

Original Article

Compression and Adhesion Characteristics of Rice Dough Added with Cellulose Ethers Using Rheometer

In Chul Um^{1*}, Young Jin Yoo¹

¹Department of Bio-fibers and Materials Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Republic of Korea

유변물성 측정기를 이용한 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀 반죽의 압축 및 접착 특성

엄인철^{1*} · 유영진¹

¹경북대학교 농업생명과학대학 바이오섬유소재학과

Abstract

The present study examined the effect of cellulose ether on the compression and adhesion characteristics of rice dough using a rheometer. When increasing the amount of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), the adhesion strength consistently increased. However, the compression strength of the rice dough was the highest with 2% HPMC. When increasing the molecular weight and decreasing the water content, the compression and adhesion strength of the rice dough were both increased. Furthermore, the substitution type and degree of cellulose ether were also found to be key factors determining the compression and adhesion strength of the rice dough.

Keywords: Adhesion strength, Cellulose ether, Compression strength, Rheometer, Rice dough

서 론

2000년대 들어서 인류의 삶이 점점 윤택해지고 풍요로워지면서 건강장수에 대한 욕구가 커지고 있다. 이에 따라, 건강에 대한 관심과 건강장수 식품에 대한 수요는 갈수록 증대되고 있다. 그러나, 2008년 중국산 분유의 멜라민 함유 사건에서 볼 수 있듯이 오히려 산업이 발전할수록 식품에 대한 안정성 및 신뢰성은 저하되고 있는 것이 사회적인 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제는 자국민들의 식품에 대한 높은 관심과 수요에도 불구하고 식품원료인 농산물 생산기반이 갈수록 축소되어 수입의존율이 증가하고 있는 현실에 기인하고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 장기적으로는 자국 내의 식품원료를 이용한 농산업 발전을 통해 식품원료의 자급률을 높임과 동시에 중단기적 측면에서는 자급률이 높은 자국의 농산물을 활용하여 건강식품을 개발하고 산업화하는 노력이 필요하다.

우리나라 전체 곡물의 자급률은 2012년 기준 22.6%로 OECD 국가 34개국 중 28위로 최하위권에 위치하고 있다. 또한, 쌀을 제외한 곡물 자급률은 3.4%에 불과한 실정으로 쌀을 제외하고는 거의 전량 수입되고 있는 상황이다. 쌀의 자급률 역시 2005년 기준 102%에서 2012년에는 83%로

떨어진 상태이다. 쌀은 우리나라의 주식작물로서 재배법이 다양하게 개발되어 현재로서는 여러 곡물 중 가장 친환경적으로 재배되고 있어 안정성이 가장 높은 작물이므로 국민들의 건강 증진을 위해서라도 쌀의 소비를 적극적으로 추진해야 하나, 우리나라 국민 1인당 쌀 소비량은 꾸준히 감소하여, 2012년 기준 69.8 kg까지 감소하고 있다. 국민의 쌀 소비량이 감소하는 주된 이유는 식생활의 서구화로 밥이나 떡 형태보다는 면, 빵 형태의 밀가루 음식을 선호하기 때문이다. 쌀은 밀에 존재하는 글루텐이 없어, 면이나 빵 형태로 제조하기 어려운데, 최근 쌀 빵 (Han et al. 2012; Kang et al. 1997; Kim and Kang 2012; Sivaramakrishnan et al. 2004; Kang and Nam 1999; Kim and Lee 2009) 및 쌀 국수(Yoo et al. 2012; Cho et al. 2011; Um and Yoo 2013)를 제조하기 위한 다양한 연구가 행해져 왔다.

셀룰로오스 에테르는 셀룰로오스에 유도체화 반응을 통해 얻어지는 것으로 메틸셀룰로오스 (methylcellulose, MC), 히드록시프로필 메틸셀룰로오스 (hydroxypropyl methylcellulose, HPMC), 히드록시에틸 메틸셀룰로오스 (hydroxyethyl methylcellulose, HEMC) 등 다양하다. 그 중에서도 MC,

Received: February 2, 2014 / Revised: March 12, 2014 / Accepted: March 26, 2014

*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.

