

최 종 보 고 서

(뒷면)

바이오폐리머를 이용하여 유변물성, 가공성, 식미성이 크게 향상된 고부가가치 쌀가공제품의 개발
농림수산식품부

(앞면)

발간 등록번호

11-1541000-001495-01

바이오폐리머를 이용하여 유변물성, 가공성, 식미성이 크게 향상된 고부가가치 쌀가공제품의 개발

(Development of high value rice products with improved rheology, processibility, and good taste)

경북대학교 산학협력단

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “바이오폴리머를 이용하여 유변물성, 가공성, 식미성이 크게 향상된 고부가가치 쌀가공제품의 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2012년 6월 25일

주관연구기관명 : 경북대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 엄 인 철

세부연구책임자 : 강 미 영

연 구 원 : 김 주 희

연 구 원 : 고 재 상

연 구 원 : 조 희 정

연 구 원 : 유 영 진

연 구 원 : 배 창 현

연 구 원 : 김 현 주

연 구 원 : 정 다 은

연 구 원 : 이 하 니

연 구 원 : 문 정 은

연 구 원 : 손 자 연

연 구 원 : 김 세 영

연 구 원 : 이 은 혜

연 구 원 : 박 나 영

연 구 원 : 김 보 성

요 약 문

I. 제 목 : 바이오폴리머를 이용하여 유연물성, 가공성, 식미성이 크게 향상된 고부가가치 쌀 가공제품의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 쌀은 우리나라 주식작물이고 농가소득의 주를 이루는 가장 중요한 작물로 막대한 경제적, 산업적 가치 보유
- 우르파이 라운드 협상결과에 따른 쌀 의무 수입물량은 점점 증가 (2014년까지 40만 8700 톤)
- 서구화되는 식습관에 의해 국민들에 의한 쌀소비는 오히려 해마다 감소하고 있는 실정
- 쌀은 당뇨조절, 항산화성, 콜레스테롤 저하 특성, 용이한 소화성을 바탕으로 밀에 비해 건강학적으로도 우수한 식품임
- 국민의 건강을 보호하고, 농촌경제 발전을 위해 밥이나 떡 형태보다는 빵, 면과 같이 국민들이 선호하는 형태로 쌀가공식품 개발의 필요성 증대되고 있음.
- 따라서 본 연구개발의 목적은 바이오폴리머를 이용하여 가공성, 식미성이 향상된 쌀면, 쌀빵의 쌀가공제품을 개발하는 것임.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 바이오폴리머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화 (제 1세부과제)
 - 바이오폴리머를 이용한 쌀국수 제품의 가공성 최적화 연구
 - 바이오폴리머를 이용한 쌀국수 제품의 식미성 최적화 연구
2. 바이오폴리머를 이용한 쌀빵의 가공성 및 식미성 최적화 (제 2세부과제)
 - 바이오폴리머를 이용한 쌀빵 제품의 가공성 최적화 연구
 - 바이오폴리머를 이용한 쌀빵 제품의 식미성 최적화 연구

IV. 연구개발결과

- 바이오 폴리머인 HPMC 및 HEMC를 첨가하여 쌀반죽의 반죽성, 제면성이 크게 향상되어 97% 이상 쌀함량의 쌀면 제조하는데 성공
- HPMC 및 HEMC 첨가 쌀면의 건면 강도는 밀면에 비하여 다소 떨어지나 바이오폴리머의 점도가 증가할수록 건면 강도 증가가 가능함.
- HPMC 및 HEMC를 첨가할수록 쌀면을 조리시 탁도가 감소하였으며 특히 고점도 제품인 PMC60U 및 EMB60U, PMB30U, PMH9860N의 경우에는 밀면 조리시보다 탁도가 감소하여 기존의 쌀면의 고질적인 문제인 조리시 쌀면에서 미세한 쌀덩어리들이 이탈하는 문제를 해결함
- HPMC 및 HEMC의 치환도, 점도를 조절하여 밀면과 유사하거나 더 향상된 쌀면의 식미성을 확보할 수 있었으며, 제품에 따라 부드러운 특성, 쫄깃한 특성 등 다양한 식미성 발

현 가능성을 확인

- 고점도의 HEMC (HEMC-HV)를 첨가하여 쌀 머핀을 제조하며 색, 냄새(향기), 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등 모든 부분에서 밀가루로 제조되는 머핀보다 우수한 결과를 얻어 성공적인 순쌀빵의 제조가 가능함 확인.
- 치환도 및 점도 종류가 다른 HPMC를 사용했을 때도 HPMC-4를 이용했을 때도 우수한 순쌀빵(머핀) 제조가 가능함 확인함.
- 쌀가공식품 용도 다양화를 위해 개발한 쌀품종 7종을 적용해 본 결과, 밀가루와 유사한 수치를 나타내어 순쌀빵(머핀) 제조가 가능한 쌀 품종은 설갱, 고아미, 하이아미, 한아름의 쌀품종임을 확인함.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과

- 3건의 논문게재, 3건의 논문은 논문 심사중 (최소 6편의 논문게재예정)
- 2건의 국내특허 출원완료
- 4건의 국내외 학술대회발표 (해외 2건, 국내 2건)
- 석사 4명, 박사 1명, 총 5명의 연구인력 양성

2. 성과활용 계획

- 쌀면 제조관련된 특허를 바탕으로 제면기업에 기술이전 계획임.
- 쌀빵 (쌀 머핀) 제조관련된 특허와 기술을 바탕으로 “커피명가”에서 브런치용 샌드위치 빵으로 시판할 계획임.

SUMMARY

I. Research title : Development of high value rice products with improved rheology, processibility, and good taste

II. Need and purpose of project

- o Rice has been a main crop in Korea and has contributed the agricultural economy of society.
- o Rice has minimum market access (MMA) from the result of UR and the amount of MMA should be increased to 408,700 ton in 2014.
- o Domestic rice consumption has reduced due to the westernized eating habit trend.
- o Rice is healthful food having good blood sugar level control, cholesterol lowering, good digestion, and antioxidant activity.
- o Various rice products including bread and noodle should be developed to protect the health of Korean and to improve rural economy
- o The purpose of project is to develop rice noodles and breads with improved processibility and taste.

III. Research content

1. Optimization of processibility and taste of rice noodle using biopolymers
 - o Optimization of processibility of rice noodle using biopolymers
 - o Optimization of taste of rice noodle using biopolymers

1. Optimization of processibility and taste of rice bread using biopolymers
 - o Optimization of processibility of rice bread using biopolymers
 - o Optimization of taste of rice bread using biopolymers

IV. Representative results

- o The processibility and noodle making properties of rice was significantly improved by adding biopolymers (HPMC and HEMC) resulting in successful preparation rice noodle with over 97% rice content.
- o The bending strength of dried rice noodle with HPMC and HEMC was lower than that of wheat noodle. However, it was increased with increasing viscosity level of HPMC and HEMC.
- o Turbidity of cooked solution of rice noodle was decreased by adding HPMC and HEMC. Some biopolymers including PMC60U, EMB60U, PMB30U, and PMH9860N resulted in lower turbidity than wheat noodle.
- o The taste of noodle was improved by using various HPMCs and HEMCs and various

tastes (smoothness and chewiness) of rice noodle were obtained by different various substitution degrees and viscosity levels of biopolymers

- o Successful preparation of rice bread with good color, smell, taste, and texture was possible using high viscosity HEMC showing a better result than conventional wheat bread.
- o Good rice bread could be also obtained by using HPMC.
- o As a test result of rice bread performance of 7 different type rices, Sulgaeang, Goammi, Hiami, Hanareum were proper for the preparation of good rice bread.

V. Research products and its application plans

1. Research products

- 3 papers are published or in press in journals. Another 3 manuscripts are under review for publication (Total, 6 articles are expected to be published in journals)
- 2 domestic patents were applied.
- 4 oral and poster presentation in domestic and international conferences (2 domestic and 2 international)
- 5 researchers have been trained and graduated by the project (4 masters and 1 Ph. D.)

2. Application plans of research products

- The rice noodle preparation methods with patent is planned to be transferred to Noodle manufacturing company
- The rice bread preparation methods with patent is planned to produced by "Coffee Myunga".

CONTENTS
(영 문 목 차)

Chapter 1. Research Background 8

Chapter 2. Research and development trends 14

Chapter 3. Research content and result 16

Chapter 4. Goal attainment and contribution to related fields 103

Chapter 5. Research products and its application plan 105

Chapter 6. Overseas scientific information 107

Chapter 7. Reference 108

목 차

제 1 장. 연구개발과제의 개요	8
제 2 장. 국내외 기술개발 현황	14
제 3 장. 연구개발수행 내용 및 결과	16
제 4 장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	103
제 5 장. 연구개발 성과 및 성과활용 계획	105
제 6 장. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	107
제 7 장. 참고문헌	108

제 1 장 연구개발과제의 개요

1 절 연구개발의 필요성

1. 자급농산물을 이용한 제품개발 및 관련 산업발전의 중요성

- 2000년대 들어서 인간의 삶이 윤택해지고 풍요로와지면서 건강 장수에 대한 욕구가 커짐에 따라 이에 대한 관심과 건강장수 식품에 대한 수요는 갈수록 증대되고 있음. 그러나, 근래의 소고기 수입 문제에 대한 국민들의 관심에서 볼 수 있듯이 식품에 대한 관심은 날로 증대되고 있는 반면, 중국산 분유의 멜라민 함유사건에서 볼 수 있듯이 오히려 산업이 발전할수록 식품에 대한 안정성 및 신뢰성 저하 문제가 사회적인 문제로 대두되고 있는 상황임.
- 이러한 문제는 자국민들의 식품에 대한 높은 수요와 관심에도 불구하고 식품원료인 농산물 생산 기반이 갈수록 축소되어 수입의존율이 증가하고 있는 현실에 기인하고 있는 현상임.
- 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 장기적으로는 자국내의 식품원료를 이용한 농산업 발전을 통하여 식품원료의 자급율을 높이고 중단기적 측면에서는 자급율이 높은 자국의 농산물을 활용하여 건강식품을 개발하고 산업화하는 노력이 필요하다고 할 수 있음.
- 또한, 더 나아가서 자국의 농산물을 이용하여 개발한 건강식품을 통한 수출로 자국에서 보유하고 있는 농업 및 농산업을 발전시킴으로써 식품원료의 자급율을 확대시키는 전략을 갖는 것이 국가 경제 발전에 기여함과 동시에 국민건강을 지켜낼 수 있는 효과적인 전략이라고 할 수 있겠음.

2. 쌀의 장점 및 활용필요성

- 쌀은 우리나라의 주식작물임은 물론 세계 30억 인구의 주식작물이고, 연간 국내 생산액 9~10조원 (2001년: 10.72조원, 2002년: 9.56조원, 2003년: 8.84조원, 2004년: 9.9조원)에 이르며 346만명 (2004년, 총인구의 7.2%) 농가인구가 종사하는 농업 (재배업) 생산액의 40%를 상회하는 가장 중요한 작물로서 막대한 경제적·산업적 가치를 가지고 있음.
- 우리나라 전체 곡물의 자급율은 25.3%(2004년)로써 쌀을 제외한 곡물 자급율은 2.6%(2004년)에 불과하여 쌀을 제외하고는 거의 전량 수입되고 있어 기초식량 안보가 위협받고 있음.
- 곡물 수입금액은 24억666만 달러(2003년)에 이르고 이는 전액 무역적자임. 최근 (2006.1.2) 농림부는 10년 뒤 전체 곡물 자급율은 28.8%~32.8%, 순수 식용곡물은 50.5~54.2%의 식량 자급율 목표치를 정하였는데, 쌀 자급율을 100% 유지하지 않고는 목표 달성이 불가능하므로, 쌀의 소비를 유도해야 할 필요성이 있음.
- 쌀은 우리나라의 기간 작물으로써 재배법이 다양하게 개발되어, 현재로써는 여러 곡물 중 가장 친환경적으로 재배되고 있어 안전성이 가장 높은 작물이므로 국민들의 건강 증진을

위해서라도 쌀의 소비를 적극적으로 추진하여야 함.

- 적극적인 쌀 소비를 위해서는 우리들의 식단에서 밥 이외에 주식 형태로의 이용이 가능한 가공식품들, 예를 들어 빵이나 국수 등을 쌀 100%로써 제조할 수 있는 기술 개발을 적극적으로 수행하여 밀로써 가공할 수 있는 모든 가공식품의 제조를 쌀로써 대체하여야 할 필요성이 있음.

3. 쌀가공제품 개발의 중요성

- 쌀 가공제품으로 이용되고 있는 쌀은 총 생산량의 5 %에 불과하며, 쌀 가공 산업의 70 % 이상이 떡, 떡국류 및 주류를 제조하는데 편중되어 있음.
- 생활수준이 향상되고 생활양식 및 식품에 대한 기호도가 다양해지고 고급화 되면서 조리가 간편하고 미각에 대한 기호도가 높은 쌀가공 식품의 개발이 절실하게 요구되고 있음.
- 우리의 식생활에서 밥에 버금갈 정도의 소비가 이루어지는 품목이 국수류와 빵류이므로 우리나라에서 유일하게 자급이 가능한 농산 품목인 쌀의 적극적인 소비를 위해서는 쌀국수와 쌀빵 제조법의 개발이 필요함.
- 또한, 밀로 제조된 국수나 빵은 기호도가 매우 높은 식품임에도 불구하고, 소화가 잘 안되고 비만이 되기 쉬운 성분이므로, 쌀로 만든 국수와 빵이 개발되어 보편화된다면, 저녁에도 부담없이 먹을 수 있는 건강식품이 될 것이므로 국민보건 향상에 큰 기여를 할 수 있는 중요 식품이 될것임.

4. 쌀가공제품 관련 연구현황 및 문제점

- 쌀에 주로 함유되어 있는 단백질은 glutellin류 밀에 함유되어 프롤라민류와는 달리 글루텐 망상구조 형성능이 없기 때문에, 밀 글루텐이 나타내는 기능특성(dough 망 상구조 형성능 및 gel 형성성)이 없어 빵이나 국수의 제조가 불가능 함.
- 쌀빵의 경우, 제빵성 향상을 을 위해서 활성 글루텐, 계면활성제인 glyceryl monostearate, 검질인 carboxymethyl cellulose, guar gum 등을 첨가함으로써 가공적성 증진을 시도하고 있고 있으나 100% 쌀빵은 아직 산업화에 이르지 못한 상황임.
- 쌀국수의 경우, 전통적으로 중국, 태국, 베트남 등의 쌀 생산국가에서 생산되어 왔으나, 여러 사람들이 수가공에 의한 방법으로 제조하므로, 일반 제면 기업에서 대량생산이 불가능한 상황임. 이러한 문제를 개선하여 쌀 입자의 가공과 압출에 의해 제면을 시도하고 있으나 아직까지 만족할만한 제면성을 보여주고 있지 못하며, 국수 형태로 제조되었다고 하더라도, 밀국수와는 달리 조직이 치밀하지 못하여 국수물에서 쌀입자가 부서져 방출되는 문제점, 또한 더 큰 문제는 밀국수 같은 식미를 갖지 못하고, 미세한 쌀 떡가래의 느낌을 보여주고 있으므로, 국민들에게 외면 당하고 있는 상황임.

5. 바이오폴리머의 유용성

- 바이오폴리머 소재인 실크, 셀룰로오스계 고분자, 미생물유래 다당류 고분자, 천연 검류 고분자들은 생체적합성이 우수하여 오래전부터 기능성 식품원료 및 식품첨가제로 널리 사용되고 있음.
- 또한 이들 고분자 중에는 증점성이 높아 가공제품에 우수한 형태안정성을 부여하는데 활용되어 왔으며 생명공학소재로 이용이 가능할 만큼 생체적합성이 우수하여 인체에 무해하므로 식품용도에서도 큰 문제없이 사용되어 왔음.
- 이상의 바이오폴리머들은 우수한 증점성, 흡습성 등의 장점을 가지고 있으며 고분자가 가진 특성에 바탕하여 용액상태에서 탄성을 부여할 수 있으므로, 쌀을 이용하여 빵이나 국수등의 가공시에 좋은 가공성을 부여할 수 있으므로 쌀빵이나 쌀국수 제품 개발에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 생각됨. 실제 사전 시험결과에서도 우수한 결과를 보여서 높은 활용가능성을 이미 확인한 바 있음. (하기의 사전기초 연구결과 참조)

6. 연구개발의 필요성 및 목적

- 국내 자급율이 높아 농촌경제에 큰 비중을 차지하며 안전하고 영양있는 쌀의 소비를 증대시켜서 농촌경제 발전에 기여하고 안전한 식품을 국민에게 제공하여 국민보건향상에 기여할 필요가 있음.
- 쌀의 소비를 촉진하기 위해 기존의 밥이나 떡의 형태를 벗어나 기호식품인 국수 및 빵의 형태의 제품개발을 할 필요가 있으며, 영양학적으로 우수한 기능성 쌀 국수 및 쌀빵을 개발하여 자국민의 건강 증진에 기여하고, 이 제품들을 해외로 수출하여 국내 농식품의 수출증대에 기여할 필요가 있음.
- 따라서, 본 연구과제에서는 바이오폴리머를 활용하여, 가공성, 식미성이 우수한 쌀국수 및 쌀빵 개발하여 국내농식품 수출증대에 기여하고자 하는 것은 본 연구과제의 궁극적인 목적임.

2 절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

가) 연구개발의 최종목표

- 본 연구개발과제는 다양한 바이오폴리머가 가지고 있는 유변학적 특성을 활용하여 쌀가공에 활용함으로써, 유변물성, 가공성 및 식미성이 크게 향상된 고부가가치 쌀가공 제품을 2종 이상 산업화함으로써 국내 농산업 발전에 크게 기여하는 것을 궁극적인 목표로 함.

나) 연구개발의 주요내용

▶ 바이오폴리머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화 (제 1세부과제)

- ① 바이오폴리머를 이용한 쌀국수 제품의 가공성 최적화 연구
- ② 바이오폴리머를 이용한 쌀국수 제품의 식미성 최적화 연구

▶ 바이오폴리머를 이용한 쌀빵의 가공성 및 식미성 최적화 (제 2세부과제)

- ③ 바이오폴리머를 이용한 쌀빵 제품의 가공성 최적화 연구
- ④ 바이오폴리머를 이용한 쌀빵 제품의 식미성 최적화 연구

2. 세부과제별 연구개발의 목표 및 내용

	연구개발의 목표	연구 내용
제 1 세부과제	바이오폴리머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화	<ul style="list-style-type: none"> ● 바이오폴리머를 이용한 쌀국수 제품의 가공성 최적화 연구 ● 바이오폴리머를 이용한 쌀국수 제품의 식미성 최적화 연구
제 2 세부과제	바이오폴리머를 이용한 쌀빵의 가공성 및 식미성 최적화	<ul style="list-style-type: none"> ● 바이오폴리머를 이용한 쌀빵 제품의 가공성 최적화 연구 ● 바이오폴리머를 이용한 쌀빵 제품의 식미성 최적화 연구

3. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

연도	연구개발목표	연구개발의내용
1차년도 (2010년)	<p>바이오폴리머를 이용한 쌀국수 제품의 가공성 최적화 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 바이오폴리머 용액의 유변물성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - steady flow test - frequency sweep (dynamic test) - temperature sweep test ▶ 바이오폴리머가 함유된 쌀반죽의 가공성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 셀룰로오스에테르 치환체별 시험 - 셀룰로오스에테르 치환도별 시험 - 셀룰로오스에테르 분자량(점도)별 시험 - 물량별 시험 - 쌀반죽의 rheology 평가 - 쌀반죽의 texture 평가 - 쌀가루의 반죽성 및 rolling성 평가 - 쌀반죽의 제면성 평가 ▶ 바이오폴리머가 함유된 건면의 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 셀룰로오스에테르 치환체별 시험 - 셀룰로오스에테르 치환도별 시험 - 셀룰로오스에테르 분자량(점도)별 시험 - 물량별 시험 - 건면의 강도 측정 (3-point) - 건면의 단면 형태학적 구조평가
	<p>바이오폴리머를 이용한 쌀빵 제품의 가공성 최적화 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 쌀빵(식빵, 모닝빵, 마케트빵)제조용 각각의 원부재료와 5종류 바이오폴리머 혼합 반죽간의 물성평가 <ul style="list-style-type: none"> - 쌀빵 반죽의 신장성 평가 - 쌀빵 반죽의 점탄성 평가 ▶ 쌀빵(식빵, 모닝빵, 마케트빵)제조용 반죽들의 최적 발효조건 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 1차 발효조건 선정 - 2차 발효조건 선정 ▶ 쌀빵(식빵, 모닝빵, 마케트빵)의 성형 및 최적 베이킹 조건 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 기호도 우수한 쌀빵의 패닝 조건 설정 - 쌀빵의 최적 베이킹 조건 설정

연도	세부과제명	세부연구내용	연구범위
2차 년도 (2011)	바이오폴리머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화	쌀국수 제품의 조리특성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 셀룰로오스에테르 종류별 시험 - 셀룰로오스에테르 분자량별 시험 - 셀룰로오스에테르 첨가량별 시험 - 반죽 첨가 물량별 시험 - 호화시간 측정 - 삶은 국수의 중량 및 부피증가율 - 요리시 국물의 탁도 측정
		쌀국수 제품의 식미성 최적화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 셀룰로오스에테르 종류별 시험 - 셀룰로오스에테르 분자량별 시험 - 셀룰로오스에테르 첨가량별 시험 - 반죽 첨가 물량별 시험 - 요리시간별 평가 - 조리면의 인장강도 및 신도 평가 - 조리면의 식미성 관능평가
	바이오폴리머를 이용한 쌀빵의 가공성 및 식미성 최적화	바이오폴리머를 사용하여 제조되는 쌀빵의 조직감, 저장성 검정	<ul style="list-style-type: none"> - 유전적 변이가 있는 쌀가루로 제조되는 쌀빵의 가공성 비교 - 쌀 품종별로 제조되는 쌀빵의 가공적성 (조직감, 저장성 등) 검정 - 쌀빵 가공성과 쌀 품종별 성분특성간의 상관성 검정
		개발된 쌀빵 활용 샌드위치 쌀빵 제조 및 상품화	<ul style="list-style-type: none"> - 기 개발되는 쌀빵의 풍미에 적합한 샌드위치용 스테르프 종류 개발 - 쌀빵 샌드위치 상품화 - 쌀빵 샌드위치의 관능성, 영양성 및 소비자 반응 test*

제 2 장 국내외 기술개발 현황

- 쌀은 우리 민족의 주곡작물이면서 세계 30억 인구의 주식으로 이용되고 있다. 최근 다양한 종류의 고기능성 쌀들로부터 향산화성, 콜레스테롤 저하특성, 장내 균총 개선, 당노조절, 항암 및 항돌연변이, 혈압개선, 기억력 개선효능 등의 생리효과가 속속 밝혀지고 있음 (강미영, 2002; 정일민, 2003; 박희경과 이효지, 2005; 안지윤과 하태열, 2010).
- 그러나, 이러한 장점에도 불구하고 서구화되는 식습관의 영향으로 국내에서 소비되는 쌀의 양이 점차 줄어 2009년 현재 국민 1인당 연간 쌀소비량은 2009년 77kg 수준으로 감소하고 있으며, 앞으로 더욱 감소할 것으로 예측되고 있음(김미령, 2011). 반면 우루과이 라운드 협상결과에 따른 쌀 과세화 유예기간이 2004년에서 2014년으로 연장되었으나 이에 대한 쌀 의무 수입물량을 현행 21만 5000톤에서 2014년까지 40만 8700톤으로 늘려야 함 (김미령, 2011), 따라서 이와 같은 쌀소비의 감소와 쌀 의무수입으로 국가적으로는 쌀 저장비용을 걱정해야 할 수준에 이르렀음.
- 이러한 배경에서 쌀가공식품에 대한 관심이 증대되고 있는 상황임. 우리나라에서는 쌀의 95%가 주식인 밥으로 소비되고 있으나(김미령, 2011), 식생활 소비패턴의 변화 및 간편식을 선호하는 현대인들의 식습관 때문에 주식을 빵이나 국수의 형태를 선호하는 경향이 높음. 이러한 시대적인 상황을 고려하면서 쌀 소비 증진을 위한 방편으로 쌀빵(강미영 등, 1997a, b; 김경은과 이영택, 2009; 이명희와 이영택, 2006)이나 쌀국수(박희경과 이효지, 2005; 서혜인 등, 2011) 제조를 위한 연구들이 활발하게 진행되어 왔음.
- 밀가루와는 달리 쌀가루는 구성 성분의 기능특성 상 빵이나 국수 등의 제조가 불가능하다. 이는 쌀에 함유되어 있는 단백질의 기능 특성상 밀가루의 경우와 달리 글루텐 망상구조 형성능이 없기 때문임. 밀의 경우는 밀가루에 물을 첨가하여 반죽시 불용성의 단백질이 수화하여 글루텐 망상구조를 형성하여 (이명희와 이영택, 2006) 빵이나 면형태로 용이하게 제조할 수 있으나, 쌀의 경우에는 글루텐과 같은 물질이 없으므로, 반죽이 쉽게 갈라지고 면을 제조할 때는 반죽이 가루로 부서지게 된다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 강미영 등(1997b)은 겉질, 지방질 및 활성 글루텐을 첨가하여 제빵성을 향상시킬 수 있었다는 보고를 한 바 있음.
- 쌀국수의 경우, 양희선과 김창순(2010)이 시판 쌀국수의 품질특성에 대해 보고한 바 있으며, 최근 서혜인 등이(2011) 아밀로오스 함량이 다른 국내산 쌀가루의 수분-열처리가 쌀국수 품질에 미치는 영향에 대해 고찰한 바 있으나, 100% 쌀국수에 대한 연구는 아직 매우 미흡한 수준임.
- 한편, 히드록시프로필 메틸셀룰로오스 (hydroxypropyl methylcellulose, HPMC)는 셀룰로오스에 유도체 반응을 통해 얻어진 물질로 수용성이면서 생체친화성이 우수하고 보수성,

증점성이 우수하여 식품, 의약품 첨가제로 널리 사용되고 있는 소재이다. 특히, 쌀 빵을 제조하는데 있어 HPMC가 유용하게 사용될 수 있다는 사실이 보고되면서 (강 등, 1997a), HPMC를 활용한 쌀 빵 제조에 대한 연구들이 이루어져 왔음.(Blanco et al, 2011; Sabanis et al, 2009)

- o 쌀 빵의 경우, 이들 품목에 대한 정부 및 국민들의 관심도 높아져, 쌀 관련 제품개발에 열을 올렸으며, ‘라이스존’, ‘밀엔미’ ‘우리쌀 식빵’ 등 쌀 빵 전문제품들도 생겨나기 시작하였음. 그러나 기대와는 달리 성형성과 조직감에 문제점들이 많아서 소비자들의 반응은 높지 않았고, 전문 베이커리들도 쌀 빵 제품의 종류를 식빵의 형태가 아닌 모닝 빵과 봉지 빵 등으로 제한하고 있는 실정임(Yoo KA와 Kang MY 2005, Kang MY 등 2000, Kang MY과 Nam YJ 1999).
- o 속성빵(quick-bread)인 머핀에서 특유의 조직감인 스펀지성은 밀가루의 글루텐과 난백의 유화성에 기인하는 망상구조 형성능(Arozarena I 등 2001, Turabi E 등 2008)이라 할 수 있는데, 쌀가루의 경우에는 글루텐이 함유되어 있지 않으므로 난백과의 상호작용에 의한 망상구조 형성능이 미약할 가능성이 예상되므로 속성빵인 머핀 제조에 적절한 바이오폴리머를 첨가함에 따른 가공성을 검토할 필요성이 있다고 사료됨.
- o 일반적으로 gluten-free dough로써 제빵성을 검토하는 경우에는 제품의 레올로지적 특성들은 첨가하는 hydrocolloid(바이오폴리머)들의 특성과 상관성이 있음(Dickinson E 2003, Dobraszczyk BJ 등 2003, Schober TJ 등 2008, Sivaramakrishnan HP 등 2004).
- o 식품산업이 성장하면서 식품의 제조 및 가공단계에서 식품의 기능성 유지 및 가공성 향상 등을 목적으로 바이오폴리머들이 다양하게 사용되고 있으며(WHO 1991), 특히 셀룰로오스 유도체들은 안전성이 확보되어 있다는 점에서 전 세계적으로 가장 많이 활용되고 있는 실정임(DeVries JW 2003, Jones JM 2000).
- o 히드록시프로필에틸셀룰로오스(Hydroxypropyl Ethylcellulose, HEMC)는 셀룰로오스 계열의 식이섬유로써, HPMC(Hydroxypropyl Methylcellulose)와 유사하게, 점도, 분자량, 치환기(에틸기와 히드록시프로필기의 성분비율)에 따라 다양한 특성을 나타내며(Gomez M 등 2007, Collar C 등 1999, Guarda A 등 2004, Rosell CM 등 2001), 특히 치환도에 따라 식품에 다양하게 응용될 수 있는 유용한 특성을 가지고 있을 것으로 사료(Burdoc GA 2007) 되는 식품 첨가물임.
- o 이러한 HEMC는 저자 등의 선행연구(Ban SJ 등 2012)에서 동물에게 보충 급여한 결과, 체중증가 및 장기조직 등에 이상 징후를 나타내지 않는 등 안전성이 확보됨을 확인하였으며, 오히려 항 당뇨 및 고지혈증 억제 효능을 입증한 식품 첨가물임.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1 절. 제 1차년도

1. 제 1세부과제 : 바이오폴리머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화 가. 바이오폴리머 용액의 유변물성 평가

(1) 실험 방법

- o 측정 샘플은 히드록시프로필 메틸셀룰로오스 (HPMC)인 PMC60U, PMC30U, PMB30U, PMH9860N, PMC40H 5가지 제품, 히드록시에틸 메틸셀룰로오스 (HEMC)인 EMB30U, EMB6U 2가지 제품, 메틸셀룰로오스인 MC40H로 총 8가지 제품을 사용하였음.
- o 셀룰로오스 에테르를 끓은 증류수에 교반하면서 분산시켜 2% (w/w) 농도의 셀룰로오스 에테르 수용액을 제조하였음.
- o Rheometer(MARS III, Hakke, Germany)와 35mm plate and plate geometry를 사용하여 steady state flow, oscillation sweep, temperature sweep test를 실시하였음.
- o Steady state flow test는 $0.01\sim 100\text{sec}^{-1}$ 의 전단속도 범위, 25°C 온도에서 실시함. Frequency sweep test는 $0.01\sim 100\text{Hz}$ 의 주파수, 25°C 온도에서 실시함. Temperature sweep test는 $30\sim 90^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 steady state temperature sweep과 oscillation temperature sweep test를 실시함. steady state temperature sweep은 $2^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 승온속도와 20sec^{-1} 의 전단속도로 측정하였고 oscillation temperature sweep은 $2^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 승온속도, 1Hz 의 주파수, 그리고 0.1%의 strain의 조건으로 측정함.

