

## 쌀을 첨가하여 제조한 식빵의 품질 특성에 미치는 Hydrocolloids의 영향

김양훈<sup>1</sup> · 이정훈<sup>2</sup> · 이시경<sup>2</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 농축대학원 바이오식품공학과

<sup>2</sup>건국대학교 생명자원 식품공학과

### Effects of Hydrocolloids on Quality Characteristics of Bread with Rice Flour

Yang-Hoon Kim<sup>1</sup>, Jeong-Hoon Lee<sup>2</sup>, and Si-Kyung Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of BioFood Sci. & Technol., Agri. Livestock Graduate School and

<sup>2</sup>Department of Bioresources and Food Science, Konkuk University

**ABSTRACT** The effects of different hydrocolloids, including hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), xanthan gum (XG), guar gum (GG), and glucomannan (GM), on bread quality characteristics were investigated. The composite flour used for bread production consisted of 80% bread flour and 20% rice flour with 1% different hydrocolloids based on baker's%. Loaf volume, specific loaf volume, baking and cooling loss rate, moisture content, crumb texture and color, and sensory evaluation were determined. Breads containing HPMC and GM showed the highest loaf volumes, but the difference was not significant. Bread containing GM showed the lowest baking and cooling loss rate (7.03 and 7.78%, respectively), and the highest moisture content. Breads containing HPMC and GM showed increased springiness and decreased hardness based on texture profile analysis. Cohesiveness, chewiness, and gumminess of breads containing GM and HPMC showed their lowest values, whereas breads containing XG revealed their highest values. Bread with HPMC showed lightest coloured crumbs. In the sensory evaluation, bread containing GM and HPMC presented their highest scores, whereas bread containing XG showed the lowest scores. Overall, HPMC and GM significantly and positively affected quality characteristics of bread.

**Key words:** hydrocolloids, composite flour, rice flour, breads, quality characteristics

## 서 론

빵은 인간에게 아주 중요한 식품 중의 하나로 주로 밀가루로 만들고 있다. 밀은 빵을 만드는 데 가장 적합한 곡물로서 재료의 계량, 반죽, 발효, 굽기, 냉각과정으로 빵을 만든다. 밀가루의 단백질 중 gliadin과 glutenin은 반죽 공정에서 gluten을 형성하여 반죽이 늘어나게 되고(1), 밀가루의 단백질과 전분 이외에 효소 등도 제빵 적성에 영향을 미친다.

쌀은 밀, 옥수수과 함께 세계 3대 곡물 중의 하나로 아시아에서 주식으로 이용하고 있으며 우리나라에서는 밥을 지어 섭취하거나 떡을 만들어 먹기도 한다. 오늘날 급속한 산업의 발전으로 농촌인구의 감소와 더불어 도시로 인구가 집중하면서 외식산업이 발달하고 식습관의 간편화로 쌀 소비가 줄어 쌀의 이용문제가 대두하였다.

쌀을 많이 생산하는 열대나 아열대 지방의 사람들은 쌀을 이용하여 빵을 만들려는 노력을 많이 하여 왔고, 세계의 여러 학자에 의하여 쌀빵이 개발되어 왔다(2). 쌀 첨가 빵의

연구 결과 밀가루의 30% 이상을 쌀로 대체하면 밀가루로 만든 빵보다 품질이 현저히 저하되는데 이는 gluten 함량이 적기 때문이며, 이를 보완하기 위하여 Gallagher 등(3)은 쌀빵에 hydrocolloids를 첨가하여 품질을 개선하였다.

Hydrocolloids는 gums라고도 하며 친수성 콜로이드로 물과 결합하면 고질이 되는 성질을 가진 것을 일컫는다. 식물, 동물, 미생물, 인공적 합성 등으로 얻으며 많은 하이드록실기와 다가 전해질을 갖는다. 증점제, 유화제, 안정제, 거품형성제, 냉장·냉동에서 이장 방지제, 수분 보유력 개선, 수분 이동 조절, 식감 개선 등의 목적으로 식품산업에서 널리 이용한다(4). 이러한 특성 때문에 제빵산업에서 hydrocolloids의 이용에 관한 관심이 높아졌고, 이는 전분질 식품의 호화와 반죽의 물성을 변화시킨다(5).

Hydroxypropyl methylcellulose(HPMC)는 cellulose를 화학적으로 처리하여 얻은 유도체로 사슬에 소수성기가 존재하나 cellulose의 친수성기 특성이 있어(6) 유화제, 빵 crumb 강화제, crumb의 수분보유제 등의 기능이 있다. Rosell 등(7)은 HPMC를 빵 제조에 첨가하면 부피가 증가한다고 하였고, Bárcenas와 Rosell(8)도 HPMC를 첨가하여 par-baking 한 빵을 냉동과 냉장 저장하여 다시 구웠을 때 부피가 크고 부드러워 품질이 개선되었으며, 빵의 수분손실

Received 20 May 2016; Accepted 16 July 2016

Corresponding author: Si-Kyung Lee, Department of Bioresources and Food Science, Konkuk University, Seoul 05029, Korea  
E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr, Phone: +82-2-450-3759

이 줄어 crumb의 노화가 지연되는 효과가 있다고 하였다. Guar gum은 콩과 Guar(*Cyamopsis tetragonolobus*)의 종자 배유부로부터 얻는 검질로 여러 기능 때문에 식품첨가물로 사용하는데, 식품 가공 시 1% 정도 첨가하면 겔 형성, 증점제, 견고제, 유화제 등의 기능을 나타낸다(9). Ribotta 등(10)은 guar gum이 냉동생지에서 빵의 조직과 부피를 개선하는 데 효과적이라고 하였다. Glucomannan은 *Amorphophallus konjac*(konjac) 괴경에서 얻는 물질로 중국, 일본, 동남아시아 등에서 옛날부터 식품재료, 의약품, 식품첨가물로 이용하여 왔고(11), 혈청 콜레스테롤 저하, 탄수화물 대사 개선, 장운동 개선, 결장의 생태환경을 변화시키는 기능 등이 밝혀졌다(11,12). 또한, 혈당을 낮추고 칼로리가 적은 수용성 식이섬유로 포만감을 주어 체중조절에 탁월하다(13).

