

## Mechanical Properties of Rice Noodles When Adding Cellulose Ethers

In Chul Um\* and Young Jin Yoo

Department of Bio-fibers and Materials Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Republic of Korea

### 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀면의 기계적 물성

엄인철\* · 유영진

경북대학교 농업생명과학대학 바이오섬유소재학과

#### Abstract

This study examined the effect of the molecular weight, substitution degree, and substitution type of cellulose ether on the mechanical properties of dried rice noodles. When increasing the molecular weight of the hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), the bending strength of the dried rice noodles also increased. However, the bending strength of the rice noodles with added HPMCs was still lower than that of the wheat noodles. Meanwhile, the bending elongation of the dried rice noodles was higher than that of the wheat noodles and was increased when decreasing the molecular weight of the HPMC. In conclusion, the bending strength and elongation of dried rice noodles is affected by the substitution degree and type of cellulose ether.

**Keywords** : Cellulose Ether, Mechanical Properties, Molecular Weight, Rice Noodle, Substitution Degree, Substitution Type.

#### 서 론

쌀은 우리나라 국민의 주식으로 이용되어 왔다. 쌀은 밀에 비하여 소화가 용이한 장점이 있을 뿐만 아니라, 우수한 생리활성을 가지고 있는 작물이기도 하다. 쌀은 우리나라 농민의 주된 소득원으로, 농촌 경제에서 차지하는 비중이 매우 높다. 쌀 재배시 활용하는 논은 산소배출, 홍수조절기능, 대기정화, 기후순환 등의 부수적인 효과가 있어, 논이 가지는 다원적 경제적 가치는 약 56조원에 이르는 것으로 제 10차 람사르총회에서 보고된 바 있다.

그러나, 우리나라 국민의 쌀 소비량은 점점 줄고 있는 추세이며, 2012년 양곡소비량 조사결과에 따르면 우리나라 국민 1인당 쌀 소비량은 69.8kg으로 2006년 80kg 이하로 떨어진 후 감소세가 지속되고 있는 상황이다. 이러한 쌀 소비량 감소는 국민들의 식생활이 점점 서구화가 되면서 밥이나 떡 형태로 주로 소비되는 쌀보다는 피자, 라면, 국수, 빵 등의 형태로 성형이 가능한 밀가루 소비량이 증가하기 때문이다.

쌀은 밀에 존재하는 글루텐이라는 단백질이 없어, 면이나 빵과 같은 형태로 만들기 어려울 뿐만 아니라, 쌀로 면이나 빵의 형태를 만든다 할지라도 밀로 제조한 면과 빵이 가지

는 식감을 구현하기 어렵다. 따라서, 이러한 쌀의 단점을 극복하고, 쌀을 이용하여 면이나 빵을 제조하려는 연구가 국내외에서 다양하게 이루어져 왔다. 강 등 (1997)은 쌀빵을 제조하는 데 있어 수용성 셀룰로오스 유도체인 히드록시프로필 메틸셀룰로오스 (hydroxypropyl methylcellulose, HPMC)를 사용하여 쌀빵 제조에 성공함으로써, HPMC가 쌀빵 제조에 유용하게 활용될 수 있음을 확인한 바 있으며, Sivramakrishnan 등 (2004)은 HPMC를 쌀에 첨가한 후 쌀빵 제조에 큰 영향을 주는 유변물성에 대해 연구를 수행하였고, Blanco 등 (2011)도 산성의 식품첨가제와 함께 HPMC를 사용하여 쌀빵을 제조하여 쌀빵의 특성에 대해 연구를 수행하였다. 또한, 우수한 쌀빵을 제조하기 위해 다양한 쌀 품종을 활용하여 쌀빵의 품질에 쌀품종의 영향에 대한 연구결과도 보고되기도 했다. (Han et al., 2012). Techawipharat 등은 셀룰로오스 유도체들과 카라기난이 쌀 전분의 유변물성 및 테스트에 주는 영향에 대해 보고했으며 (Techawipharat et al., 2008), 히드록시에틸 메틸셀룰로오스 (HEMC)를 이용한 쌀 머핀 제조에 대한 연구도 수행되었다 (Kim and Kang, 2012).