HPMC, HEMC는 수용성 셀룰로오스 에테르로 인체에 무해하고, 점성이 우수하여, 식품첨가제, 의약품 캡슐로 널리 이용되어 왔으며, 서방성 약물전달체 제조에 대한 연구에 주된 소재로 널리 활용되고 있다 (Siepmann and Peppas 2001; Velasco et al. 1999).

본 연구팀은 선행연구를 통하여 이들 셀룰로오스 에테르를 쌀에 첨가는 경우, 쌀 반죽의 제면성이 크게 향상되는 것을 확인한 바 있으며 (Yoo et al. 2012), 쌀 건면 제조시도 신도가 우수한 쌀 면 제조가 가능함을 확인한 바 있다 (Um and Yoo 2013).

본 연구에서는 셀룰로오스 에테르를 쌀에 첨가하여 쌀 반죽을 제조한 후 이들은 압축강도 및 접착강도 등의 반죽 특성을 유변물성측정기를 이용하여 측정함으로써, 물의 함량, 셀룰로오스 에테르의 첨가량, 셀룰로오스 에테르의 분자량, 치환도 및 치환체 변화가 쌀 반죽의 압축강도 및 접착강도에 주는 영향에 대해 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.

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

쌀 반죽 제조 및 측정

실험에 사용한 쌀 반죽은 쌀가루 100 g, 쌀가루 중량 대비 셀룰로오스 에테르 분말을 3%를 보울에서 섞은 후, 증류수를 쌀가루/셀룰로오스 에테르 혼합물에 첨가하여 10분간 손으로 반죽한 후, 평평하게 만들어 은박지에 씌워 냉장고

에 1시간 동안 숙성시켰다. 1시간 숙성 후 쌀 반죽의 특성을 평가하기 위해 유변물성측정기(MARS III, Hakke, Germany)를 사용하여 압축강도와 접착강도를 측정하였다. 쌀 반죽의 압축 및 접착 강도는 지름 6 mm의 원통형 geometry (PF08)을 이용하여 0.33 mm/s의 하강 및 상승 속도로 쌀 반죽을 압축 및 탈착하면서 측정하여 얻었고, 압축 및 접착 강도 값은 샘플 당 5회 측정 후 평균을 구하여 나타내었다.

결과 및 고찰

셀룰로오스 에테르 첨가량 및 물 양이 쌀 반죽의 압축 및 접착특성에 주는 영향

이전의 연구에서 셀룰로오스 에테르 첨가량과 물 양은 쌀 반죽의 제면성에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다 (Yoo and Um 2012). 따라서, 본 연구에서는 셀룰로오스 에테르 첨가량과 물 양이 쌀 반죽의 특성에 주는 영향에 대해 먼저 살펴보았다.