(2) 연구 결과

- o 그림 1-1은 분자량은 유사하나, 치환체가 다른 HPMC, HEMC 수용액의 steady state flow 결과를 나타내고 있음. 전단속도 (shear rate)가 증가함에 따라 전단점도가 크게 감소하는 전형적인 전단 담화 (shear thinning) 거동을 보이는 것으로 나타나, 치환체와 관계없이 HPMC 및 HEMC 제품은 전단속도에 따라 점도가 감소하는 특성을 가졌음을 확인하였음.
- o 그림 1-2는 HPMC 및 HEMC 제품 중 치환도가 다른 제품들의 steady state flow 결과를 나타내고 있음. 전단속도 (shear rate)가 증가함에 따라 전단점도가 크게 감소하는 전형적인 전단 담화 (shear thinning) 거동을 보이는 것으로 나타나, 치환도와 관계없이 HPMC 및 HEMC 제품들은 전단속도에 따라 점도가 변화하는 특성을 가졌음을 확인하였음. 거의 유사한 점도대임에도 불구하고, HEMC인 EMB30U 제품이 HPMC인 다른 제품들에 비하여, 전단속도 증가에 따라, 점도감소가 다소 큰 경향을 보였음.

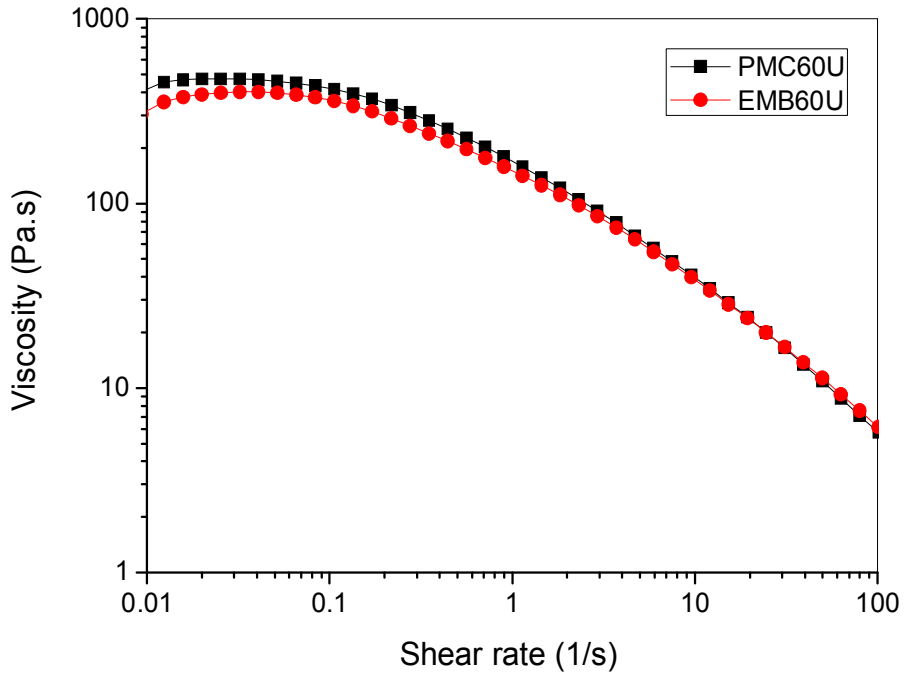


그림 1-1. HPMC 및 HEMC 제품의 steady state flow 거동

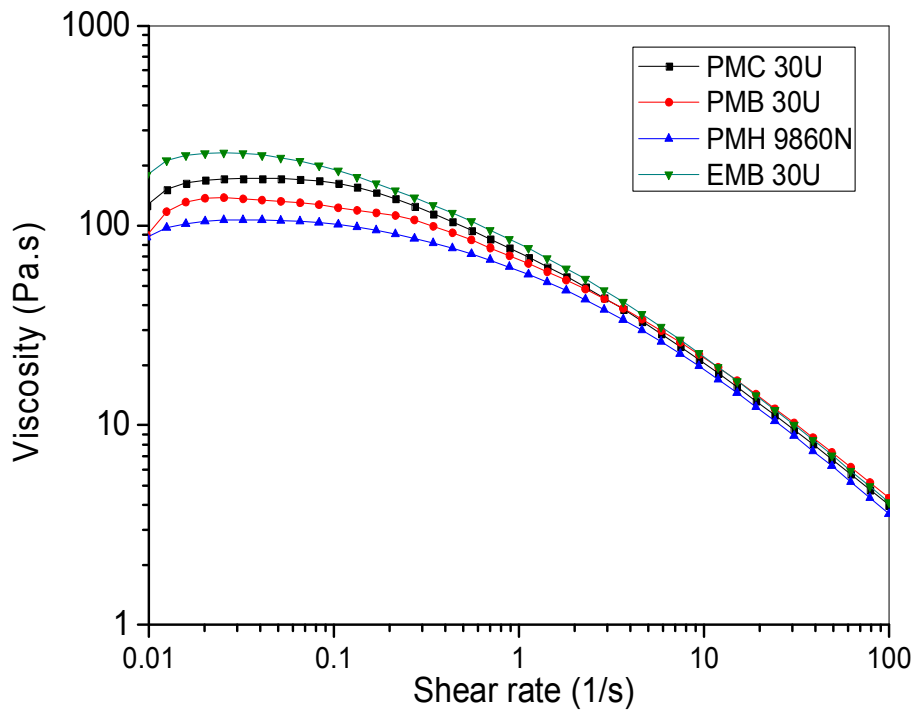


그림 1-2. HPMC 및 HEMC 제품의 치환도별 steady state flow 거동

o 그림 1-3은 분자량은 유사하나 치환체가 다른 HPMC, MC 수용액의 steady state flow 결과를 나타내고 있음. 전단속도 (shear rate)가 증가함에 따라 전단점도가 감소하는 전형적인 전단 담화 (shear thinning) 거동을 보이는 것으로 나타남. 거의 유사한 분자량의 제품임에도 불구하고, MC인 MC40H 제품이 HPMC인 PMC40H 제품에 비하여, 전단속

도 증가에 따라, 점도감소가 큰 경향을 보여, 메틸셀룰로오스의 경우, 히드록시프로필 메틸셀룰로오스에 비하여 전단속도에 따라 점도감소가 큰 것으로 나타났음. 이는 외부 힘에 따라, 점도 감소가 커짐을 의미하는 것으로, 쌀 반죽에 사용했을 때, PMC 40H보다는 MC40H 제품을 첨가할 경우, 반죽하는데 힘이 덜 들어감을 의미함.

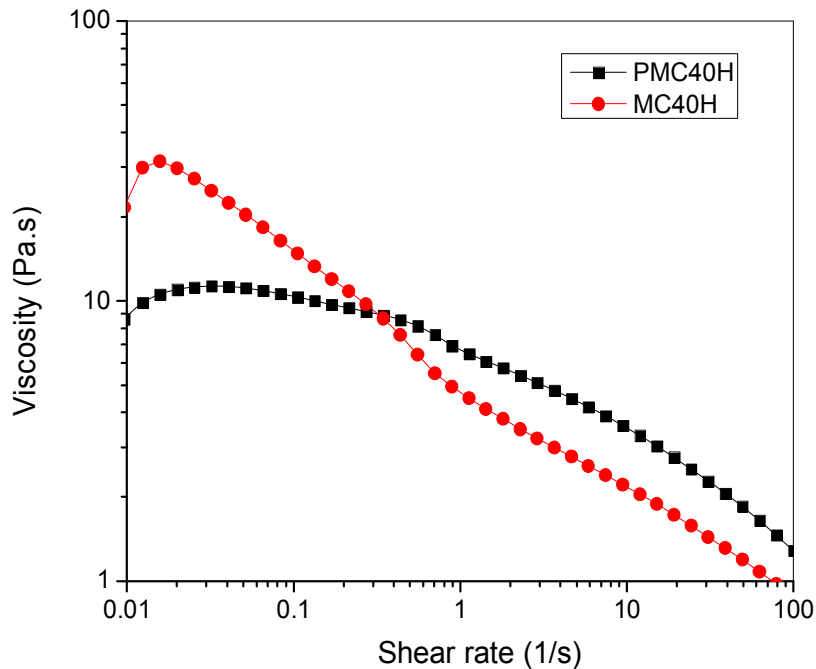


그림 1-3. HPMC 및 MC 제품의 steady state flow 거동

- o 그림 1-4는 분자량이 다른 HPMC 수용액의 steady state flow 결과를 나타내고 있음. 분자량이 큰 PMC 제품일수록, 전단속도가 증가함에 따라, 점도 값이 감소하는 폭이 더 큰 특성을 보였고, 특히, 분자량이 가장 낮은 PMH 40H 수용액의 경우에는, 0.1 sec^{-1} 까지 점도가 서서히 증가하다가 그 후에 급격한 점도가 감소한 후, 다시 점도가 서서히 감소하는 특성을 보였음.
- o 이러한, steady state flow test 결과로부터, 정상상태의 흐름 영역에서는, 셀룰로오스 에테르의 치환도보다는 분자량이 다른 제품이 유변학적 특성에 있어서, 더 큰 차이를 나타내므로, 향후, 쌀국수 및 쌀빵에 대한 가공성에도, 치환도보다는 분자량이 더 큰 영향을 줄 것으로 예상할 수 있으며, 따라서, 이러한 기초 실험결과를 감안하여, 분자량이 다른 셀룰로오스 에테르 제품 위주로 집중적으로 연구를 수행하는 것이 연구수행면에서 효율적일 것으로 생각됨.
- o 그림 1-5는 치환체가 다른 HPMC, HEMC 수용액의 oscillation sweep 결과를 나타내고 있음. PMC60U가 EMB60U보다 G' 과 G'' 이 만나는 지점이 더 높은 주파수에서 나타나므로 EMB60U가 PMC60U보다 더 탄성을 띠음을 확인할 수 있음.

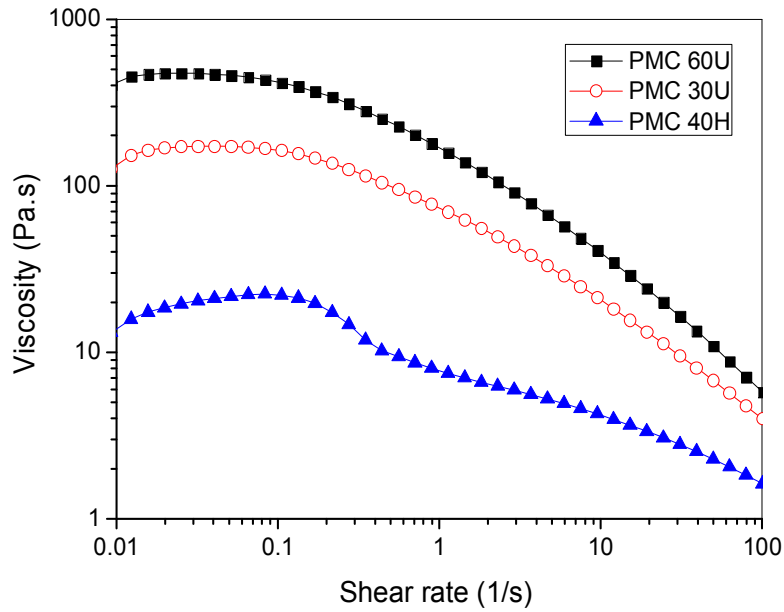


그림 1-4. HPMC 제품의 점도별 steady state flow 거동

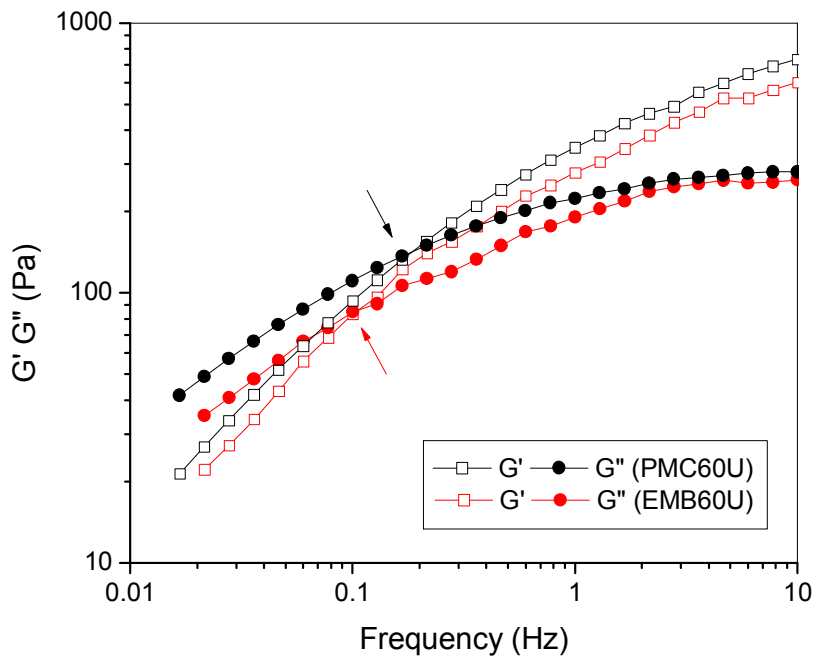


그림 1-5. HPMC 및 HEMC 제품의 oscillation sweep test 결과

o 그림 1-6은 HPMC 및 HEMC 제품 중 분자량이 유사하나 치환도가 다른 제품들의 oscillation sweep 결과를 나타내고 있음. G' 과 G'' 이 만나는 지점인 cross over point가 EMB30U, PMC30U, PMB30U와 PMH9860N 순으로 갈수록 높은 주파수에서 나타나므로 HEMC인 EMB30U가 나머지 HPMC 제품들보다 탄성적인 성향이 강함을 알 수 있음. 이러한 결과는 그림 1-2의 steady state flow 결과와 일관성이 있는 결과임.

o 그림 1-7은 제품 점도대는 유사하나 치환체가 다른 HPMC, MC 수용액의 oscillation

sweep 결과를 나타내고 있음. PMC40H는 G' 과 G'' 이 만나는 지점이 높은 frequency에서 나타나므로 MC 수용액이 PMC40H 수용액보다 탄성이 높음을 알 수 있으며, 이 역시 그림 1-3의 결과와 일관성있는 결과임.

o 그림 1-8은 분자량이 다른 HPMC 수용액의 oscillation sweep 결과를 나타내고 있음. 분자량이 큰 PMC 제품일수록, G' 과 G'' 이 만나는 지점이 낮은 frequency에서 나타나므로 수용액의 탄성이 증가하고 있음을 알 수 있음.

o 이러한, oscillation sweep test 결과를 정리해보면, HPMC, HEMC, MC 제품별로 치환도에 따라서는 용액의 탄성이 다소 차이는 있었으나 큰 차이가 아니었던 반면, 동일 치환체, 치환도 제품에 대해서 점도가 다를 경우, 용액의 탄성에 큰 차이를 나타내었다. 용액의 탄성이 높다는 것은, 쌀가루에 이들 바이오폴리머를 첨가하여 사용했을 경우, 쌀반죽 전체의 탄성을 높일 수 있으므로, 탄성이 낮아 반죽이 형성되지 않고 부서지는 문제점을 다소 해결할 수 있을 것으로 기대할 수 있음.

o 이러한 물질의 탄성은 반죽 뿐만아니라, 제면시에 면을 형성할 수 있도록 형태가 안정되는 특성, 조리시 찰끼리 이탈되지 않고 붙어있는 특성 등과도 관련성이 있으므로, 탄성이 높은 바이오폴리머를 첨가할 때 찰의 제면성, 조리성 향상이 도움이 될 것으로 예상됨. 따라서, 이후에 찰 관련된 연구에 있어, 저분자량의 저점도대의 바이오폴리머보다는 고분자량의 고점도대의 바이오 폴리머를 사용하는 것이 연구의 효율성면에서 유리할 것으로 생각됨.

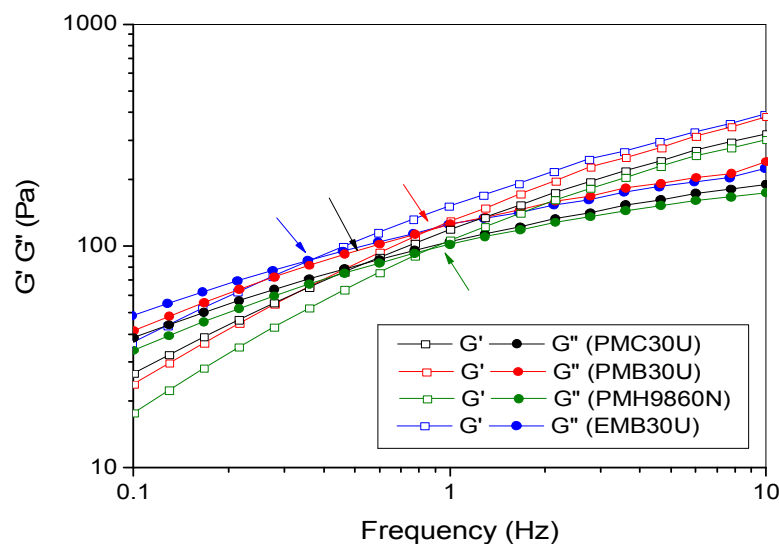


그림 1-6. HPMC 및 HEMC 제품의 치환도별 oscillation sweep test 결과

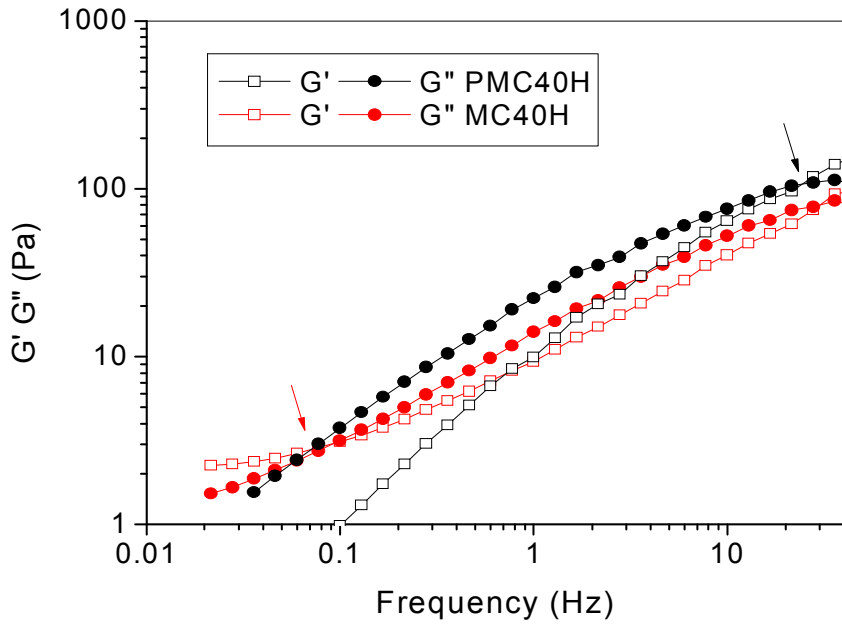


그림 1-7. HPMC 및 MC 제품의 oscillation sweep test 결과

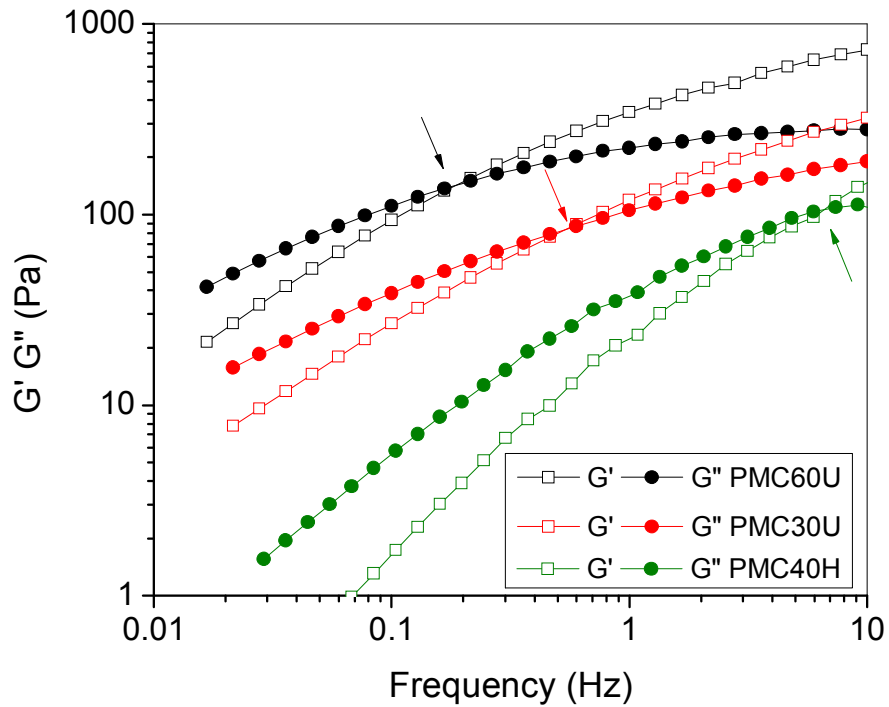


그림 1-8. HPMC 제품의 점도별 oscillation sweep test 결과

- o 셀룰로오스 에테르 (바이오폴리머)를 첨가한 쌀은 쌀국수 형태로 제조된 후 최종적으로 조리시에는 높은 온도로 삶은 과정을 거치게 됨. 따라서, 셀룰로오스 에테르 수용액의 경우, 온도에 따라서 유변물성이 변화하는 것으로 알려져 있으므로, 온도 변화를 수반하는 쌀국수 및 쌀빵으로의 응용에 있어, 셀룰로오스 에테르의 온도변화에 따른 유변물성을 측정하였음.

- o 그림 1-9는 분자량은 유사하나 치환체가 다른 고 점도대의 HPMC, HEMC 수용액의 온도변화에 따른 steady state temperature sweep 결과를 나타내고 있음. 치환체에 따라 PMC60U는 71℃, EMB60U는 78℃에서 점도가 저하되기 시작하고 있음. 이는 수용액내에서 셀룰로오스 에테르에 있는 소수성 치환체들끼리 소수성 결합이 증가하는데 기인하는 결과로, 물과 셀룰로오스 에테르와 상분리되는데 기인한 결과임. 결과적으로, HEMC인 EMB60U가 PMC60U보다 높은 온도에서 상분리가 일어나는 것을 알 수 있음.

- o 그림 1-10은 2% 수용액 농도가 30,000 cps 부근의 유사 분자량을 가지고 있으나 치환체 및 치환도가 다른 HPMC 및 HEMC 제품 수용액들의 온도변화에 따른 steady state temperature sweep 결과를 나타내고 있음. 치환체에 따라 PMH9860N은 49℃, PMB30U는 64℃, PMC30U는 73℃, EMB30U는 75℃에서 점도가 감소하여 상분리가 일어나고 있음을 알 수 있음. 이는 HPMC보다는 HEMC인 EMB30U 제품이 온도변화에 대해서 점도 안정성이 높다는 것을 의미하고 이는 HEMC에 치환되어 있는 hydroxyethyl기가 HPMC에 치환되어 있는 hydroxypropyl기보다 친수성이 크므로, 온도변화에 따라 소수성 결합이 늦어지게 되는데 기인된 현상임. 결과적으로는 HPMC 제품군 중에서는 PMC 제품과 HEMC 제품이 온도에 따른 점도 안정성이 가장 큰 것으로 나타났음.

- o 그림 1-11은 치환체가 다른 저점도대 (4,000 cps) HPMC, MC 수용액의 온도변화에 따른 steady state temperature sweep 결과를 나타내고 있음. MC40H의 경우, 57℃ 부근에서 서서히 점도가 저하되는 양상을 보인 반면, PMC 40H는 70℃ 부근에서 점도저하가 시작되고 있다. MC의 경우 더 낮은 온도에서 상분리가 시작되는 이유는 MC에 있는 치환기인 메톡시(methoxy)기가 PMC40H의 hydroxypropyl기 보다 소수성이 더 큰데 기인된 결과임. 결과적으로 MC40H를 사용하는 경우, 매우 낮은 상분리 온도 특성을 갖을 수 있음을 의미함.

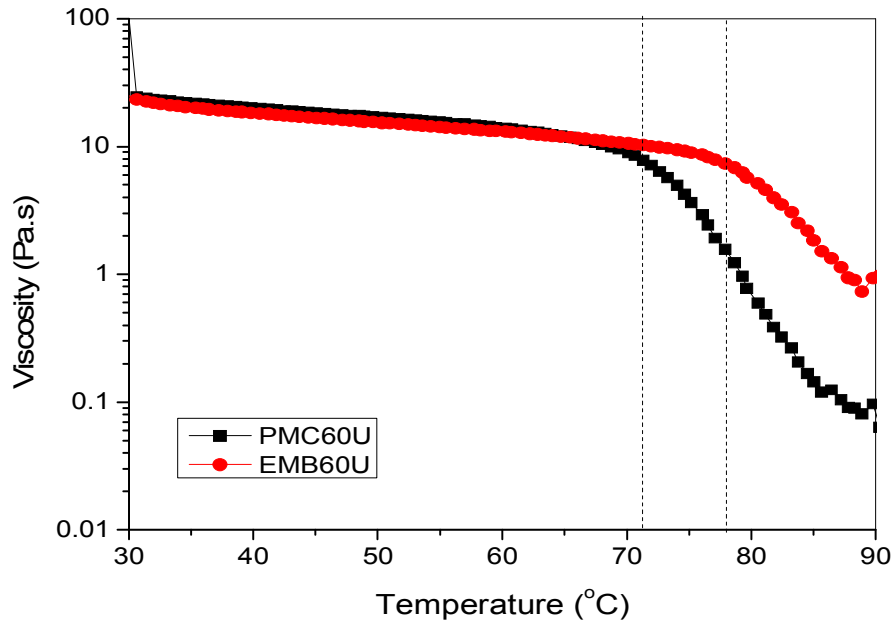


그림 1-9. 고점도 (60,000 cps) HPMC 및 HEMC 제품의 steady state temperature sweep test 결과

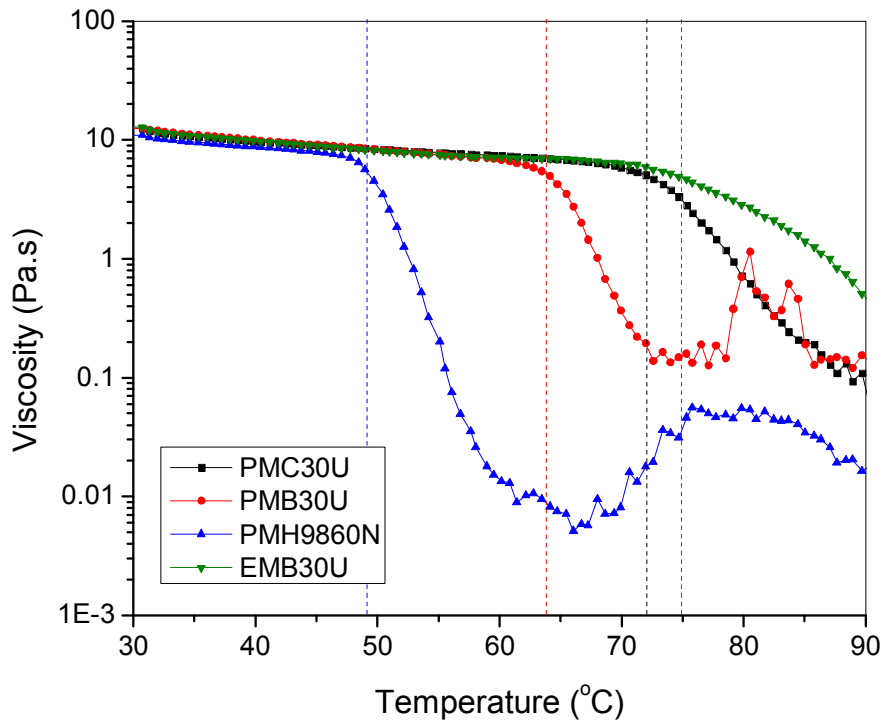


그림 1-10. 다양한 치환도의 중점도 (30,000 cps) HPMC 및 HEMC 제품의 steady state temperature sweep test 결과