Received: July 23 2013 / Revised: September 28 2013 / Accept: September 30 2013

\*Corresponding Author: In Chul Um, Tel. 82-53-950-7757, Fax. 82-53-950-6744, Email. icum@knu.ac.kr

©2012 College of Agricultural and Life Science, Kyungpook National University

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, Provided the Original work is Properly cited.

잔탄검, 구어검, 결정셀룰로오스, 카르복시메틸셀룰로오스를 이용하여 쌀면 제조에 대한 연구결과가 보고된 바 있으며(Cho et al., 2011), 이로부터 HPMC를 쌀에 첨가하여 쌀의 제면성을 크게 향상시킬 수 있음이 보고되었다. 또한, 물 첨가량, HPMC 첨가량, HPMC의 점도가 쌀반죽의 제면성에 다양한 영향을 준다는 것 역시 보고된 바 있다. (Yoo et al., 2012). 그러나, 이러한 앞선 연구들은 쌀의 제면성에 대한 연구이며, 아직 셀룰로오스 에테르를 첨가하여 제면한 후 형성된 쌀건면의 강도 및 신도와 같은 기계적 물성에 대한 연구는 아직 심도있게 고찰된 바 없다. 따라서, 본 연구에서는 셀룰로오스 에테르인 HPMC와 HEMC, 및 메틸셀룰로오스 (MC)를 사용하여, 이들의 분자량, 치환도가 달라짐에 따라 쌀건면의 기계적인 물성에 어떠한 영향을 주는 지 고찰하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용된 쌀가루는 박력쌀가루 (대두식품 (주), 대한민국)를 사용하였고 실험에 사용한 HPMC, HEMC 및 MC는 (주)삼성정밀화학으로 부터 공급받아 사용하였으며, 이들의 시료 코드, 치환도 및 점도 정보는 Table 1에 정리하였다.

### 건면 제조방법

실험에 사용한 쌀반죽은 쌀가루 100g, 쌀가루 중량 대비 HPMC, HEMC 및 MC를 3 wt%를 보울에서 섞은 후, 증류수를 쌀가루/셀룰로오스 에테르 혼합물에 첨가하여 10분간 손으로 반죽한 후, 평평하게 만들어 은박지에 싸워 냉장고에 1시간 동안 숙성시켰다. 이후 반죽은 제면기(ATLAS 150, MARCATO, 이탈리아)를 사용하여 롤 간격을 바꾸면

서 레벨 1에서 10회, 레벨 2에서 1회, 레벨 5에서 1회 실시하여 얇은 면을 형성하여 제면한 후, 건조대에서 건조시켰다.

### 인장강도 측정

셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀 건면의 굽힘 강도와 신도를 측정하기 위해 인장시험기 (OTT-0003, 오리엔탈, 대한민국)의 장비와 3-point bending 장치를 사용하여 건면의 길이를 5cm로 준비한 후 샘플당 10개씩 강도 및 신도를 측정하여 평균값을 구하여 나타내었다.