Figure 1은 가장 고분자량의 HPMC인 PH의 첨가량을 달리

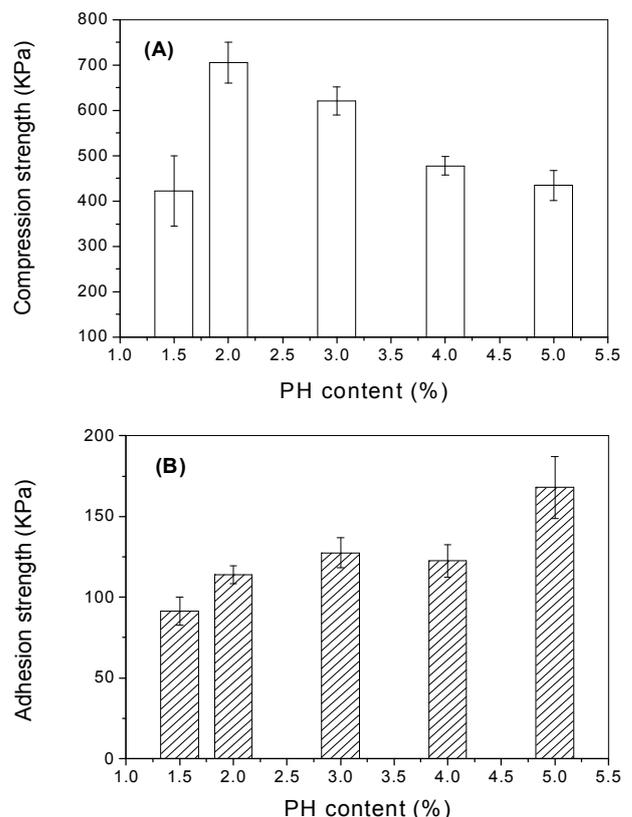


Figure 1. Effect of PH content on compression strength (A) and adhesion strength (B) of rice dough (water content was 58% on rice weight).

하여 제조한 쌀 반죽에 대한 압축강도 및 접착강도를 측정 한 결과이다. 압축강도의 경우 PH의 첨가량이 2% 일 때 최대의 압축강도를 나타내었고, 첨가량이 증가함에 따라 압축강도가 서서히 감소되는 결과를 나타내었다. 반면, 접착강도의 경우는 PH의 첨가량 증가에 따라 접착강도가 지속적으로 증가하는 결과를 보였다. 이는 HPMC 첨가량이 작을 때는 쌀 반죽이 최대 강도를 구현할 수 있는 조직을 형성하지 못하다가, 2% 이상의 첨가량에서는 과량의 HPMC가 쌀 반죽을 유연화 하는 데 기여하는 데에서 기인 된 결과로 생각된다.

Figure 2는 물량에 따른 쌀 반죽의 압축강도 및 접착강도에 대한 결과를 나타내고 있다. 쌀 반죽을 제조하는데 사용하는 물량이 증가함에 따라, 쌀 반죽의 압축강도와 접착강도가 동시에 감소하는 결과를 보이고 있다. 물 양의 증가에 따라 압축강도가 감소하는 것은 쌀 반죽 내에 물의 함량이 증가함에 따라 쌀 반죽 조직이 느슨해지고 유연화 되는 특성에 기인된 것으로 생각된다. 쌀 반죽의 접착강도는 쌀 입자 간의 접착강도와 유변물성 측정기의 측정판(plate)와의 접착강도에 의해 결정된다. 즉, 쌀 입자 간의 접착강

도가 저하되면, 쌀 반죽이 갈라져서 접착강도가 저하될 수 있으며, 쌀 입자 간의 접착강도가 강해도, 금속의 측정판 사이에 접착강도가 작다면 전체 쌀 반죽의 접착강도는 작게 측정된다. 쌀 반죽 제조 시 사용하는 물의 양을 증가할 수록, 쌀 반죽에서 쌀 입자 간의 접착강도는 유지되거나 증가될 것으로 생각되나, 과량의 물이 쌀 반죽과 유변물성 측정기의 측정판 사이에 존재하여 쌀 반죽과 측정판 사이의 접착강도 감소에 의해 전체 쌀 반죽의 접착강도가 감소 하는 것으로 생각된다.

셀룰로오스 에테르 분자량이 쌀 반죽의 압축 및 접착특성에 주는 영향

이전의 연구에서 (Yoo and Um 2013), HPMC의 분자량을 달리하여 제조한 HPMC 첨가 쌀 건면의 강도는 HPMC의 분자량에 따라 다른 결과를 보였다. 이러한 강도는 쌀 반죽의 특성 차이와도 관계가 있을 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구에서는 HPMC의 분자량에 따른 쌀 반죽의 압축강도 및 접착강도를 측정하여 그 결과를 Figure 3에 나타내었다.