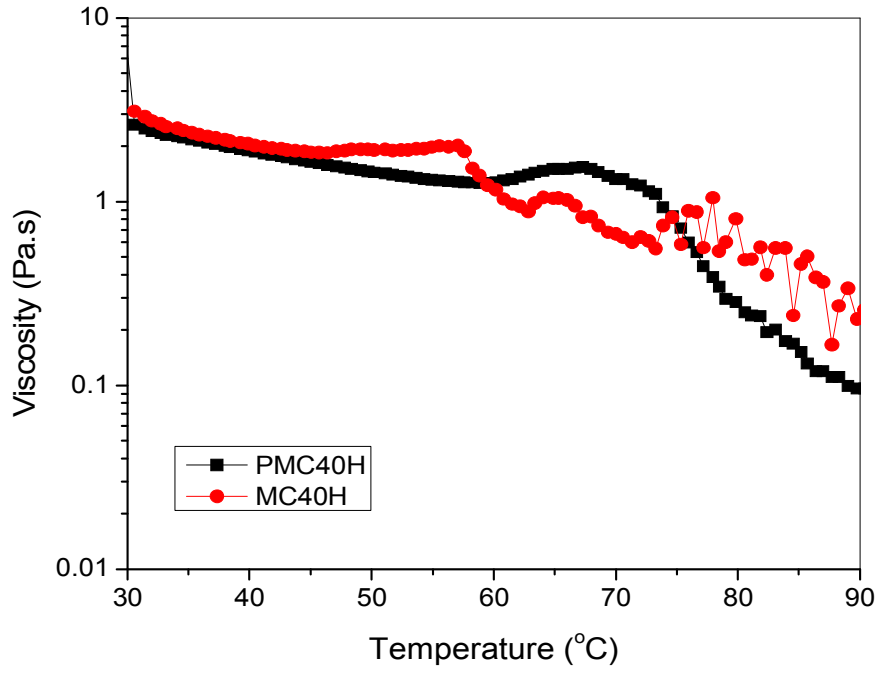


그림 1-11. 저점도대(4,000 cps) 의 HPMC 및 MC 제품의 steady state temperature sweep test 결과

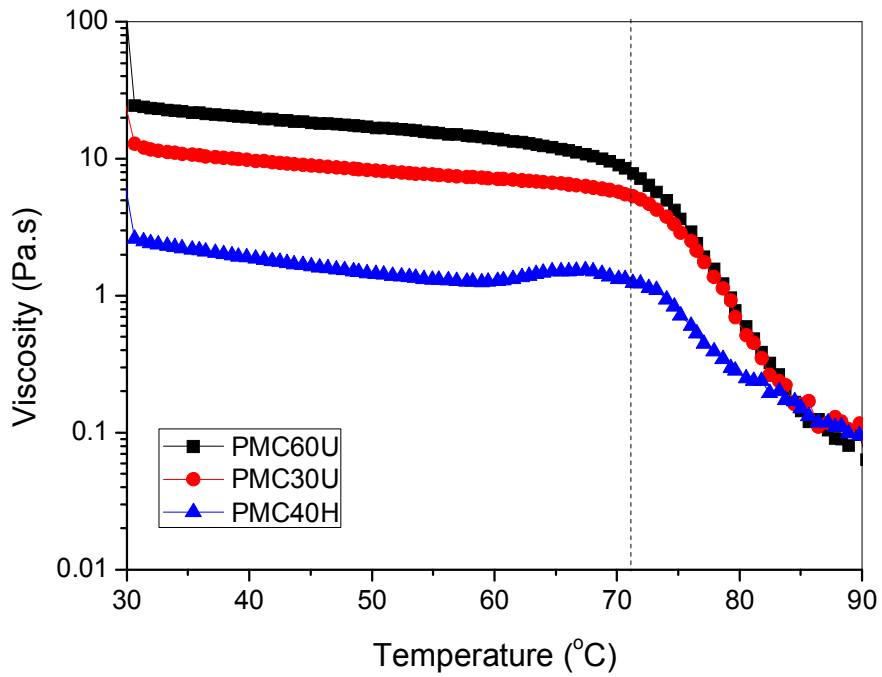


그림 1-12. HPMC 제품의 점도별 steady state temperature sweep test 결과

- o 그림 1-12는 동일한 치환체를 가지나 분자량이 다른 HPMC 수용액의 steady state temperature sweep 결과를 나타내고 있음. 분자량과 관계없이 모든 PMC 제품의 상분리가 시작하는 온도는 71°C로 비슷하게 나타났음. 이는 분자량(또는 용액점도)가 차이가 나더라도 온도변화에 따른 유변물성의 변화는 거의 없음을 의미하는 것으로, 온도에 따른 유변물성변화는 치환도나 치환체와 관계가 있는 것으로 생각됨. 이는 온도변화에 따른 상분리거동이 셀룰로오스 에테르의 치환기의 소수성에 기인된 결과임.
- o 그림 1-13은 치환체가 다른 HPMC, HEMC 수용액의 oscillation temperature sweep 결과를 나타내고 있음. 치환체에 따라 PMC60U는 73°C에서 점성이 감소하고 78°C에서 점성이 다시 증가하는 것을 통해 73°C에서 상분리가 되었다가 78°C에서 겔화가 되는 것을 알 수 있음. 한편, EMB60U는 온도증가에 따라 점성이 일정하다가 80°C에서 점성이 다시 증가하는 것을 통해 겔화가 되는 것을 알 수 있음. 즉, EMB60U의 경우, 온도변화에 따라 점성의 변화가 80°C까지 거의 없어 온도에 따른 점성의 안정성이 우수하고, 겔화가 일어나는 온도 역시 PMC60U보다는 높아 용액안정성도 PMC60U보다는 EMB60U가 좀 더 우수한 것으로 생각됨.

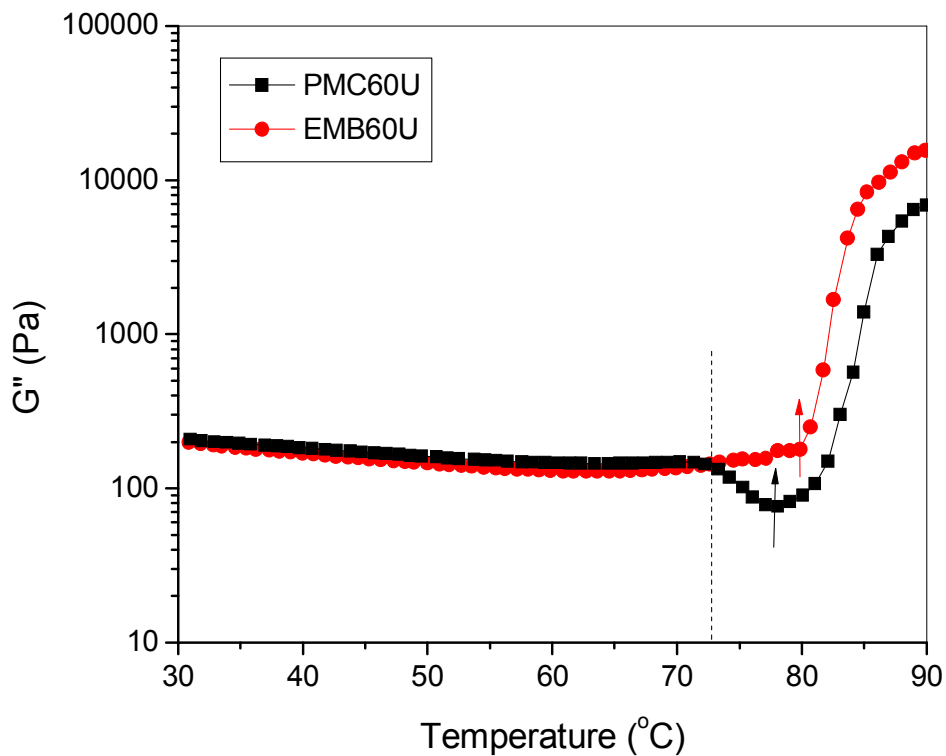


그림 1-13. 고점도 (60,000 cps) HPMC 및 HEMC 제품의 oscillation temperature sweep test 결과

- o 그림 1-14는 HPMC 및 HEMC의 치환도가 다른 제품의 수용액의 oscillation temperature sweep 결과를 나타내고 있음. PMH9860N은 49°C에서 점성이 감소하여 59°C에서 점성이 증가하였고, PMB30U는 65°C에서 점성이 감소하여 69°C에서 점성이 증가하였고, PMC30U는 73°C에서 점성이 감소하다가 76°C에서 점성이 증가하였고, EMB30U는 74°C에서 점성이 감소하다가 80°C에서 점성이 증가함. 본 그래프에서 점성 (G'')이 감소하는 것은 상분리, 다시 증가하는 것은 겔화에 의한 것으로 상분리 온도와 겔화온도는 상관관계가 있음을 알 수 있음. PMH9860N, PMB30U, PMC30U, EMB30U 순으로 겔화되는 온도가 증가하는 것을 알 수 있음.
- o 그림 1-15는 치환체가 다른 HPMC, MC 수용액의 oscillation temperature sweep 결과를 나타내고 있음. PMC40H와 MC40H는 다른 셀룰로오스 에테르와는 다르게 온도 증가와 함께 점성이 서서히 증가하는 것을 볼 수 있음.
- o 그림 1-16은 분자량이 다른 HPMC 수용액의 oscillation temperature sweep 결과를 나타내고 있음. HPMC 분자량별로 점성이 다시 증가하는 겔화온도는 78°C로 비슷하게 나타났음. 분자량이 가장 큰 PMC60U는 loss modulus (G'')가 감소하는 온도가 나타났으나, 분자량이 감소할수록 G'' 감소온도는 나타나지 않고, 겔화가 되는 온도만 나타났음.

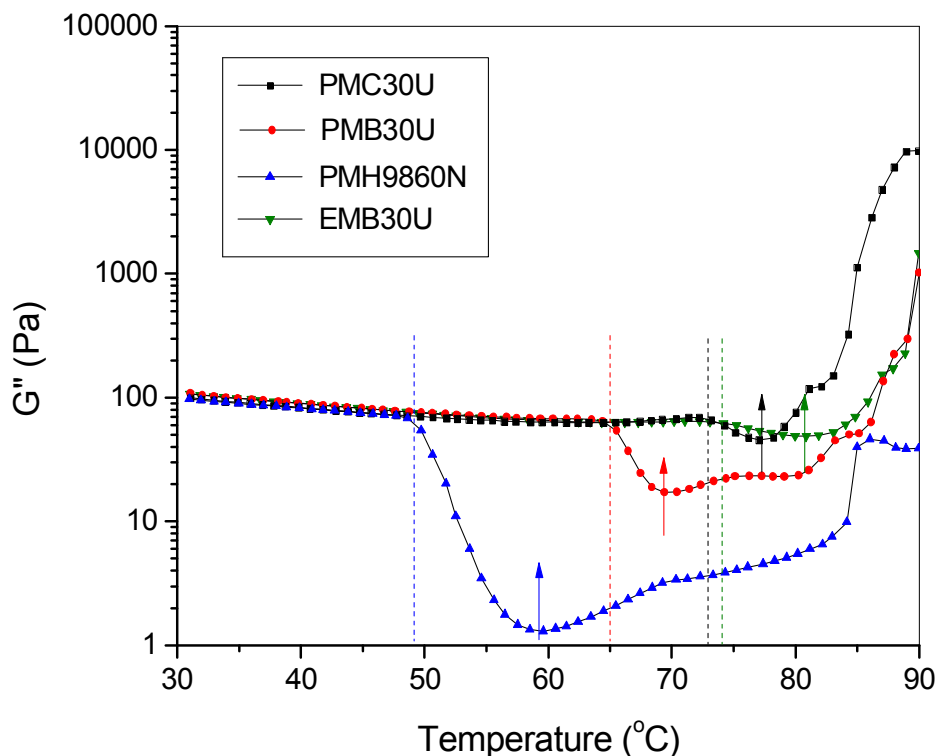


그림 1-14. HPMC 및 HEMC 제품의 치환도별 oscillation temperature sweep 측정 결과

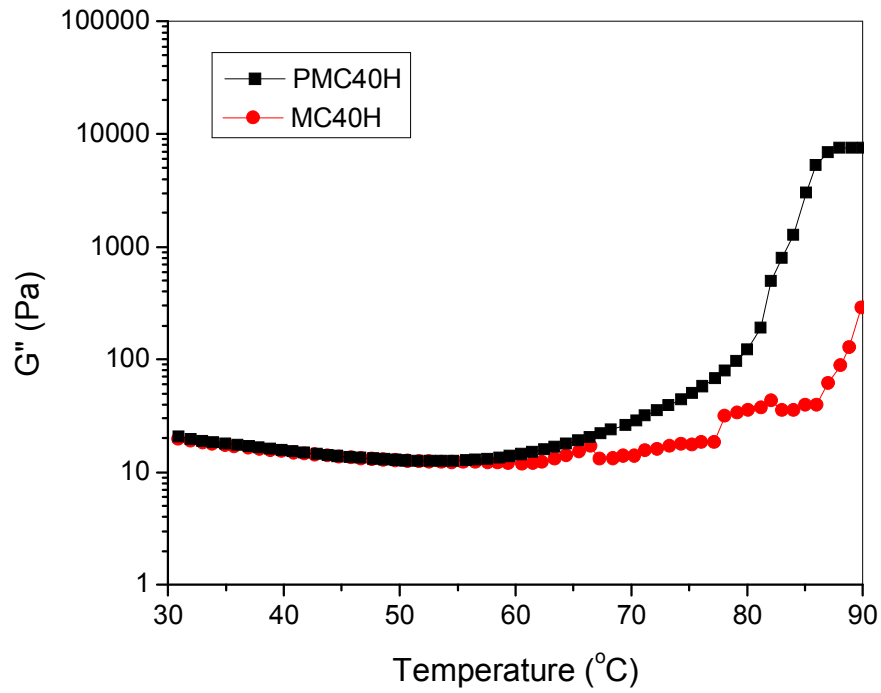


그림 1-15. HPMC 및 MC 제품의 oscillation temperature sweep 측정 결과

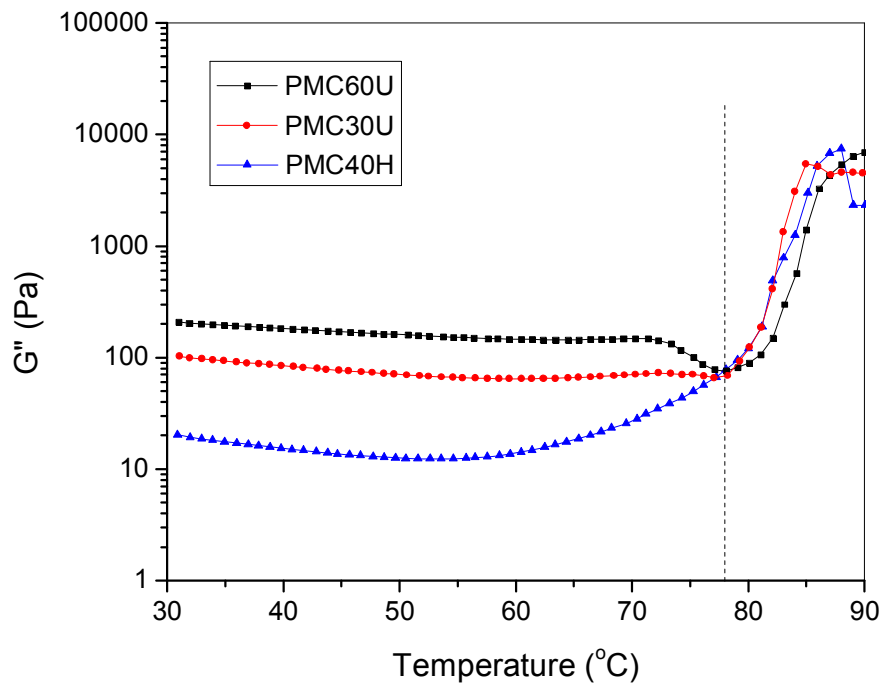


그림 1-16. HPMC 제품의 점도별 oscillation temperature sweep 측정 결과

o 이러한 temperature sweep 시험 결과로부터, 셀룰로오스 에테르 수용액의 열적 겔화 거동을 알 수 있고 이후, 쌀반죽에 첨가하여 쌀국수를 조리할 때 온도에 따른 영향을 줄 것으로 예상할 수 있으며 이러한 기초 실험결과를 감안하여 이후의 쌀국수 및 쌀빵 연구

를 수행하였음.

나. 바이오폴리머가 함유된 쌀반죽의 가공성 평가

1) 실험 방법

- o (주)대두식품의 박력쌀가루를 사용하여 bowl에 쌀가루와 셀룰로오스 에테르, 물을 넣어 10분간 손으로 반죽하여 반죽성을 평가함. 10분 후 반죽을 평평하게 만들어 은박지에 씌워서 냉장고에 1시간 숙성시킴. 1시간 숙성 후 제면기(ATLAS 150, MARCATO, Italy)를 사용하여 레벨1에서 10회, 레벨2에서 1회, 레벨5에서 1회 실시하여 얇은 면을 형성하여 rolling성, 제면성을 평가함.
- o PMC60U, EMB60U, PMC30U, PMB30U, PMH9860N, EMB30U, PMC40H, MC40H의 셀룰로오스 에테르는 삼성정밀화학제품을 사용하였으며 점도별, 치환도 및 치환체별에 따라 분류됨.
- o 먼저 PMC60U를 기준으로 첨가량과 물 양을 조절하여 쌀반죽의 최적조건을 확립 후 PMC60U에 대해 확립된 첨가량, 물 양의 최적조건을 토대로 다른 셀룰로오스 에테르에 대한 최적조건을 확립함.
- o 쌀반죽의 rheology와 texture의 평가를 위해 rheometer(MARS III, Hakke, Germany), PP08 geometry를 사용하여 compression과 adhesion을 측정함. 최적조건을 확립한 쌀가루, 셀룰로오스에테르, 물을 bowl에 넣어 10분간 손으로 반죽 한 후 쌀반죽을 일정한 틀에 넣어 고정 시킨 후 1시간 숙성시킴. 1시간 숙성 후 compression과 adhesion을 각각 5회 측정하여 평균을 구함.

2) 연구 결과

- o 표 1-1은 PMC60U의 첨가량을 쌀 중량 대비 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 쌀반죽에 대한 rolling성 및 제면성을 평가한 결과를 나타내고 있음. 쌀 중량대비 물 양 68%, 64% 일 때 반죽은 물 양이 많아 손에 잘 붙었고 제면할 때 면이 구불하여 제면성이 좋지 못했음. 물 양이 62%, 60%일 때는 반죽이 68%, 64%보다 손에 잘 붙지 않고 반죽이 잘되었으나 제면할 때 면이 구불하여 제면성이 좋지 못함. 물 양이 많은 경우 얇은 면을 형성했을 때 면끼리 달라붙고 제면기에도 rolling성이 좋지 못했음. 물 양이 58%, 57%, 56%일 때 물 양이 감소할수록 반죽은 단단하며 약간 갈라졌고 제면할 때 얇은 면형성이 어려우며 제면성은 좋했음. 따라서 쌀 중량대비 물 양은 58~60%가 최적조건인 것으로 나타났음.
- o 셀룰로오스 에테르 첨가량을 달리하였을 때 쌀반죽의 성능평가를 위해 다양한 셀룰로오스 에테르 첨가량을 사용하여 쌀반죽 후 rolling성, 제면성, 건조성을 평가하였음. 표 1-2는 PMC60U의 첨가량을 4%로 고정하여 물 양을 변화시킨 쌀반죽의 성능평가 결과를 나타낸 것임. 물 양 64%, 60%일 때 물이 약간 많은 편이어서 반죽성은 좋지만 제면할 때 면이 구불하고 깨끗하지 못해 제면성은 좋지 못함. 물 양 56~58%일 때 물 양이 감소

할수록 반죽은 단단하며 얇은 면형성이 어려우며 제면성은 좋았음. 따라서 4% 셀룰로오스 에테르를 첨가했을 경우에도, 물 양은 58~60%가 최적조건인 것으로 나타났음.

표 1-1. PMC60U 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가



















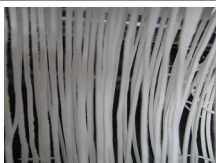



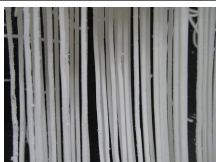
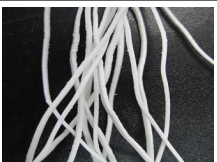



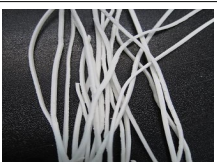
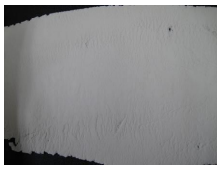



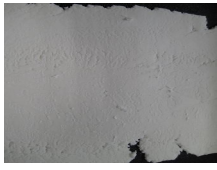






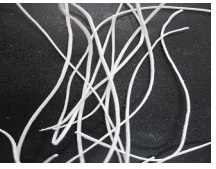


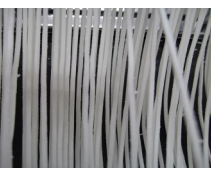





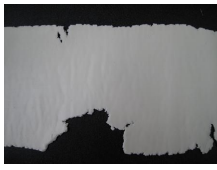







물양 (%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
68				
64				
62				
60				
58				
57				
56				

표 1-2. PMC60U 4% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
64				
60				
58				
57				
56				

- 표 1-3은 PMC60U의 첨가량을 5%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 3~4% PMC60U를 첨가하여 실험한 경우, 물 양 57~58% 범위에서 제면이 잘 되었으나 5% PMC60U를 첨가한 경우, 물이 많은 편이어서 반죽성은 좋으나 얇은 면형성에서도 면끼리 붙고 제면할 때 면이 구불하고 깨끗하지 못해 제면성이 좋지 못했음. PMC60U의 첨가량을 높였을 때 개선된 점이 보이지 않고 많은 양의 PMC60U 첨가량은 쌀에 비해 셀룰로오스 에테르 제품이 고가라는 점을 고려한 경제적인 측면을 생각했을 때 바람직하지 않기 때문에 PMC60U 첨가량을 감소시킨 상태에서의 쌀반죽에 대한 성능평가를 추가적으로 실시하였음.

표 1-3. PMC60U 5% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
60				
58				

- o 표 1-4는 PMC60U의 첨가량을 2%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 57%일 때 PMC60U 첨가량 3%의 경우와 반죽성과 rolling성, 제면성은 비슷함. 물 양 60%, 57%, 55%일 때 물 양이 감소할수록 반죽은 잘 단단하며 약간 갈라지는 등 반죽성이 나빠지나 제면성은 좋은 것으로 나타났음.
- o 표 1-5는 PMC60U의 첨가량을 1.5%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. PMC 60U 2%일 때 반죽성, rolling성, 제면성이 좋았으므로 PMC 60U 첨가량을 1.5%로 낮춰서 실험한 결과 물 양 66%, 64%일 때 반죽은 물이 약간 많은 편이어서 손에 잘 달라붙고 면끼리도 잘 붙어 얇은 면형성이 어려우며 제면할 때 면 끝이 구불하여 제면성이 좋지 못함. 물 양 62%, 60%일 때 반죽은 64%보다 단단하고 제면은 좋음. 물 양 57%일 때 숙성 후 얇은 면형성이 거의 이루어지지 않아 제면을 할 수 없음. 따라서 물 양 60~62%일 때가 최적임.
- o PMC60U의 첨가량, 물 양별에 따른 반죽성, rolling성, 제면성을 모두 고려하였을 때 첨가량은 3%, 물 양은 58%로 최적조건으로 생각할 수 있으나, 첨가량을 1.5%만 첨가하여도 쌀국수 제조가 가능함을 확인하였음.
- o 표 1-6은 고점도의 셀룰로오스 에테르 제품에 대해서 치환도 효과를 살펴보기 위해서 EMB60U의 첨가량을 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 62%일 때 반죽은 60%보다 더 말랑하고 물이 약간 많은 편이라 면끼리 붙고 제면할 때 면이 구불하여 제면성이 좋지 못함. 물 양 60%일 때 반죽은 58%보다 말랑하고 반죽느낌은 좋았고 제면할 때 면이 약간 휘어짐. 물 양 58%일 때 반죽이 단단하였고 제면성은 좋음. 따라서 반죽성, rolling성, 제면성을 모두 고려하였을 때 물 양 58%의 경우가 최적조건으로 나타났음. PMC60U 제품과 비교했을 때, 반죽성 및 제면성 부분에서 유사한 결과가 나타나, HPMC 및 HEMC간 치환체 효과는 그리 크지

않은 것으로 나타났음.

표 1-4. PMC60U 2% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

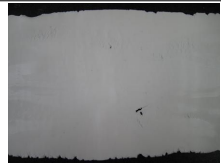





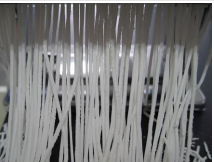
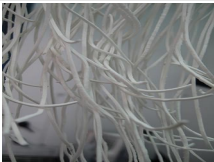
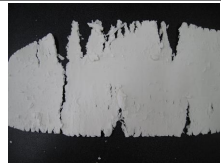


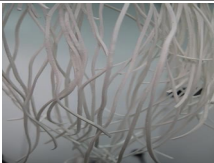
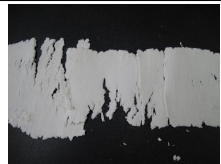

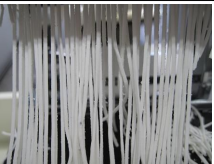
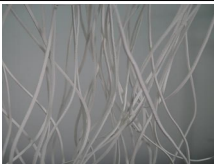


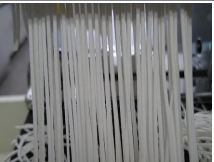
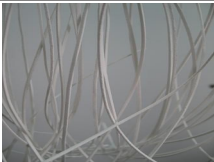
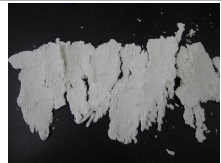


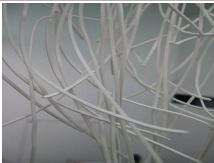
물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
66				
64				
62				
60				
57				
55				

표 1-5. PMC60U 1.5% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가











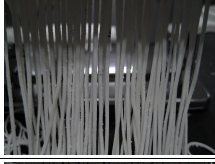
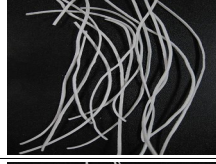
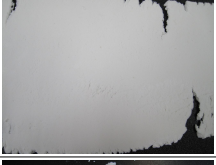


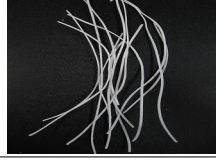



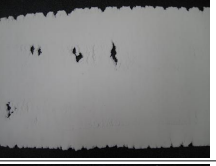





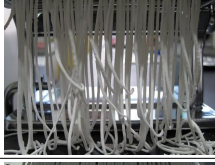
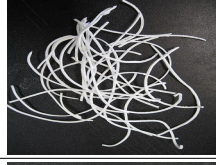
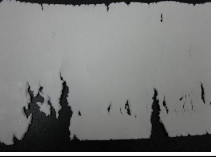
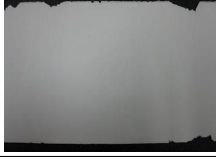

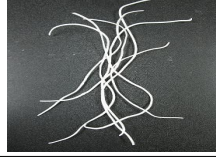
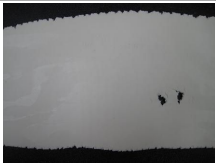














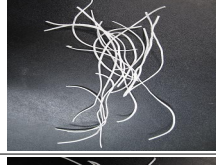

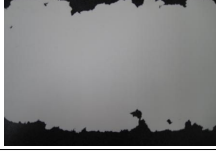


물양 (%)	제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
66				
64				
62				
60				
57				제면 안 됨

표 1-6. EMB60U 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물양 (%)	제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
62				
60				
58				

- o 셀룰로오스 에테르 제품의 분자량(점도)의 효과를 살펴보기 위해, 동일한 치환체 및 치환도 제품에 대해 점도가 낮은 셀룰로오스 에테르 제품들을 사용하여 쌀반죽을 제조한 후 제면성을 평가하였음.
- o 표 1-7은 PMC30U의 첨가량을 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 64%일 때 반죽은 62%보다 말랑하며 손에 달라붙으며 제면할 때 면끼리 붙어서 얇은 면형성이 어려우며 제면할 때 면이 구불하고 지지 분하여 제면성이 좋지 못함. 물 양 62%일 때 반죽은 60%보다 말랑하고 깔끔하였고 제면할 때 면이 약간 구불함. 물 양 60%일 때 반죽이 약간 단단하고 깔끔하였으며 제면할 때 약간 휘어짐. 물 양 58%, 56%일 때 반죽은 60%보다 단단하고 약간 갈라지며 제면할 때 얇은 면형성이 잘 이루어지지 않고 제면성은 좋음. 따라서 반죽성, rolling성, 제면성을 모두 고려하였을 때 물 양 60%이 최적 조건이라고 할 수 있으며, 전체적으로는 분자량이 다소 감소됨에 따라 쌀반죽의 제면성능은 다소 저하되고 있는 것으로 나타났음.













표 1-7. PMC30U 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
64				
62				
60				
58				
56				

- o 셀룰로오스 에테르 제품의 치환체 및 치환도 효과를 살펴보기 위하여, 치환체 및 치환도가 다른 다양한 셀룰로오스 에테르 제품들을 사용하여 쌀반죽을 제조한 후 제면성을 평가하였음.

- o 표 1-8은 PMB30U의 첨가량을 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 62%일 때 반죽은 60%보다 말랑하며 약간 손에 달라붙으며 제면할 때 면끼리 붙어서 얇은 면형성이 어려우며 제면할 때 면이 구불하고 지지분하여 제면성이 좋지 못함. 물 양 60%일 때 반죽은 58%보다 말랑하고 깔끔하였고 제면할 때 면이 약간 휘어짐. 물 양 58%일 때 반죽이 60%보다 단단하고 약간 갈라지며 제면할 때 얇은 면형성이 잘 이루어지지 않고 제면성은 좋음. 따라서 반죽성, rolling성, 제면성을 모두 고려하였을 때 물 양 60%를 최적조건이라고 할 수 있으며, PMC30U와 비교해서, 제면성에 큰 차이가 없는 것으로 나타났음.