따라서 본 연구에서는 이러한 hydrocolloids를 첨가한 밀가루와 쌀가루 혼합반죽의 물성학적 특성을 조사한 연구(14)에 이어 밀가루의 일정량(20%)을 쌀가루로 대체하기 위하여 다양한 기능을 가지고 있는 hydrocolloids로 HPMC, xanthan gum, guar gum, glucomannan 등을 식빵 제조 시 1% 첨가하여 식빵의 품질 특성에 미치는 영향을 조사하였으며, 이를 쌀빵을 제조하는 데 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

빵 제조용 재료로 강력분(대한제분, 인천, 한국), 박력쌀가루(200 mesh, 대두식품, 군산, 한국), 효모(조흥화학, 안산, 한국), 설탕(제일제당, 인천, 한국), 쇼트닝(롯데푸드, 서울, 한국), 제빵개량제(S-500, Puratos Korea, Seoul, Korea), 소금((주)한주, 울산, 한국) 등을 사용하였다. 검류로 HPMC(Samsung Fine Chemicals Co., Ltd., Incheon, Korea)는 메톡실기 22.8%이고 히드록시프로필기 9.1%이며, xanthan gum(Sandong Fufeng Fermentation Co., Ltd., Shandong, China)은 함량 91~108%, guar gum(Altra-

fine Gums, Gujarat, India)은 순도 86.5%, glucomannan (Changsha Sunfull Bio-tech Co., Ltd., Hunan, China)은 순도 95%의 제품을 사용하였다.

### 식빵의 제조

강력분 80%와 쌀가루 20%의 혼합분배에 여러 가지 검류를 baker's%로 1% 첨가하여 식빵을 제조하였다. 식빵은 AACC 방법(10-10b)(15)을 수정하여 직접법(straight dough method)으로 제조하였고, 배합률은 Table 1과 같다. 물은 Farinograph 분석 결과의 흡수율에 따라 첨가하였다(7,14). 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 한꺼번에 믹싱 볼에 넣고 저속 3분, 중속 2분 동안 혼합 후 쇼트닝을 투입하고 저속 2분, 중속 15분간 섞어 반죽을 제조하였다. 반죽온도는 27°C가 되도록 하였고 온도 27°C, 상대습도 75%의 1차 발효실(Fresh proofer, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 120분간 발효시켰다. 발효한 반죽을 무게 180 g씩 나누어 둥글리기 한 후 실온에서 15분간 중간 발효시켰다. 반죽을 성형하여 식빵 틀(21×9×8.5 cm)에 세 덩이씩 넣고, 온도 40°C, 상대습도 85%의 2차 발효실에서 50분간 발효하여 윗불 190°C, 밑불 190°C의 데크오븐(FDO-7104, Electric Deck Oven, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd.)에서 35분간 구워 1.5시간 실온에서 냉각시켰다. 품온이 35~40°C가 되도록 냉각 후 폴리에틸렌 비닐 포장지에 개별 포장하여 상온에 저장하면서 시료로 하였다.

### 식빵의 부피 및 비용적

제조한 식빵을 냉각·포장하여 25°C에서 12시간 보존 후 종자치환법(16)으로 부피를 측정하였다. 식빵의 비용적은 AACC 방법 10-05.01(15)에 따라 빵의 부피(mL)를 중량(g)으로 나누어 구하였다. 각각의 시료 10개씩 측정하여 그 평균을 자료로 하였다.

### 식빵의 굵기 및 냉각 손실률

제조한 식빵을 구운 후 1시간 30분 냉각하여(품온 35~

**Table 1.** Formula for pan bread made by wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids (unit: baker's%)

Ingredients	Control	HPMC	Xanthan gum	Guar gum	Glucomannan
Strong flour	80	80	80	80	80
Rice flour	20	20	20	20	20
Fresh yeast	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Water	64	68	68	65	70
Granulated sugar	5	5	5	5	5
Shortening	3	3	3	3	3
Salt	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Bread improver	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
HPMC	—	1	—	—	—
Xanthan gum	—	—	1	—	—
Guar gum	—	—	—	1	—
Glucomannan	—	—	—	—	1
Total	177	182	182	179	184

40°C) 측정된 무게와 분할한 반죽 무게로 아래 공식에 따라 굽기 및 냉각 손실률(%)을 구하였다.

$$\text{굽기 및 냉각 손실률}(\%) = \frac{a-b}{a} \times 100$$

a: 반죽 무게, b: 식빵 무게

### 식빵의 수분 함량

제조한 식빵을 1시간 30분 냉각 후 포장하여 25°C에 보존하면서 24시간 이후부터 2일 단위로 7일간 수분 함량을 측정하였다. 수분 함량은 건조감량법(17)으로 측정하여 아래의 공식에 따라 산출하였으며 각각의 시료 5개씩 측정하여 그 평균을 자료로 하였다.

$$\text{수분}(\%) = \frac{b-c}{b-a} \times 100$$

a: 칭량접시의 무게(g), b: 칭량접시와 검체의 무게(g)

c: 건조 후 항량이 되었을 때의 무게(g)

### 식빵의 crumb 조직감

제조한 식빵을 1시간 30분 냉각 후 포장하여 수분 평형이 이루어진 24시간 이후부터 2일 단위로 조직감을 Texture Profile Analyzer(TAXT2, Test Analyzer, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)로 측정하였다. 측정조건은 force threshold 20 g, acquisition rate 200 pps, contact area 1.0 mm<sup>2</sup>, contact force 5.0 g, pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 0.3 mm/s, post-test speed 2.0 mm/s, strain 80.0%, 원(실린더)형 probe size 22 mm 등이었다. 식빵의 crumb 중 가장 내부의 것을 가로, 세로, 높이 각각 15 mm 두께로 잘라 측정하였다. 2회 연속 압착하였을 때 얻어지는 force-time curve로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess) 등을 10회 반복 측정하여 최댓값과 최솟값을 제외하고 평균값을 구하여 자료로 하였다.

### 식빵의 crumb 색도

제조한 식빵을 1시간 30분 냉각 후 포장하여 24시간 이후에 crumb 색도를 color reader(DR-10, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)로 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였다. Hunter system에 의하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)의 값을 나타냈다. 1.5 cm 두께의 식빵을 가로 10 cm, 세로 10 cm 크기로 잘라 10회씩 반복 측정하여 최댓값과 최솟값을 제외하고 평균값을 구하여 자료로 하였다.

### 식빵의 관능검사

제조한 식빵을 1시간 30분 냉각 후 15 mm 두께로 잘라 비닐포장지에 2개씩 포장하여 24시간 이후에 관능검사를 시행하였다. 관능검사는 대학 및 대학원생 남과 여 30명(남

18명, 여 12명, 평균연령 23.5세)을 대상으로 본 실험의 목적과 평가방법에 대하여 교육한 후 실시하였다. 관능검사 시 대조구를 포함한 5가지 시료를 모두 한 번에 제시하였고, 미국 제빵학교(18) 기준인 "Bread scoring" 표에 따라 개인 별로 점수표에 점수를 작성하도록 하였다. 최상위와 최하위를 제외하고 자료로 하였으며 맛을 본 후에는 반드시 물로 입안을 헹군 뒤 다른 시료를 평가하도록 하였다.

