였고(Table 6), 이를 실제 경도 측정치(점)와 비교한 모형(선)은 Fig. 1과 같다. Collar C 등(1999)에 의하면 속도상수(k)는 노화속도를 말하며, Avrami 지수(n)은 결정 핵 형성 시간 및 결정체 형성 속도 상수에 의존하는 복합된 값을 나타낸다. 일반적으로 Avrami 지수의 값이 작을수록 핵형성이 지연되어 경화하지 않고 유연한 상태를 유지한다는 의미로 사용할 수 있다(Kang BS 등 2006). n값은 CMC 첨가군이 '1.72'로 가장 낮게 나타났고, 대조군과 k-carrageenan 첨가군이 '1.94~1.99'로 유사한 수준을 나타냈다. 반면 노화의 속도를 나타내는 속도상수(k)는 Avrami 지수와 다른 양상을 나타내었다. 속도상수값은 CMC 첨가군이 가장 높은 '0.02' 수준을 나타내 노화가 빨리 일어나는 것으로 나타났고 반면 k-carrageenan 첨가군이 '0.00685'로 가장 낮은 수준을 보였다. 이는 경도 측정에서도 실제 경도 측정치는 k-carrageenan 첨가군이 높았으나 증가폭은 가장 낮은 결과와 일치하는 것으로 여겨진다. 예측된 최종 경도( $T_\infty$ )는 CMC 첨가군이 가장 낮은 '7434.3'이고, k-carrageenan 첨가군이 가장 높은 '9527.2'로 나타났으나, 초기의 경도를 고려한 비율로 노화도를 계산하면 대조군이 3.3배, CMC는 3.2배, k-carrageenan은 2.8배의 경도 증가폭을 나타내 역시 k-carrageenan 첨가군의 노화비율이 낮은 것으로 나타났다. k-carrageenan은 떡의 응고억제에도 효과가 있는 것으로 보고되었다(Song JC와 Park HJ 2003).

**Table 6.** Avrami parameters of equation for crumb firming kinetic of bread samples from nonlinear regression

Samples	$T_0$ <sup>1)</sup>	$T_\infty$ <sup>2)</sup>	$n$ <sup>3)</sup>	$k$ <sup>4)</sup>	$R^2$ <sup>5)</sup>
control	2658.5	8785.1	1.9439	0.0122	0.9941
<i>k</i> -carrageenan(0.6%)	3296.6	9527.2	1.9924	0.00685	0.9743
CMC(0.6%)	2265.2	7434.3	1.7253	0.0223	0.9969

- 1)  $T_0$  : Crumble firmness of fresh bread.
- 2)  $T_\infty$  : Final crumb firmness by Avrami model.
- 3)  $n$  : Avrami exponent.
- 4)  $k$  : Rate constant.
- 5)  $R^2$  : Coefficient of determination.



**Fig. 1.** Firmness of breads with curve of Avrami equation.

**2) DSC 특성**

Hydrocolloid 첨가에 따른 식빵 시료의 노화 특성을 파악하기 위해 DSC 분석을 실시하였다. DSC 분석법은 전분의 용융이나 결정성의 변화 등 물리적인 상태가 변했을 때 생기는 열의 흡수나 방출 정도를 정량적으로 측정하여 전분의 호화와 노화 과정을 열역학적으로 해석하는 방법이다. 본 연구에서는 제조된 식빵시료를 22℃로 고정된 항온기에서 3일과 7일 동안 저장하면서 DSC로 측정된 흡열곡선 상에 나타나는 개시온도( $T_0$ ), 최대온도( $T_p$ ), 최종온도( $T_c$ ), 엔탈피( $\Delta H$ )를 분석하였다(Table 7). 3일 저장 후 개시온도( $T_0$ )는 대조군이 47.16℃로 CMC와 *k*-carrageenan 첨가군의 46.59~46.85℃에 비해 약간 높은 수준으로 나타났다. 일반적으로 콜로이드 첨가 시 호화개시온도가 무첨가 군에 비해 낮게 나타났는데 이는 콜로이드의 친수성 그룹들이 전분의 성분과 느슨하게 결합되어 조직 자체가 유연하여 수분의 이동이 용이한 것으로 여겨진다(Song JC와 Park HJ 2003). 최대온도( $T_p$ )의 경우 대조군과 CMC 첨가군이 유사한 56.16~56.28℃로 나타났고 *k*-carrageenan 첨가군이 가장 낮은 54.73℃로 나타났다. 3일 경과 시의 엔탈피( $\Delta H$ )를 살펴보면 대조군과 CMC 첨가군은 1.17~1.18 J/g로 유사한 수준으로 나타났고 반면 *k*-carrageenan 첨가군이 1.96으로 더 높게 나와 전분의 결정성 형성이 더 높게 이루어지는 것으로 나타났다. 이는 TA를 이용한 경도 측정에서도 초기에 *k*-carrageenan 첨가군이 대조군이나 CMC 첨가군보다 경도가 높게 나타난 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 저장기간이 증가함에 따라 CMC 첨가군의 개시온도가 3일 저장 시료에 비해 증가하였다. 이는 저장에 따라 전분 분자간의 결합이 높아져서 높은 에너지가 필요한 것으로 여겨진다(Shin AC와 Song JC 2004). 반면 대조군의 경우 개시온도가 감소하였고, *k*-carrageenan 첨가군은 3일 저장시료 결과와 큰 차이를 보이지 않았다. 식빵의 저장시간에 따라 엔탈피가 증가함을 보였는데, 발효빵에 carboxymethyl chitosan을 첨가한 결과(Lee KH와 Lee YC 1997), 쌀빵에서의 분석 결과(Hyun CK 등 1998)와 일치함을 보였다. 이는 호화된 부정형의 전분입자가 수소결합 등을 통하여 결정형으로 되돌아가기 때문으로 여겨진다. 엔탈피의 증가폭은 시료별로 차이를 보였는데, *k*-carrageenan 첨가군이 가장 낮은 수준을 나타냈다. 이는 TA를 통한 경도 측정과 이를 바탕으로 한 Avrami 속도상수 산출 결과와도 일치하는 것으로 DSC 분석 결과와 TA를 통한 경도 측정과 Avrami 식을 이용한 노화 속도 분석이 동일한 결과를 나타내었다. 그러나 CMC 첨가 시의 경우 노화 속도 억제에 큰 효과가 없는 것으로 나타났다. Roger JA 등(1999)도 hydrocolloids가 소맥분에 호화특징에 각각 다른 방식으로 영향을 주는 것으로 보고하였으며 결과적으로 제빵 과정에 있어 hydrocolloids 선별과 첨가 수준의 선정이 중요