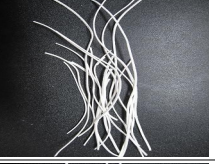




표 1-8. PMB30U 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물양 (%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
62				
60				
58				

- o 표 1-9는 PMH9860N의 첨가량을 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 60%일 때 반죽은 58%보다 말랑하며 약간 손에 달라붙으며 제면할 때 면끼리 붙어서 얇은 면형성이 어려우며 면이 구불하고 지지분하여 제면성이 좋지 못함. 물 양 58%일 때 반죽은 말랑하고 깔끔하였고 제면할 때 얇은 면형성은 잘 이루어지지 않았으나 제면성은 좋음. 물 양 56%일 때 반죽은 말랑하고 반죽느낌도 좋았으나 얇은 면형성은 가장 좋지 못하였고 제면성은 좋음. 따라서 반죽성, rolling성, 제면성을 모두 고려하였을 때 물 양 58%를 최적조건이라고 할 수 있으며, PMH9860N도 PMC30U와 비교해서, 제면성에 큰 차이가 없는 것으로 나타났음.
- o 표 1-10은 EMB30U의 첨가량을 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 60%일 때 반죽은 58%보다 말랑하며 물이 약간 많은 편이고 제면할 때 끝이 휘어짐. 물 양 58%일 때 반죽은 56%보다 말랑하고 깔끔하였고 제면할 때 끝이 약간 휘어짐. 물 양 56%일 때 반죽이 단단하고 약간 갈라졌으며 제

면성은 좋음. 따라서 물 양 58%를 최적조건이라고 할 수 있으며, EMB30U도 PMC30U와 비교해서, 제면성에 큰 차이가 없는 것으로 나타났음.

표 1-9. PMH9860N 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물양 (%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
60				
58				
56				

- 표 1-11은 PMC40H의 첨가량을 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 64%일 때 반죽은 말랑하며 물이 약간 많은 편이고 제면할 때 면끼리 붙으며 끝이 약간 휘어짐. 물 양 62%일 때 반죽은 말랑하며 제면성 좋음. 물 양 60%일 때 반죽은 말랑하였고 얇은 면형성을 할 때 약간 갈라짐이 있었지만 제면성은 좋음. 물 양 58%일 때 반죽은 약간 단단하고 갈라짐이 있었고 얇은 면형성도 잘 되지 않았지만 제면성은 좋음. 따라서 물 양 62%를 최적조건이라고 할 수 있음.

표 1-10. EMB30U 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가





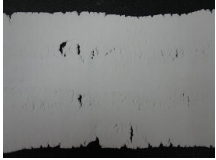
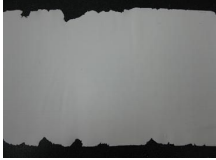


























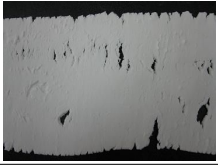


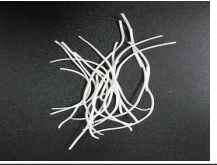
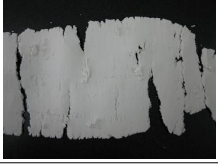



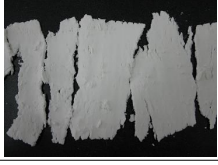



물양 (%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
60				
58				
56				

표 1-11. PMC40H 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물양 (%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
64				
62				
60				
58				

- o 표 1-12는 MC40H의 첨가량을 3%로 고정하여 물 양을 변화시켜 가면서 제조한 쌀 반죽에 대해 성능평가한 결과임. 물 양 64%일 때 반죽은 말랑하며 물이 약간 많은 편이고 제면할 때 면끼리 붙으며 끝이 약간 휘어짐. 물 양 62%일 때 반죽은 말랑하며 물이 약간 많은 느낌이었지만 제면성 좋음. 물 양 60%일 때 반죽은 말랑하였고 얇은 면형성에서 약간 갈라짐이 있었지만 제면성은 좋음. 물 양 58%일 때 반죽은 약간 단단하고 갈라짐이 있었고 얇은 면형성도 잘 되지 않았지만 제면성은 좋음. 따라서 반죽성, rolling성, 제면성을 모두 고려하였을 때 물 양 62%를 최적조건이라고 할 수 있음.

표 1-12. MC40H 3% 첨가에 따른 물 양별 쌀반죽의 제면성 평가

물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
64				
62				
60				
58				

- o 표 1-13~16은 각각의 셀룰로오스 에테르의 첨가량, 물 양별 최적조건이 확립된 후 치환도 및 치환체, 분자량별 반죽성, rolling성, 제면성을 비교하여 정리한 결과임. 결과를 통하여, 셀룰로오스 에테르의 치환도, 치환체 및 분자량이 반죽성, rolling성, 제면성에 주는 영향을 살펴보았음.
- o 표에서 보는 바와 같이, 셀룰로오스 에테르 치환도 및 치환체별로 쌀반죽의 성능에는 다소 변화가 있었으나, 셀룰로오스 에테르의 점도에 따라 쌀반죽의 성능은 가장 큰 변화가 있었고, 점도가 증가할수록, 성능은 향상되는 것으로 나타나, 고점도 제품(60,000 cps)의 셀룰로오스 에테르를 활용하는 것이 가장 바람직할 것으로 생각됨.

표 1-13. 치환체별 고점도 셀룰로오스 에테르 제품이 첨가된 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성

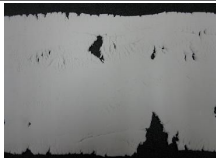



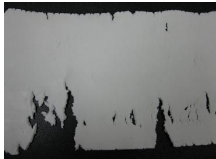


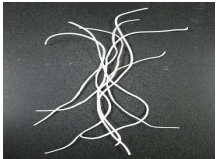
제품 첨가량 물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
PMC 60U 3% 58%				
EMB 60U 3% 58%				

표 1-14. 치환도 및 치환체별 중점도 셀룰로오스 에테르 제품이 첨가된 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성

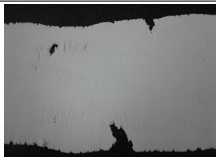











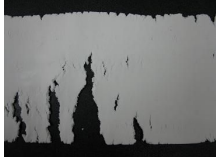



제품 첨가량 물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
PMC 30U 3% 60%				
PMB 30U 3% 60%				
PMH 9860N 3% 58%				
EMB 30U 3% 58%				

표 1-15. 치환체별 저점도 셀룰로오스 에테르 제품이 첨가된 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성




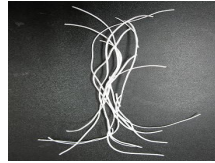





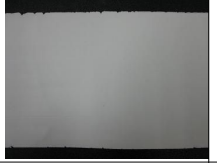










제품 첨가량 물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
PMC 40H 3% 62%				
MC 40H 3% 62%				

표 1-16. 셀룰로오스 에테르 분자량에 따른 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성

제품 첨가량 물 양(%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
PMC 60U 3% 58%				
PMC 30U 3% 60%				
PMC 40H 3% 62%				

- o 전체적으로는 쌀만으로는 반죽자체가 되지 않을 정도로 국수를 제조하기 위한 성능이 매우 부족한 쌀에 대해서, 다양한 제품의 셀룰로오스 에테르를 사용함으로써, 반죽성, rolling성, 제면성이 우수한 쌀반죽을 제조하는데 성공했음.

o 표 1-17~19는 제면하여 얻은 면의 강도가 약하여 강도를 높이기 위해 카르복시메틸셀룰로오스(CMC)와 잔탄검을 셀룰로오스 에테르와 혼합하여 물 양을 조절하여 반죽성, rolling성, 제면성을 평가한 결과임. 카르복시메틸셀룰로오스를 첨가한 경우, 쌀 반죽이 약간 단단했지만 반죽느낌은 좋았음. 그러나, 얇은 면 형성이 잘 이루어지지 않았고 제면할 때 카르복시메틸셀룰로오스 첨가 전보다 수분기가 없어서 손으로 만지면 쉽게 부서지는 단점을 보였음. 전체적으로는 카르복시메틸셀룰로오스와 잔탄검을 셀룰로오스 에테르에 첨가하여 혼합비와 물 양을 조절하여도 반죽성은 저하된 반면, 면의 건조성이나 건면의 강도는 개선되지 않아 셀룰로오스 에테르에 카르복시메틸셀룰로오스나 잔탄검을 혼합하는 것은 물성개선에 도움이 되지 않는 것으로 생각됨.

표 1-17. PMC60U와 CMC의 첨가비율에 따른 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성 (물 양 : 58%)

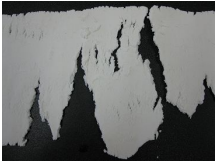


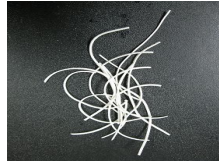
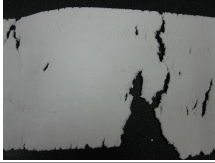



PMC60U/ CMC 비율	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
70/30				
80/20				

표 1-18. PMC60U와 잔탄검의 첨가비율에 따른 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성 (물 양 : 58%)





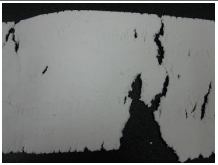











PMC60U/ 잔탄검 비율	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
70/30				

표 1-19. PMC60U와 CMC의 혼합비 80/20일 때 물 양의 따른 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성평가

물 양 (%)	rolling성, 제면성			건조 후
	롤러 1회 통과	최종 롤러 통과후	제면	
58				
62				
64				

- o 표 1-17과 1-18 결과는 정해진 물 양에서의 평가결과이므로, 물 양을 변화시켰을 때, CMC 혼합에 따른 쌀반죽 성능의 개선이 가능한지 평가하기 위하여 물량을 변화시켜가면 쌀반죽 성능평가를 한 후 그 결과를 표 1-19에 나타내었음. 그러나, 물량 변화에 따라 CMC 혼합에 따른 쌀 반죽 개선은 나타나지 않았음.
- o 지금까지의 결과를 요약하면, 물 양이 어느 정도 적당하면 반죽성, rolling성, 제면성이 좋지만 물 양이 적으면 반죽이 단단하고 얇은 면 형성이 잘 되지 않지만 제면성은 좋은 반면, 물 양이 많으면 반죽은 끈적이며 제면할 때 면끼리 붙기도 하고 면이 굵고 구불거리는 문제가 있음.
- o 셀룰로오스 에테르 제품들을 첨가한 쌀반죽의 texture 및 rheology를 평가하기 위해 압축 (compression test) 및 접착 시험 (adhesion test)을 행하였음.
- o 압축 시험 결과, 고점도 셀룰로오스 에테르 제품 (60,000 cps)의 경우, HPMC 및 HEMC 제품간 차이가 거의 없는 것으로 나타났음 (그림 1-17). 한편, 중점도 셀룰로오스 에테르 제품 (30,000 cps)의 경우, EMB30U > PMH 9860N > PMB30U > PMC30U 순으로 쌀반죽의 압축강도가 감소하는 것으로 나타나, 치환체 및 치환도에 따라 쌀반죽의 압축강도에 차이가 있는 것으로 나타났음. (그림 1-18). 또한, 저점도 셀룰로오스 제품(4,000 cps)의 경우, PMC40H와 MC40H간 압축강도면에서 차이가 거의 없는 것으로 나타났음.
- o 이러한 결과는 셀룰로오스 에테르 제품의 수용액 결과와 유사한 결과임. 즉, 유변물성이 유사했던 고점도 및 저점도 치환체 및 치환도 제품들은 이들을 첨가한 쌀반죽도 유사한

유변물성 및 압축강도를 보였음. 반면, 중점도 제품들의 경우에는 유변물성도 다소 차이가 있었는데, 쌀반죽의 압축강도에도 차이를 보이고 있음. 특히 EMB 30U의 경우, 수용액 상태의 점도가 가장 높았는데, EMB 30U가 포함된 쌀 반죽도 가장 높은 압축강도를 보였음.

- 또한, 분자량(점도)별 HPMC 제품들이 첨가된 쌀반죽의 압축강도 결과에서도 (그림 1-20), 비슷한 경향을 보였음. 즉, HPMC 수용액의 점도가 높은 제품일수록, HPMC가 첨가된 쌀반죽의 압축강도가 증가하는 결과를 보였음. 또한, 치환도, 치환체보다는 분자량(점도)가 쌀반죽의 압축강도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났음.

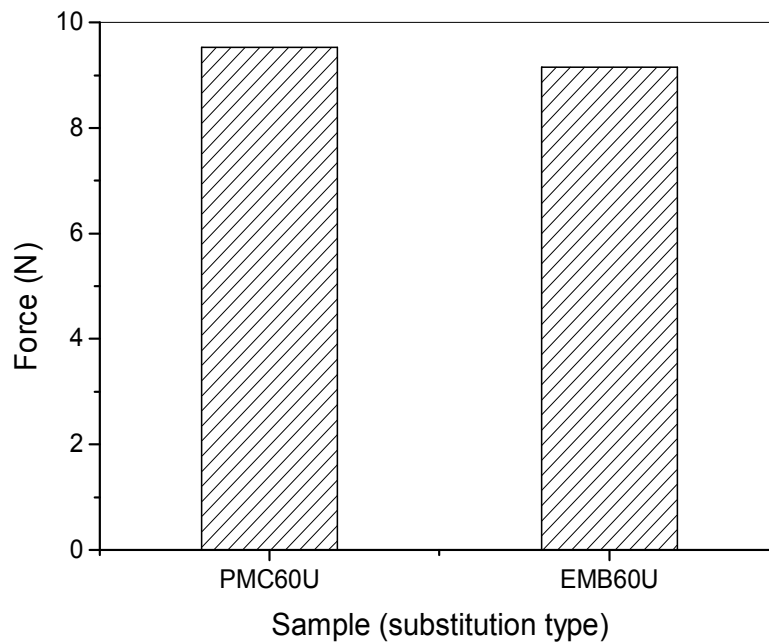


그림 1-17. 고점도 HPMC 및 HEMC 제품들이 3%첨가된 쌀반죽의 압축강도

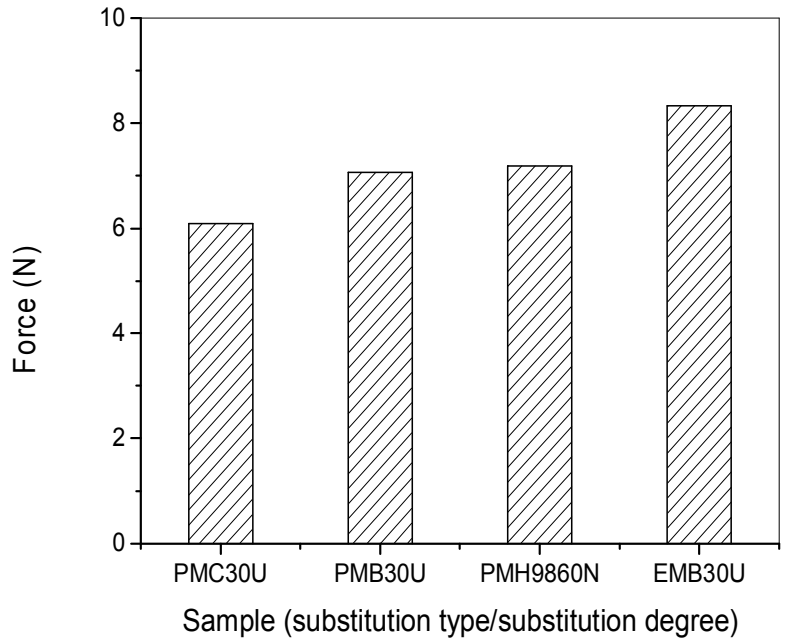


그림 1-18. 중점도 HPMC 및 HEMC 제품들이 3%첨가 된 쌀반죽의 압축강도

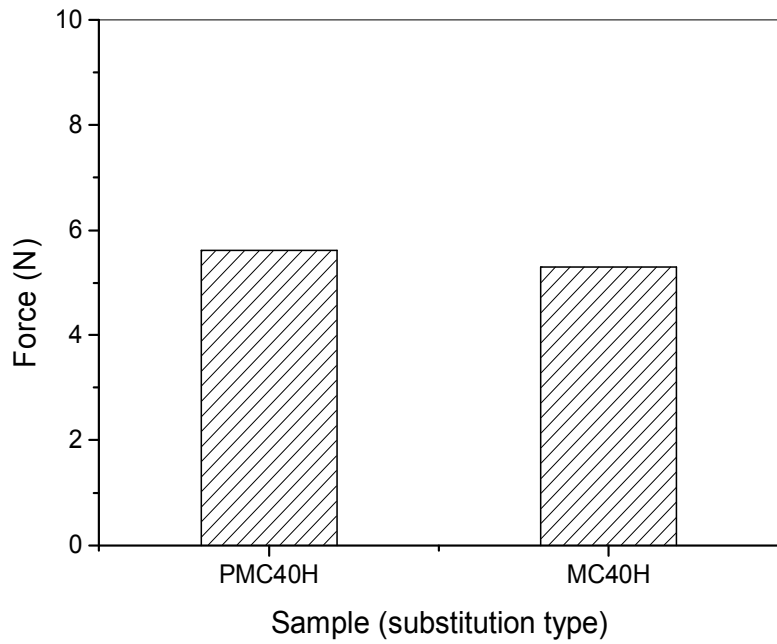


그림 1-19. 저점도 HPMC 및 HEMC 제품들이 3%첨가 된 쌀반죽의 압축강도

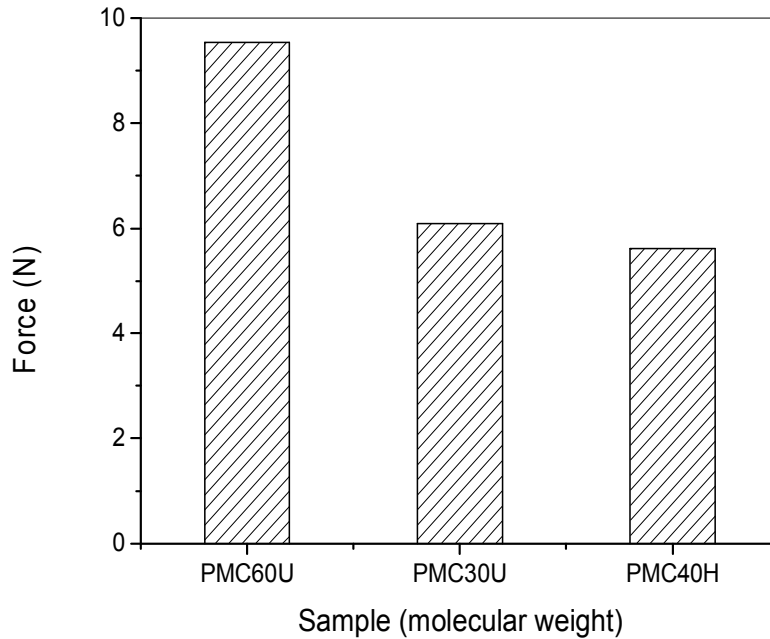


그림 1-20. 분자량(점도)별 HPMC 제품이 3%첨가된 쌀 반죽의 압축강도

- 접착시험(adhesion test)결과, 고점도의 셀룰로오스 에테르 제품이 첨가된 쌀반죽의 접착력은 치환체 종류 (HPMC, HEMC)에 따라 차이가 크지 않은 것으로 나타나 압축강도의 결과와 유사한 결과를 보였음 (그림 1-21).
- 중점도 셀룰로오스 에테르 제품이 첨가된 쌀반죽의 경우, 압축강도 결과와 마찬가지로 제품의 치환도별 차이가 나타났음. 접착력의 경우에도 압축강도 결과와 마찬가지로 EMB30U를 첨가했을 때 쌀 반죽간 접착력이 가장 높은 것으로 나타났으나, 특이한 것은 PMB30U를 첨가한 쌀 반죽의 접착력이 EMB30U에 근접할 정도의 큰 값을 보였다는 것임 (그림 1-22).
- 저점도 셀룰로오스 에테르 제품이 첨가된 쌀반죽의 경우, 수용액의 유변물성과 쌀반죽의 압축강도 결과와는 달리, 치환체에 따른 효과가 크게 나타났음. 특히, 메틸셀룰로오스(MC)인 MC40H 제품을 첨가한 경우, 쌀 반죽간 접착력이 매우 큰 것으로 나타났음. MC40H의 점도가 4,000 cps임에도 불구하고, 점도가 30,000 cps의 PMC30U 및 PMH 9860N과 동등이상의 접착력을 보였다는 사실은, 메틸셀룰로오스 제품의 경우, 쌀 반죽의 접착력을 증진시킬 수 있다는 점에서 쌀반죽의 접착력을 향상시키고자 할 때, 메틸셀룰로오스 제품을 유용하게 활용할 것으로 생각됨 (그림 1-23).
- 한편, 분자량별 셀룰로오스 에테르 제품이 첨가된 쌀반죽의 접착력을 측정된 결과, 분자량(점도)가 증가할수록, 접착력이 증가하는 경향을 보였고, 전체적으로는 치환체 및 치환도 효과보다 분자량에 따른 접착력 변화가 큰 것으로 나타났음 (그림 1-24).

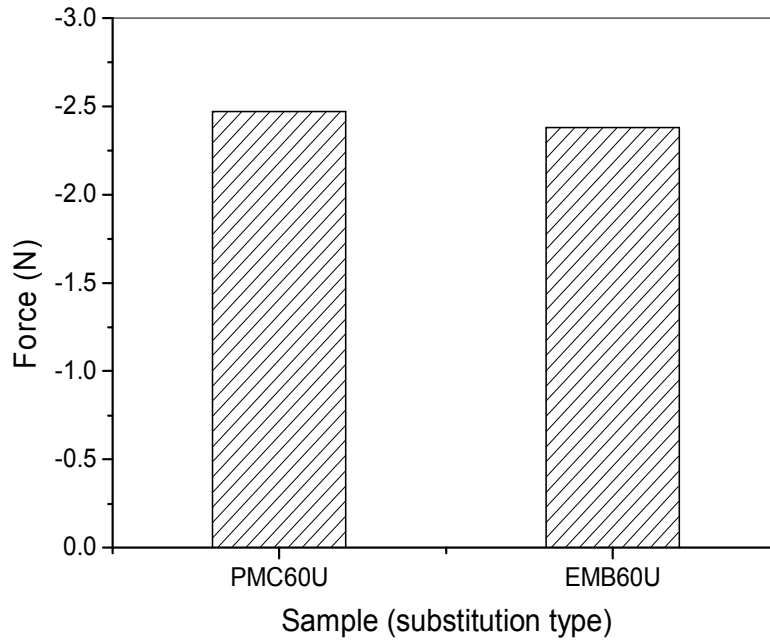


그림 1-21. 고점도 HPMC 및 HEMC 제품들이 3%첨가된 쌀반죽의 접착력

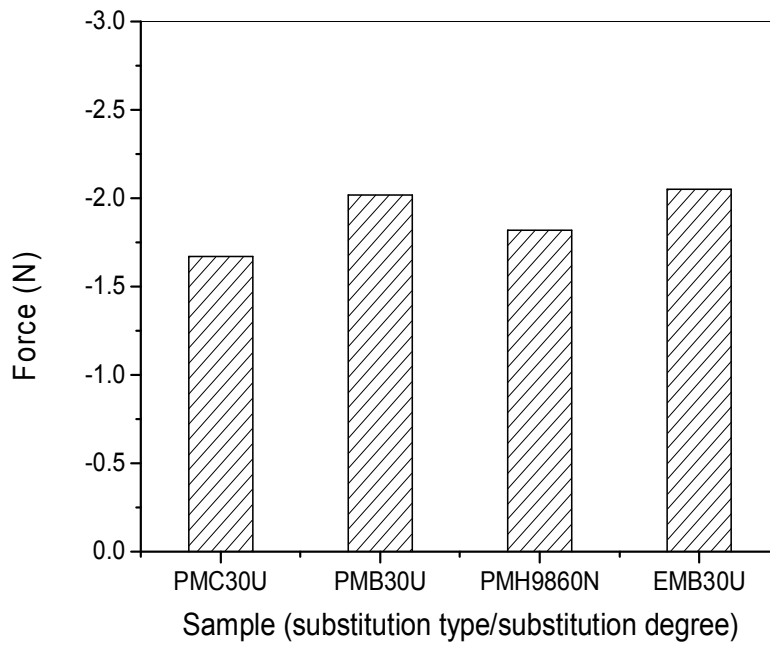


그림 1-22. 중점도 HPMC 및 HEMC 제품들이 3%첨가된 쌀반죽의 접착력

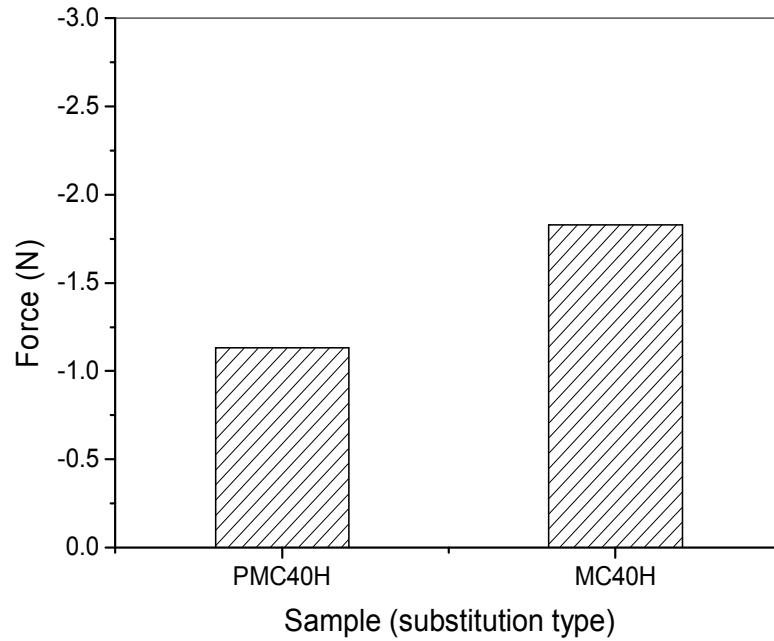


그림 1-23. 저점도 HPMC 및 HEMC 제품들이 3%첨가된 쌀반죽의 접착력

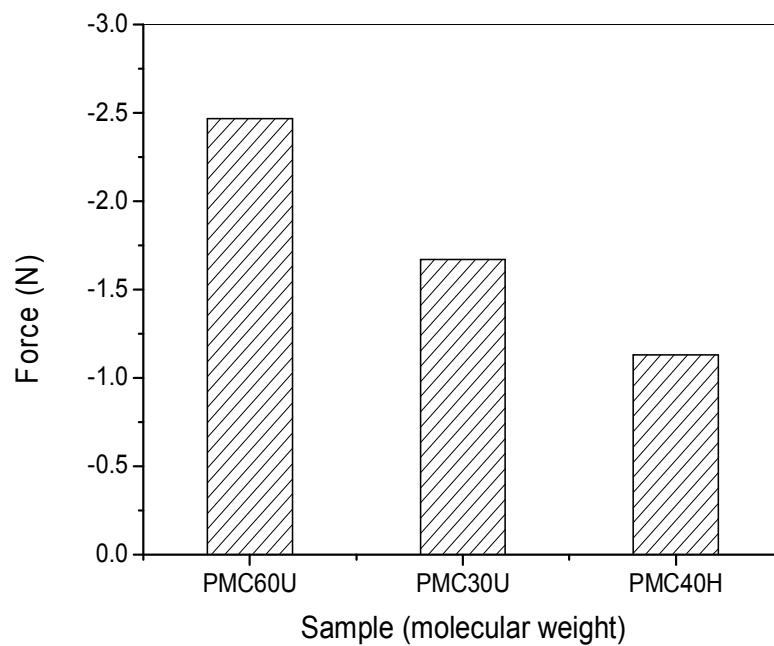


그림 1-24. 분자량(점도)별 HPMC 제품이 3%첨가된 쌀반죽의 접착력

- o 바이오 폴리머가 함유된 쌀반죽의 rheology, texture를 평가해본 결과에서는 셀룰로오스 에테르 제품의 치환체나 치환도 효과보다는 점도가 이들 성능들을 가장 크게 변화시켰으므로, 점도 제품을 활용하여 쌀반죽의 성능개선을 할 필요가 있음. 특히하게 MC40H 제품이 접착력 증진에 도움이 되므로, 저점도 제품이 필요한 경우, MC40H 제품이 유용하게 활용가능할 수 있음.

다. 바이오폴리머가 함유된 건면의 성능평가

1) 실험 방법

- 쌀국수 건면의 굽힘강도를 측정하기 위해 컴퓨터식 인장시험기 (OTT-0003, 오리엔탈, Korea)를 사용하여 건면의 길이를 5cm로 준비한 후 샘플 당 10개씩 측정하여 평균값을 구했음.
- 쌀국수 건면의 형태학적 구조를 평가하기 위해 디지털 현미경 (Asker, Toolis, Korea)으로 건면 4개를 랜덤 채취하여 표면, 단면을 촬영하였음.

2) 연구 결과

- 고점도 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀국수 건면의 굽힘강도는 HPMC 및 HEMC 제품 간의 차이는 작았으나, EMB60U가 약간 높은 강도를 나타내었음 (그림 1-24).
- 중점도 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀국수의 경우에는 치환도에 따라, 상당 부분 굽힘 강도에 차이가 있었는데, PMB30U와 EMB30U가 가장 높은 굽힘강도를 나타내었고, 이는 반죽성 부분에서 나타난 접착력과 유사한 경향으로 반죽상태에서의 접착력이 면의 굽힘강도에 큰 영향을 주는 것으로 생각됨 (그림 1-25).
- 저점도 셀룰로오스 에테르의 경우에는, MC40H가 PMC40H보다 높은 굽힘강도값을 나타내었음. 이는 반죽상태의 접착력과 유사한 경향으로, 중점도 셀룰로오스 에테르에서 나타난 결과와 마찬가지로, 반죽상태에서의 접착력이 건조된 면의 굽힘강도에 큰 영향을 주는 것을 재확인 할 수 있었음 (그림 1-26).
- 분자량별 HPMC 제품의 쌀 건면의 굽힘강도에 주는 영향을 살펴본 결과, 분자량이 증가할수록 쌀 건면의 굽힘강도가 증가하는 것으로 나타났음 (그림 1-27). 이는 앞서 나타난 바와 같이, 분자량이 증가함에 따라 용액상태의 점성이 증가하고, 그 결과 쌀반죽 상태에서의 접착력이 증가하여, 쌀 건면의 굽힘강도가 증가하는 것으로 생각됨.
- 쌀 건면 강도 측정결과, 분자량이 높은 고점도의 쌀 건면에서 굽힘강도가 증가하는 경향을 보였고, 중점도의 경우, 치환도에 따라서 굽힘강도의 조절이 가능함을 확인하였으므로, 최종 산업화 시점의 상황에 따라, 이러한 특성을 활용할 필요가 있다고 생각됨.