### 통계분석

각 분석 항목별로 3회 반복 실험하였고 얻은 결과는 평균값±표준편차(mean±SD)로 나타냈다. 통계분석은 SPSS (version 12.0, Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 하였고, 시료 간의 유의성 검증은  $P < 0.05$  수준으로 던컨의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 식빵의 부피 및 비용적

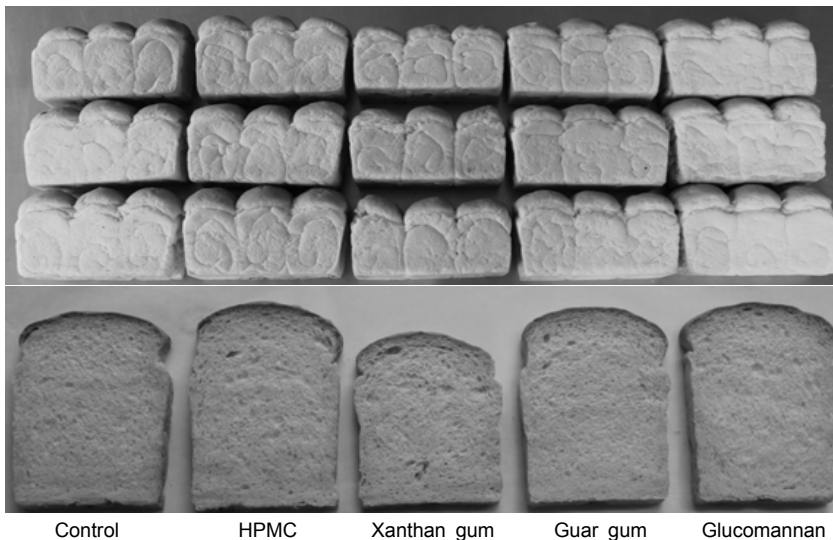
식빵의 부피와 비용적을 측정된 결과는 Table 2와 같고, 빵의 모양과 내부 단면은 Fig. 1과 같다. Glucomannan과 HPMC 첨가구는 대조구에 비하여 큰 부피를 나타냈으나 guar gum과 xanthan gum 첨가구는 부피가 작았으며 유의적 차이가 있었다( $P < 0.05$ ). 시험구 중에는 glucomannan 첨가구의 부피가 가장 커 대조구보다 113.4 mL 높았고, xanthan gum 첨가구의 부피는 가장 작아 대조구와 240 mL의 차이가 있었다.

Shittu 등(19)은 밀가루와 카사바 전분을 9:1로 혼합한 것에 xanthan gum을 0~2% 첨가하여 빵을 제조할 때 1% 첨가 시 오븐스프링, 부피, 비용적 등이 개선되었고 crumb 수분 함량은 대조구보다 다소 적었다고 하였으나, 2% 첨가 시는 반죽이 효모가 생성한 가스 보유력이 저하하여 오븐스프링이 적고 빵의 부피가 작아졌다고 하였는데, 본 실험에서 1% 첨가 시 부피가 작은 결과와 달랐다. 본 실험에서 xanthan gum 첨가 시 부피가 작은 것은 Farinograph 분석(14)에서 안정도가 대조구에 비하여 매우 낮았고, 반죽의 발효부

**Table 2.** Loaf volume and specific loaf volume of pan bread made with composite flour of wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids

Hydrocolloids	Loaf volume (mL)	Specific loaf volume (mL/g)
Control	2,003.3±20.4 <sup>b1)</sup>	3.70±0.16 <sup>b</sup>
HPMC	2,106.7±24.6 <sup>a</sup>	3.90±0.26 <sup>a</sup>
Xanthan gum	1,763.3±18.2 <sup>c</sup>	3.26±0.18 <sup>c</sup>
Guar gum	1,993.3±22.4 <sup>b</sup>	3.69±0.21 <sup>b</sup>
Glucomannan	2,116.7±16.6 <sup>a</sup>	3.91±0.26 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD. Means with the same letter (a-c) in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).



**Fig. 1.** External and internal shape of pan bread made with composite flour of wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids.

피 측정에서 발효가 진행됨에 따라 xanthan gum을 첨가한 시험구의 부피가 작은 결과와도 일치하였는데, 이는 발효 동안 이산화탄소 포집력이 약하기 때문으로 생각된다.

비용적은 대조구 3.70 mL/g에 비하여 glucomannan 첨가구가 3.91 mL/g으로 가장 컸고, 다음이 HPMC 첨가구 3.90 mL/g, guar gum 첨가구 3.69 mL/g, xanthan gum 3.26 mL/g으로 나타나 glucomannan과 HPMC 첨가구의 비용적이 가장 높았고 xanthan gum 첨가구의 비용적이 가장 작았으며 다른 시험구와 유의적 차이가 있었다( $P < 0.05$ ).

Bárceñas와 Rosell(8)은 저장온도와 HPMC가 par-baking 빵의 품질에 미치는 영향에 관한 연구에서 par-baking 한 빵을 냉장 및 냉동 저장한 후 다시 구웠을 때 비용적은 대조구에 비하여 HPMC 0.5% 첨가한 시험구가 커 HPMC가 비용적 증가에 효과가 있었다고 하였다. 이러한 결과는 검류의 기능 때문으로 par-baking 한 빵을 다시 고온에서 구울 때 HPMC가 중합체의 망을 형성하여 굽는 동안 가스가 빠져나가는 것을 방지하기 때문이다(6). Bárceñas와 Rosell(20)도 빵의 미세구조, 품질, 노화 등에 HPMC가 미치는 영향에 관한 연구에서 HPMC를 밀가루 대비 0.5%(w/w) 첨가하여 만든 빵의 비용적이 대조구보다 컸다고 하였는데, 이는 본 실험 결과와 일치하였다. 빵 반죽에 검류를 첨가하면 기공들 사이에 두꺼운 층을 형성하여 가스 포집에 안정성을 부여하고 각각의 기공이 서로 유착하는 기회가 적어져 안정한 형태를 유지하기 때문에 부피가 커지고 비용적이 증가하는 것으

로 생각된다(21). 한편, Hager와 Arendt(22)는 쌀, 옥수수, 테프, 메밀 등으로 만든 gluten free 빵의 비용적, crumb 경도 등에 HPMC와 xanthan gum이 미치는 영향에 관한 연구에서 xanthan gum은 모든 빵에 부정적 영향을 주었다고 하여, 본 실험에서 xanthan gum 첨가구의 비용적이 적은 결과와 일치하였다.

### 식빵의 굽기 및 냉각 손실률

식빵의 굽기 및 냉각 손실률을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 반죽을 구운 후의 무게는 대조구와 시험구 간에 유의적 차이가 없었으나 1시간 30분 냉각 후의 무게는 대조구와 시험구 간에 차이가 있었다. 굽기 손실률은 guar gum, glucomannan, HPMC 첨가구가 낮았고 대조구와 xanthan gum 첨가구가 높았으나 시료 간 유의적 차이는 없었다( $P < 0.05$ ). 냉각 손실률은 glucomannan 첨가구가 7.78%로 가장 적었고, 다음이 xanthan gum, HPMC, guar gum, 대조구 순으로 hydrocolloid 첨가가 냉각 손실률 저하에 효과가 있었다.