### 결과 및 고찰

#### HPMC의 분자량이 HPMC가 포함된 쌀건면의 기계적 물성에 주는 영향

Figure 1은 분자량이 다른 HPMC를 첨가시켜 제조한 쌀건면에 대한 굽힘강도를 측정한 결과이다. 밀로 제조한 밀건면의 경우 0.12 kgf/mm<sup>2</sup>에 근접한 굽힘 강도를 나타내고 있으나, HPMC를 첨가한 쌀건면의 경우, 0.05 kgf/mm<sup>2</sup> 이하의 값을 나타내었다. 이전의 연구에서 보고한 바와 같이 (Yoo et al., 2012), HPMC를 첨가시켜, 쌀의 제면성은 밀과 유사한 수준으로 크게 향상되었으나, 건면의 강도면에서는 HPMC 첨가만으로는 아직 밀건면의 수준에는 미치지 못함을 알 수 있다. 분자량이 큰 PH의 경우, 0.05 kgf/mm<sup>2</sup>의 값을 나타내었으나 분자량이 감소할수록 건면의 굽힘강도가 서서히 감소하여, 분자량이 가장 작은 PL이 첨가된 쌀면의 경우, 약 0.04 kgf/mm<sup>2</sup>의 값을 나타내었다. 쌀에 첨가된 HPMC의 분자량이 감소함에 따라, 건면의 강도가 감소하는 것은 HPMC의 분자쇄 길이가 건면의 조직 강도에 영향을 줄을 의미한다. HPMC는 선상 단백질로 쌀에 첨가되었을 때 쌀입자간을 연결시켜주는 고리 역할을 하고 있는 것으로 생각되며, 이 때 HPMC의 분자쇄가 길어질

Table 1. Viscosity and substitution degree of cellulose ethers used in this study

Sample Code	2% solution viscosity (cps)	Substitution		
		Methoxy (%)	Hydroxypropyl (%)	Hydroxyethyl (%)
PH	67,000	23.4	9.1	-
PM1	32,000	28.2	7.3	-
PM2	32,100	24.5	8.4	-
PM3	37,000	20.5	26.6	-
PL	2,940	24.6	8.5	-
ML	3,450	29.1	-	-
EH	62,000	23.2	-	7.0
EM	24,050	25.1	-	7.4

수록, 고리 역할은 증대되고, 쌀 성분간의 접착을 강화하여 쌀건면의 굽힘강도가 증가하는 것으로 생각된다.

Figure 2는 밀건면과 HPMC의 분자량을 달리하여 첨가한 쌀건면의 굽힘신도를 나타낸 결과이다. Figure에서 보는 바와 같이, 굽힘신도의 경우, 밀면은 약 2.0%의 신도값을 보였으나, HPMC가 첨가된 쌀면의 경우, 2.5% 이상의 신도값을 보였다. 이는 신도의 경우 HPMC가 첨가된 쌀면이 밀면보다 더 우수함을 나타내며, 이는 앞서 제안한 바와 같이, HPMC가 쌀에 첨가되었을 때 선형고분자의 특징으로 쌀입자간의 접착력 강화로 높은 신도 수준에 도달이 가능한 것으로 생각된다. HPMC의 분자량이 감소함에 따라 쌀건면의 신도는 서서히 증가하여 가장 낮은 분자량인 PL이 쌀에 첨가되었을 때 쌀건면의 신도는 3.0%에 근접한 것으로 나타나, HPMC 첨가가 쌀건면의 굽힘신도 향상에 크게 기여하는 것으로 나타났고, 낮은 분자량의 HPMC를 사용할수록 굽힘신도는 더 크게 향상되는 것으로 나타났다.

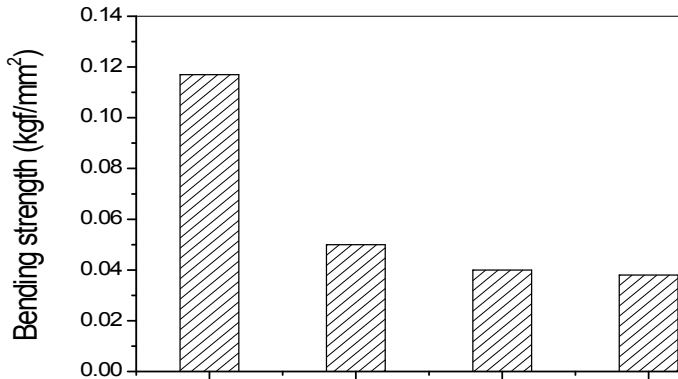


Figure 1. Bending strength of (a) wheat noodles and (b-d) rice noodles when adding HPMCs with various molecular weights; (b) PH, (c) PM2, and (d) PL.