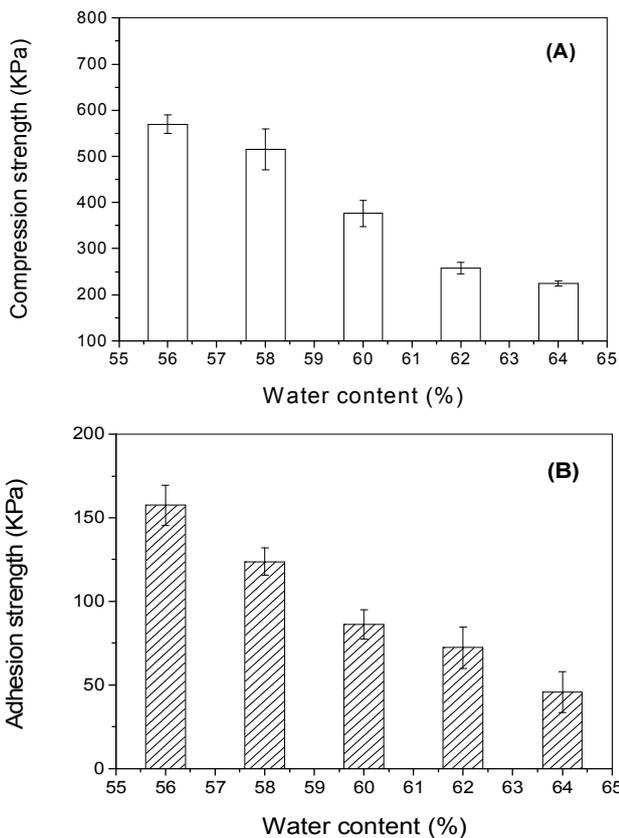


Figure 2. Effect of water content on compression strength (A) and adhesion strength (B) of rice dough with added PH. (PH content was 3% of rice weight).

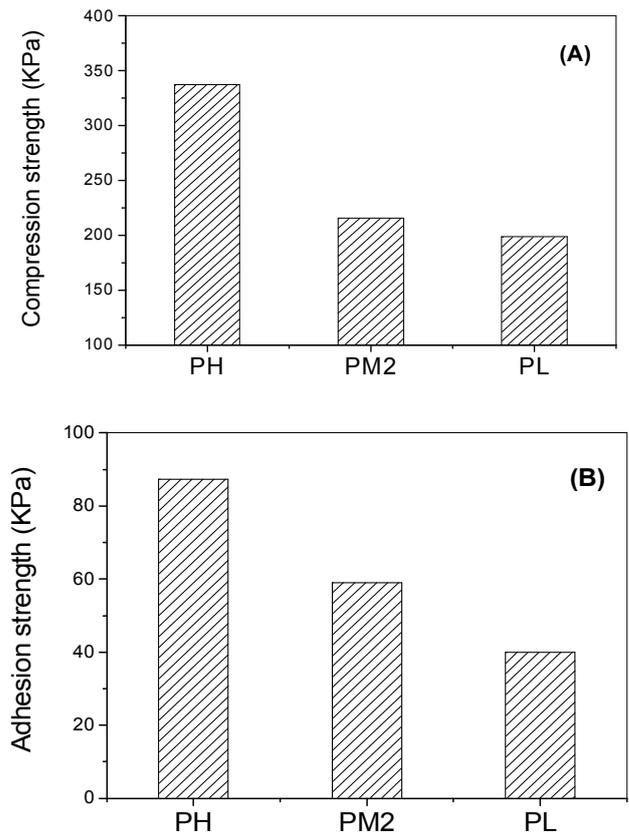


Figure 3. Effect of molecular weight on compression strength (A) and adhesion strength (B) of rice dough with added cellulose ethers (water content was 58% of rice weight).

Figure 3에서 확인할 수 있는 것처럼, HPMC의 분자량이 가장 큰 PH 샘플이 첨가된 쌀 반죽의 경우, 337 kPa의 압축 강도를 보였으나, 분자량이 감소함에 따라, 압축 강도가 감소하는 결과를 보였다. 또한, 접착강도의 경우 역시 HPMC의 분자량이 감소할수록 강도가 감소하는 결과를 보였다. HPMC의 분자량이 증가할수록, HPMC가 쌀 입자를 연결하고, 쌀 입자 간 표면접착력을 증진시켜 압축강도 및 접착강도가 증가하는 것으로 생각된다.