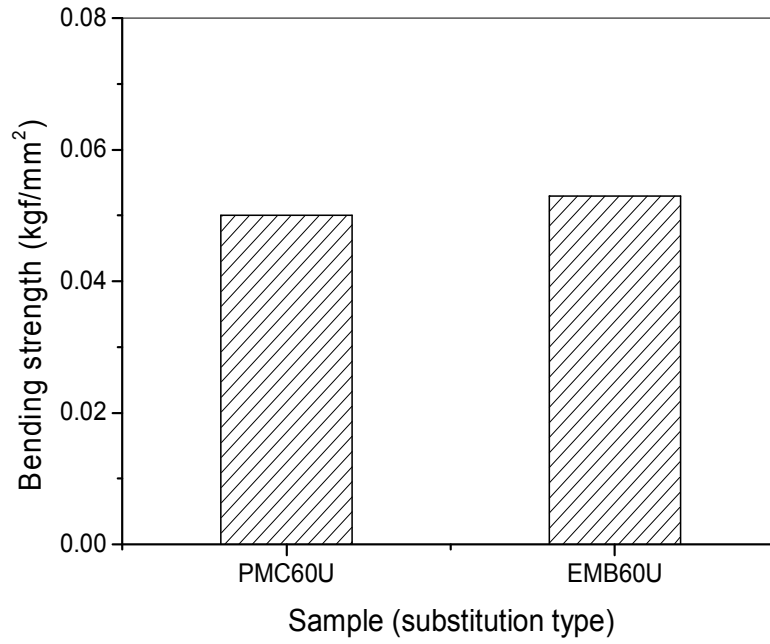


그림 1-24. 고점도 HPMC 및 HEMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘강도

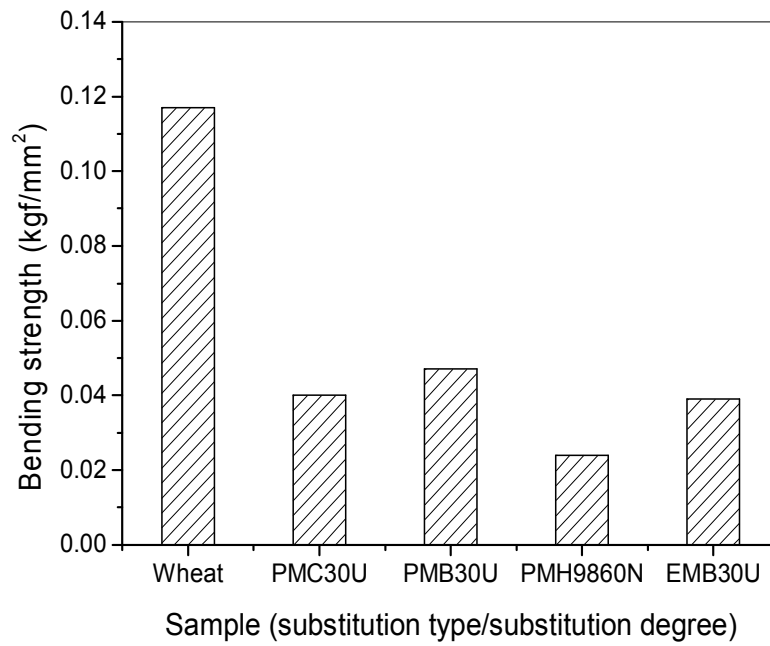


그림 1-25. 중점도 HPMC 및 HEMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘강도

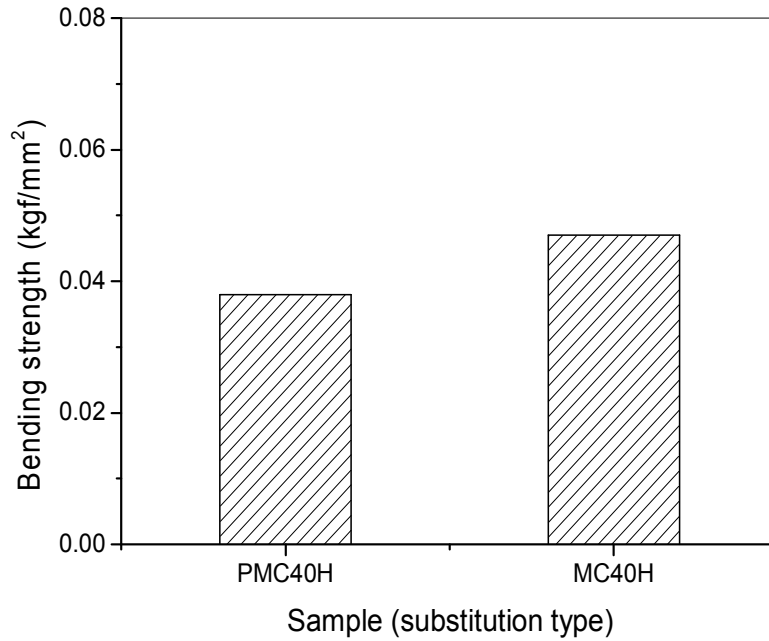


그림 1-26. 저점도 HPMC 및 HEMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘강도

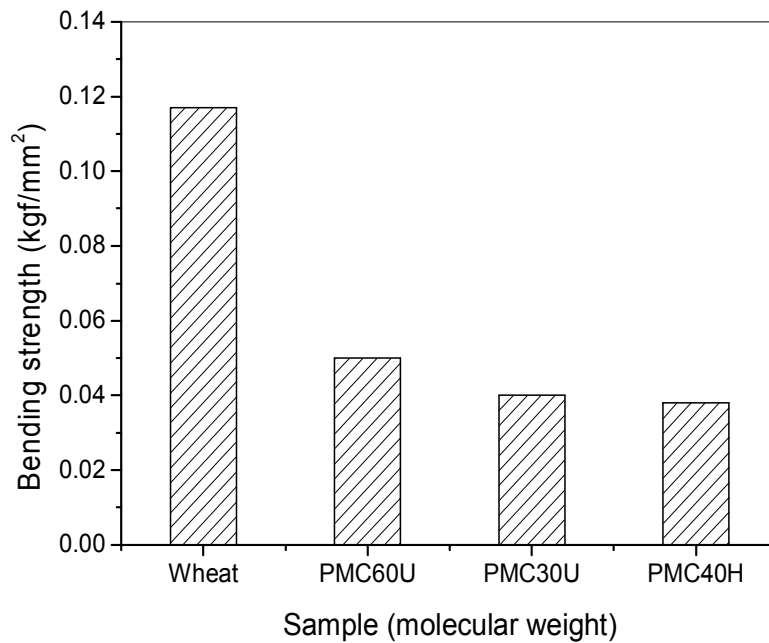


그림 1-27. 분자량별 HPMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘강도

- o 쌀 건면의 굽힘신도를 측정해 본 결과 (그림 1-28~31), 굽힘강도의 결과와 반대의 경향을 나타냈음. 즉, 분자량이 증가할수록, 쌀 건면의 굽힘신도는 감소하였고, 굽힘강도가 높게 나타났던 셀룰로오스 에테르 치환체 및 치환도 제품에서 상대적으로 낮은 굽힘신도 값을 나타내었음.

- o 실제 산업화시, 쌀 건면의 굽힘강도 못지않게 굽힘신도는 중요한 특성임. 즉, 굽힘신도가 작으면 작은 구부림에도 쉽게 부러지게 됨. 따라서, 산업화시 요구되는 특성에 맞게 굽힘 강신도를 조절하기 위해, 다양한 셀룰로오스 점도, 치환체, 치환도 제품들을 활용할 필요가 있다고 생각됨.

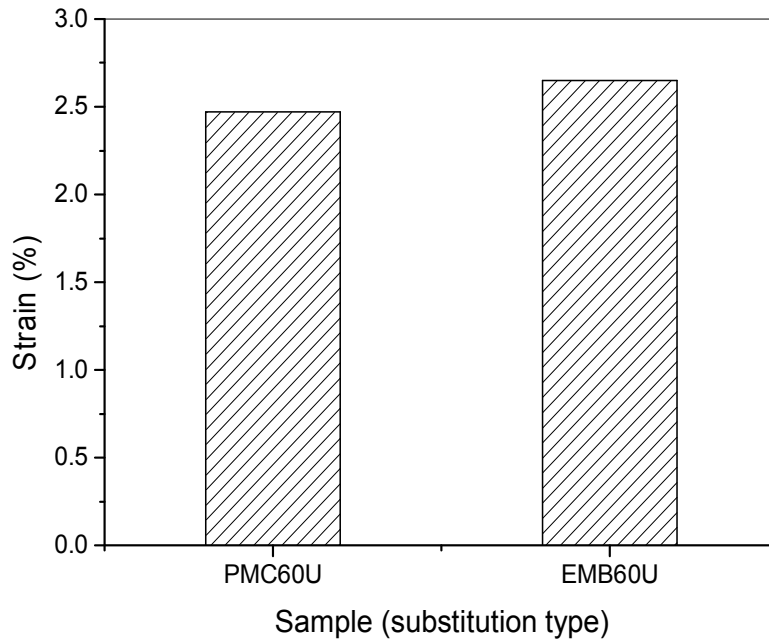


그림 1-28. 고점도 HPMC 및 HEMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘신도

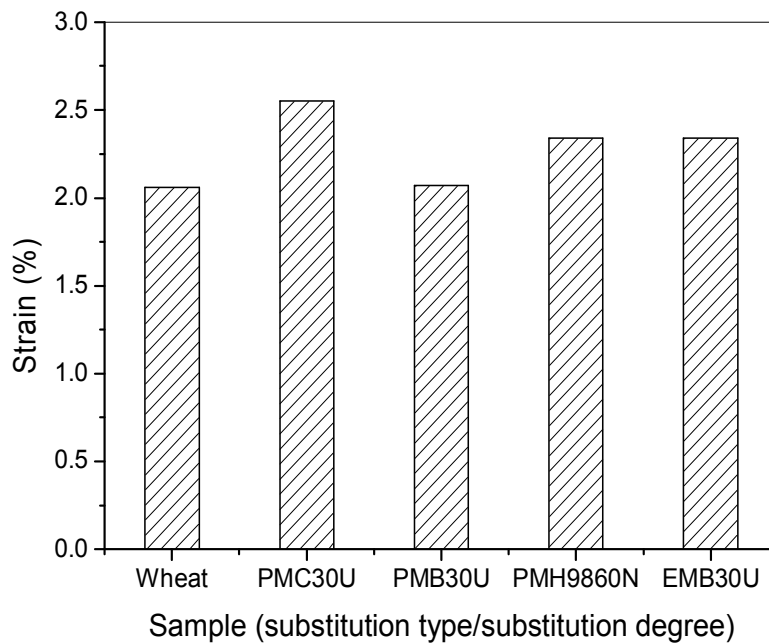


그림 1-29. 중점도 HPMC 및 HEMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘신도

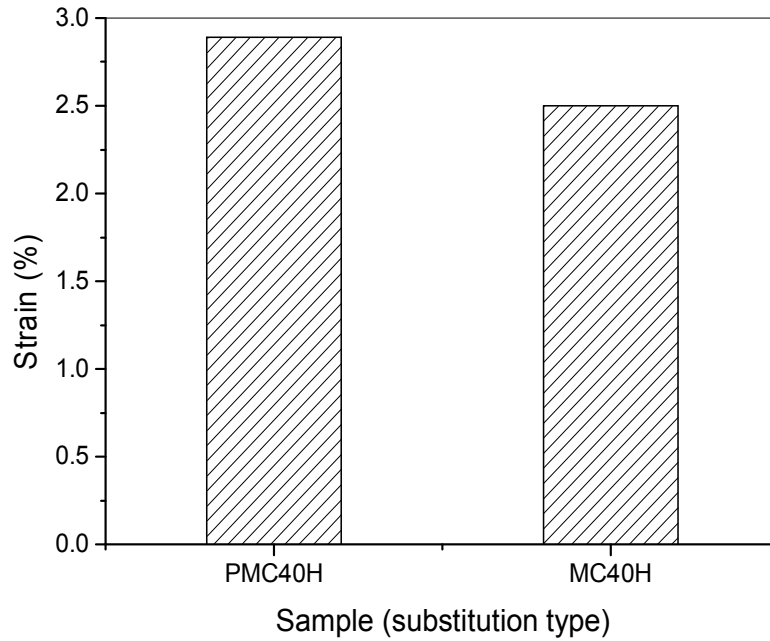


그림 1-30. 저점도 HPMC 및 HEMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘신도

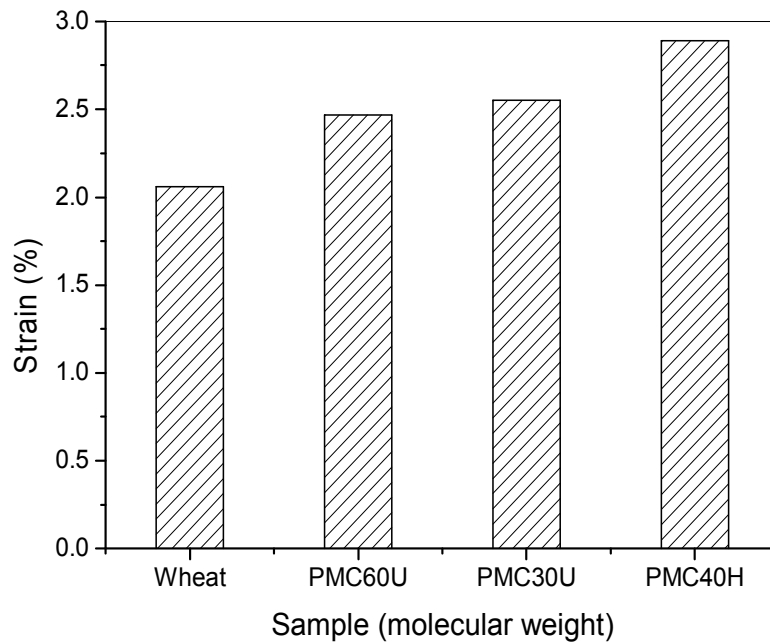


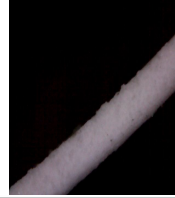




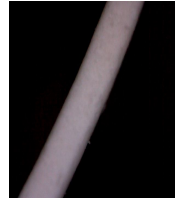









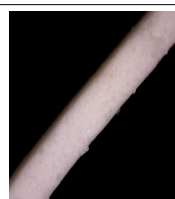
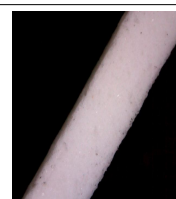

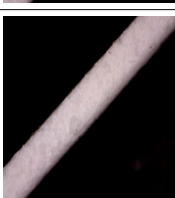
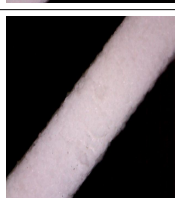
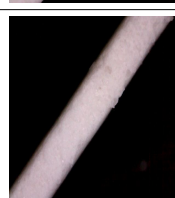

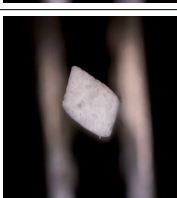
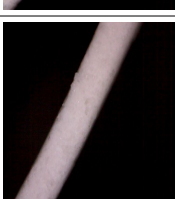
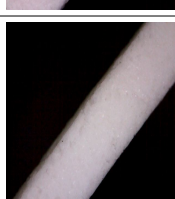
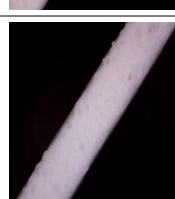
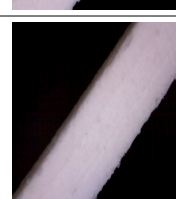
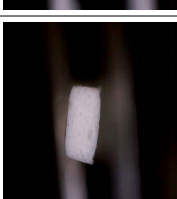
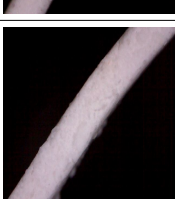
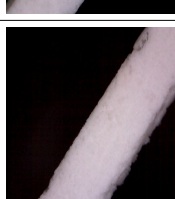
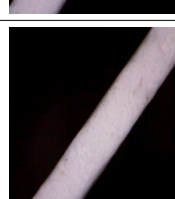
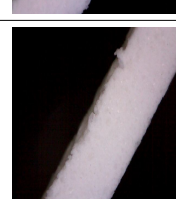
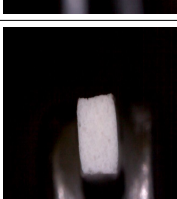
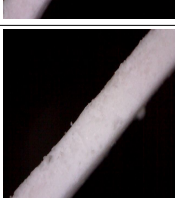
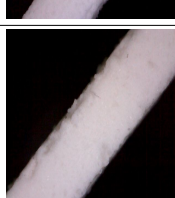
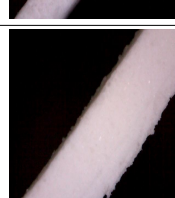
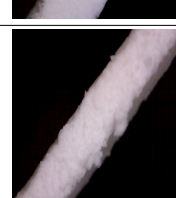



그림 1-31. 분자량별 HPMC 제품을 3%첨가한 쌀 건면의 굽힘신도

o 표 1-20은 쌀 건면의 형태학적 구조를 나타낸 것으로 건면의 표면, 단면을 촬영한 결과임. 거의 모든 샘플에 대해서 표면과 단면에서 약간의 울퉁불퉁한 부분이 나타났으나 대체적으로 매끈한 편이었으며 PMC40H와 MC40H의 경우 다른 샘플에 비해 점도가 낮고 물 양이 많기 때문에 표면이 매끈하지 못한 결과를 보였음.

표 1-20. 쌀 건면의 표면, 단면의 형태학적 구조

셀룰로오스 에테르 종류	표면 사진				단면 사진
PMC60U					
EMB60U					
PMC30U					
PMB30U					
PMH 9860N					
EMB30U					
PMC40H					
MC40H					

2. 제 2세부과제 : 바이오폴리머를 이용한 쌀빵의 가공성 최적화 연구

- 현재 시판되고 있는 쌀가루 프리믹스로써 제조되는 쌀빵의 경우에, 반죽 시 믹싱·발효·굽기를 최대한 양호한 조건으로 적용하면, 우선은 볼륨감이 좋은 빵이 만들어지는데, 구조력이 약하여 금방 주저앉아 쭈글쭈글한 빵으로 성형이 되는 특성이 있기 때문에 시판되고 있는 쌀빵의 경우에도 식빵 및 바게트 빵 등의 제조는 불가능하고, 모닝빵, 봉지빵 등 제한된 형태로만 제조되고 있는 실정임.
- 따라서, 본 과제의 제 2세부과제에서는 인디카 품종의 쌀가루에 3 %의 바이오폴리머(HPMC) 만을 첨가하여 쌀빵을 제조한 경험을 토대로, 시판 쌀가루에 유변물성이 다른 6 종류의 HPMC를 글루텐 대체제로 사용하면서 순 쌀빵 가공적성을 검정하여, 글루텐 대체제로 적합한 유변물성을 가지는 HPMC를 선별하고, 선별된 HPMC로써 성형성 및 기호성이 우수한 베이커리 제품을 생산하고 산업화할 필요성에서, 우선, 시판되는 쌀을 구입하여, 습식제분 후 HPMC를 사용에 의한 쌀 식빵, 바게트빵 등을 제조하였음.
- 그러나, 결과물으로써 제시하여, 상품화하기에는 가공적성에서 부정적인 결과를 얻었기 때문에, 개발하고자하는 빵 종류를 발효빵이 아닌 속성빵, 즉, 잉글리쉬 머핀으로 개발하고자 하였음.
- 잉글리쉬 머핀은 샌드위치 빵의 재료로 활용될 수 있는 제품이므로, 다양한 소재로써 샌드위치의 속을 채운 쌀빵 샌드위치는 밥을 주식으로 하는 우리 한국인의 기호도에 긍정적인 점으로 작용할 수 있을 것이라는 의미에서 대량 소비 유도를 기대할 수 있을 것임.
- 이에, 글루텐 대체제로써의 HPMC와 난백거품을 혼합하여 사용하는 방법을 개발하면서, HPMC 단독이 아닌 난백 거품과 혼용을 기본으로 하는 순쌀빵(머핀)의 제빵성에 대한 가공적성 검정을 수행하였음.

가. 쌀빵 혼합반죽의 망상구조 형성능 평가

(1) 실험 방법

- 망상구조 형성능은 Kim과 Imm(2004) 그리고 Phillips 등(1987)의 방법을 일부 수정한 것으로써, 쌀빵 혼합 반죽성분 중 난백과 5종류의 HPMC의 농도를 각각 0.5 %, 1 %, 1.5 % 로써 적절한 양을 혼합한 것 200 g을 10분 동안 제과용 mixer(Model K5SS, Kitchen Aid Inc., Detroit, MI, USA)의 최대속도에서 whipping하여 형성된 100 mL의 무게를 각각 측정하면서 망상구조 형성능을 overrun(%)으로 각각 나타내었음.

$$\text{Overrun}(\%) = \frac{\text{혼합재료 100 mL의 무게} - \text{혼합반죽 100 mL의 무게}}{\text{혼합반죽 100mL의 무게}} \times 100$$

2) 연구 결과

- o 속성빵인 머핀의 경우, 빵 조직감 또는 성형전 반죽의 망상구조 형성을 위한 소재는 난백 거품 및 밀가루 글루텐임. 본 과제에서는 밀가루가 아닌 쌀가루에 글루텐 대체소재로써 바이오폴리머를 사용하는 것임.
- o 그러므로, 쌀가루로써 바람직한 머핀 반죽의 망상구조 형성이 가능하기 위해서는, 우선 난백과 바이오폴리머들의 혼합사용 시 망상구조 형성(기포형성성, 기포안정성)의 적합성 여부를 검정 할 필요성이 있음.
- o 본 과제를 통하여 쌀빵의 제조에 활용하고자하는 바이오 폴리머 단독으로 망상구조 형성능을 비교한 결과(표 2-1, 그림 2-1), EMB 70U은 1 % 농도에서, 그리고 EMB 25U, PMB 30U 및 PMC 30U 등은 0.1 % 농도에서 난백 단독의 경우 보다 우수한 것을 알 수 있었음.

표 2-1. Effect of different molecular weight with HPMC on overrun

Sample	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white		806.21	
EMB 70U (E8)	571.60	782.13	850.97
EMB 25U (E7)	861.18	771.40	609.32
PMB 30U (P1)	864.07	728.41	687.99
PMC 30U (P2)	839.03	708.14	603.13
PMC 40H (P3)	587.52	582.57	284.76
PMC 60U (P4)	765.43	746.91	639.34
PMH 9860N (P5)	603.84	714.31	498.58
MC 40H (M6)	482.23	449.53	244.38
K15H (K9)	543.04	541.37	393.83

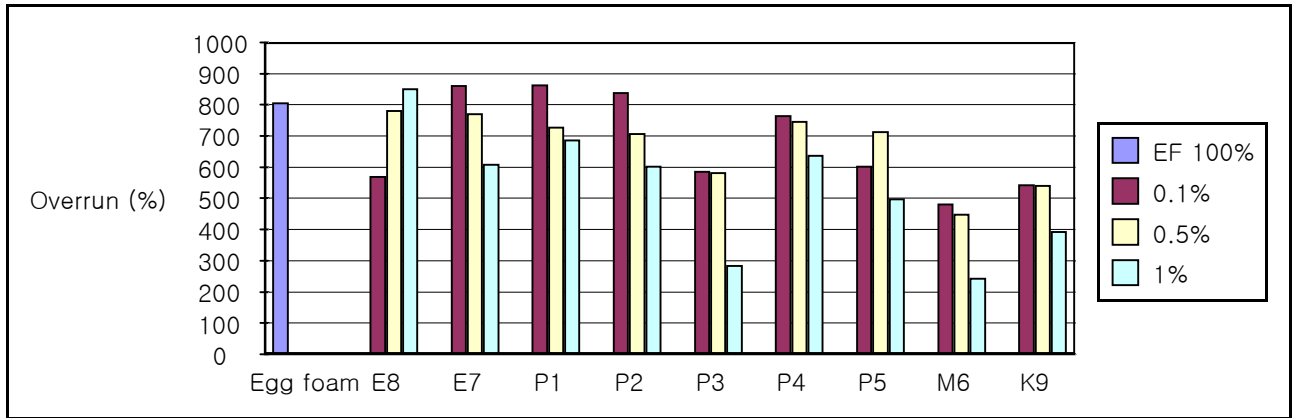


그림. 2-1. Effect of different molecular weight with HPMC on overrun

- o 이에, 난백액과 검정하고자하는 바이오폴리머들의 적정 사용농도를 결정하기 위해서 바이오 폴리머 액의 농도를 0.1 %, 0.5 %, 1 %로 하고, 이들과 난백과의 혼합비를 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 7:2, 9:1 등으로 망상구조 형성성을 바이오폴리머 별로 검정 비교 하여 표 2-2부터 2-10까지 각각 나타내었음.
- o 난백 단독으로 형성하는 망상구조(기포형성)의 경우 806이었고, 바이오폴리머 EMB 70U와 혼합사용하여 망상구조를 형성시키는 경우에는, 바이오폴리머 EMB 70U를 1%로 하여 난백과의 혼합시 그 형성성이 좋아지는 것을 알 수 있었으며, 바이오폴리머 EMB 70U를 0.5 % 및 0.1 %의 농도는 망상구조 형성을 오히려 방해하고 있음을 알 수 있었음.
- o 한편, EMB 25U, PMB 30U, PMC 30U의 경우에는 고농도 보다는 0.1 %의 농도가 오히려 망상구조 형성에 유리한 결과를 얻었음 (표 2-3, 2-4, 2-5).

표 2-2. Changes in overrun of EMB 70U (E8) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
E8 10% + egg white 90%	776.88	803.80	810.22
E8 20% + egg white 80%	749.88	801.39	814.32
E8 30% + egg white 70%	722.85	798.98	818.52
E8 40% + egg white 60%	697.92	796.57	822.82
E8 50% + egg white 50%	674.23	794.16	827.23
E8 60% + egg white 40%	651.70	791.75	831.74
E8 70% + egg white 30%	630.25	789.35	836.37
E8 80% + egg white 20%	609.79	786.94	841.12
E8 90% + egg white 10%	590.26	784.54	845.98
E8 100%	571.60	782.13	850.97

☒ 2-3. Changes in overrun of EMB 25U (E7) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
E7 10% + egg white 90%	811.61	802.51	782.38
E7 20% + egg white 80%	817.03	798.86	759.64
E7 30% + egg white 70%	822.47	795.26	737.91
E7 40% + egg white 60%	827.94	791.71	717.14
E7 50% + egg white 50%	833.42	788.21	697.25
E7 60% + egg white 40%	836.93	784.76	678.19
E7 70% + egg white 30%	844.46	781.35	659.92
E7 80% + egg white 20%	850.01	777.99	642.37
E7 90% + egg white 10%	855.59	774.68	625.52
E7 100%	861.18	771.40	609.32

☒ 2-4. Changes in overrun of PMB 30U (P1) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
P1 10% + egg white 90%	811.88	797.60	792.61
P1 20% + egg white 80%	817.58	789.19	779.46
P1 30% + egg white 70%	823.31	780.98	766.73
P1 40% + egg white 60%	829.06	772.96	754.41
P1 50% + egg white 50%	834.83	765.11	742.47
P1 60% + egg white 40%	840.63	757.44	730.90
P1 70% + egg white 30%	846.45	749.95	719.69
P1 80% + egg white 20%	852.30	742.61	708.81
P1 90% + egg white 10%	858.17	735.43	698.25
P1 100%	864.07	728.41	687.99

표 2-5. Changes in overrun of PMC 30U (P2) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg 100%		806.21	
P2 10% + egg white 90%	809.48	795.12	780.99
P2 20% + egg white 80%	812.76	784.36	757.09
P2 30% + egg white 70%	816.03	773.89	734.41
P2 40% + egg white 60%	819.31	763.72	712.86
P2 50% + egg white 50%	822.60	753.82	692.36
P2 60% + egg white 40%	825.88	744.19	672.82
P2 70% + egg white 30%	829.16	734.82	654.19
P2 80% + egg white 20%	832.45	726.69	634.40
P2 90% + egg white 10%	835.74	716.80	619.39
P2 100%	839.03	708.14	603.13

○ 그러나, PMC 40H, PMC 60U, PMH 9860N, MC 40H 및 K15H 등의 경우에는 난백과의 혼합사용에 의해서 망상구조 형성능이 오히려 낮아지고 있음을 알 수 있어(표 2-6, 2-7, 2-8, 2-9, 2-10), 쌀머핀 제조 시 바람직한 망상구조 형성에 활용할 수 없는 바이오 폴리머 종류라 할 수 있겠음.

