

Original Article

Cooking Characteristics of Rice Noodles with Added Cellulose Ethers Based on Rheological and Turbidity Measurements

In Chul Um^{1*} and Young Jin Yoo¹

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

셀룰로오스 에테르 첨가 쌀 면의 조리 특성

엄인철^{1*} · 유영진¹

¹ 경북대학교 농업생명과학대학 바이오섬유소재학과

Received: March 28 2014 / Revised: June 9 2014 / Accepted: June 12 2014

Abstract This study uses turbidity and rheological measurements to examine the effects of the molecular weight (MW), substitution type and substitution degree of cellulose ether and water content on the cooking characteristics of rice noodles, the turbidity of the cooking solution, and the compression strength of the cooked noodles. When increasing the MW of cellulose ether and water content, the turbidity decreased, thereby improving the morphological stability of the rice noodles during cooking. Thus, when controlling the above factors effectively, the rice noodle cooking solution had a lower turbidity than with wheat noodles. Measuring the compression strength of the rice noodles using a rheometer was also effective for examining the pasting characteristics of the rice noodles and texture changes during cooking. As a result, the water content and MW of cellulose ether were found to affect the pasting characteristics and texture of the rice noodles more than the other factors examined.

Keywords: rice noodle, cellulose ether, rheometer, UV-Vis spectrometer, turbidity, cooking

서론

쌀은 우리나라 국민의 주식으로 이용되고 있으며 곡물 자급률이 높은 곡물이다. 쌀이 농촌 경제에서 차지하는 비중은 매우 높고, 쌀을 생산하기 위한 논외의 경제적 가치는 약 56조 원에 이르는 것으로 제 10차 람사르 총회에서 보고된 바 있을 정도로 쌀과 논외의 경제적 가치는 매우 크다고 할 수 있다(Um and Yoo, 2013). 그러나, 국민 1인당 쌀 소비량은 해마다 감소하여, 2012년 기준 69.8 kg까지 감소하기에 이르렀다. 이는 국민 식생활의 서구화로 인하여, 밀로 제조되는 면이나 빵을 쌀로 제조되는 밥이나 떡보다 선호하는 경향에 따른 결과이다(Um and Yoo, 2013).

글루텐이라는 단백질이 존재하는 밀의 경우, 빵이나 면의 형태로 성형이 용이하나, 쌀은 글루텐이 없어 이들 형태로 제조하기 매우 어렵다. 따라서, 많은 연구자들이 다양한 쌀의 품종의 활용(Kang and Han, 2000; Han et al., 2012), 첨가제 사용(Kang et al., 1997; Kim and Kang, 2012; Kim and Lee, 2009; Kim et al., 2011) 등의 다양한 방법으로 쌀빵과 쌀국수를 제조하기 위한 다양한 연구를 수행해왔다.

다양한 첨가제 중에서 히드록시프로필 메틸셀룰로오스(hydroxypropyl methylcellulose, HPMC), 히드록시에틸 메틸셀룰로오스(hydroxyethyl methylcellulose, HEMC), 메틸셀룰로오스(methylcellulose, MC)의 셀룰로오스 에테르는 수용성이며, 보습성과 점성이 우수하여, 식품 첨가제(Kim and Lee, 2009),

*Corresponding author: In Chul Um
Tel: 82-53-950-7757; Fax: 82-53-950-6744
E-mail: icum@knu.ac.kr

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.

© 2014 Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University

약물 캡슐 제조용 첨가제(Ishibashi et al., 1998), 서방성 약물 전달체에 있어 첨가제(Siepmann and Peppas, 2001; Velasco et al., 1999) 등 식의약분야에서 널리 활용되고 있는 물질이다.