이전의 연구에서 HPMC가 첨가된 쌀 건면의 강도 역시, HPMC 분자량이 증가함에 따라 굽힘강도가 증가하는 결과를 보였는데, 이 역시 HPMC 분자가 건조되기 전부터 쌀 입자 간 표면접착력을 증가시키고, 쌀 반죽 전체의 조직을 강하게 만듦으로써, 쌀 반죽으로부터 제조된 면을 건조해도, 유사한 경향을 보이는 것으로 생각된다.

셀룰로오스 에테르 치환체 및 치환도가 쌀 반죽의 압축 및 접착특성에 주는 영향

이전의 연구에서 분자량과 함께 셀룰로오스 에테르의 치환체 종류 및 치환도는 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀

건면의 굽힘강도 및 신도에 영향을 주는 결과를 보였다 (Yoo and Um 2013). 따라서, 본 연구에서도 다양한 셀룰로오스 에테르 및 치환도 제품이 쌀에 첨가한 후 쌀 반죽의 압축 및 접착 특성에 대해 살펴보았다.

Figure 4는 유사한 분자량의 셀룰로오스 에테르의 치환체 및 치환도가 다른 네 가지 셀룰로오스가 첨가된 쌀 반죽의 압축 및 접착강도에 대해 나타내고 있다. 먼저, 압축강도의 경우, HEMC인 EM이 첨가될 경우, 가장 높은 압축강도를 보이고 있고, 그 다음이 PM1 및 PM3가 유사하며, PM2가 가장 낮은 값을 보이고 있다. 접착강도도 유사한 경향을 보이는데, EM이 가장 높은 수준의 접착강도를, PM2가 가장 낮은 수준의 접착강도를 보이고 있다. 이런 결과에 대해 정확한 원인을 현 연구에서 정확하게 규명하기는 어려우나, 친수성/소수성 정도와 관계가 있을 것으로 생각된다. 즉, 셀룰로오스 유도체의 치환체 종류 및 치환도에 따라 친수성 및 소수성 정도가 달라지게 되는데, EM의 경우, HEMC로서 네 가지 샘플 중에서 가장 친수성이 큰 샘플로, 친수성이 뛰어나도록 물을 매개체로 형성되는 쌀반죽의 조직을 치밀하게 하는데 기여할 것으로 생각된다.

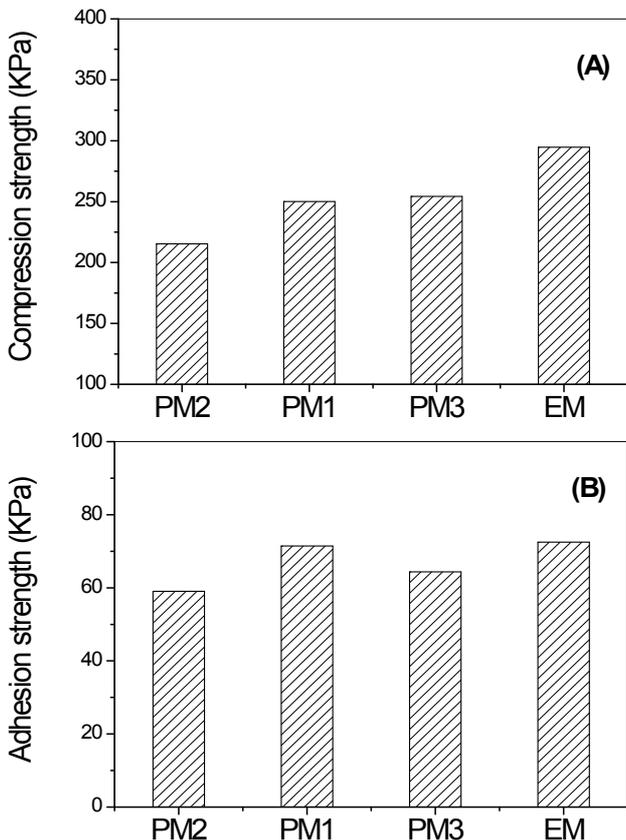


Figure 4. Effect of substitution type and degree on compression strength (A) and adhesion strength (B) of rice dough with added cellulose ethers.