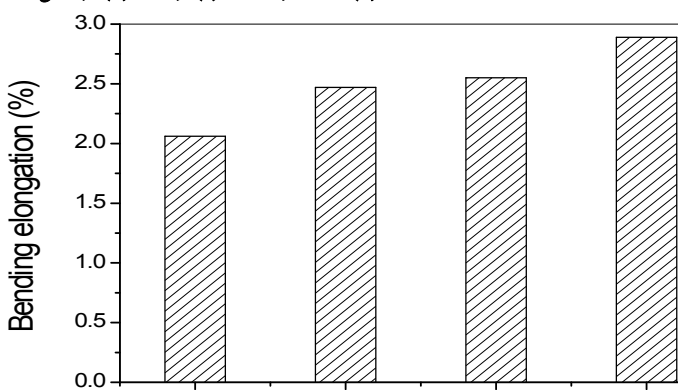


Figure 2. Bending elongation of (a) wheat noodles and (b-d) rice noodles when adding HPMCs with various molecular weights; (b) PH, (c) PM2, and (d) PL.

셀룰로오스 에테르 치환체 및 치환도가 이들이 포함된 쌀건면의 기계적 물성에 주는 영향

Figure 3은 치환체 및 치환도가 다른 셀룰로오스 에테르가 포함된 쌀 건면의 굽힘강도 결과이다. HPMC인 PM1, PM2, PM3간 비교에서는 PM3의 경우, PM1과 PM2에 비해 강도가 절반 수준으로 강도가 낮은 것으로 나타났고, HEMC인 EM의 경우, PM1과 PM2와 유사한 수준의 강도값을 나타내어, 셀룰로오스 에테르의 치환도 및 치환체에 따라, 쌀면의 굽힘강도가 크게 달라질 수 있음을 알 수 있다. 현재의 연구결과로부터 이에 대한 정확한 이유는 규명하기는 어려우나, 치환도에 따라 친수성 및 소수성 정도가 달라지므로 이것이 쌀면의 굽힘강도에 영향을 주는 것으로 추정된다.

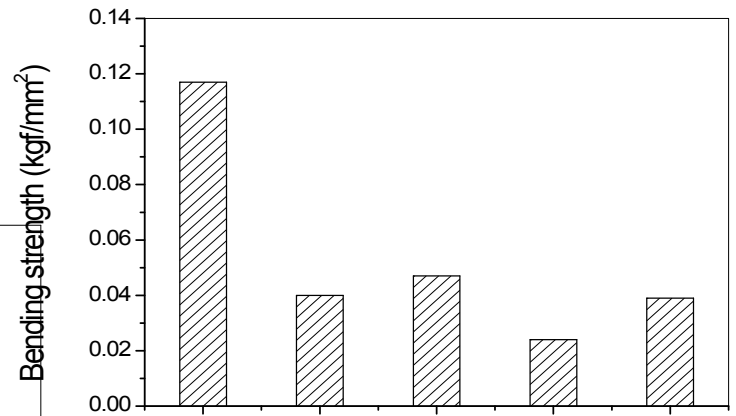


Figure 3. Bending strength of (a) wheat noodles and (b-e) rice noodles when adding different substitution types and substitution degrees; (b) PM2, (c) PM1, (d) PM3, and (e) EM.

Figure 4는 치환체 및 치환도가 다른 셀룰로오스 에테르가 포함된 쌀 건면의 굽힘신도 결과이다. 치환도 및 치환체 차이에 따라서 2.0~2.5%의 신도값의 차이를 나타내었으나, 굽힘강도에 비하여 굽힘신도의 경우, 치환체 및 치환도에 따라 쌀면의 신도값에 주는 차이는 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