본 연구팀은 이러한 셀룰로오스 에테르를 포함한 다양한 천연고분자를 활용하여 쌀의 제면성을 향상시키거나(Cho et al., 2011), HPMC의 첨가량 및 점도, 물 첨가량이 쌀반죽의 제면성에 주는 영향에 대해 연구결과를 보고한 바 있다(Yoo et al., 2012). 또한, 셀룰로오스 에테르의 분자량, 치환도, 치환체 종류에 따라 쌀 반죽의 압축 및 접착특성(Um and Yoo, 2014), 쌀 건면의 기계적 물성의 변화(Um and Yoo, 2013)에 대한 연구를 수행한 바 있다.

본 연구에서는 다양한 셀룰로오스 에테르를 쌀에 첨가하여 쌀편을 제조한 후 이를 조리 후 국물의 탁도 및 조리시간 동안에 쌀편의 강도변화를 통해 조리특성을 측정함으로써, 셀룰로오스 에테르의 분자량, 치환체, 치환도, 물 양의 인자가 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀편의 조리특성에 주는 영향에 대해 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

쌀가루는 박력쌀가루(대두식품 (주), 대한민국)를 사용하였고 실험에 사용한 HPMC, HEMC 및 MC는 (주)삼성정밀화학의 제품을 사용하였으며, 이들의 시료 코드, 치환도 및 점도는 Table 1에 정리하였다. 밀가루는 대조군으로써 시중에서 판매하는 제품을 구입하여 사용하였다.

쌀편 제조

본 연구에서 쌀편의 제조는 이전의 연구(Um and Yoo, 2013)과 동일한 방법으로 제조하였다. 쌀반죽은 쌀가루 100 g, 쌀가루 중량 대비 HPMC, HEMC 및 MC를 3 wt%를 보울에서 섞은 후, 일정량의 증류수를 쌀가루/셀룰로오스 에테르 혼합물에 첨가하여 10분간 손으로 반죽하여 제조하였으며, 이를 평평하게 만들어 은박지에 씌워 냉장고에 1시간 동안 숙성시

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

Sample Code	2% solution viscosity (cps)	Substitution		
Sample Code	2% solution viscosity (cps)	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

켰다. 이후 반죽은 제면기(ATLAS 150, MARCATO, Italy)를 사용하여 롤 간격을 바꾸면서 레벨 1에서 10회, 레벨 2에서 1회, 레벨 5에서 1회 실시하여 얇은 면을 형성하여 제면한 후, 건조대에서 건조시켰다.

탁도 측정

제조된 쌀편은 100°C의 끓는 물에서 넣고 조리하였다. 조리 후 쌀편 국물의 탁도를 측정하기 위하여 먼저 쌀편을 제거하고 국물을 얻은 후 상온으로 온도를 낮췄다. 그 후, 국물은 자외선가시광선 분광분석기(U-2800, Hitachi, Japan)을 이용하여 탁도를 측정하였는데, 1 cm의 두께(C)를 갖는 셀을 이용하여 675 nm에서의 투과율(T)을 측정하여 다음의 식을 이용하여 탁도(τ)값을 구하였다.

$$t = -\ln T/C$$

면의 압축특성

셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀국수를 제조하여 조리시간에 따른 조리면의 조직감 변화를 측정하기 위하여 유변물성측정기(MARS III, Hakke, Germany)을 이용하였다. 조리시간을 달리하여 조리한 쌀편을 건져내어 25°C에서 PP08 geometry를 이용하여 0.045 mm/s의 속도로 axial test를 행하여 쌀편의 압축강도를 측정하므로써, 면의 조직감 변화를 측정하였다.

결과 및 고찰

조리 시 쌀편의 형태 안정성

조리 시 면이 형태를 얼마나 유지하고 있는지를 파악하기 위해 조리 후 면을 삶은 국물에 대한 탁도를 측정해왔다. 즉, 국물의 탁도가 낮다는 것은 면으로부터 용출된 고형분의 함량이 낮다는 것으로 면이 조리 시 분리되지 않고 안정된 형태를 유지한다는 것을 의미하며, 반대로, 탁도가 높다는 것은 조리 시 면의 형태가 무너지면서 면을 이루고 있는 성분의 일부분이 국물로 빠져나오는 것을 의미한다. 기존의 쌀편에 대한 연구에서 가장 큰 문제 중에 하나는 조리 시 쌀편이 붕괴되면서 탁한 국물을 보이는 것이었으므로, 본 연구에서는 조리 시 쌀편의 형태 안정성을 살펴보기 위해 조리 후 국물의 탁도를 측정하였다.