Sumnu 등(23)은 gluten-free 쌀 케이크를 오븐에서 구울 때 guar gum과 xanthan gum을 0.3%와 1.0% 첨가하여 중량손실을 분석한 결과 케이크를 120시간 저장하였을 경우 대조구의 손실이 가장 컸고 검류 첨가량이 증가할수록 손실이 적었으며, 특히 두 종류의 검을 0.5%씩 혼합한 것의 손실이 가장 적었다고 하여 hydrocolloids가 케이크에서 수분보유능력이 있다고 하였다. 이는 본 실험에서 glucomannan-

**Table 3.** Baking loss rate of pan bread made with composite flour of wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids

Items	Control	HPMC	Xanthan gum	Guar gum	Glucomannan
Dough weight (g)	540±0.0 <sup>a1)</sup>	540±0.0 <sup>a</sup>	540±0.0 <sup>a</sup>	540±0.0 <sup>a</sup>	540±0.0 <sup>a</sup>
Weight after baking (g)	501±4.2 <sup>a</sup>	502±4.6 <sup>a</sup>	501±6.6 <sup>a</sup>	504±6.8 <sup>a</sup>	502±5.4 <sup>a</sup>
Baking loss rate (%)	7.22±0.6 <sup>a</sup>	7.03±0.4 <sup>b</sup>	7.22±0.8 <sup>a</sup>	6.66±0.6 <sup>c</sup>	7.03±0.5 <sup>b</sup>
Weight after cooling (g)	488±6.6 <sup>c</sup>	492±4.8 <sup>b</sup>	495±4.2 <sup>a</sup>	490±8.2 <sup>b</sup>	498±4.8 <sup>a</sup>
Cooling loss rate (%)	9.62±0.3 <sup>a</sup>	8.89±0.4 <sup>c</sup>	8.33±0.4 <sup>d</sup>	9.25±0.8 <sup>b</sup>	7.78±0.4 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD. Means with the same letter (a-e) in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).

**Table 4.** Moisture content of pan bread made with composite flour of wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids

Days	Control	HPMC	Xanthan gum	Guar gum	Glucomanan
1	38.24±0.46 <sup>bA1)</sup>	40.16±0.32 <sup>aA</sup>	39.36±0.25 <sup>aA</sup>	39.58±0.33 <sup>aA</sup>	40.29±0.42 <sup>aA</sup>
3	37.94±0.34 <sup>cA</sup>	39.78±0.41 <sup>abA</sup>	38.93±0.24 <sup>bA</sup>	39.14±0.25 <sup>abA</sup>	40.10±0.26 <sup>aA</sup>
5	36.60±0.38 <sup>bB</sup>	38.92±0.26 <sup>aB</sup>	38.20±0.26 <sup>aB</sup>	38.24±0.26 <sup>aB</sup>	39.13±0.24 <sup>aA</sup>
7	35.58±0.32 <sup>dB</sup>	38.20±0.42 <sup>aB</sup>	36.88±0.28 <sup>cC</sup>	37.14±0.38 <sup>bB</sup>	38.65±0.25 <sup>aB</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD. Means with the same letter in a column (A-C) and in a row (a-d) are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

nan 이외의 시험구에서 굽기 손실률이 대조구와 유사하거나 적은 결과와 일치하였다. Kotoki와 Deka(24)도 밀가루 600 g에 HPMC를 0.1~1.5 g 첨가하여 빵을 제조할 때 대조구의 흡수율 61.7%에 비하여 증가하였고 굽기 및 냉각 손실률은 대조구 11.8%에 비하여 HPMC를 첨가한 것이 적어졌으며 첨가량이 많을수록 적었다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

### 식빵의 수분 함량

식빵의 수분 함량을 측정할 결과는 Table 4와 같다. 저장 24시간에 측정된 수분 함량은 대조구에 비하여 모든 시험구에서 높았고, 시험구 중에는 glucomanan 첨가구가 40.29%로 가장 높아 대조구와 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 이는 glucomanan의 수분보유능력이 강한 것(13)에 기인하는 것으로 생각된다. 저장기간이 길어질수록 수분 함량은 감소하였으나, 저장 7일에 대조구와 시험구들 간의 수분 함량은 glucomanan 첨가구가 38.65%로 저장 1일에 비하여 4.07% 증발하였고 HPMC 첨가구는 38.20%로 4.88% 증발하였으며, 대조구는 35.58%로 6.96% 증발하였다. Kotoki와 Deka(24)는 밀가루에 HPMC를 첨가하여 빵을 제조하였을 때 대조구보다 HPMC 첨가 시 수분 함량이 높았고 첨가량이 많을수록 높았다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. Guarda 등(25)도 빵의 품질을 개선하고 노화를 지연시키기 위하여 밀가루 대비 검류로 sodium alginate, xanthan gum, *k*-carrageenan, HPMC 등을 0.1%와 0.5% 첨가하여 제조한 빵의 수분 함량은 대조구보다 검류를 첨가한 시험구들의 수분 함량이 높아 검류 첨가가 효과적이라고 하였다. 이러한 효과는 Rosell과 Foegeding(26)이 gluten에 HPMC의 첨가량을 달리하여 수화능력을 측정한 결과 HPMC 첨가량이 많으면 수분흡수능력은 선형적으로 증가하기 때문이라고 설명하였다. 빵의 수분 함량은 미생물 증식, crumb의 부드러움, 껍질의 바삭함, crumb 경도, 부스러짐 등에 영향을 주어 빵의 품질을 결정하게 된다(27).

### 식빵의 조직감

식빵의 crumb 조직감으로 경도, 탄력성, 응집성, 씹힘성, 검성 등을 측정할 결과는 Table 5와 같다. 빵의 경도는 glucomanan 첨가구가 가장 낮았고 xanthan gum 첨가구가 가장 높았으며, 두 첨가구에서 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 또한, 저장기간이 지남에 따라 경도 값이 증가하고

저장 7일에도 같은 경향을 나타내어 glucomanan 첨가구가 가장 낮았고 xanthan gum 첨가구가 가장 높아 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 경도가 높은 것은 빵의 crumb이 단단한 것으로 부드럽지 못함을 의미하는데, 같은 중량의 반죽을 발효하여 구웠을 때 부피가 크고 수분 함량이 높으면 빵이 부드럽게 되는데, 본 실험의 부피 특성 분석에서 xanthan gum 첨가구의 부피가 작은 것(Table 2)과 빵의 수분 함량 측정 결과(Table 4)와 일치하였다. Gil 등(28)은 단백질 함량 10.73%인 밀가루에 물 첨가량을 달리하여 제조한 빵의 견고성을 측정할 결과 흡수율이 높은 빵은 구운 후에도 수분 함량이 높아 부드럽다고 하였는데, 본 실험에서도 수분 함량이 높은 빵이 부드럽다는 결과와 일치하였다. Guarda 등(25)은 여러 가지 검류를 첨가하여 빵의 품질을 개선하고 노화를 지연시키려는 연구에서 빵의 경도를 측정할 결과 대조구에 비하여 HPMC 첨가구의 경도가 낮아 효과가 우수하였고 xanthan gum 첨가구는 경도 값이 증가하였는데, 이것은 xanthan gum이 빵 기공의 세포벽을 두껍게 만들기 때문이라고 Rosell 등(7)은 설명하였다.