표 2-6. Changes in overrun of PMC 40H (P3) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
P3 10% + egg 90%	777.26	776.71	696.34
P3 20% + egg 80%	750.25	749.23	610.54
P3 30% + egg white 70%	725.20	723.57	541.68
P3 40% + egg white 60%	701.70	699.56	485.20
P3 50% + egg white 50%	679.68	677.03	438.02
P3 60% + egg white 40%	659.00	655.87	398.03
P3 70% + egg white 30%	639.55	635.94	363.70
P3 80% + egg white 20%	621.21	617.14	333.91
P3 90% + egg white 10%	603.90	599.38	307.81
P3 100%	587.52	582.57	284.76

表 2-7. Changes in overrun of PMC 60U (P4) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
P4 10% + egg white 90%	795.64	794.89	781.00
P4 20% + egg white 80%	790.53	788.78	761.91
P4 30% + egg white 70%	785.89	782.88	743.85
P4 40% + egg white 60%	781.69	777.19	726.71
P4 50% + egg white 50%	777.93	771.69	710.42
P4 60% + egg white 40%	774.60	766.38	694.90
P4 70% + egg white 30%	771.69	761.26	680.09
P4 80% + egg white 20%	769.20	756.31	665.92
P4 90% + egg white 10%	767.11	751.53	652.35
P4 100%	765.43	746.91	639.34

表 2-8. Changes in overrun of PMH 9860N (P5) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
P5 10% + egg white 90%	782.15	796.80	765.14
P5 20% + egg white 80%	759.08	787.45	726.83
P5 30% + egg white 70%	736.94	778.14	691.03
P5 40% + egg white 60%	715.67	768.89	657.48
P5 50% + egg white 50%	696.05	759.67	625.98
P5 60% + egg white 40%	675.57	750.51	596.36
P5 70% + egg white 30%	656.63	741.39	568.44
P5 80% + egg white 20%	638.39	732.32	542.09
P5 90% + egg white 10%	620.81	723.29	517.17
P5 100%	603.84	714.31	498.58

표 2-9. Changes in overrun of MC 40H (M6) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
M6 10% + egg white 90%	760.22	753.63	685.28
M6 20% + egg white 80%	718.33	706.32	591.80
M6 30% + egg white 70%	680.01	663.52	517.39
M6 40% + egg white 60%	644.82	624.61	456.74
M6 50% + egg white 50%	612.40	589.08	406.36
M6 60% + egg white 40%	582.43	556.52	363.85
M6 70% + egg white 30%	554.64	526.56	327.50
M6 80% + egg white 20%	528.81	498.91	296.05
M6 90% + egg white 10%	504.73	473.31	268.58
M6 100%	482.23	449.53	244.38

표 2-10. Changes in overrun of K15H (K9) with egg white

Treatment	Overrun(%)		
	0.1	0.5	1
egg white 100%		806.21	
K9 10% + egg white 90%	764.16	762.34	728.89
K9 20% + egg white 80%	733.93	730.87	670.96
K9 30% + egg white 70%	705.39	701.56	620.59
K9 40% + egg white 60%	678.41	674.18	576.38
K9 50% + egg white 50%	652.86	648.55	537.24
K9 60% + egg white 40%	628.63	624.50	502.36
K9 70% + egg white 30%	605.62	601.87	471.05
K9 80% + egg white 20%	583.73	580.55	442.80
K9 90% + egg white 10%	562.90	560.42	417.18
K9 100%	543.04	541.37	393.83

o 이상의 결과, 쌀 머핀 제조 시 바람직한 망상구조 형성을 위한 소재로써 바이오 폴리머로는 EMB 70U, EMB 25U, PMB 30U, PMC 30U 등을 들 수 있으며, 이들의 적정 사용 농도를 확인하고자 EMB 70U의 경우에는 1 % 보다 고농도인 1.5 %, 2 %, 3 %로 각각 검토하였으나, 농도가 높아질수록 오히려 망상구조 형성능이 저하되고 있는 결과를 얻었음.

o 또한 EMB 25U, PMB 30U, PMC 30U 등은 0.1 %보다 저농도인 0.05 %로써 검토한 결과, 망상구조 형성능이 저하되는 결과를 얻었음 (표 2-11).

표 2-11. Overrun(foam volume) of various type of HPMC

		Overrun(%)						
Control(Egg white)		806.21						
Conc.		0.05	0.1	0.5	1	1.5	2	3
EMB 70U (E8)	-	571.60	782.13	850.97	411.91	204.60	55.03	
EMB 25U (E7)	523.42	861.18	771.40	609.32	-	-	-	
PMB 30U (P1)	510.97	864.07	728.41	687.99	-	-	-	
PMC 30U (P2)	476.89	839.03	708.14	603.13	-	-	-	
PMC 40H (P3)	-	587.52	582.57	284.76	-	-	-	
PMC 60U (P4)	-	764.43	746.91	639.34	-	-	-	
PMH 9860N (P5)	-	603.84	714.31	498.58	-	-	-	
MC 40H (M6)	-	482.24	449.53	244.38	-	-	-	
K15H (K9)	-	543.04	541.37	393.83	-	-	-	

Values are Mean±SD, n=3.

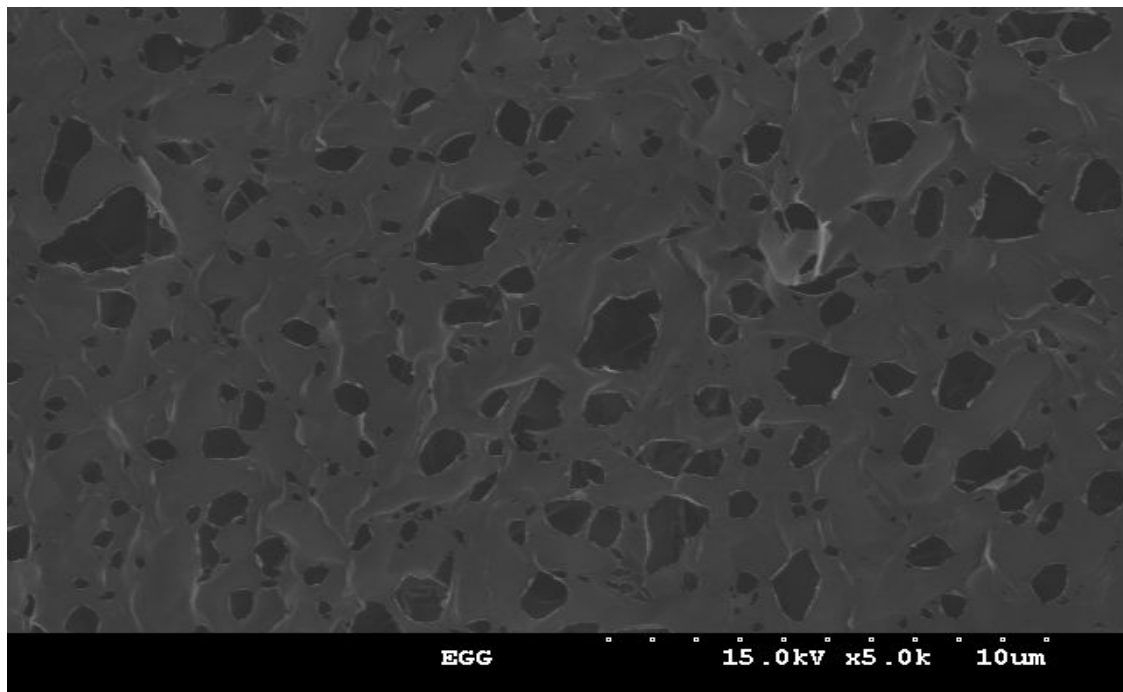


그림. 2-3. Network formation with Egg white

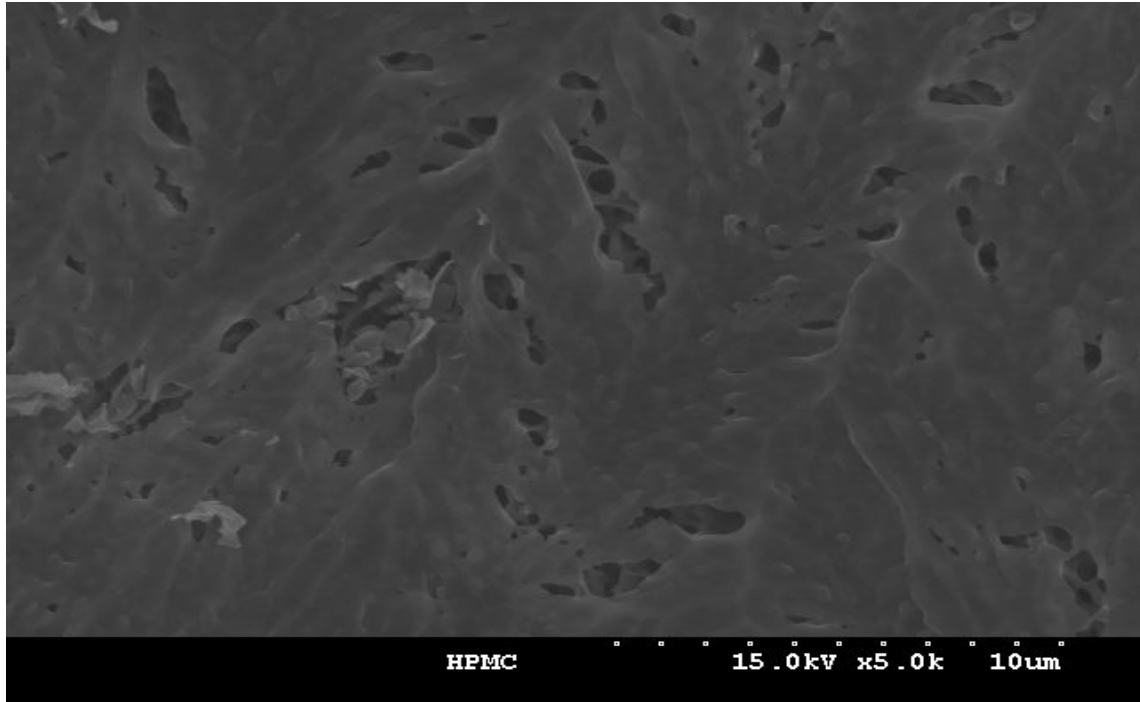


그림. 2-4. Network formation with Bio-polymer

- 쌀빵 반죽에서의 망상구조 형성에 관여할 단백질과 바이오폴리머에 의해서 형성되는 망상구조의 차이를 비교하기 위하여, 각각의 반죽 0.2 g을 vacuum tray freeze dryer에서 급속 동결 진공 건조한 후 ion spotter에서 60초간 도금(Pt)한 후 주사 전자현미경(S-4200, Hitachi, Japan)을 10000배 확대하여 비교한 결과, 반죽의 망상구조 형성성은 유사하지만, 망상구조의 조직은 상이함을 알 수 있었음.
- 즉, 망상구조를 형성하지만 기포를 감싸 안을 수 있는 여지는 없었음을 확인할 수 있었음. Biopolymer의 경우, 기포를 감싸 안을 수 여지가 없는 형태의 망상구조를 형성하는 특성 때문에 발효빵의 제조가 불가능하였던 것이라고 사료됨.

(나) 쌀빵 혼합반죽의 망상구조 안정성 평가

(1) 실험 방법

- 반죽의 망상구조 안정성은 Stahe 등(1982)의 방법에 준하여, 형성된 거품을 100 mL의 용기에, 반죽 제조 후, 즉시 100 mL의 용기에 20 g씩 옮겨 담고 직경 5 mm의 구멍이 일정하게 뚫린 틀에 올려 실온에 방치하면서, 흘러나오는 액체의 무게를 digital balance(Dragon 204, Mettler Toledo Co., Ltd., Shanghai, China)로 측정하였고, 배출된 액체량을 초기시료의 중량에 대한 비율로 나타내었음.

(2) 연구 결과

- 일단 망상구조가 형성된 후 머핀의 성형 및 가열과정 동안 반죽이 형성하는 망상구조의

안정성이 유지되어야 조직감 및 성형성이 우수한 쌀빵의 제조가 가능함. 따라서, 바이오 폴리머 별로 제조한 쌀빵 반죽의 망상구조의 안정성을 먼저 검토하였음.

- o 바이오 폴리머를 사용하는 경우 일단 형성된 망상구조의 안정성은 아주 우수함을 알 수 있었음. 또한, 망상구조의 형성성의 경우와 유사하게, 시험에 사용한 바이오 폴리머들 중 EMB 70U, EMB 25U, PMB 30U, PMC 30U 등을 혼합 사용하는 경우가 난백 단독의 경우보다 월등하게 안정하다는 고무적인 결과를 얻었음(표 2-12).
- o EMB 70U의 경우에는 0.5 %보다 0.1 % 사용한 경우에 오히려 안정성이 높은 결과를 얻었으며, 모든 바이오 폴리머들이 반죽의 망상구조 안정성에는 바람직한 효과를 나타내고 있는 것을 알 수 있었음. 반죽 망상구조의 형성에는 별 영향이 없었던 PMC 40H, PMC 60U, PMH 9860N, MC 40H, K15H 등의 바이오 폴리머들도 0.1 %의 농도에서 좋은 효과를 나타내고 있어, 쌀빵제조 이외의 식품가공 용도(이들테면 일단 형성된 거품(망상구조)이 성형, 가열의 공정 중에도 조직감 및 성형성을 잘 유지할 필요성이 있는 용도)로의 활용이 기대되는 물성을 가지고 있음을 알 수 있었음.

표 2-12. Bread batter stability made from various types of HPMC

		Foam stability(%)		
Control(Egg white)		14.25±0.81		
Conc. of biopolymers		0.1	0.5	1
EMB 70U (E8)		68.24±5.16	59.35±1.71	0.00±0.00
EMB 25U (E7)		52.78±2.75	0.00±0.00	0.00±0.00
PMB 30U (P1)		89.03±2.09	37.35±1.52	0.00±0.00
PMC 30U (P2)		86.05±1.57	2.01±0.12	0.00±0.00
PMC 40H (P3)		88.57±1.46	60.95±1.78	11.63±0.70
PMC 60U (P4)		85.59±2.15	0.00±0.00	0.00±0.00
PMH 9860N (P5)		81.58±3.03	0.00±0.00	0.00±0.00
MC 40H (M6)		79.56±4.89	56.48±3.05	5.25±0.47
K15H (K9)		74.71±1.58	42.67±2.19	7.51±0.65

Values are Mean±SD, n=3.

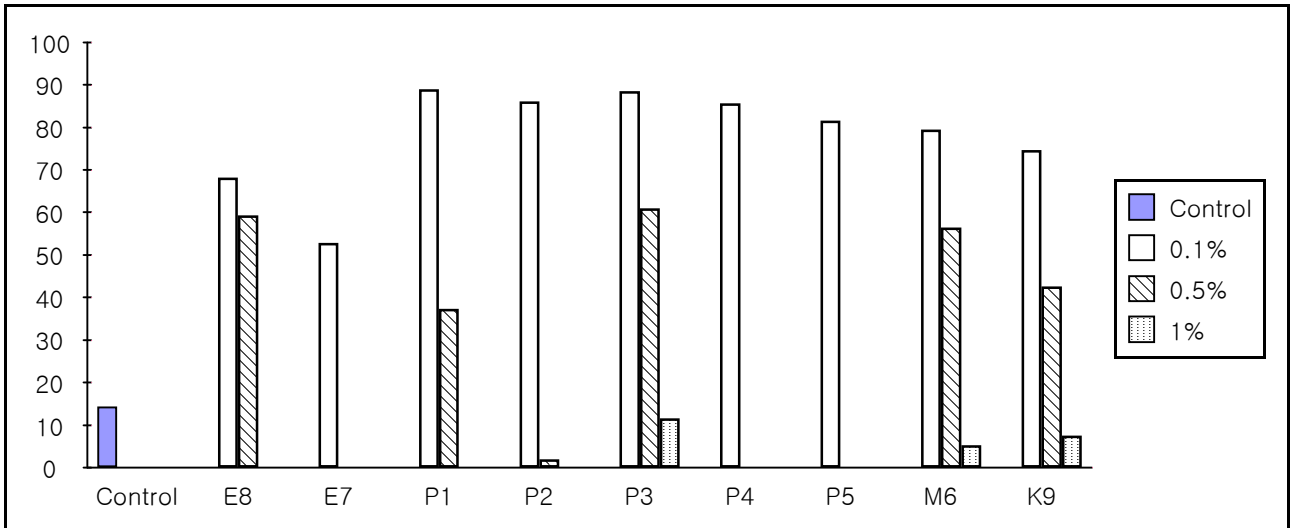


그림. 2-5. Dough(batter) stability made from various type of HPMC.

다. 쌀빵 제조

(1) 실험 방법

- o 쌀빵 제조를 위한 배합성분 및 비율은 표 2-13, 제조공정은 다음 페이지의 flow chart에 나타내었음. 쌀빵 제조를 위한 HPMC 반죽의 양은 난백의 0, 25 %, 50 %, 75 %, 100 %가 되도록 각각 첨가하였음.
- o 바이오폴리머로는 예비실험에서 반죽형성능과 안정성이 난백 단독의 경우보다 우수했던 EMB 70U를 사용하였으며, 1 % 용액을 만든 후 24시간이상 팽윤시켜 사용하였음. 믹싱볼에 난백 혹은 1% HPMC 팽윤액을 넣고 2단으로 2분간 저어 준 뒤 설탕을 첨가하였음.
- o 10단의 강도에서 7분간 혼합한 뒤 1단에서 1분간 저어 반죽을 거품을 안정화시켰으며, 믹싱볼을 반죽기에서 분리한 뒤 체에 친 쌀가루와 소금, 베이킹파우더를 넣고 주격으로 20초간 저어 반죽을 마무리하였음.
- o HPMC와 난백 혼합반죽은 각각 휘핑한 후 분량대로 나눠 혼합하였음. 믹싱이 끝난 반죽은 7 × 5.5 × 4.5cm의 원형 팬에 각각 50 g씩 담고 윗불 170℃, 밑불 150℃로 예열된 전기 데크오븐(전진공업, 서울)에서 20분간 구웠음.

表 2-13. Formular for rice bread with different levels of HPMC

Ingredients(g)		HPMC content(%)						
		Control		RF0 ³⁾	RF25 ⁴⁾	RF50 ⁵⁾	RF75 ⁶⁾	RF100 ⁷⁾
		WF0 ¹⁾	WF100 ²⁾					
Batter	Wheat flour	100	100	-	-	-	-	-
	Rice flour	-	-	100	100	100	100	100
	Salt	1	1	1	1	1	1	1
	Baking powder	1	1	1	1	1	1	1
Foam	Egg white	200	-	200	150	100	50	-
	1% HPMC	-	200	-	50	100	150	200
	Sugar	100	100	100	100	100	100	100

1)WF0 ; Wheat flour + egg white 100 %,

2)WF100 ; Wheat flour + HPMC 100 %,

3)RF0 ; Rice flour + egg white 100 %, 4)RF25 ; Rice flour + egg white 25 % and HPMC 75 %,

5)RF50 ; Rice flour + egg white 50 % and HPMC 50 %,

6)RF75 ; Rice flour + egg white 75 % and HPMC 25 %,

7)RF100 ; Rice flour + HPMC 100 %.

< Flow chart for the production of sponge cake >

Weighing the ingredients



Whipping egg white or HPMC

↓ for 2 min at speed # 2

Mixing the sugar



Whipping

↓ for 8 min at speed # 10

Mixing

↓ add flours, salt and B.P

Hand blending

↓ for 20 sec at low speed

Panning for 50 g per pan



Baking at preheated 170/150°C oven for 20 min

↓ Depanning

Cooling off the cake for 1 hour at room temperature

- 쌀빵 반죽의 점도, 비중 및 pH 측정 : 쌀빵반죽, 난백, HPMC의 비중(specific gravity)은 AACC 10-15의 방법에 따라 아래 식에 의해 산출하였다. 이때 물의 밀도는 1.00 g/mL로 가정하였음.

$$\text{비중(g/ml)} = \frac{\text{쌀빵 반죽 무게}}{\text{물 무게}}$$

- 난백, HPMC 거품 및 반죽의 pH는 AACC 방법에 따라 거품 혹은 mixing이 끝난 반죽 15g에 증류수 100 mL을 넣어 현탁액을 만들어 30분간 혼합한 다음 실온에 10분 방치한 후 pH meter(MP220, Mettler Toledo, Switzerland)를 이용하여 측정하였음.
- 쌀빵 반죽은 mixing 직후 회전식 점도계(Digital Viscometer, Model DV-1+, Brookfield Engineering, USA)를 이용하여 점도를 측정하였음. 측정 조건은 비커에 50g의 시료를 담아 스펀들 No. S64, 회전속도 6 rpm에서 약 1분 간 회전시킨 후, 10회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었음.
- 쌀빵 부피, 비체적 및 굽기 손실률 : 베이킹 후 실온에서 1시간 식힌 후 무게를 측정하고, 종자치환법으로 부피를 측정하였음. 비용적은 쌀빵 1 g이 차지하는 부피로 빵의 무게를 나누어 표시하였고. 굽기 손실률은 아래의 식으로 계산하였음.

$$\text{굽기손실(\%)} = \frac{\text{반죽 무게} - \text{쌀빵 무게}}{\text{반죽 무게}}$$

(2) 연구 결과

- HPMC 및 난백과 쌀가루로 쌀빵 반죽을 만들어서 반죽의 점도, 비중 pH 등을 각각 조사하였음. 쌀가루에 HPMC의 양을 증가시키에 따라 점도 및 비중이 증가하고 있었으며(표 2-14), 성형하여 베이킹 한 후의 빵의 형태 및 기호도 등도 바이오 폴리머를 25 % 혼합 사용하여 제조함이 바람직하다는 결론을 얻었음(표 2-15, 그림. 2-6).

표 2-14. Viscosity, specific gravity and pH of rice bread batters substituted with different levels of HPMC

	Viscosity(cP)	Specific gravity(g/mL)	pH
Egg white	37,244 ± 381	0.10±0.01	8.78±0.14
HPMC	89,928 ± 269	0.17±0.01	7.43±0.18
F0	16,012 ± 356	0.56±0.02	8.54±0.01
F100	97,037 ± 1646	0.43±0.02	8.25±0.02
RF0	22,430 ± 400	0.52±0.01	8.80±0.02

RF25	24,370 ± 1255	0.45±0.04	8.57±0.04
RF50	48,820 ± 1637	0.37±0.03	8.51±0.03
RF75	51,150 ± 301	0.40±0.02	8.34±0.03
RF100	84,430 ± 429	0.44±0.03	8.24±0.03

Values are Mean±SD, n=3.

표 2-15. Analysis of volume, specific rice bread volume and baking loss of rice bread with different formulations

	Volume(mL)	Specific bread volume(mL/g)	Baking loss(%)
F0	168.90±10.55	2.15±0.20	8.15±0.15
F100	56.73±2.97	1.51±0.07	20.55±0.80
RF0	177.00±14.80	1.98±0.06	11.26±0.41
RF25	163.20±12.18	2.01±0.14	12.11±0.91
RF50	122.67±8.08	2.29±0.22	14.73±0.26
RF75	86.67±8.33	1.78±0.10	17.34±0.98
RF100	65.03±6.26	1.57±0.03	17.92±0.64

Values are Mean±SD, n=3.

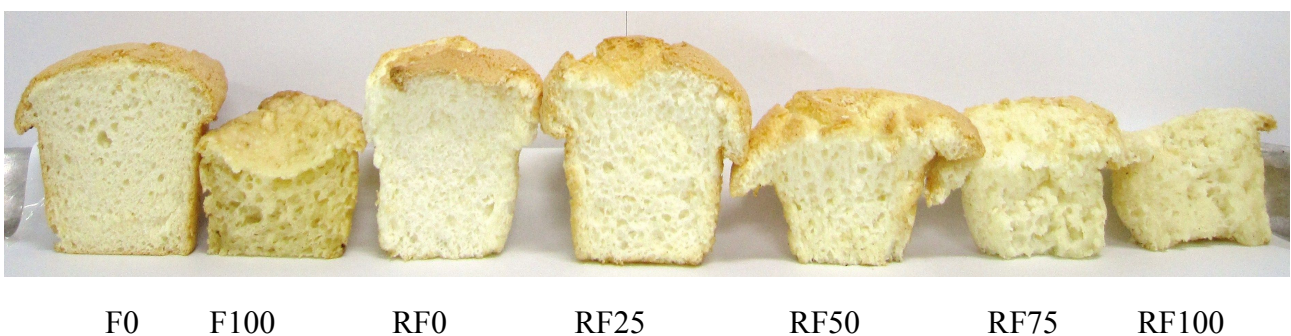


그림. 2-6. Cross sectional images of cakes prepared with different HPMC contents.

라. 쌀빵의 기호도에 대한 관능검사

(1) 실험방법

- 난백과 HPMC를 혼용한 쌀빵의 관능검사는, 제조 후 상온에서 12시간 저장 후 사용하였음. 하였다. 관능검사요원은 경북대학교 식품영양학과 대학원생 20명을 선정하여 실험 목적 및 평가 항목에 대하여 교육을 한 후 소비자 기호도 조사를 실시하였음.
- 쌀빵의 색, 향, 맛, 조직감과 전반적인 기호도의 5가지 항목에 대해 주관적인 기호도에 대해 9점 척도법으로 평가하였음.

(2) 연구결과

- 표(표 2-16)에 제시하고 있는 바와 같이 쌀가루에 바이오폴리머 25 % 이하를 첨가하여 제조하는 쌀빵의 기호도가 우수한 것을 알 수 있음.

표 2-16. Sensory evaluation of sponge cakes with different levels of HPMC

HPMC content(%)	Sensory characteristics				
	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
F0	6.71±0.77	5.88±1.22	5.53±1.66	6.29±1.40	6.00±1.58
F100	4.06±0.97	3.94±0.97	3.59±.23	3.53±1.66	3.71±1.16
RF0	6.29±0.92	5.41±1.18	5.76±1.39	6.29±1.99	6.41±1.06
RF25	6.12±1.27	6.00±1.12	5.12±1.96	5.76±1.68	6.00±1.32
RF50	6.12±0.86	5.35±0.70	4.94±1.20	5.18±1.42	5.53±1.01
RF75	5.18±0.88	4.88±0.78	4.71±1.21	4.53±1.77	4.88±0.86
RF100	3.76±1.03	5.18±0.81	4.41±2.00	3.88±2.50	4.59±1.94

Values are Mean±SD, n=3.

2 절. 제 2차년도

1. 제1세부과제 : 바이오폴리머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화 가. 쌀국수 제품의 조리특성 평가

(1) 실험 방법

- 주재료는 국내산 박력 쌀가루 (대두식품(주), 대한민국)을 사용하였고 첨가재료는 다양한 점도 및 치환도 치환체의 PMC60U, EMB60U, PMC30U, PMB30U, PMH9860N, EMB30U, PMC40H의 셀룰로오스 에테르 (삼성정밀화학(주), 대한민국) 제품을 사용하였으며, 밀가루는 대조군으로 사용하였음. 본 실험에 사용한 셀룰로오스 에테르 제품의 점도 및 치환도 정보를 표 3-1에 정리하였음.

표 3-1. 셀룰로오스 에테르 제품의 점도 및 치환도

	Viscosity (cps)	Methoxy (%)	Hydroxypropyl (%)	Hydroxyethyl (%)
PMC60U	67,000	22.4	9.1	
EMB60U	62,000	23.2		7.0
PMC30U	32,100	24.5	8.4	
PMB30U	32,000	28.2	7.3	
PMH9860N	37,000	20.5	26.6	
EMB30U	24,050	25.1		7.4
PMC40H	2,940	24.6	8.5	

- 앞서, 1차 년도에서 최적화된 조건으로 7종의 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀국수와 PMC60U를 기준으로 첨가량과 물 양 (% , 쌀가루 중량 대비)을 조절하여 쌀국수를 제조하여 조리시간 측정, 요리 시 국물의 탁도를 측정함. 대조군으로는 밀가루, 소금 2%, 물 40% (% , 밀가루 중량 대비)를 혼합하여 밀 면을 제조하여 쌀국수와 비교하였음. 쌀국수의 재료 배합비는 아래의 표와 같음.

표 3-2. PMC60U를 기준으로 첨가량을 달리하여 제조한 쌀국수 재료 배합비 (물 양은 58%로 고정, %는 쌀가루 중량 대비)

	PMC60U 58%				
첨가량 (%)	1.5	2	3	4	5

표 3-3. PMC60U를 기준으로 물 양을 달리하여 제조한 쌀국수 재료 배합비 (PMC60U 첨가량은 3%로 고정, %는 쌀가루 중량 대비)

	PMC60U 3%				
물 양 (%)	56	58	60	62	64

표 3-4. 7종의 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀국수 재료 배합비 (%는 쌀가루 중량 대비)

	PMC60U	EMB60U	PMC30U	PMB30U	PMH9860N	EMB30U	PMC40H
첨가량 (%)	3	3	3	3	3	3	3
물 양 (%)	58	58	60	60	58	58	62

- 쌀가루 100g과 쌀가루 중량 대비 1.5~5 wt%의 셀룰로오스 에테르를 보울에서 혼합한 후, 증류수를 쌀가루 중량 대비 56~64% (w/v)로 하여 쌀가루/셀룰로오스 혼합물에 첨가하여 10분 동안 손으로 반죽함. 10분 후 반죽을 평평하게 만들어 은박지에 씌워서 냉장고에서 1시간 동안 숙성시킴. 1시간 숙성 후 제면기 (ATLAS 150, MARCATO, 이탈리아)를 사용하여 롤 간격을 레벨1에서 10회, 레벨2에서 1회, 레벨5에서 1회 실시하여 얇은 면대를 형성하여 제면함. 제면한 쌀국수를 100℃의 끓는 물에서 각 샘플에 대한 조리시간을 측정하고, 정해진 조리시간에 따라 쌀국수를 삶은 후 조리국물의 탁도를 측정함.
- 쌀국수의 조리시간은 100℃의 끓는 물에서 제면한 쌀국수를 1분마다 취해 유리글라스에 올려놓고 다른 유리글라스를 덮어 눌러서 국수면발의 하얀 심이 사라지는 시간으로 측정함.
- 조리 시 국물의 탁도는 용출된 고형물의 정도를 나타내는 수치로 이용함. U-2800 spectrophotometer (HITACHI, 일본)를 이용하였으며, 각 샘플의 조리시간으로 쌀국수를 삶아낸 물을 냉장고에서 식힌 후, 1cm의 두께 (C)의 셀을 이용하여 675nm에서의 투과율 (T)을 측정하여 식 3.1을 이용하여 탁도 (τ)값을 구함.

$$\tau = -\ln T / C \quad (\text{식 3.1})$$

(2) 연구 결과

- PMC60U를 기준으로 첨가량과 물 양을 달리하여 제조한 쌀국수의 조리시간은 표 3-5, 3-6에서 보는 것과 같이 PMC60U의 첨가량이 증가할수록, 물 양이 적을수록 조리시간이 길게 나타났음. 이는 첨가량이 쌀가루의 결합력을 도와주어 단단한 면을 형성하며, 물 양

이 많을수록 부드러운 면을 형성하는 것으로 예상된다.