Figure 1은 고분자량의 HPMC인 PH를 쌀 중량 대비 함량을 달리하여 제조한 쌀편을 조리 후 국물의 탁도를 측정한 결과를 나타내고 있다. PH의 함량이 2%까지는 탁도가 밀면의 탁도(2.46 cm^{-1})보다 높은 것으로 나타나, 밀면에 비하여 조리 시 면의 형태안정성이 낮은 것으로 나타났다. 그러나, 3% 이상의 PH를 쌀에 첨가하여 쌀편을 제조한 경우에는 국물의 탁도가 밀면의 그것보다도 작게 나타나 조리 시 쌀편의 형태안정성이 매우 높은 것으로 나타났다. 2%의 PH 첨가량까지는 탁도가 높다가, 3% 이상의 PH 첨가량에서 탁도가 낮아져 면의 형태안정성이 향상되는 것은, 쌀에 첨가된 HPMC가 쌀 입

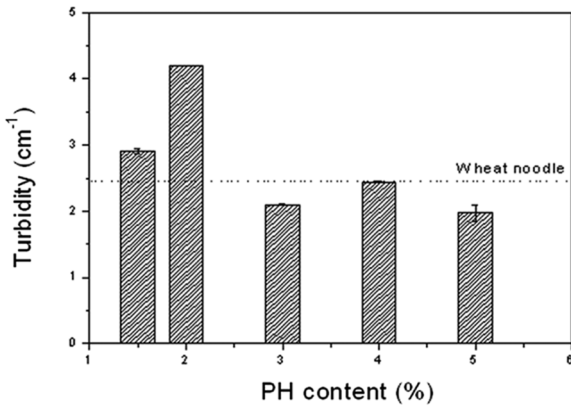


Figure 1. Turbidity of cooked rice noodle solutions with different PH contents.

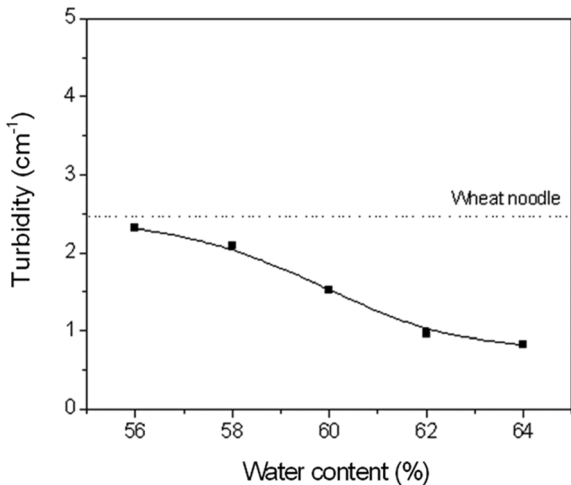


Figure 2. Effect of water content on turbidity of cooked rice noodle solutions with 3% PM.

자들을 하나로 묶는 바인더 역할을 하는데 기인된 결과로 생각된다. 즉, 2%의 PH 첨가량까지는 바인더의 양이 작아, 쌀 입자를 충분히 접착하지 못해, 조리 시 용출되는 쌀 입자가 존재하나, 3% 이상의 PH 첨가량에서는 충분히 접착하여 조리 시 용출되는 쌀입자가 감소한데 기인되는 결과로 생각된다.