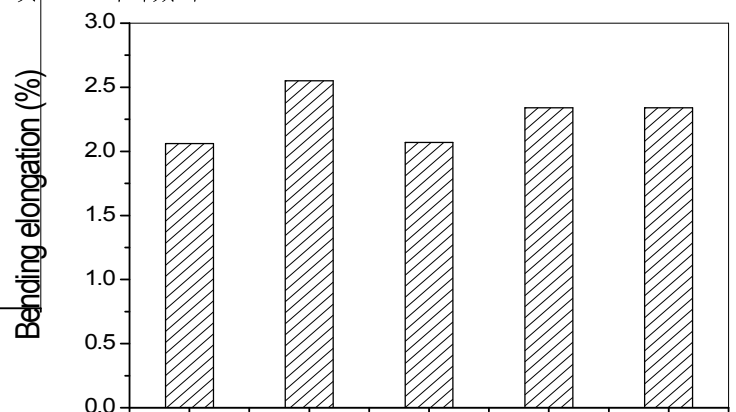


Figure 4. Bending elongation of (a) wheat noodles and (b-e) rice noodles when adding different substitution types and substitution degrees; (b) PM2, (c) PM1, (d) PM3, and (e) EM.

Figure 5는 분자량이 높고 치환체 종류가 다른 HPMC(PH) 및 HEMC(EH)간의 쌀건면 강도 비교결과를 나타내고 있다. Figure에서 보는 바와 같이 치환체에 따라 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 치환도가 이들과 유사하고 분자량이 중간정도인 PM2와 EM이 유사한 굽힘강도 값을 나타낸 Figure 3의 결과와 일관성 있는 결과라고 할 수 있다. 이들 PH 및 EH를 첨가한 쌀면의 굽힘신도 값에서도 두 샘플간에 큰 차이가 없어(Figure 6), 치환체의 종류가 다름에도 불구하고 PH와 EH를 첨가한 쌀면은 유사한 기계적 물성을 보유하고 있음을 확인하였다.

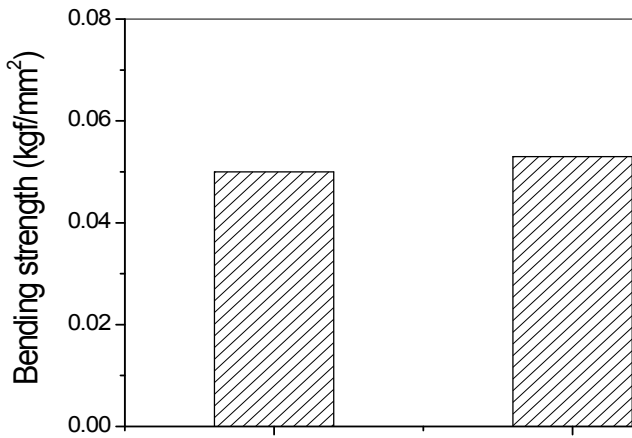


Figure 5. Bending strength of rice noodles when adding high-molecular-weight HPMC (PH) and HEMC (EH).

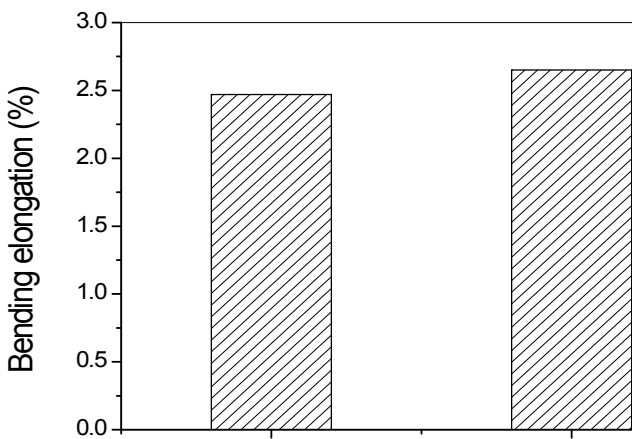


Figure 6. Bending elongation of rice noodles when adding high-molecular-weight HPMC (PH) and HEMC (EH).