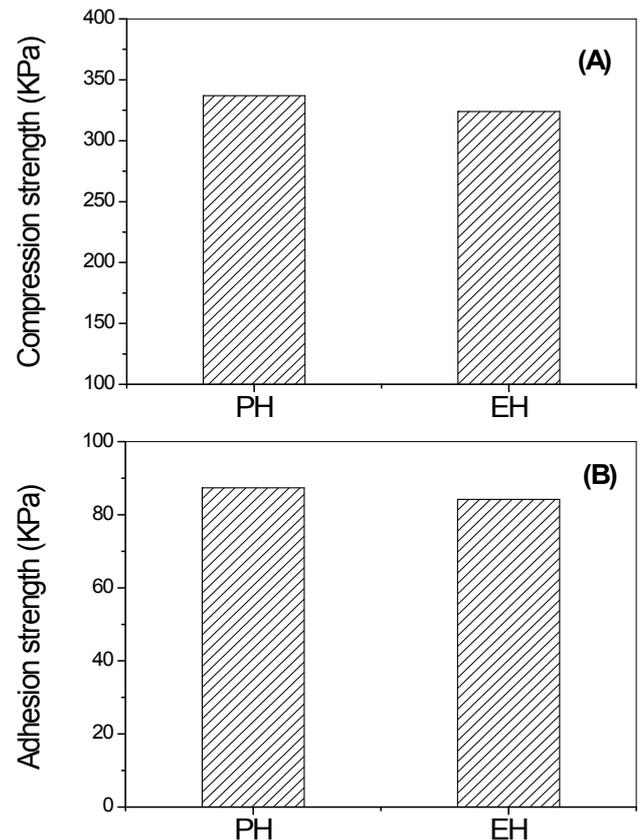


Figure 5. Effect of substitution type on compression strength (A) and adhesion strength (B) of rice dough with added high-molecular-weight cellulose ethers.

Figure 5에서는 고분자량의 HPMC (PH)와 HEMC (EH)를 첨가하였을 때 압축강도 및 접착강도 차이를 비교한 결과를 나타내고 있다. Figure에서 보는 바와 같이, PH와 EH가 유사한 결과를 보이고 있다. EH가 HEMC이므로 HPMC인 PH보다 높은 압축 및 접착 강도를 보일 것으로 예상됨을 감안할 때 의외의 결과라고 할 수 있다. 그러나, Table 1에서 보는 바와 같이 본 연구에 사용한 pH의 점도 값은 2% 수용액 기준으로 67,000 cps 로 62,000 cps 인 EH보다 5,000 cps 가량 높다. 이는 PH가 EH보다 분자량이 높음을 의미하며, Figure 3에서 확인된 바와 같이, 분자량이 클수록, 압축 및 접착 강도가 증가하는 경향을 보이므로, PH가 EH보다 소수성을 띠어도 불구하고 분자량이 높으므로, 두 샘플이 유사한 압축 및 접착 강도를 보이는 것으로 생각된다. Figure 6은 저분자량의 HPMC (PL)와 MC (ML)를 첨가하였을 때 쌀 반죽의 압축 및 접착강도 결과를 나타내고 있다. 두 시료간의 압축강도 값은 유사하나, 접착강도가 크게 차이가 난다는 점에서 흥미롭다. 특히, ML의 경우, 분자량이 매우 작음에도 불구하고 (점도 3,450 cps), PL (점도 2,940 cps) 뿐만 아니라 점도가 32,100인 PM2 (Figure 4) 보다도