표 3-5. PMC60U를 기준으로 첨가량을 달리하여 제조한 쌀국수의 조리시간 (물 양은 58%로 고정, %는 쌀가루 중량 대비)

PMC60U 첨가량 (%)	1.5	2	3	4	5
호화시간 (분)	5	9	12	18	19

표 3-6. PMC60U를 기준으로 물 양을 달리하여 제조한 쌀국수의 조리시간 (첨가량은 3%로 고정, %는 쌀가루 중량 대비)

물 양 (%)	56	58	60	62	64
호화시간 (분)	14	12	10	8	9

- 7종의 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀국수의 조리시간은 표 3-7에서 보는 것과 같이 셀룰로오스 에테르의 점도와 치환도 및 치환체에 따라서 조리시간이 다르게 나타나는 것을 알 수 있음. 특히, PMC40H, PMC30U, PMC60U로 점도가 증가할수록 쌀가루간의 결합력이 좋아 단단한 면이 형성되어 쌀 면이 충분히 익는데 오랜 시간이 걸림.

표 3-7. 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀국수의 조리시간 (% , 쌀(밀)가루 중량 대비)

	조리시간 (분)
밀가루, 소금 2%, 물 40%	13
PMC60U 3%, 물 58%	12
EMB60U 3%, 물 59%	10
PMC30U 3%, 물 60%	10
PMB30U 3%, 물 60%	11
PMH9860N 3%, 물 58%	7
EMB30U 3%, 물 58%	9
PMC40H 3%, 물 62%	8

- 쌀국수를 삶은 후, 용출된 고형분의 정도를 나타내는 수치로써, 면의 안정성을 평가하기 위해 조리국물의 탁도를 측정함. PMC60U를 기준으로 첨가량과 물 양을 달리하여 제조한 쌀국수의 조리국물의 탁도 결과는 그림 3-1, 3-2에 나타냄. 그림 3-1에서 탁도값은 PMC60U의 첨가량이 1.5%에서 2%로 증가할 때는 증가하다가 3%에서는 감소하다가 5%까지 거의 비슷하게 유지되는 경향을 보이며, 밀 면보다 낮은 값을 보임. 첨가량이 3%이상 일 때 쌀가루와의 결합력이 좋아 삶은 후에도 용출된 고형물이 적은 것으로 예상됨. 그림 3-2에서 탁도값은 물 양이 증가할수록 감소하며 밀 면보다 낮은 값을 보임. 물 양이 증가할수록 면이 부드럽고 쌀가루와의 결합을 도와주어 용출된 고형물이 적은 것으로 예상되나, 면끼리 잘 붙기 때문에 쌀국수의 제면성은 좋지 않음.

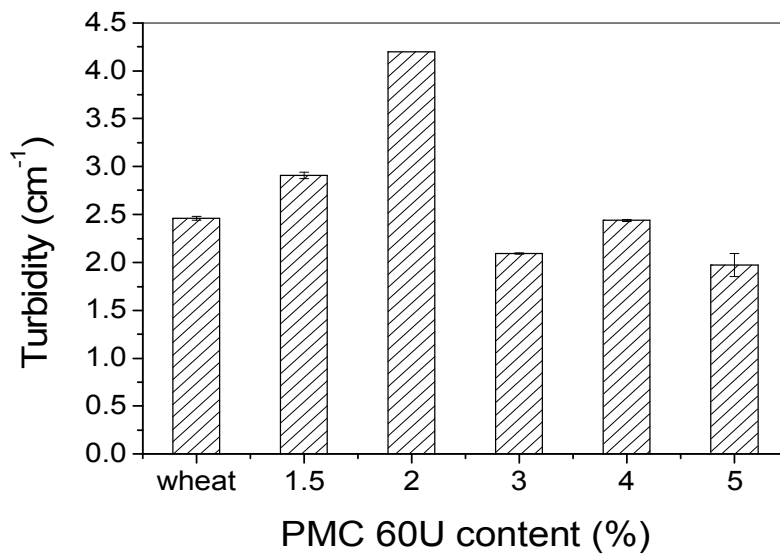


그림 3-1. PMC60U의 첨가량을 달리하여 조리한 쌀국수의 조리국물의 탁도

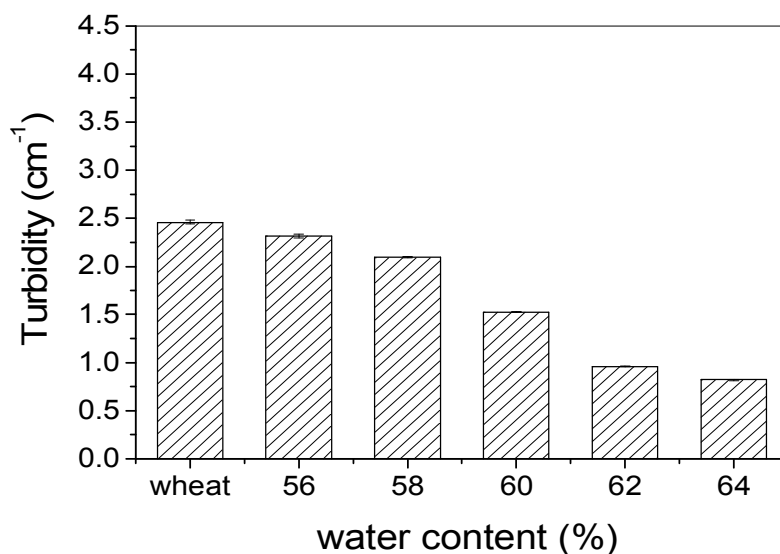


그림 3-2. PMC60U 첨가량 3%에 대해 물 양을 달리하여 조리한 쌀국수의 조리국물의 탁도

- o 7종의 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀국수를 삶은 후, 얻어진 조리국물의 탁도 결과는 그림 3-3, 3-4, 3-5에 나타냄. 그림 3-3은 셀룰로오스 에테르의 점도별 효과로 점도가 증가할수록 낮은 탁도값을 보임. 그림 3-4는 셀룰로오스 에테르의 치환체별 효과로 hydroxyethyl기가 치환된 EMB60U의 경우가 hydroxypropyl기가 치환된 PMC60U보다 약간 낮은 탁도값을 보임. 그림 3-5는 셀룰로오스 에테르의 치환도 및 치환체별 효과로 PMB30U, PMH9860N이 PMC30U, EMB30U보다 낮은 탁도값을 보임. 탁도값이 낮을수록 용출된 고형물이 적어 삶은 후에도 안정적인 면을 형성함을 알 수 있음.

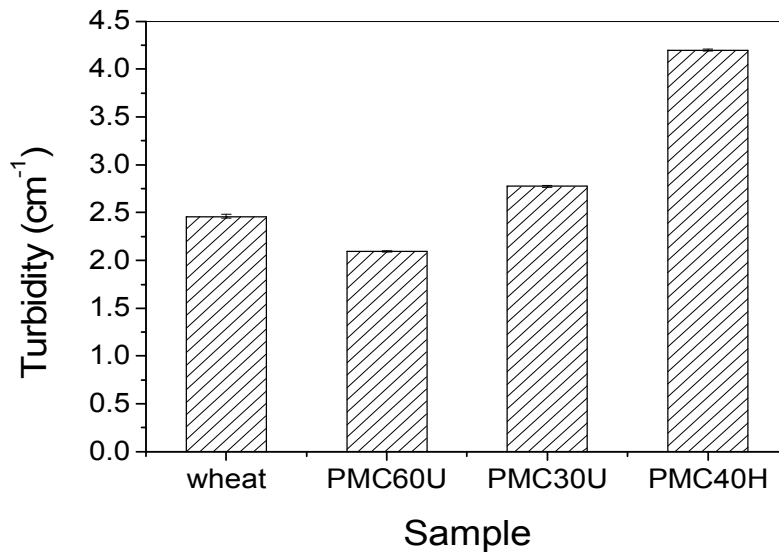


그림 3-3. 점도가 다른 셀룰로오스 에테르가 첨가된 조리한 쌀국수의 조리국물의 탁도

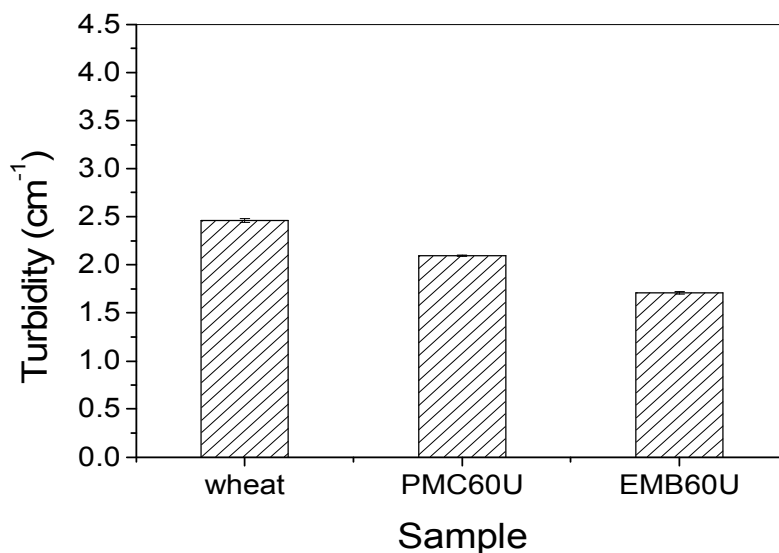


그림 3-4. 치환체가 다른 셀룰로오스 에테르가 첨가된 조리한 쌀국수의 조리국물의 탁도

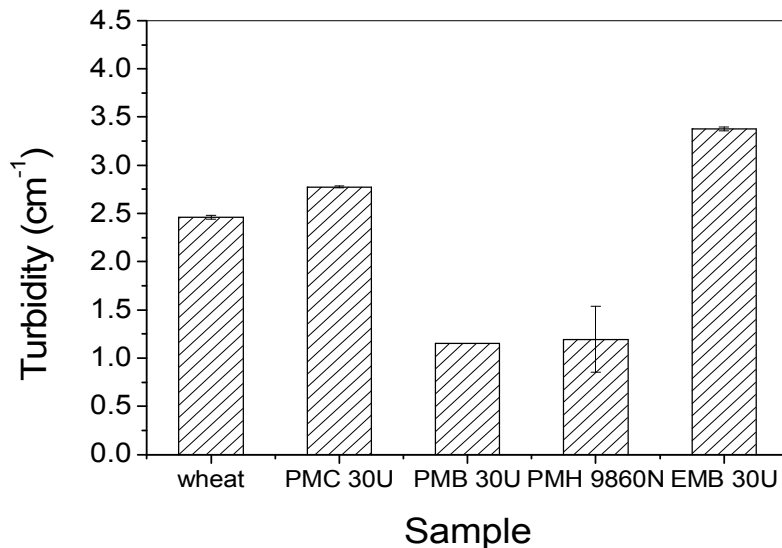


그림 3-5. 치환도 및 치환체가 다른 셀룰로오스 에테르가 첨가된 조리한 쌀국수의 조리국물의 탁도

나. 쌀국수 제품의 식미성 최적화 연구

(1) 실험 방법

- 앞서, 쌀국수 제품의 조리특성 평가에서 사용한 실험재료와 쌀국수 제조법과 동일함.
- 7종의 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀국수를 제조하여 조리시간에 따른 조리면의 조직감 측정은 Rheometer (MARS III, Hake, 독일)와 압축 측정 geometry를 사용하여 압축성 (compression)을 측정함. 조리면에 대한 압축성은 100℃ 끓는 물에서 매분마다 삶은 면을 건져내어 25℃ 온도에서 측정 geometry를 0.045mm/s의 속도로 압축하여 측정함.
- 조리면의 식미성 관능평가는 양희선, '시판 쌀국수의 품질 특성' 문헌을 참고하여 실시함. 5명의 관능검사원을 대상으로 관능특성 강도검사를 실시함. 평가방법은 7점 채점법으로 1점에서 최고 7점까지 나누어 특성이 강할수록 높은 점수를 주도록 함. 평가 항목은 색 (color), 투명도 (transparency), 광택 (glossiness), 단단함 (hardness), 쫄깃함 (cohesiveness), 부착성 (adhesiveness), 매끄러움성 (smoothness), 씹힘성 (chewiness), 탄력성 (resilience), 익힌 쌀 향 (odor of cooked rice), 익힌 밀가루 향 (odor of cooked wheat flour), 익힌 쌀 맛 (taste of cooked rice), 익힌 밀가루 맛 (taste of cooked wheat flour), 전반적인 기호도 (overall acceptance)로 구성하였음. 실시 시간은 2시로 정하고 셀룰로오스가 첨가된 각각의 쌀국수를 라면스프를 넣은 끓는 물에서 삶아 익음과 동시에 쌀국수를 종이컵에 담아 평가한 후 물로 입안을 헹귀 다음 시료를 평가하도록 하였음.

(2) 연구 결과

- PMC60U를 기준으로 첨가량과 물 양을 달리하여 제조한 조리면의 압축강도는 그림 3-6, 3-7에 나타냄. 그림 3-6은 PMC60U의 첨가량에 따른 압축강도를 나타낸 것으로 압축강

도의 경향을 보면 급격히 떨어지다 서서히 감소하는데, 첨가량 1.5%는 7분, 2%는 8분, 3%는 8분, 4%는 14분, 5%는 13분에서 변곡점이 나타남. 첨가량이 증가할수록 압축강도에서 변곡점이 나타나는 시간이 더 길어지는데, 첨가량이 많을수록 쌀가루와의 결합력을 높여주어 더 안정적이고 단단한 면이 형성되므로 면이 익을 때 오랜 시간이 걸림. 그림 3-7은 PMC60U 3% 첨가량에 대해 물 양에 따른 압축강도를 나타낸 것으로 압축강도의 경향을 보면 급격히 떨어지다 서서히 감소하는데, 물 양 56%는 4분, 58%는 8분, 60%는 8분, 62%는 4분에서 변곡점이 나타났으며, 물 양 64%는 변곡점이 없이 일정하게 감소하는 경향을 보임. 물 양이 다른 조건에서는 비슷한 경향을 보였으나, 물 양 64%에서는 물이 상대적으로 많기 때문에 면의 부피가 증가하여 굵기가 굵고 압축강도도 높게 나타났음. 이것을 통해 쌀가루가 물을 최대한 흡수할 수 있는 임계점이 존재한다는 것을 알 수 있음.

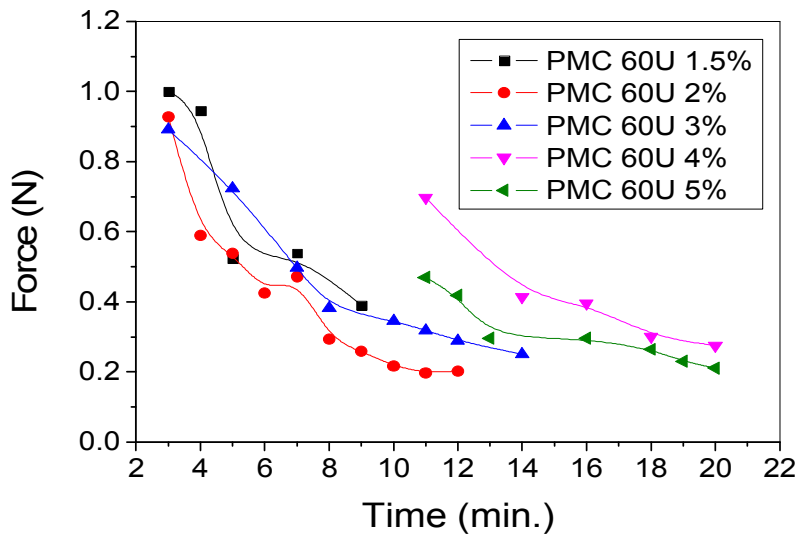


그림 3-6. PMC60U 첨가량이 다른 조리면의 압축강도

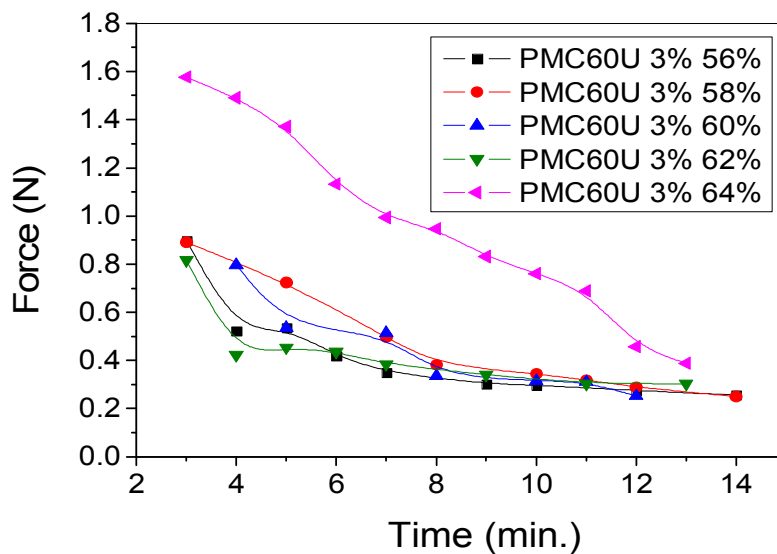


그림 3-7. PMC60U 첨가량이 3%에 대해 물 양이 다른 조리면의 압축강도

- o 7종의 셀룰로오스 에테르를 첨가한 조리면의 압축강도는 그림 3-8, 3-9, 3-10에 나타냄. 그림 3-8은 셀룰로오스 에테르의 점도별 효과로 압축강도가 급격히 떨어지다 서서히 감소하는데, PMC60U는 8분, PMC30U는 6분에서 변곡점이 나타났으며, PMC40H에서는 변곡점이 없이 서서히 감소하는 경향을 보이므로 점도가 증가할수록 면의 압축강도가 증가함. 그림 3-9는 셀룰로오스 에테르의 치환체별 효과로 압축강도가 비슷한 경향을 보였으며, 두 샘플의 경우 8분에서 변곡점이 나타났으며, 치환체의 영향보다는 점도의 효과가 크다는 것을 알 수 있음. 그림 3-10은 셀룰로오스 에테르의 치환도 및 치환체별 효과로 압축강도가 비슷한 경향을 보이고 있으며, PMC30U는 8분, PMB30U는 6분, EMB30U는 4분에서 변곡점이 나타났으며, PMH9860N은 변곡점이 없이 서서히 감소하는 경향을 보이므로 낮은 점도대의 치환도 및 치환체에 따라서 압축강도가 다르게 나타남.

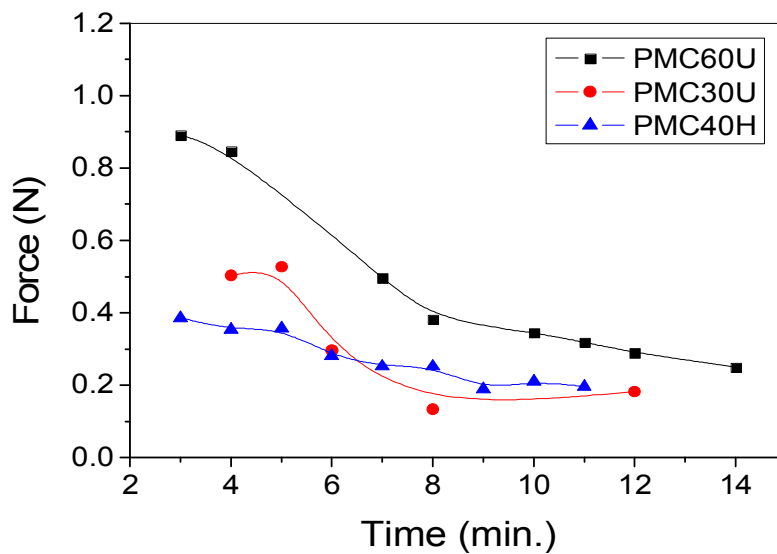


그림 3-8. 점도가 다른 셀룰로오스 에테르가 첨가된 조리면의 압축강도

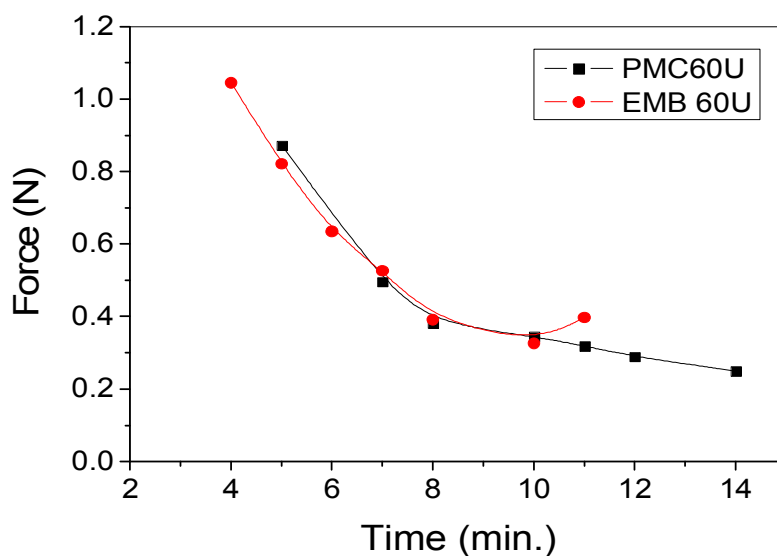


그림 3-9. 치환체가 다른 셀룰로오스 에테르가 첨가된 조리면의 압축강도

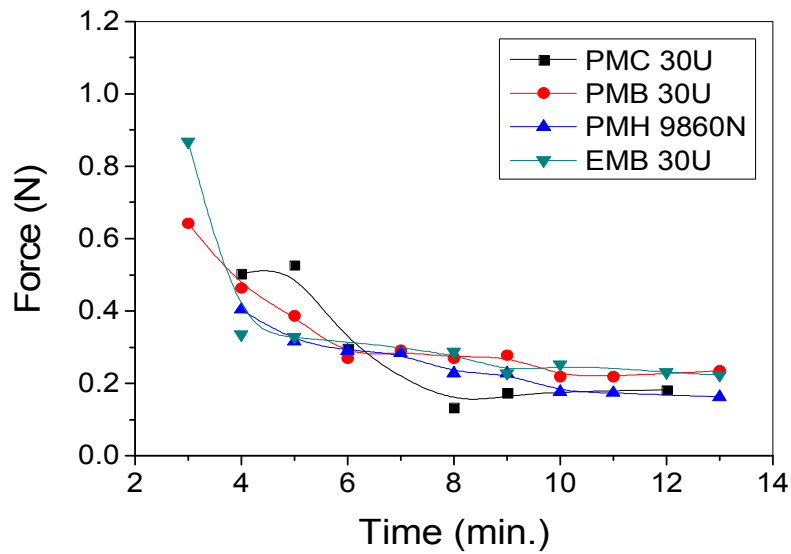


그림 3-10. 치환도 및 치환체가 다른 셀룰로오스 에테르가 첨가된 조리면의 압축강도



그림 3-11. 관능평가시의 조리하고 있는 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀면

- o 7종의 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀국수를 조리하여 관능검사를 실시한 결과는 표 3-8에 나타냄. 각 샘플의 조리시간은 밀면 8분, PMC60U 6분 30초, EMB60U 4분 30초, PMC30U 5분, PMB30U 6분 10초, PMH9860N 3분, EMB30U 5분, PMC40H 5분 30초 동안 조리됨. 외관에 있어서 밀 면은 노란색, 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀국수는 흰색을 띄며, 쌀국수가 밀면 보다 면의 굵기가 얇았고, 면의 윤기와 매끄러움은 비슷한 경향을 보였음. 조직감에 있어서 쌀국수와 밀 면이 거의 비슷한 값을 보였으며, PMH9860N은 소화시간이 가장 짧았고 면이 가장 부드러움다는 평가를 받았으므로, 컵라면용으로 산업화

할 시 가장 적합하다고 생각됨. 면의 특성상 시간이 지남에 따라 면이 불어나는 성질이 있는데 PMB30U 면은 단단함 정도가 다른 샘플에 비해 높아 잘 불어나지 않았음. 향과 맛에 있어서는 쌀국수에 대해서 쌀 향과 맛이 난다는 결과를 나타냄. 전반적 평가에 있어서 밀과 비교했을 때 PMB30U와 PMH40H를 제외하고는 비슷한 결과를 얻었음. 전반적으로 밀과 거의 비슷한 결과를 얻었으며, 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀국수를 끓는 물에서 삶을 경우에는 면끼리 붙는 경향이 나타났으나, 라면스프를 넣은 끓는 물에서 삶을 경우에는 면끼리 붙지도 않고 일반적인 소면과 비슷한 경향을 보였음. 라면스프의 염성분이 셀룰로오스 에테르의 겔화를 고형화시켜준 것으로 예상됨. 따라서, 염성분으로 인해 쌀국수를 삶았을 때 면끼리 붙는 단점이 보완되어 밀 면과 비슷한 특성을 가진다는 것이 확인되었으므로, 산업화가 가능할 것으로 보임.

표 3-8. 셀룰로오스 에테르가 첨가된 쌀국수의 관능평가

	Evaluation list	wheat	PMC60U	EMB60U	PMC30U	PMB30U	PMH986 ON	EMB30U	PMC40H
Appearance	Color	Yellow	White	White	White	White	White	White	White
	Transparency	3.60±2.40	3.80±2.17	4.20±2.05	3.80±2.17	3.60±2.07	4.40±2.41	3.80±2.17	4.50±1.73
	Glossiness	5.00±1.00	5.40±0.89	5.40±0.89	5.20±0.84	4.80±0.84	5.60±0.55	5.20±0.84	5.25±0.50
Texture	Hardness	5.20±0.84	5.20±1.30	4.80±1.48	5.60±1.14	6.40±0.55	3.80±1.30	5.20±0.84	4.20±1.30
	Cohesiveness	5.80±0.45	5.40±0.89	5.40±0.89	5.40±0.89	4.80±0.84	5.00±1.00	4.80±0.84	4.80±0.45
	Adhesiveness	5.80±0.45	5.60±0.89	5.60±1.14	5.60±1.14	6.00±1.00	5.40±1.67	5.20±1.30	5.00±1.41
	Smoothness	5.80±0.45	6.00±0.70	6.20±0.84	6.20±0.84	5.60±0.89	6.20±1.48	5.40±1.14	5.80±1.30
	Chewiness	6.00±0.70	5.60±1.14	5.80±0.84	5.80±0.84	5.60±0.55	5.40±1.14	5.00±1.00	4.60±0.55
	Resilience	5.40±0.55	5.20±1.30	5.20±1.30	5.40±1.14	4.80±0.84	5.00±0.70	4.60±0.89	4.20±0.45
Odor	Odor of cooked rice noodle		5.20±1.48	5.40±1.14	5.60±1.67	5.20±1.10	5.20±1.48	5.00±1.22	5.40±1.14
	Odor of cooked wheat flour	4.80±2.17							
Taste	Taste of cooked rice		6.00±0.70	6.20±0.84	6.00±0.70	5.20±1.30	5.60±1.95	5.40±1.14	5.40±0.89
	Taste of cooked wheat flour	5.80±1.30							
Overall acceptance		5.60±0.89	5.60±0.89	6.00±1.00	5.80±0.84	4.60±0.89	5.90±1.14	5.00±0.71	4.60±1.14

2. 제2세부과제 : 바이오폴리머를 이용한 쌀빵의 가공성 및 식미성 최적화

- 셀룰로오스의 유도체인 HPMC(hydroxypropyl-methyl-cellulose)는 펄프를 이용하여 제조된 소재로써 건물 중량당 90 % 이상의 식이섬유를 함유하고 있으며(Lee EJ et al. 2011), 필름 형성능, 유화안정성, 겔형성능, 보습성, 윤활성, 냉해동 안정성 등 다양한 기능특성을 가지는 식품첨가물임(Lee SW et al. 2010, Nishita KD et al. 1976, Huebner FR et al. 1990, Kang MY et al. 1997, Kobylanski JR et al. 2004, Schober TJ et al. 2007, Lazaridou A et al. 2007).
- HPMC는 cellulose에 hydroxypropyl기와 methyl기가 치환되어 있어 표면활성이 높고 (Dickinson E 2003), 온도를 높이면 gel을 형성하는 특성이 있기 때문에(Lee SW et al. 2010) gluten-free bread의 제조에 다양하게 이용되고 있음(Crockett R et al. 2011, Peressini D et al. 2011, Mezaize S et al. 2009, Sabanis D and Tzia C 2011).
- 본 연구자들도 HPMC 3 % 첨가에 의한 쌀빵 제조법을 개발한 바 있으나(Kang MY et al. 1997), HPMC 첨가와 함께 이스트에 의한 발효빵을 제조하고자 하는 경우에는 쌀가루 특유의 물성에 기인하는 성형성 및 조직감의 문제를 극복하지 못하여 실용화 되지 못하고 있는 실정임.
- 그러나 쌀의 적극적인 이용을 위해서는 식생활 패턴의 다양화에 따른 최근의 식생활 트렌드에 부응하기 위해서라도 빵으로의 이용에 대한 검토를 수행하여야 한다고 생각되므로, 발효빵이 아닌 속성빵(quick-bread) 형태로의 개발을 시도하고자 우선 머핀의 제조에 HPMC 첨가에 의한 가공성을 검토하고자 하였음.
- 속성빵인 머핀의 조직감(스폰지성)은 밀가루의 글루텐과 난백의 유화성에 기인하는 망상구조 형성능(Arozarena I et al. 2001, Turabi E et al. 2008)으로서 쌀가루의 경우에는 글루텐이 함유되어 있지 않기 때문에 난백과의 상호작용에 의한 망상구조 형성능이 미약할 가능성이 예상된다.
- 한편 gluten-free dough로써 제빵성을 검토하는 경우에, 제품의 레올로지적 특성들은 첨가하는 hydrocolloid(바이오폴리머)의 특성과 상관성이 있다는 점들(Dobraszczyk BJ et al. 2003), Schober TJ et al. 2008)을 고려한다면, 글루텐이 함유되어 있지 않아 미약할 수 있는 난백 거품과의 상호작용인 망상구조 형성에 HPMC의 종류에 따른 특성을 기대할 수도 있다고 생각됨.
- 그러므로 본 연구에서는 분자량 및 치환체의 종류 및 치환도가 상이한 몇몇 HPMC를 소재로 쌀 머핀 제조에 따른 가공성을 검토하였다.
- 이렇게 쌀의 가공성 증진을 위해서 개발하고자 하는 쌀 머핀의 조직감 개선을 위해 첨가하

는 HPMC는 식이섬유로서의 효능도 기대되는 소재로써 실제로 동물에게 보충 급여한 결과, 체중증가 및 장기조직 등에 이상 징후를 나타내지 않아 안전성이 확보됨을 확인하였으며, 오히려 항 당뇨 및 고지혈증 억제 효능(Ban SJ et al. 2012)이 있는 안전한 식품첨가물이기 때문에 건강 기능을 겸비하는 빵으로의 개발도 가능하다는 점에서 고무적이라 할 수 있음.