Figure 2는 쌀면 제조 시 사용하는 물 양을 달리하여 제조한 쌀면에 대해서 조리 후 탁도 값을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 물 양이 56%인 경우 밀면의 탁도보다 낮게 나타났으며 물 양이 증가함에 따라 탁도가 지속적으로 감소하는 결과를 나타냈다. 이는 물 양이 증가할수록 면이 부드러워지고 쌀가루와의 결합을 도와주는 데 기인하여 용출된 고형물이 적은 것으로 생각되나 너무 물 양이 많은 경우 쌀면끼리 잘 붙기 때문에 쌀국수의 제면성은 좋지 않아 실제 상용화 시 활용하기는 어렵다.

Figure 3은 분자량이 다른 HPMC를 3% 첨가하여 제조한 쌀면의 조리 후 국물의 탁도결과를 나타내고 있다. 높은 분자량인 PH를 사용했을 경우에는 밀면의 탁도보다 낮은 값을 나타내나, 분자량이 감소할수록 탁도 값은 증가하여 분자량이 가

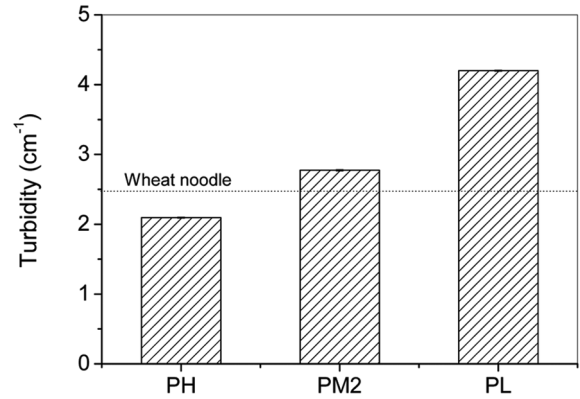


Figure 3. Effect of molecular weight on turbidity of cooked rice noodle solutions with HPMC.

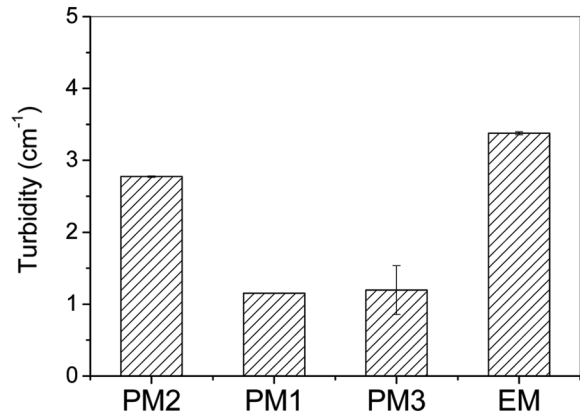


Figure 4. Effect of substitution type and degree on turbidity of cooked rice noodle solutions with 3% cellulose ethers.

장 낮은 PL의 경우 밀면의 탁도보다 높은 4.2 cm⁻¹의 값을 나타냈다. 이는 HPMC의 분자량이 감소할수록 조리 시 쌀면의 형태안정성이 저하되는 것을 의미하는 것으로, 앞서 기술한 바와 같이, HPMC는 쌀 입자를 결합해주는 바인더 역할을 하므로, 분자쇄의 길이가 작아질수록, 쌀 입자들을 결합해주는 역할이 감소하여 HPMC의 분자량이 감소할수록, 쌀면의 형태안정성이 감소하는 것으로 생각된다. 이는 이전 연구결과와 상통하는 결과로, 이전의 연구에서 분자량이 증가하는 경우, 쌀반죽의 압축 및 접착강도가 증가하고(Um and Yoo, 2014), 건조면의 굽힘강도가 증가하는 결과가 보고되었는데(Um and Yoo, 2013), 이는 HPMC의 분자량이 증가함에 따라, 쌀 입자간의 결합을 강화하여 반죽 및 건조면 상태에서 강도가 증가하기 때문이다.