**Table 7.** Thermal properties of wheat bread samples stored at 22°C by DSC

Samples	After 3 days storage				After 7 days storage			
	T <sub>0</sub> (°C) <sup>1)</sup>	T <sub>p</sub> (°C) <sup>2)</sup>	T <sub>c</sub> (°C) <sup>3)</sup>	ΔH(J/g) <sup>4)</sup>	T <sub>0</sub> (°C) <sup>1)</sup>	T <sub>p</sub> (°C) <sup>2)</sup>	T <sub>c</sub> (°C) <sup>3)</sup>	ΔH(J/g) <sup>4)</sup>
Control	47.16	56.16	66.24	1.18	46.61	56.36	69.05	2.14
CMC(0.6%)	46.59	56.28	67.01	1.17	47.34	56.05	69.74	2.72
k-carrageenan(0.6%)	46.85	54.73	66.86	1.96	46.66	55.84	69.52	2.12

<sup>1)</sup> T<sub>0</sub> : Onset temperature.

<sup>2)</sup> T<sub>p</sub> : peak temperature.

<sup>3)</sup> T<sub>c</sub> : conclusion temperature

<sup>4)</sup> ΔH : enthalpy.

한 것으로 여겨진다. 또한 본 연구에서는 노화 유형 분석을 위해 hydrocolloid를 0.6% 수준으로 첨가하였으나 향후 좀 더 다양한 첨가 수준에서의 노화 속도와 유형을 파악하는 것이 필요하리라 여겨진다.

#### IV. 요약

식빵의 식감향상과 노화 방지에 hydrocolloid의 첨가가 미치는 영향을 파악하기 위해 5종의 hydrocolloid(xanthan gum, guar gum, sodium alginate, k-carrageenan, CMC)를 첨가량을 달리하여 식빵을 제조하고, 시료반죽의 호화특성과 제조 식빵의 관능평가를 실시하였다. 또한 선정된 2종의 hydrocolloid(CMC, k-carrageenan)첨가 식빵의 노화 속도와 유형을 파악하고자 저장기간에 따른 정도변화를 Avrami 식으로 분석하고 또한 DSC thermogram 분석도 실시하였다. 대조군에 비해 hydrocolloids 첨가군이 전반적으로 호화개시온도가 하강하였고, 최고 점도는 증가하였다. 노화의 지표로 사용되는 치반점도(setback)와 강하점도(breakdown)은 hydrocolloids 첨가 시 특히 CMC(0.6%, 1%), xanthan gum(1%), k-carrageenan(1%) 첨가 시 낮게 나타나 노화 지연효과를 추측할 수 있었다. 관능평가에서 1% 첨가 시에는 관능적 정도가 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타나서 노화 측정 실험에서 제외하였다. 그 외 색상 강도와 뒷맛 강도에서 대조군과 첨가군의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 제조된 식빵시료의 제조 후 15일간 경과 시의 정도 변화에서는 CMC와 k-carrageenan 첨가 시료의 경우 대조군에 비해 정도의 증가폭이 낮게 나타나 식빵의 정도 증가를 억제하는 것을 확인할 수 있었다. Avrami 모형에 의한 초기 정도를 고려한 비율로 노화도를 계산하면 대조군이 3.3배, CMC는 3.2배, k-carrageenan은 2.8배의 정도 증가폭을 나타내 k-carrageenan 첨가군의 노화비율이 낮은 것으로 나타났다. DSC 측정에서도 저장기간에 따른 엔탈피의 증가폭이 k-carrageenan 첨가군이 가장 낮은 수준을 나타내 정도 측정 및 Avrami 모형과 일치하는 결과를 나타냈다. 향후 제빵 시 노화 지연 효과를 위해 좀 더 다양한 첨가 수준에서의 노화 속도와 유형을 파악하는 것이 필요하리라 여겨진다.