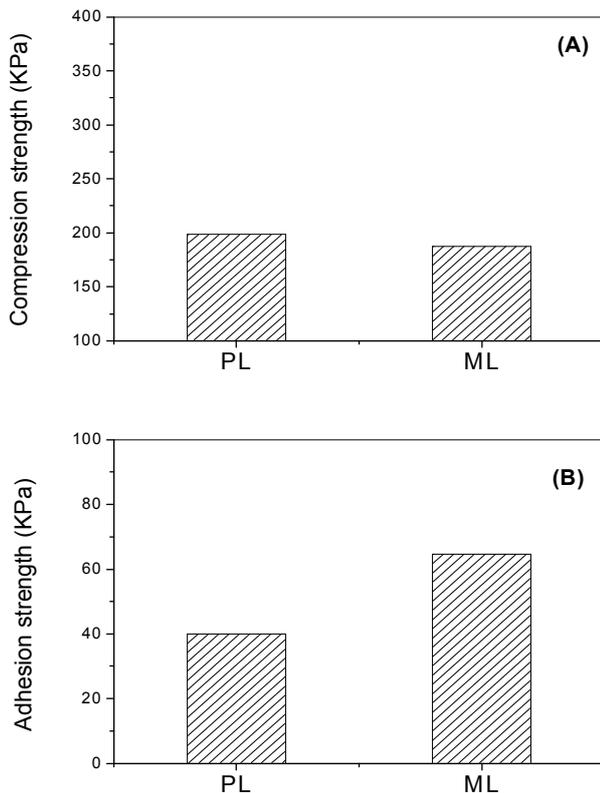


Figure 6. Effect of substitution type on compression strength (A) and adhesion strength (B) of rice dough with added low-molecular-weight cellulose ethers.

높은 표면접착력을 보이고 있다. 현 연구에서는 이에 대한 정확한 이유를 파악하기는 어려우나, MC의 경우 매우 표면접착력이 우수하므로, 쌀 반죽의 표면접착력을 증진하고자 할 때 이를 적절히 활용 가능할 것으로 생각된다.

요약

본 연구에서는 유변물성측정기를 이용하여 HPMC 첨가량, 물 양, HPMC 분자량, 셀룰로오스 에테르 치환체 및 치환도가 쌀 반죽의 압축 및 접착 특성에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. HPMC 첨가량이 증가함에 따라 접착강도는 꾸준히 증가하였으나, 압축강도는 2% HPMC 첨가량에서 최대 강도를 보였다. HPMC의 분자량이 증가하거나, 물 양이 감소할수록 쌀 반죽의 압축강도 및 접착강도가 증가하는 결과를 보였다. 이들 인자 외에도, 셀룰로오스 에테르의 치환체 및 치환도도 쌀 반죽의 압축강도 및 접착강도를 결정하는 중요한 인자임을 확인하였다.

주요 추가어 : 접착강도, 셀룰로오스 에테르, 압축강도, 유변물성측정기, 쌀 반죽

사사

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

인용문헌

- 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.
- Han HM, Cho JH, Kang HW, Koh BK (2012) Rice varieties in relation to rice bread quality. *J Sci Food Agric* 92: 1462-1467.
- Kang MY, Choi YH, Choi HC (1997) Effects of gums, fats and glutes adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J Soc Food Sci* 29: 700-704.
- Kang MY, Nam YJ (1999) Studies on bread-making quality of colored rice (Suwon 415) flours. *Korean J Soc Food Sci* 15: 37-41.
- Kim JH, Kang MY (2012) A study on applying the biopolymer (hydroxyethylcellulose) to prepare quick bread rice muffins. *Korean J Food Cookery Sci* 28: 423-429.
- Kim KE, Lee YT (2009) Combined effects of vital gluten, gum, emulsifier, and enzyme on the properties of rice bread. *Food Eng Prog* 13: 320-325.
- Siepmann J, Peppas NA (2001) Modeling of drug release from delivery systems based on hydroxypropyl methylcellulose (HPMC). *Adv Drug Deliv Rev* 48: 139-157.
- Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK (2004)

Rheological properties of rice dough for making rice bread.
J Food Eng 62: 37-45.

Um IC, Yoo YJ (2013) Mechanical properties of rice noodle added with cellulose ethers. *Current Research on Agriculture and Life Sciences* 31: 177-191.

Velasco MV, Ford JL, Rowe P, Rajabi-Siahboomi AR (1999) Influence of drug: hydroxypropylmethylcellulose ratio, drug and polymer particle size and compression force on the release of diclofenac sodium from HPMC tablets. *J Control Release* 57: 75-85.

Yoo YJ, Kang MY, Um IC (2012) Study on the noodle-making properties of rice added with hydroxypropyl methylcellulose (I). *Current Research on Agriculture and Life Sciences* 30: 61-67.