Figure 4는 셀룰로오스 에테르의 치환체 및 치환도가 다른 제품을 쌀에 첨가하여 제조한 쌀면들의 조리 후 탁도 결과를 나타내고 있다. PM2 및 EM의 경우, 밀면의 탁도보다 높은 값을 보여 형태안정성이 상대적으로 저조한 것으로 나타났으나, PM1 및 PM3의 경우, 낮은 탁도 값을 보여 조리시 쌀면의 형태안정성이 매우 높은 것으로 나타났다. 이렇게 치환체 및 치환도에 따라 조리 후 국물의 탁도 차이가 큰 결과는 셀

를로오스 에테르의 치환체 및 치환도가 쌀면의 형태안정성에 큰 영향을 준다는 것을 의미하는 것으로 향후 쌀면 제조 시, 조리 시 쌀면 형태안정성 향상을 위해 PM1 및 PM3를 활용할 수 있다. EM은 HEMC로 친수성인 히드록시에틸기를 가지고 있어 네 가지 셀룰로오스 중에 가장 친수성을 띄며, PM2도 전체적으로는 소수성을 띄는 편이나, PM1의 경우 PM2보다 소수성기인 메톡시기의 함량이 크게 높아(Table 1) 전체적으로 PM1이 PM2보다 소수성을 띤다. 또한, PM3의 경우도 히드록시프로필기가 26.6%로 PM2(8.4%)보다 매우 많아 전체적으로 PM2보다 더 소수성을 띤다. 전체적으로 낮은 탁도 결과를 나타낸 PM1과 PM3의 경우, EM과 PM2보다 소수성이 큰데, 쌀면 요리 시 물을 사용하여 끓이므로, 상대적으로 친수성인 EM과 PM2의 경우에는 셀룰로오스 에테르가 물에 부분적으로 팽윤 또는 용해되어 바인더로서의 역할을 더 이상 하지 못하고, 쌀 입자가 용출되는 결과를 낳는 반면, 상대적으로 소수성이 큰 PM1과 PM3의 경우, 물에 용해도가 낮아 바인더로서 역할을 유지하는 것으로 생각된다.

셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀면 조리시간 별 조직변화

쌀면을 조리 시 쌀면의 호화정도를 측정하기 위해 기존의 연구의 경우, 조리시간에 따라 조리된 면을 눌러서 색깔 차이로 호화정도를 측정해왔다. 이는 매우 간편한 방법이지만, 단순하고 정확성이 저하되는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 유변물성 측정기를 활용하여 조리시간에 따라 면의 압축강도를 측정하여 면의 호화정도를 측정하였다.

Figure 5는 쌀면 제조 시 사용하는 물 양을 달리하고 3% PH를 첨가하여 제조한 쌀면의 조리 시 압축강도를 측정한 결과를 나타내고 있다. 압축강도의 경향을 보면 급격히 떨어지다 서서히 감소하는데, 물 양 64%는 변곡점이 없이 일정하게 감소하는 경향을 보였고, 다른 물 양의 경우보다 압축강도가 높은 것으로 나타났는데, 이는 물 양 64%에서는 물이 상대적으로 많기 때문에 면의 부피가 증가하여 결과적으로 면의 굵기가 증가하므로 압축 시 면이 압축에 대해 저항할 수 있는

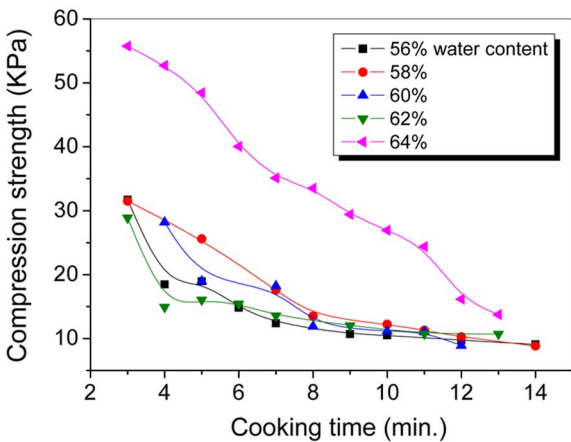


Figure 5. Effect of water content on compression strength of rice noodles with 3% PH as function of cooking time.