#### 참고문헌

- AACC 2000. Approved method of 44-15A of the AACC. 8th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, U.S.A.
- Avrami, M. 1939. Kinetics of Phase change I. J Chem Phys 7(12): 1103-1108
- Betchtel WG, Meisner DF, Bradly WB. 1953. The effect of the crust on staling of bread. Cereal Chem 30(2):160-167
- Billiaderis CG, Arvanitoyannis I, Iaydorcik MS, Prokopowich DJ. 1997. Starch, 49(7):278-283
- Christiansonm DD, Hodge JE, Osborne D, Detry RW. 1981. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum. Cereal Chem 58(6):513-517
- Chung MS, Lee JK, Hur NY, Kim DS, Baik MY. 2003. Textural analysis for bread staling. Food Sci Biotechnol 12(6):727-736
- Chung JY, Kim CS. 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(2):168-176
- Collar C, Andreu P, Martinez JC, Armeo E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. Food Hydrocolloids 13(6):467-475
- Dziezak JD. 1991. A focus on gum. Food Technol. 45(3):116-121
- Ghiasi KM, Hoesne RC, Varriano-Marston E. 1983. Effect of flour component and dough ingredients on starch gelatinization. Cereal Chem. 60(1):58-61
- Hwang JK. 1993. Significance of side-chains of carbohydrate polymers. Food Sci Ind 26(1):20-28
- Hyun CK, Park KH, Kim YB, Yoon IH. 1998. Differential scanning calorimetry of rice starch. Korean J Food Sci Technol 20(3):331-337
- Kang BS, Kim DH, Whang HJ, Moon SW. 2006. The retrogradation of steamed Korean rice cake(Jeungpyun) with addition of gums. Korean J Food Sci Technol 38(6):838-842
- Kim SS, Chung HY. 2007. Effects of carbohydrate materials on retarding retrogradation of a korean rice cake(Karedduk). Korean Soc Food Sci Nutr 36(10):1320-1325
- Kim MH, Yeo KM, Chang MJ. 1999. Storage stability of Baik-



- seolgi. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42(3):218-222
- Kim YI, Kum JS, Lee SH, Lee HY. 1995. Retrogradation characteristics of Jeungpyun by different milling method of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 27(6):834-838
- Kim JO, Shin MS. 1996. Retrogradation of rice flour gels with different storage temperature. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 39(1):44-48
- Kim SK, Ciacco CF, D'Appolonia BL. 1976. A research note-kinetic study of retrogradation of cassava starch gels. *J Food Sci* 41(5):1249-1250
- Krog N, Olsen SK, Toernaes H, Joensson T. 1989. Retrogradation of the starch fraction in wheat bread. *Cereal Foods World* 34(6):281-189
- Kum 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(6):1052-1058
- Lee HJ, Nam JH. 2000. The changes of characteristics of glutinous and rice Korean cake with trehalose in the storage. *Korean J Food Nutr* 13(4):570-577
- Lee KH, Lee YC. 1997. Effect of carboxymethyl chitosan on quality of fermented pan bread. *J Food Sci Technol* 29(1):96-100
- Lent PJ, Grant LA. 2001. Effects of additives and storage temperature on staling properties of bagels. *Cereal Chem* 78(5):619-624
- 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(2):305-310
- Nishita KD, Roberts RL, Bean MM. 1976. Development of a yeast-leavened rice-bread formula. *Cereal Chem* 53(5):626-635
- Osman EM, Leith SJ. 1961. Complexes of amylose with surfactants. *Cereal Chem* 38(4):449-456
- 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(2):175-180
- Roach RR, Hoseney RC. 1966. Effect of certain surfactants of the starch in bread. *Cereal Chem* 72(6):231-237
- Roger JA, Rosell CM, Benedito BC. 1999. Pasting properties of different wheat flour- hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids* 13(1):27-33
- Shin AC, Song JC. 2004. Suppression function of retrogradation in korean rice cake(Garaeduk) by various surfactants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(7):1218-1223
- Shin MS. 1991. Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation. *J Food Sci* 96(92):116-121
- Song JC, Park HJ. 2003. Functions of various hydrocolloids as anticaking agents in korean rice cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(8):1253-1261
- Yun Y, Kim YH, Kim YS, Eun JB. 2006. Effects of milk proteins and gums on the dough characteristics and staling of bread made from frozen dough during storage. *Korean J Food Sci Technol* 38(1):42-46

---

2008년 3월 31일 접수; 2008년 9월 4일 심사(수정); 2008년 9월 8일 채택