탄력성은 저장 1일에 glucomanan 첨가구가 가장 컸고, xanthan gum 첨가구가 가장 작은 값으로 유의적 차이가 있었으며( $P<0.05$ ), 특히 xanthan gum 첨가구는 대조구보다도 작은 값이었다. 저장기간이 지남에 따라 수분 증발과 staling 진행으로 빵이 딱딱하게 되고 탄력성이 저하되는데, 본 실험의 결과로 탄력성의 값이 작아져 빵의 노화가 진행됨을 알 수 있었다. 저장 7일에 대조구와 시험구들 사이에 glucomanan 첨가구와 HPMC 첨가구가 가장 큰 값으로 탄력성이 좋음을 나타냈다.

응집성은 저장 1일에 glucomanan 첨가구가 가장 낮았고 다음이 HPMC 첨가구였으며, xanthan gum 첨가구가 가장 높아 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 저장기간이 지남에 따라 응집성은 낮아졌으며, 저장 7일에 glucomanan 첨가구가 가장 낮았고 xanthan gum 첨가구가 가장 높았다. 씹힘성은 저장 1일에 HPMC와 glucomanan 첨가구가 가장 낮았고, xanthan gum 첨가구가 가장 높아 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 저장기간이 지남에 따라 씹힘성이 증가하여 저장 7일에 glucomanan 첨가구가 가장 낮았고 xanthan gum 첨가구가 가장 높았다. 씹힘성은 고체상태의 물질을 삼킬 수 있는 물성의 물질로 만드는 것으로 xanthan gum 첨가구의 값이 높아 대조구나 다른 시험구에 비하여 씹는 데 힘이 많이 소요되는 것으로 나타났는데, 이것은 빵 제조에서 같은

**Table 5.** TPA (Texture Profile Analyzer) value of pan bread made with composite flour of wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids

Items	Hydrocolloids	Storage day			
		1	3	5	7
Hardness (g)	Control	226.6±20.3 <sup>cb1)</sup>	306.8±32.6 <sup>ba</sup>	336.3±8.2 <sup>aA</sup>	354.8±30.8 <sup>aA</sup>
	HPMC	200.7±26.2 <sup>bc</sup>	238.4±28.4 <sup>bc</sup>	293.4±39.5 <sup>ab</sup>	324.8±42.4 <sup>ab</sup>
	Xanthan gum	266.8±34.5 <sup>ba</sup>	328.6±38.6 <sup>aA</sup>	346.8±40.6 <sup>aA</sup>	366.8±30.4 <sup>aA</sup>
	Guar gum	220.6±26.8 <sup>cb</sup>	278.4±46.2 <sup>bb</sup>	315.8±30.4 <sup>ab</sup>	327.8±28.9 <sup>ab</sup>
	Glucomannan	196.6±30.4 <sup>cc</sup>	230.4±22.6 <sup>bc</sup>	276.8±28.9 <sup>bc</sup>	320.4±31.4 <sup>ab</sup>
Springiness	Control	0.852±0.03 <sup>ab</sup>	0.832±0.02 <sup>aA</sup>	0.786±0.04 <sup>bb</sup>	0.768±0.02 <sup>bb</sup>
	HPMC	0.864±0.04 <sup>ab</sup>	0.836±0.05 <sup>aA</sup>	0.816±0.03 <sup>ba</sup>	0.806±0.04 <sup>ba</sup>
	Xanthan gum	0.808±0.03 <sup>ac</sup>	0.796±0.02 <sup>ab</sup>	0.756±0.04 <sup>bc</sup>	0.704±0.01 <sup>cc</sup>
	Guar gum	0.856±0.05 <sup>ab</sup>	0.840±0.02 <sup>aA</sup>	0.820±0.04 <sup>ba</sup>	0.780±0.01 <sup>ca</sup>
	Glucomannan	0.877±0.03 <sup>aA</sup>	0.846±0.02 <sup>aA</sup>	0.835±0.01 <sup>aA</sup>	0.792±0.02 <sup>ba</sup>
Cohesiveness	Control	0.490±0.03 <sup>ab</sup>	0.480±0.02 <sup>bb</sup>	0.441±0.02 <sup>cb</sup>	0.432±0.01 <sup>db</sup>
	HPMC	0.468±0.03 <sup>ad</sup>	0.450±0.02 <sup>bc</sup>	0.421±0.02 <sup>cd</sup>	0.416±0.03 <sup>dc</sup>
	Xanthan gum	0.510±0.02 <sup>aA</sup>	0.486±0.01 <sup>ba</sup>	0.456±0.02 <sup>ca</sup>	0.445±0.01 <sup>da</sup>
	Guar gum	0.472±0.01 <sup>ac</sup>	0.442±0.02 <sup>bd</sup>	0.430±0.03 <sup>cc</sup>	0.416±0.02 <sup>dc</sup>
	Glucomannan	0.432±0.02 <sup>ae</sup>	0.399±0.01 <sup>be</sup>	0.389±0.02 <sup>ce</sup>	0.382±0.03 <sup>dd</sup>
Chewiness	Control	112.2±8.8 <sup>cb</sup>	146.8±14.2 <sup>bb</sup>	164.2±19.5 <sup>ab</sup>	168.5±12.6 <sup>ab</sup>
	HPMC	94.5±6.8 <sup>cd</sup>	112.4±16.2 <sup>bc</sup>	128.6±14.5 <sup>bd</sup>	154.2±14.8 <sup>ac</sup>
	Xanthan gum	120.6±10.8 <sup>ca</sup>	162.3±10.2 <sup>ba</sup>	188.4±18.6 <sup>aA</sup>	194.6±14.9 <sup>aA</sup>
	Guar gum	105.7±16.3 <sup>cc</sup>	118.7±8.4 <sup>cc</sup>	142.4±12.8 <sup>bc</sup>	164.9±14.6 <sup>bc</sup>
	Glucomannan	95.6±15.2 <sup>cd</sup>	102.4±10.8 <sup>cd</sup>	120.4±9.4 <sup>bd</sup>	136.8±15.8 <sup>ad</sup>
Gumminess	Control	151.2±16.4 <sup>ba</sup>	172.8±12.3 <sup>bb</sup>	218.3±10.5 <sup>aA</sup>	222.7±20.4 <sup>ab</sup>
	HPMC	138.8±14.6 <sup>cb</sup>	154.5±18.4 <sup>bc</sup>	187.2±16.6 <sup>ac</sup>	188.1±15.8 <sup>ad</sup>
	Xanthan gum	168.8±20.2 <sup>ca</sup>	196.6±18.4 <sup>aA</sup>	239.4±16.9 <sup>ba</sup>	258.9±12.4 <sup>aA</sup>
	Guar gum	150.2±14.8 <sup>ba</sup>	162.8±16.6 <sup>bc</sup>	200.4±18.2 <sup>ab</sup>	209.6±12.8 <sup>ac</sup>
	Glucomannan	138.4±18.7 <sup>bb</sup>	144.8±16.8 <sup>bd</sup>	170.4±22.2 <sup>ac</sup>	183.3±24.2 <sup>ad</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD. Means with the same letter in a column (A-D) and in a row (a-c) are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