힘이 증가하여 압축강도가 증가하는 것으로 생각된다. 전체적으로는 조리시간 증가에 따라 압축강도가 감소하여 쌀면의 호화가 일어남을 확인하였고, 64% 물 양 샘플 외에는 8분 정도의 시간이 경과하면 유사한 수준의 호화정도를 갖는 것으로 나타났다.

Figure 6는 HPMC 분자량에 따른 쌀면의 조리시간 별 압축강도를 나타내고 있다. 분자량이 증가할수록 초기 호화되기 전에 압축강도가 큰 차이가 있어, 분자량이 증가할수록 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며, 8분의 조리시간 부근에서 대부분 압축강도변화가 감소하여 호화가 마무리 단계에 접어들고 있는 것으로 파악되었다.

Figure 7은 중간 점도를 갖는 셀룰로오스 에테르에 대해 치환도 및 치환체 차이에 따라 조리시간 별 쌀면의 압축강도를 측정한 결과이다. 샘플마다 다소 차이는 있으나 측정오차를 감안할 때, 샘플마다 큰 차이 없이 유사한 호화거동을 보이는 것으로 나타났다. 즉, 4-8분 사이의 조리시간에서 호화가 본격적으로 일어나 압축강도가 크게 감소하고 8분 이후부터는

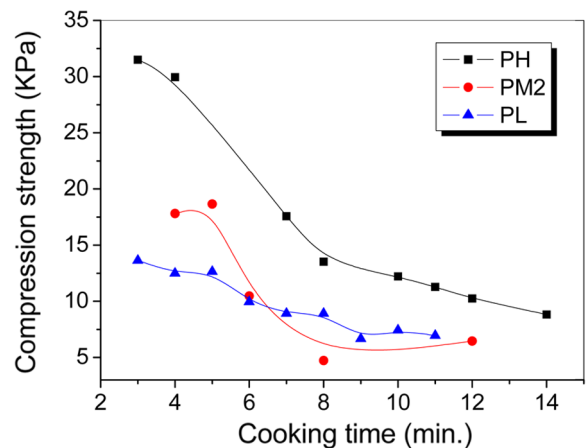


Figure 6. Effect of molecular weight of HPMC on compression strength of rice noodles with 3% HPMC as function of cooking time.

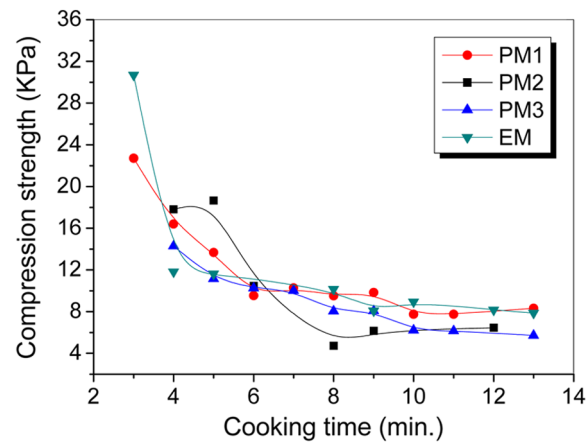


Figure 7. Effect of substitution type and amount of cellulose ether on compression strength of rice noodles with 3% medium MW cellulose ether as function of cooking time.