Figure 7은 낮은 분자량에 대해 HPMC인 PL과 MC인 ML간의 건면의 굽힘강도 결과를 나타내고 있다. Figure에서 보는 바와 같이, ML이 PL보다 높은 굽힘강도 결과를 보이고 있으며, 굽힘신도 값에서는 PL이 ML보다 높은 굽힘신도 값을 보여 (Figure 8), 전체적으로 ML이 첨가된 쌀면이 PL이 첨가된 쌀면보다 더 뻣뻣하고 강한 구조를 가지고 있음을 알 수 있다. 이는 PL과 ML간의 치환체 차이에서 오는

차이도 있을 수 있고, 두 셀룰로오스 에테르의 분자량 차이에서 오는 차이일 가능성도 높다. 즉, ML의 경우, 2% 수용액 기준 점도 값은 3,450 cps로 PL의 점도인 2,940 cps 보다 15% 정도 높은 값을 나타내고 있다. 이는 ML이 PL보다 분자량이 크음을 의미하는 것으로, Figure 1과 2에서 나타난 바와 같이, 분자량이 클수록 강도는 증가하고, 신도는 감소하는 경향이 있으므로, ML이 PL보다 높은 강도값과 낮은 신도값을 보이는 것은 두 샘플간의 분자량 차이가 기계적 물성 값 차이에 영향을 주는 것으로 생각된다. 한편, 현 수준에서는 정확한 원인을 규명하기는 어려우나, ML과 PL간의 치환체 차이도 두 시료간 물성 차이에 대한 원인일 가능성도 있다.

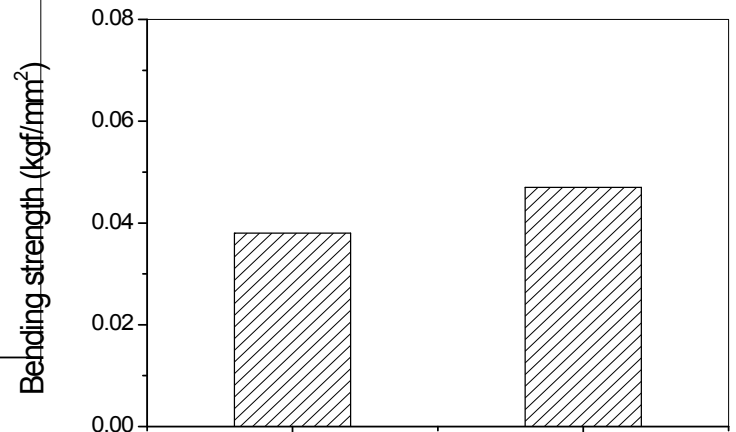


Figure 7. Bending strength of rice noodles when adding low-molecular-weight HPMC (PL) and MC (ML).

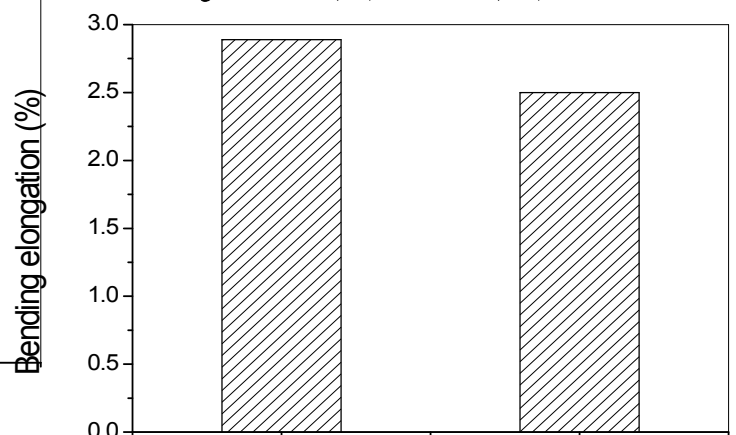


Figure 8. Bending elongation of rice noodles when adding low-molecular-weight HPMC (PL) and MC (ML).

본 연구에서는 분자량, 치환도 및 치환체가 다른 다양한 셀룰로오스 에테르를 첨가하여 얻은 쌀 건면의 굽힘강도 및 굽힘신도를 측정함으로써, 이들 인자들이 쌀 건면의 기계적 물성에 주는 영향에 대해 살펴보았다. 셀룰로오스의 분자량이 감소함에 따라 쌀건면의 강도는

증가하고, 신도는 감소하는 경향을 보였으며, 치환도 및 치환체에 대해서는 샘플간 강도와 신도면에서 다소 차이를 보였다.