중량의 반죽을 구웠을 때 부피가 작아(Table 2) 빵이 견고한 것과 일치하는 결과였다. 검성은 저장 1일에 glucomannan 첨가구가 가장 낮았고, xanthan gum 첨가구가 가장 높아 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 저장기간이 지남에 따라 검성은 증가하였으며, 저장 7일에 glucomannan 첨가구가 가장 낮았고 xanthan gum 첨가구가 가장 높았다.

빵의 노화는 품질 특성에 영향을 미치며 저장 중 발생하는 자연적인 현상 중의 하나로, Texture Profile Analyzer를 이용하여 빵의 crumb 견고성을 측정하여 판단한다(29). 빵 제조에 hydrocolloids를 첨가하면 수분 보유력과 유향제 기능 때문에 품질이 개선되고 노화가 연장되는데(30), Sim 등(31)은 sodium alginates와 konjac glucomannan을 0.2~0.8% 첨가하여 만든 빵의 견고성을 4일간 측정한 결과 0.2% 첨가구는 대조구에 비하여 저장 2일부터 높은 값을 보여

덜 부드럽다고 하였고, 0.8% 첨가구는 대조구보다 훨씬 낮은 값을 보여 부드럽다고 하였는데, 본 실험에서 glucomannan 첨가구의 경도가 낮아 부드러운 결과와 일치하였다. 검류 첨가로 경도가 낮아 노화가 지연되는 것은 검류가 전분이 거대분자로 변하는 것을 방해하여 재결정을 느리게 하고 전분과 gluten의 상호작용을 방해하기 때문이다(32).

### 식빵의 crumb 색도

식빵의 crumb 색도를 측정한 결과는 Table 6과 같다. 명도를 나타내는 L 값은 HPMC 첨가구가 71.6으로 가장 밝았으며, guar gum과 glucomannan 첨가구는 대조구와 유의적 차이가 없었으나, xanthan gum 첨가구는 가장 낮은 값으로 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 적색도를 나타내는 a 값은 대조구와 시험구 간에 유의적 차이가 없었다. 황색도

**Table 6.** Color value of pan bread made with composite flour of wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids

Color type	Control	HPMC	Xanthan gum	Guar gum	Glucomannan
L	69.4±1.1 <sup>b1)</sup>	71.6±1.4 <sup>a</sup>	67.8±1.5 <sup>c</sup>	68.2±0.8 <sup>b</sup>	69.1±2.3 <sup>b</sup>
a	0.90±0.2 <sup>a</sup>	0.90±0.2 <sup>a</sup>	0.90±0.2 <sup>a</sup>	0.80±0.2 <sup>a</sup>	0.80±0.2 <sup>a</sup>
b	13.8±0.6 <sup>a</sup>	12.6±0.7 <sup>b</sup>	14.4±0.8 <sup>a</sup>	14.2±0.3 <sup>a</sup>	13.5±0.8 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD. Means with the same letter (a-c) in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

를 나타내는 b 값은 xanthan gum과 guar gum 첨가구가 높은 값이었고, HPMC 첨가구가 가장 낮아 crumb이 밝은 것으로 나타났다. Xanthan gum 첨가구의 crumb이 어두운 것은 xanthan gum의 아이보리색과 빵의 부피가 작기 때문으로 생각된다. Shittu 등(19)은 밀가루와 카사바 전분을 9:1로 혼합한 것에 xanthan gum을 0~2% 첨가하여 빵을 제조한 후 색도를 측정한 결과, 첨가하지 않았을 때 L 값은 80.48에서 1% 첨가 시 다소 낮아졌고 a 값에는 영향을 주지 않았으나 b 값은 증가하였다고 하였는데, 이러한 결과는 본 실험에서 xanthan gum 첨가 결과와 일치하였다. 빵의 색도에서 Gallagher 등(33)은 명도를 나타내는 L 값이 가장 중요하고, 적색도를 나타내는 a 값은 중요하지 않다고 하였다. 제분한 밀가루에 함유된 carotenoid계 색소는 옅은 황색으로 빵의 crumb 색상에 영향을 미치며 또한 회분 함량이 높은 밀가루로 만든 빵도 어두운색을 나타낸다(34).

### 식빵의 관능검사

식빵의 관능검사를 시행한 결과는 Table 7과 같다. 외부평가에서 부피는 glucomannan 첨가구가 가장 높은 점수를 얻었고 다음이 HPMC, guar gum, 대조구, xanthan gum 첨가구 순으로 낮은 점수를 얻었는데, 이는 반죽의 발효, 빵의 부피 및 비용적 측정에서 얻은 결과와 유사하였다. 껍질 색, 대칭성, 균일하게 구워진 정도, 껍질 특성 등의 항목에서는 대조구와 시험구 간에 유의적 차이가 있었으며 ( $P<0.05$ ), break & shred는 xanthan gum 첨가구에서 가장 낮은 점수를 얻었다. 이상의 빵의 외부평가 종합에서 glucomannan 첨가구가 28.0점으로 가장 높은 점수를, xanthan gum 첨가구가 25.3점으로 대조구보다 낮은 점수를 얻었으며 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 내부평가에서 기공은 glucomannan

첨가구가 가장 높은 점수를, xanthan gum 첨가구가 가장 낮은 점수를 얻었는데 이러한 결과는 빵의 부피가 작아 기공이 조밀하기 때문으로 생각된다. Crumb 색, 향, 맛, 식감 등도 같은 결과였는데 특히 xanthan gum이 식감에서 낮은 점수를 얻은 것은 빵의 부피가 작아 기공이 조밀하고 조직감 측정에서 경도가 높은 것에 기인하는 것으로 생각된다. 내부평가 종합에서 HPMC와 glucomannan 첨가구가 유의적 차이 없이 높은 점수를 얻었고 xanthan gum 첨가구가 가장 낮은 점수를 얻었다. 외부와 내부평가 종합점수에서 HPMC와 glucomannan 첨가구가 유의적 차이 없이 가장 높은 점수를 얻었고 xanthan gum 첨가구는 대조구보다도 낮은 최저 점수를 얻었으며 대조구와 첨가구 간에 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ).