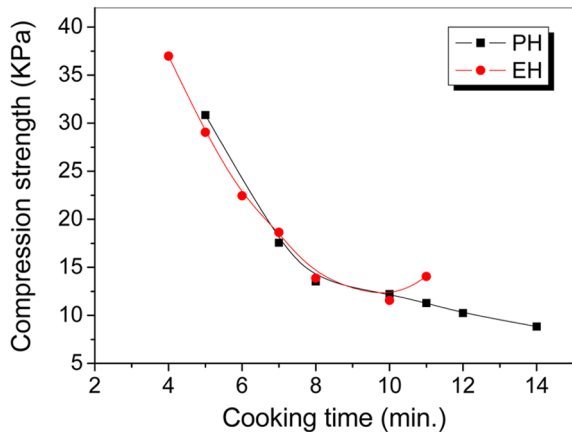


Figure 8. Effect of substitution type of cellulose ether on compression strength of rice noodles with 3% high MW cellulose ether as function of cooking time.

압축강도의 감소가 둔화되어 호화가 마무리 단계에 있음을 알 수 있다. Figure 8은 고점도를 갖는 셀룰로오스 에테르인 PH (HPMC)와 EH(HEMC)에 대한 호화거동을 비교하고 있으나, 치환체가 다름에도 불구하고 조리시간에 따른 압축강도가 거의 유사한 것으로 나타났다. 셀룰로오스 에테르의 치환체 및 치환도는 쌀면의 호화거동에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

요 약

셀룰로오스 에테르의 분자량, 첨가량, 치환도 및 치환체 종류, 물 양이 쌀면의 조리특성에 주는 영향을 살펴보기 위해 자외선 가시광선 분광분석기를 이용하여 조리 후 쌀면 국물 탁도를 측정하고 유변물성 측정기를 이용하여 쌀면의 압축강도를 측정하였다. HPMC의 분자량 및 물 양이 증가할수록 국물의 탁도가 감소하여 조리 시 쌀면의 형태안정성이 향상되었고, 셀룰로오스 에테르 첨가량, 치환체 종류, 치환도에 따라 탁도 값이 변화하여, 이들 인자 모두가 쌀면의 형태안정성에 영향을 준다는 것을 확인하였다. 또한, 이들 인자를 효과적으로 조절할 경우, 밀면을 조리한 국물의 탁도보다 낮은 탁도값이 얻어져 셀룰로오스 에테르의 첨가에 따라 조리 시 쌀면의 형태안정성이 크게 향상됨을 확인하였다. 유변물성 측정기를 이용한 쌀면의 압축특성 측정은 조리시간에 따른 쌀면의 호화정도 및 변화하는 조직감을 살펴보는 데 효과적이었으며, 물 양 및 셀룰로오스 에테르의 분자량이 다른 인자들에 비하여 조리시간 별 쌀면의 호화특성 및 조직감에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

주요 추가어: 쌀면, 셀룰로오스 에테르, 유변물성측정기, 자외선 가시광선 분광분석기, 탁도, 호화특성

사 사

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

References

- 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.
- Ishibashi T, Hatano H, Kobayashi M, Mizobe M, Yoshino H (1998) Design and evaluation of a new capsule-type dosage form for colon-targeted delivery of drugs. *Int J Pharmaceut* 168: 31-40.
- Kang MY, Choi YH, Choi HC (1997) Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J Food Sci Technol* 29: 700-704.
- Kang MY, Han JY (2000) Comparison of some characteristics relevant to rice bread made from eight varieties of Endosperm mutants between dry and wet milling process. *Korean J Food Sci Technol* 32: 75-81.
- Kim BK, Park JE, Zu G (2011) Effects of Semolina on quality characteristics of the rice noodles. *Food Eng Prog* 15: 56-63.
- Kim BS, Lee YE (2009) Effect of cellulose derivatives to reduce the oil uptake of deep fat fried batter of pork cutlet. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 488-495.
- 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 Deliver Rev* 48: 139-157.
- Um IC, Yoo YJ (2013) Mechanical properties of rice noodle added with cellulose ethers. *Curr Res Agric Life Sci* 31: 177-181.
- Um IC, Yoo YJ (2014) Study on the compression and adhesion characteristics of rice dough added with cellulose ethers using rheometer. *Curr Res Agric Life Sci* 32: 18-23.
- 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). *Curr Res Agric Life Sci* 30: 61-67.