전체적으로 셀룰로오스가 첨가된 쌀건면의 기계적 물성 중 굽힘강도는 밀면의 그것의 절반에도 미치지 못하는 수준으로, 향후 더 다양한 셀룰로오스 첨가제를 발굴하여 개선이 필요할 것으로 생각된다. 반면, 굽힘신도의 경우에는 현재의 셀룰로오스 에테르들로 밀건면의 수준에 이르렀다고 할 수 있다.

현수준에는 쌀면의 굽힘강도가 아직 밀면보다 낮은 수준이며, 쌀건면의 기계적 물성에 주는 영향이 분명한 분자량 이외의 치환도 및 치환체는 그 영향의 메카니즘이 현수준에서는 정확하게 규명되지 못하였으므로, 향후, 보다 다양한 종류의 셀룰로오스 에테르를 대상으로 쌀면에 첨가하면서 기계적 물성 연구를 추가로 수행하면서, 밀건면의 강도 수준에 도달함과 동시에, 셀룰로오스 치환도 및 치환체가 쌀건면의 기계적 물성에 주는 영향에 대해 좀 더 체계적인 논의가 필요할 것으로 생각된다.

## 적요

본 연구에서는 셀룰로오스 에테르의 분자량, 치환도 및 치환체가 이들을 첨가한 쌀건면의 기계적 물성에 주는 영향에 대해 살펴보았다. HPMC의 분자량이 증가함에 따라, 쌀건면의 굽힘강도는 서서히 증가하였으나, 밀면의 강도보다는 낮은 수준을 나타냈다. 분자량이 증가함에 따라, 쌀건면의 굽힘신도는 서서히 감소하였으나, 밀면의 신도보다는 모두 높은 값을 나타내어 셀룰로오스 에테르 첨가가 쌀건면의 신도 향상에 기여했음을 확인하였다. 셀룰로오스의 치환도 및 치환체에 따라서는 굽힘강도 및 굽힘신도가 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

주요 추가어 : 쌀건면, 기계적 물성, 셀룰로오스 에테르, 분자량, 치환도, 치환체

## 사사

본 연구는 2010년 농림수산식품부 생명산업기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## 인용문헌

- Blanco CA, Ronda F, Perez B, Pando V (2011) Improving gluten-free bread quality by enrichment with acidic food additives. *Food Chem* 127(3): 1204-1209.
- Han HM, Cho JH, Kang HW, Koh BK (2012) Rice varieties in relation to rice bread quality. *J Sci Food Agr* 92 : 1462-1467.
- Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK (2004) Rheological properties of rice dough for making rice bread. *J Food Eng* 62 : 37 - 45.

Techawipharat J, Suphantharika M, BeMiller JN (2008) Effects of cellulose derivatives and carrageenans on the pasting, paste, and gel properties of rice starches. *Carbohydr Polym* 73 : 417-426.

Yoo YJ, Kang MY, Um IC (2012) Study on the noodle-making properties of rice added with hydroxypropyl methylcellulose (I). *Curr Res Agricult Life Sci* 30 : 61-67.

Kang MY, Choi YH, Choi HC, (1997b) Effects of Gums, Fats and Glutens Adding Processing and Quality of Milled Rice Bread. *Korean J Food Sci Technol* 29(4): 700-704.

Kim JH, Kang MY (2012) A Study on Applying the Biopolymer (hydroxyethyl methylcellulose) to Prepare Quick Bread Rice Muffins. *Korean Soc Food Cookery Sci* 28 : 423-429.

Cho HJ, Yoo YJ, Kang MY, Um IC (2011) Study on the noodle-making properties of rice added with natural polymers. *Agric. Rex. Bull. Kyungpook Natl. Univ.* 29: 55-62.