쌀은 주로 소수성 단백질로 점탄성의 반죽이 되지 못하며, 쌀로 만든 케이크는 밀가루 빵보다 건조하고 부서지는 조직을 가지고, 약한 향과 저장 동안 노화가 빨리 진행되는 특징을 나타낸다(2). Kotoki와 Deka(24)는 밀가루에 HPMC를 0.1~1.5 g 첨가하여 만든 빵의 관능검사에서 색도, 향, 외형, 부드러움, 맛, crumb 색, 조직, 전체적인 기호도 등이 개선되었으며 첨가량이 많을수록 높은 점수를 얻었다고 하여 본 실험 결과와 유사하였다. Shittu 등(19)은 밀가루와 카사바 전분을 9:1로 혼합한 것에 xanthan gum을 0~2% 첨가하여 제조한 빵의 관능검사 결과 xanthan gum 첨가량이 증가할수록 껍질이 거칠고 건조하여 효과가 저하되었는데, 이것은 반죽 발효 중 이스트가 생성한 이산화탄소 보유력이 저하하여 작은 오븐스프링으로 빵의 부피가 작아졌기 때문이라고 하였다(35). Zhou 등(36)도 단백질 함량이 적은 밀가루에 konjac glucomannan을 1~5% 첨가하여 만든 국수의 관능검사에서 glucomannan 첨가 시 대조구에 비하여

**Table 7.** Sensory evaluation of pan bread made with composite flour of wheat and rice flour containing different types of hydrocolloids

Portion	Perfect score	Control	HPMC	Xanthan gum	Guar gum	Glucomannan
			External			
Volume	10	8.5±0.1 <sup>c1)</sup>	8.8±0.3 <sup>b</sup>	7.8±0.2 <sup>d</sup>	8.6±0.4 <sup>c</sup>	9.2±0.3 <sup>a</sup>
Color of crust	8	7.6±0.2 <sup>b</sup>	7.6±0.2 <sup>b</sup>	7.5±0.2 <sup>c</sup>	7.5±0.2 <sup>c</sup>	7.8±0.2 <sup>a</sup>
Symmetry	3	2.8±0.1 <sup>a</sup>	2.7±0.1 <sup>a</sup>	2.6±0.1 <sup>b</sup>	2.8±0.1 <sup>a</sup>	2.8±0.2 <sup>a</sup>
Evenness of bake	3	2.7±0.2 <sup>a</sup>	2.7±0.1 <sup>a</sup>	2.6±0.1 <sup>b</sup>	2.8±0.2 <sup>a</sup>	2.7±0.1 <sup>a</sup>
Character of crust	3	2.6±0.1 <sup>b</sup>	2.8±0.2 <sup>a</sup>	2.6±0.2 <sup>b</sup>	2.7±0.1 <sup>a</sup>	2.8±0.1 <sup>a</sup>
Break & shred	3	2.6±0.2 <sup>a</sup>	2.7±0.1 <sup>a</sup>	2.2±0.1 <sup>b</sup>	2.7±0.1 <sup>a</sup>	2.7±0.2 <sup>a</sup>
Subtotal	30	26.8±0.2 <sup>c</sup>	27.3±0.4 <sup>b</sup>	25.3±0.3 <sup>d</sup>	27.1±0.3 <sup>b</sup>	28.0±0.2 <sup>a</sup>
			Internal			
Grain	10	8.6±0.3 <sup>b</sup>	9.0±0.2 <sup>a</sup>	8.0±0.2 <sup>c</sup>	8.8±0.4 <sup>b</sup>	9.2±0.3 <sup>a</sup>
Color of crumb	10	8.5±0.2 <sup>b</sup>	9.8±0.2 <sup>a</sup>	7.8±0.2 <sup>c</sup>	9.2±0.2 <sup>a</sup>	9.2±0.2 <sup>a</sup>
Aroma	10	8.5±0.3 <sup>a</sup>	8.6±0.4 <sup>a</sup>	8.2±0.3 <sup>b</sup>	8.5±0.3 <sup>a</sup>	8.5±0.1 <sup>a</sup>
Taste	15	13.6±0.2 <sup>a</sup>	13.8±0.4 <sup>a</sup>	13.4±0.1 <sup>a</sup>	13.8±0.2 <sup>a</sup>	13.9±0.4 <sup>a</sup>
Mastication	10	8.6±0.2 <sup>c</sup>	9.2±0.2 <sup>a</sup>	8.3±0.3 <sup>c</sup>	9.0±0.1 <sup>b</sup>	9.3±0.3 <sup>a</sup>
Texture	15	13.6±0.3 <sup>b</sup>	14.4±0.3 <sup>a</sup>	12.7±0.2 <sup>c</sup>	14.2±0.3 <sup>a</sup>	14.5±0.4 <sup>a</sup>
Subtotal	70	61.4±0.4 <sup>b</sup>	64.8±0.6 <sup>a</sup>	58.4±0.4 <sup>c</sup>	63.5±0.4 <sup>b</sup>	64.6±0.6 <sup>a</sup>
Total	100	88.2±0.5 <sup>c</sup>	92.1±0.7 <sup>a</sup>	82.8±0.4 <sup>d</sup>	90.6±0.4 <sup>b</sup>	92.6±0.6 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD. Means with the same letter (a-c) in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

개선된 결과를 나타냈다고 하였다. Ognean 등(37)은 4종류의 검류로 xanthan gum, sodium alginate, cellulose gum, guar gum 등을 밀가루 대비 3, 5, 10% 첨가하여 만든 빵의 관능검사 결과 검류 첨가량이 적은 빵이 대조구에 비하여 다소 높은 점수를 얻었고, 검류 첨가가 많은 경우 낮은 점수를 얻었다고 하였다. 이상의 실험 결과 식빵 제조 시에 다양한 hydrocolloids 1%의 첨가는 빵의 품질 특성에 영향을 미치고 있었으며 HPMC와 glucomannan 첨가 시에 관능적성에 좋은 결과를 얻었다.

## 요 약

강력분 80%와 쌀가루 20%에 baker's%로 검류로 HPMC, xanthan gum, guar gum, glucomannan 등을 각각 1% 첨가한 혼합분으로 만든 식빵의 품질 특성을 평가하기 위하여 빵의 부피 및 비용적, 굽기 및 냉각 손실률, 수분 함량, 수분 활성도, crumb 조직감, crumb 색도, 관능검사 등을 분석하였다. 식빵의 부피는 HPMC와 glucomannan 첨가구가 유의적 차이 없이 가장 컸고 xanthan gum 첨가구가 가장 작았으며, 비용적은 부피의 결과와 반대였다. 냉각 손실률은 guar gum 첨가구가 9.25%로 가장 높았고, glucomannan 첨가구가 7.78%로 가장 낮았다. 수분 함량은 저장기간 동안 glucomannan 첨가구가 가장 많았고 대조구가 가장 적었다. Crumb 조직감 특성에서 경도는 glucomannan 첨가구가 낮고 탄력성은 높아 부드러웠으며, xanthan gum 첨가구는 경도 값이 높아 부드러워지지 못하였다. 응집성, 씹힘성, 검성은 glucomannan과 HPMC 첨가구가 가장 낮았고 xanthan gum 첨가구가 가장 높았다. Crumb 색도 측정에서 L 값은 HPMC 첨가구가 높았고 xanthan gum 첨가구가 가장 낮았다. a 값은 모두 유사하였으나, b 값은 HPMC 첨가구가 가장 낮아 밝았고 xanthan gum 첨가구는 가장 높아 어두웠다. 관능검사의 종합점수에서 HPMC와 glucomannan 첨가구가 유의적 차이 없이 높은 점수를, xanthan gum 첨가구가 낮은 점수를 얻었다. 이상의 실험으로 강력분과 쌀가루 8:2의 혼합분에 hydrocolloids를 첨가하여 식빵 제조 시 HPMC와 glucomannan의 첨가가 부피, 부드러움, 맛과 향, 노화 지연 등에 효과적인 것으로 나타났다.

## 감사의 글

이 논문은 2015학년도 건국대학교의 연구년 교원 지원에 의하여 연구되었음.

## REFERENCES

1. Callejo MJ, Gil MJ, Rodríguez G, Ruiz MV. 1999. Effect of gluten addition and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z Lebensm Unters Forsch A* 208: 27-32.
2. Nakamura S, Suzuki K, Ohtsubo K. 2009. Characteristics of bread prepared from wheat flours blended with various kinds of newly developed rice flours. *J Food Sci* 74: E121-E130.
3. Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci Technol* 15: 143-152.
4. Rosell CM, Collar C, Haros M. 2007. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids* 21: 452-462.
5. Krüger A, Ferrero C, Zaritzky NE. 2003. Modelling corn starch swelling in batch systems: effect of sucrose and hydrocolloids. *J Food Eng* 58: 125-133.
6. Sarkar N, Walker LC. 1995. Hydration-dehydration properties of methylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose. *Carbohydr Polym* 27: 177-185.
7. Rosell CM, Rojas JA, de Barber CB. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids* 15: 75-81.
8. Bárcenas ME, Rosell CM. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *J Food Eng* 72: 92-99.
9. Flammang AM, Kendall DM, Baumgartner CJ, Slagle TD, Choe YS. 2006. Effect of a viscous fiber bar on postprandial glycemia in subjects with type 2 diabetes. *J Am Coll Nutr* 25: 409-414.
10. Ribotta PD, Pérez GT, León AE, Añón MC. 2004. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids* 18: 305-313.
11. Chua M, Baldwin TC, Hocking TJ, Chan K. 2010. Traditional uses and potential health benefits of *Amorphophallus konjac* K. Koch ex N.E.Br.. *J Ethnopharmacol* 128: 268-278.
12. Zhang YQ, Xie BJ, Gan X. 2005. Advance in the applications of konjac glucomannan and its derivatives. *Carbohydr Polym* 60: 27-31.
13. Fang W, Wu P. 2004. Variations of Konjac glucomannan (KGM) from *Amorphophallus konjac* and its refined powder in China. *Food Hydrocolloids* 18: 167-170.
14. Kim YH, Lee JH, Chung KC, Lee SK. 2015. Effect of hydrocolloids on physicochemical properties of bread flour dough with rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1819-1825.
15. American Association of Cereal Chemists. 1985. *Approved methods of AACCC*. St. Paul, MN, USA. Methods 10-10b, 10-05.01.
16. Hallén E, İbanoğlu Ş, Ainsworth P. 2004. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *J Food Eng* 63: 177-184.
17. KFSA. 2002. *Korean Food Code*. Korean Food & Drug Administration, Seoul, Korea. p 3-4.
18. Ronald HZ. 1993. *Bread lecture book*. American Institute of Baking, Manhattan, KS, USA. p 1311.
19. Shittu TA, Aminu RA, Abulude EO. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. *Food Hydrocolloids* 23: 2254-2260.
20. Bárcenas ME, Rosell CM. 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids* 19: 1037-1043.
21. Ozkoc SO, Sumnu G, Sahin S. 2009. The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food Hydrocolloids* 23: 2182-2189.
22. Hager AS, Arendt EK. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb



- grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids* 32: 195-203.
23. Sumnu G, Koksel F, Sahin S, Basman A, Meda V. 2010. The effects of xanthan and guar gums on staling of gluten-free rice cakes baked in different ovens. *Int J Food Sci Technol* 45: 87-93.
  24. Kotoki D, Deka SC. 2010. Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity. *J Food Sci Technol* 47: 128-131.
  25. Guarda A, Rosell CM, Benedito C, Galotto MJ. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids* 18: 241-247.
  26. Rosell CM, Foegeding A. 2007. Interaction of hydroxypropylmethylcellulose with gluten proteins: Small deformation properties during thermal treatment. *Food Hydrocolloids* 21: 1092-1100.
  27. Czuchajowska Z, Pomeranz Y, Jeffers HC. 1989. Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal Chem* 66: 128-132.
  28. Gil MJ, Callejo MJ, Rodríguez G. 1997. Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z Lebensm Unters Forsch A* 205: 268-273.
  29. Xie F, Dowell FE, Sun XS. 2003. Comparison of near-infrared reflectance spectroscopy and texture analyzer for measuring wheat bread changes in storage. *Cereal Chem* 80: 25-29.
  30. Bárcenas ME, Benedito C, Rosell CM. 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids* 18: 769-774.
  31. Sim SY, Noor Aziah AA, Cheng LH. 2011. Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates or konjac glucomannan. *Food Hydrocolloids* 25: 951-957.
  32. Davidou S, Le Meste M, Debever E, Bekaert D. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids* 10: 375-383.
  33. Gallagher E, Gormley TR, Arendt, EK. 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *J Food Eng* 56: 153-161.
  34. Hong HH, Min KC. 1997. *Test of bread and cake*. Kwangmoonkag Co., Paju, Korea. p 108.
  35. Primo-Martín C, van de Pijpekamp A, van Vliet T, de Jongh HHJ, Plijter JJ, Hamer RJ. 2006. The role of the gluten network in the crispness of bread crust. *J Cereal Sci* 43: 342-352.
  36. Zhou Y, Cao H, Hou M, Nirasawa S, Tatsumi E, Foster TJ, Cheng Y. 2013. Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour. *Food Res Int* 51: 879-885.
  37. Ognean M, Ognean CF, Darie N. 2007. Sensorial and nutritional influences of several types of hydrocolloids in bread. *Acta Univ Cibiniensis, Ser E: Food Technol* XI: 55-61.