- o 동시에, 쌀 가공식품의 용도 다양화를 위하여 개발한 쌀 고아미, 고아미 2호, 드래찬, 백진주, 설갱, 하이아미, 한아름 등 7품종을 농촌진흥청으로부터 제공 받아 이들 쌀의 머핀제조에 대한 가공성을 각각 비교하였음.

가. 쌀 머핀 가공성

(1) 재료 및 실험 방법

재료 ; 점도와 치환도가 다른 2종류(HEMC-LV, HEMC-HV)의 바이오 폴리머(hydroxyethyl methyl cellulose)를 삼성정밀화학으로 부터 제공받아 사용하였다. 쌀가루(쌀 100%, (주)대두식품), 밀가루(1등급, 대한제분), 난백(봉화계란) 및 기타 부재료인 백설탕, 소금, 식소다 등을 시중에서 구입하여 사용하였음. 또한 농촌진흥청 국립식량과학원에서 수확한 고아미, 고아미2호, 드래찬, 백진주, 설갱, 하이아미, 한아름 등 7품종의 쌀을 기류식 제분기(ACM185, Hankook Crusher Co., Korea)로 건식 제분하여 머핀 제조에 사용하였음. Hydroxypropyl methyl cellulose(HPMC-4)는 삼성정밀화학에서 공급받아 이용하였다. 쌀빵 제조에는 품종별 쌀가루와 박력분(1등급, 대한제분, 부산)을 사용하였음. 난백은 신선란(봉화계란, 봉화)을 할란하여 난황을 제거한 후 이용하였음. 기타 부재료로는 백설탕(삼양사, 울산), 소금((주)영진그린식품, 신안), 베이킹 파우더(전원식품, 김포)를 시중에서 구입하여 각각 사용하였음.

쌀가루의 수분 및 지방 결합력 측정 ; 쌀가루의 수분결합력은 Kim 등(2009)의 방법을 변형하여, 미리 무게를 측정된 원심관에 시료 3 g을 넣고 증류수를 15 mL가하여 뚜껑을 덮고 3분간 voltex로 교반한 다음 실온에서 60분간 방치한 후 2000 ×g에서 30분간 원심분리한 다음 상층액을 제거하고 침전된 시료의 무게를 3회 반복 측정하여 처음 시료와의 중량비로써 수분결합력(%)을 산출하였음. 또한 쌀가루의 지방결합력은 Lin 등(1974)의 방법을 변형하여, 미리 무게를 측정된 원심관에 시료 2 g을 넣고 콩기름을 20 mL가하여 3분간 voltex로 교반한 다음 상온에서 30분 방치 후 1400 ×g에서 30분간 원심분리하여 상층액을 제거하고, 원심분리관은 45° 기울여 10분간 방치함. 지방결합력은 건조시료의 무게와 상층액을 제거하고 남은 침전물의 무게와의 차이를 계산하여 건조시료 1 g당 보유한 지방의 무게의 비율로 나타내었음.

품종별 쌀 배유 성분의 이화학적 특성 ; 쌀 전분은 Asaoka 등(1984)의 방법을 변형한 알칼리 침지법에 의하여 분리하였음. 쌀에 50 mL LiOH(lithium hydroxide, 특급)에 침지시킨 후, 계속해서 isoamylalcohol, acetone, ethylalcohol 처리에 의한 지질 등의 불순물을 제거하여 전분침전물을 얻었다. 이를 풍건시켜 데시케이터에 보관하면서 사용하였음. 쌀가루의 결정성은 X선 회절기(Philips. X' pert PW3710, Netherland)를 이용하여, target; Cu-ka, scanning speed;

0.04° 2 θ /s, voltage; 40 kV, current; 30 mA의 조건으로 회절각도 2 θ ; 5-40°까지 회절시켜 분석하였음. 품종별 쌀 전분 분자의 아밀로펙틴 체인 길이 분포(chain length distribution of amylopectin)는 HPAEC-PAD (High Performance Anion Exchange Chromatography with the Pulse Amperometric Detection)을 이용하여 분석하였음. 즉, 시료를 90% methanol 처리 후 중탕 가열 하여 투명한 상태가 되도록 용해시킨 전분용액에 sodium azide, 600 mM sodium acetate buffer(pH 4.4)를 첨가하여 교반한 후 isoamylase를 첨가하여 37°C, 24시간 반응시켰음. 0.2 μ m syringe filter를 이용하여 여과한 다음 100 μ L 주입하였고, 컬럼은 CarboPac™ PA-1 column(4.0×250 mm, Dionex, USA), 이동상 기체는 H₂을 사용하였음. 품종별 쌀 전분 입자의 열역학적 특성은 시차주사열량기(TA 4000, TA Instruments, USA)를 이용하여 시료와 수분의 비율이 1:2가 되게 aluminium pan에 담고 밀봉한 다음 상온에서 수분평행에 도달하도록 방치한 후 사용하였음. 측정온도를 35°C부터 95°C까지 10°C/min로 승온시키면서 흡열곡선을 얻었으며 reference는 sample pan과 동일한 pan을 온도보정 후 사용하였음. DSC thermogram으로부터 호화개시온도(onset temperature, T_o), 호화 정점온도(peak temperature, T_p), 호화종료온도(conclusion temperature, T_c)를 구하고 흡열피크의 면적으로부터 호화엔탈피(enthalpy, ΔH)를 구하였음.

거품 형성능 및 안정성 측정 ; 거품형성능은 Kim과 Imm 그리고 Phillips 등의 방법을 일부 수정한 것으로서, 시료 200 g을 10 분간 제과용 mixer(Model K5SS, Kitchen Aid Inc., Detroit, MI, USA)로 whipping하여 형성되는 100 mL의 무게를 측정하여, (시료 100 mL의 무게 - 거품 100 mL의 무게)/거품 100 mL의 무게) × 100 을 overrun(%)으로 표시하였으며, 거품의 안정성(drainage)은 Stahe 등(23)의 방법에 준하여, 형성된 거품을 100 mL의 용기에, 20 g씩 옮겨 담고, 직경 5 mm의 구멍이 일정하게 뚫린 틀에 올려 실온에 한 시간 동안 방치한 후, 흘러나온 액체의 무게를 digital balance(Dragon 204, Mettler Toledo Co., Ltd., Shanghai, China)로 측정하여 산정하였음.

머핀 반죽의 비중, 점도 및 pH 측정 ; <표 4-1>에 제시하는 원부재료로써 제조한 머핀 반죽과 난백 및 HEMC의 비중(specific gravity)은 AACC 10-15의 방법에 따라[비중(g/mL) =쌀 빵 반죽 무게/물 무게(물의 밀도는 1.00 g/mL로 가정)] 산출하였고, pH는 AACC 방법에 따라 거품 혹은 mixing이 끝난 반죽 15 g에 증류수 100 mL을 넣어 현탁액을 만들어 30분간 혼합한 후, 실온에 10분 방치하여, pH meter(MP220, Mettler Toledo, Switzerland)를 이용하여 측정하였음. 그리고, 머핀 재료를 혼합하여, 회전식 점도계(Digital Viscometer, Model DV-1+, Brookfield Engineering, USA)를 이용하여 측정하였으며, 측정 조건은 비이커에 50 g의 시료를 담아, 스피들 No. S64, 회전속도 6 rpm에서 약 1분간 회전시키면서, 10회 이상 반복 측정된 평균값으로써 산출하였음.

표 4-1. Ingredient composition of rice muffin

Ingredients	Weight(g)
Flour	100.0
Salt	1.0
Baking powder	1.0
Egg white	150.0
1% HPMC	50.0
Sugar	20.0

머핀 제조 ; HPMC는 용액들은 증류수에 24시간 이상 팽윤시켜 사용하였고, 믹싱볼에 난백과 HPMC 팽윤액들을 각각 담아 거품을 형성 및 안정시킨 후, <그림 4-1> 에 제시하는 순서대로 재료들을 혼합하여 반죽 후, 7 × 5.5 × 4.5 cm의 원형 팬에 50 g씩 각각 담아 170℃로 예열된 전기데크오븐(전진공업)에서 20분간 구웠음.

머핀의 부피, 비체적 및 굽기 손실률 ; 머핀을 실온에서 1시간 식힌 후, 무게를 측정하였으며, 종자치환법으로 부피를 측정하였다. 비용적은 머핀 1 g이 차지하는 부피를 무게로 나누어서 표시하였고. 굽기 손실률(%)는 (반죽 무게 - 머핀 무게)/반죽의 무게 × 100 로써 산출하였음.

물성측정 ; 쌀 머핀을 제조하여 3시간 및 30시간 실온에 방치하면서 물성의 변화를 Texture analyser Model TA-HDi, Stable Micro Systems, England)에 의해 측정하여, TPA texture profile analysis) parameter로써 나타내었음. 시료를 2회 압착하였을 때 얻어지는 힘-시간 곡선의 TPA parameter로부터 경도, 응집성, 탄성, 부착성 등의 물성을 구하였다. 측정조건은 pre-test speed 5 mm/sec, post-test speed 2mm/sec, strain 80%, probe diameter 20 mm였음.

기호도에 대한 관능검사 ; 머핀을 제조하여 상온에서 3시간 방치 후, 경북대학교 식품영양학과 대학원생 20명을 선정하여, 실험 목적 및 평가 항목에 대하여 교육을 한 후 소비자 기호도 조사를 실시하였다. 머핀의 색, 향, 맛, 조직감과 전체적인 기호도의 5가지 항목에 대해서 주관적 기호도 7점 척도법으로 각각 평가하였음.

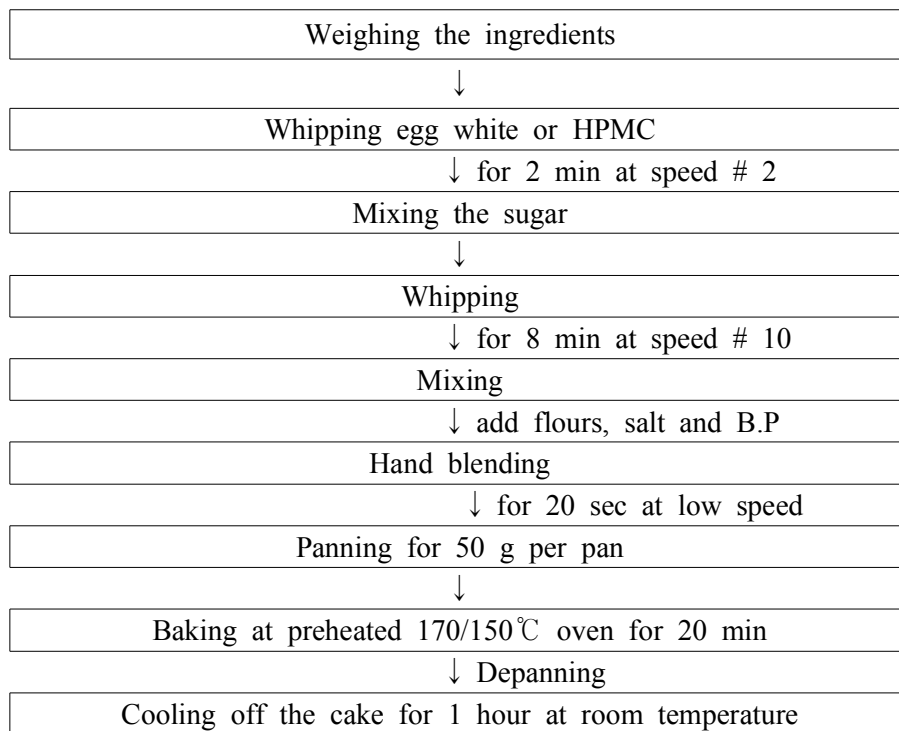


그림 4-1. Flow chart for the production of rice bread with HPMC

(2) 연구 결과

① 점도 및 Methoxy기 치환도가 상이한 HPMC 첨가에 따른 썩 브래드(머핀) 가공성 검정

HPMC 종류에 따른 기포성 비교 ; HPMC는 cellulose에 methoxy 기와 hydroxypropyl가 치환된 상태이므로 표면활성이 높고, 온도 변화에 따라 수화상태가 다르기 때문에 gel 형성성, 기포성 및 유화특성이 요구되는 식품들의 가공성 증진을 위해서 다양하게 활용되는 식품첨가물 이므로 본 연구에서는 쌀 머핀 반죽의 망상구조 형성에 주된 역할을 하는 난백의 기포성(거품 형성성 및 안정성)에 대한 시너지 효과를 기대하면서 HPMC를 적용하는 것이므로, 물리화학적 특성인 점성 및 치환체의 치환도가 <표 4-2>에 제시하는 바와 같이 서로 상이한 6 종류의 HPMC로써 기포성을 각각 측정하여 비교하였음. HPMC-1은 고도의 점성을 나타내며 특히 methoxy기의 치환도가 높은 종류이고, HPMC-2, HPMC-3, HPMC-4는 중간정도의 점도를 나타내며 methoxy기의 치환도 및 hydroxypropyl기의 치환도에서 차이가 있는 특성이 있고, HPMC-5 와 HPMC-6는 낮은 점도를 나타내면서 methoxy기 및 hydroxypropyl기의 치환도가 각각 다른 것 들임. 이들 6종류 HPMC의 기포성을 기포형성성<그림 4-3>과 기포안정성<표 4-3>으로써 각각 비교한 결과, 모든 종류의 HPMC에서 0.1 % 농도로써 기포를 형성시키는 것이 가장 효과적이었으며, HPMC-4 > HPMC-3 > HPMC-1 의 순으로 난백의 기포성보다 우수한 것을 알 수 있었음.

표 4-2. Viscosity and degree of substitution in HPMC samples

Sample	Viscosity(cps)	Degree of substitution(%)	
		Methoxy group	Hydroxypropyl group
HEPC-1	67,000	33.4	9.1
HEPC-2	37,000	20.5	26.6
HEPC-3	32,100	24.5	8.4
HEPC-4	32,000	28.2	7.3
HEPC-5	7,500	23.3	9.4
HEPC-6	2,940	24.6	8.5

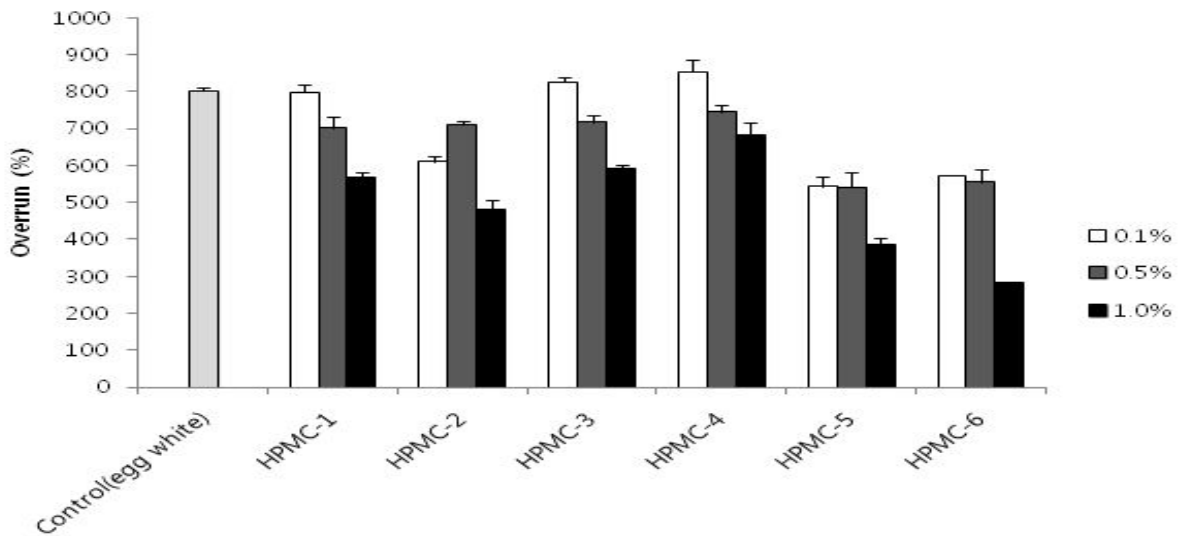


그림 4-2. Overrun of rice foam added with various HPMCs

또한 <표 4-3>에 나타내고 있듯이, 거품을 형성시킨 후 일정시간 경과함에 따라 거품으로부터 빠져나오는 물의 무게를 측정함으로써 판단하는 기포안정성은, 난백(14.25 ± 0.81 g)에 비해서 0.1 % 농도의 HPMC 거품들은 약 80 g 이상의 매우 불안정한 거품을 형성하고 있었으며, 0.5 % HPMC 거품들은 고점도의 HPMC-1 및 중간 정도의 점도를 나타내지만 methoxy기의 치환도가 높은 HPMC-4 두종류의 HPMC가 0 g 으로서 난백보다 우수한 거품안정성을 나타내고 있었다.

HPMC 거품첨가에 의한 머핀 반죽의 이화학적 특성 ; 쌀 머핀의 바람직하고 안정된 스펀지 성 부여하기 위해서, 난백과 함께 첨가하기에 적합한 바이오폴리머(HPMC) 선정을 위한 이들의 기포성(거품형성성 및 안정성)을 각각 검토한 결과, HPMC-1, HPMC-4 0.5 %의 농도로써 머핀제조에 적용함이 바람직함. 이에, 쌀가루(100 g), 소금(1 g), 베이킹파우더(1 g)에 난백 또는 바이오폴리머 거품(200 g)으로써 머핀을 제조하여 검토한 결과(1차년도 결과), HPMC-4로 제조한 머핀의 성형성이 HPMC-1 의 경우보다 우수하였기 때문에, HPMC-4로써 쌀 머핀 가공성을 검토하기로 함. HPMC로써 쌀과 카사바로써 gluten-free bread를 제조하기 위한 바이오폴리머들의 특성을 검정한 Yael V. 등의 연구에서도 methoxy기의 치환도가 큰 종류의 HPMC를 사용하는 경우에 제빵적성이 보다 양호하다는 연구 결과 등을 고찰하여 볼 때 중간 정도의 점도를 가지는 군에서 methoxy기의 치환도가 상대적으로 높은 HPMC-4로써 제조한 쌀 머핀의 성형성이 우수한 점은 고무적인 결과라고 생각됨. 그리고, <표 4-3>에 제시하는 바와 같이 난백 거품만을 사용하는 경우에는 쌀가루 반죽이 밀가루 반죽보다 점성이 높고, 비중도 큰 것을 알 수 있었으며, 반죽의 pH도 알칼리성 쪽으로 약간 높은 것을 알 수 있었음. 반면에 HPMC-4 거품만을 사용하는 경우에는 밀가루 반죽이 쌀가루 반죽보다 점성 및 비중이 큰 수치를 나타내고 있었으며, 반죽의 pH도 약간 낮은 특성이 있었음.

표 4-3. Foam stability from different concentrations of HPMC

Concentration (%)	Drainage weight(g)						
	Control (Egg white)	HPMC-1	HPMC-2	HPMC-3	HPMC-4	HPMC-5	HPMC-6
0.1	14.25±0.81 ^a	85.59±2.15 ^d	86.05±1.57 ^d	88.57±1.46 ^d	81.58±3.03 ^c	89.03±2.09 ^d	74.71±1.58 ^b
0.5	14.25±0.81 ^b	0.00±0.00 ^a	2.01±0.12 ^a	60.95±1.78 ^c	0.00±0.00 ^a	37.35±1.52 ^c	42.67±2.19 ^d
1.0	14.25±0.81 ^d	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	11.63±0.70 ^c	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	7.51±0.65 ^b

Values are Mean±SD.

Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05.

표 4-4. Physicochemical properties of muffin batters substituted with different levels of HPMC-5

	Viscosity(cP)	Specific gravity(g/m L)	pH
Wheat flour with egg white foam	22933.33±251.66 ^d	0.45±0.02 ^d	7.97±0.01 ^d
Wheat flour with HPMC-4 foam only	81266.67±378.59 ^g	0.36±0.01 ^b	7.01±0.03 ^a
Rice powder with egg white foam	9933.33±208.17 ^a	0.29±0.01 ^a	8.26±0.03 ^f
Rice powder with egg white foam 75 % and HPMC-4 foam 25 %	17733.33±450.92 ^b	0.35±0.01 ^b	8.03±0.02 ^e
Rice powder with egg white foam 50 % and HPMC-4 foam 50 %	20533.33±351.19 ^c	0.39±0.01 ^c	7.76±0.04 ^c
Rice powder with egg white foam 25 % and HPMC-4 foam 75 %	57100.00±556.78 ^e	0.43±0.02 ^d	7.53±0.06 ^b
Rice powder with HPMC-4 foam only	76533.33±611.01 ^f	0.45±0.02 ^d	7.00±0.05 ^a

Values are Mean±SD.

Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05.

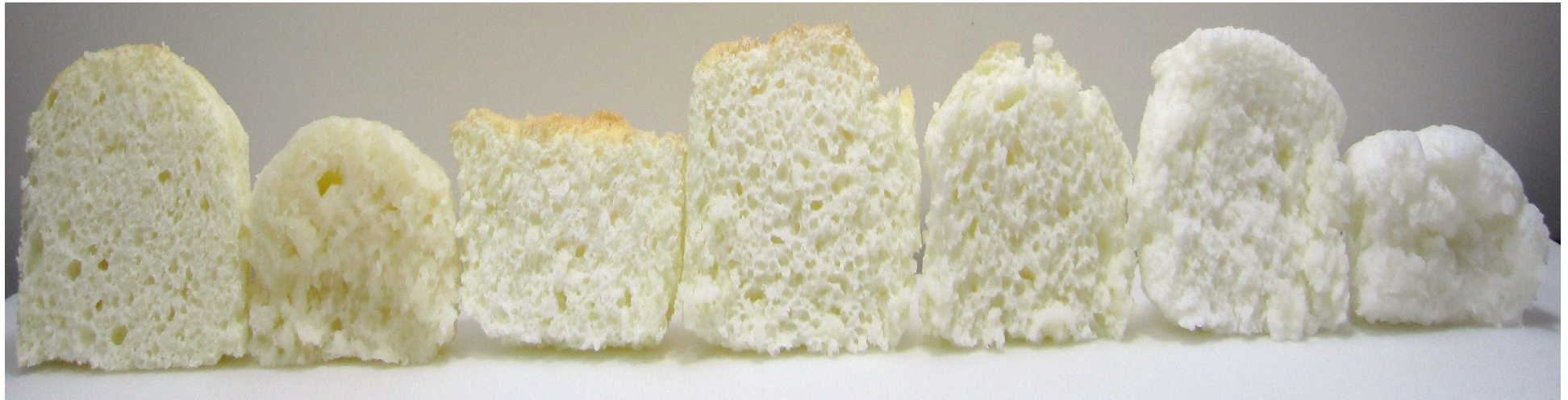
HPMC 거품 첨가 쌀 머핀의 가공성 ; 난백 거품과 HPMC-4의 거품을 일정 비율로 혼합하면 서, 쌀 머핀의 가공성을 검토한 결과 <그림 4-4>에 제시하고 있는 머핀의 단면사진으로도 알 수 있듯이, 난백 거품과 HPMC-4 거품을 3 : 1 의 비율로 혼합하여 반죽하여 제조한 쌀 머핀 의 성상이 가장 바람직한 것을 알 수 있으며, 머핀의 비체적 및 구운 후의 부피 변화 등에 있 어서 외관상으로는 밀가루에 난백 단독으로 사용하여 제조되는 머핀과 유의미한 차이는 없지 만, 비체적은 약간 크고, 구운 후의 부피 변화는 약간 낮은 수치를 나타내어 순 쌀가루 만으로 도 밀가루로 제조한 머핀보다 오히려 바람직한 형태의 머핀의 제조가 가능함을 알 수 있었음 <표 4-5>. 그리고 난백 단독의 거품만을 사용하여 순 쌀 머핀을 제조하는 경우에도 비체적 및 구운 후의 부피변화의 면에서는 밀가루로 제조한 것과 유의미한 차이는 없지만, <표 4-6>에 제시하는 바와 같이 제조된 머핀의 색, 냄새(향기), 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등 모든 부분 에서 난백 거품 단독으로 제조한 것보다 난백거품과 바이오폴리머인 HEMC-HV거품을 3 : 1 의 비율로 혼합하여 제조하는 경우에 높은 수치들을 나타내고 있었음.

4-6. Sensory evaluation of muffins

Muffins	Sensory characteristics				
	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
A	3.92±1.00 ^{bc}	4.17±1.40 ^{bc}	3.83±1.11 ^{bc}	4.17±0.72 ^c	3.17±1.27 ^{bcd}
B	2.08±0.67 ^a	2.25±1.29 ^a	2.00±0.74 ^a	1.50±0.52 ^a	2.67±1.50 ^{abc}
C	4.08±1.00 ^c	4.42±1.68 ^c	4.17±1.47 ^c	4.25±0.97 ^c	3.75±1.54 ^{cd}
D	4.33±1.07 ^c	4.42±1.38 ^c	4.33±1.37 ^c	4.50±1.00 ^c	4.00±1.28 ^d
E	4.42±1.08 ^c	3.67±0.98 ^{bc}	2.92±1.24 ^{ab}	2.75±1.29 ^b	2.08±1.08 ^{ab}
F	4.00±1.65 ^{bc}	3.50±1.38 ^{bc}	2.67±0.89 ^a	2.33±0.65 ^b	1.83±0.94 ^a
G	3.00±1.48 ^{ab}	3.00±1.35 ^{ab}	2.50±1.24 ^a	1.50±0.67 ^a	2.92±1.44 ^{abcd}

Values are Mean±SD.

Means with the same letter in column are not significantly different at $p < 0.05$.



A

B

C

D

E

F

G

그림 4-3. Slice of muffins, wheat flour with egg white foam only(A), wheat flour with HPMC-4 foam only(B), rice powder with egg white foam only(C), rice powder with egg white foam 75 % and HPMC-4 foam 25 %(D), rice powder with egg white foam 50 % and HPMC-4 foam 50 %(E), rice powder with egg white foam 25 % and HPMC-4 foam 75 %(F), rice powder with HPMC-4 foam only(G).

표 4-7. Batter volume, specific cake volume and baking loss of each muffins

Sample	Volume (mL)	Specific cake volume(mL/g)	Baking loss (%)
Wheat flour with egg white foam only	168.90±10.55 ^{de}	2.78±0.26 ^{bc}	7.81±0.15 ^b
Wheat flour with HPMC-4 foam only	56.73±2.97 ^a	1.36±0.12 ^a	6.68±0.22 ^a
Rice powder with egg white foam only	177.00±14.80 ^{ab}	4.22±0.37 ^e	14.52±1.36 ^g
Rice powder with egg white foam 75 % and HPMC-4 foam 25 %	163.20±12.18 ^c	3.61±0.33 ^d	11.85±0.29 ^f
Rice powder with egg white foam 50 % and HPMC-4 foam 50 %	122.67±8.08 ^{cd}	2.93±0.16 ^c	11.21±0.24 ^{ef}
Rice powder with egg white foam 25 % and HPMC-4 foam 75 %	86.67±8.33 ^{bc}	2.36±0.22 ^b	10.69±0.53 ^{de}
Rice powder with HPMC-4 foam only	65.03±6.26 ^{ab}	2.44±0.17 ^b	9.80±0.13 ^c

Values are Mean±SD.

Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05.

② 품종별 쌀가루로 제조한 킥 브래드 쌀 머핀의 가공성 비교

품종별 쌀 배유 전분의 이화학적 특성 ; 1차년도에 개발되어진 순쌀 머핀 제조법을 적용하여, 가공용도의 다양화를 위해서 육종 개발되어진 7품종의 쌀로써 머핀 제조에 대한 가공적성을 검토하기 위해서, 공시시료인 품종별 쌀 전분의 이화학적 특성에 대한 기본적인 자료를 확보하여야 할 필요성에서, 전분분자의 미세구조를 반영하는 아밀로펙틴의 사슬길이 분포<표 4-8>, 전분입자의 결정화도를 유추할 수 있는 X-선 회절도<그림 4-4> 및 호화특성<표 4-9>을 검토하였고, 이러한 이화학적 특성이 머핀 제조시 어떠한 가공특성과 연관성이 있는지에 대한 검토는 지속저공로 수행할 필요성이 있다고 생각됨.

표 4-8. Varietal differences in amylopectin chain length distribution in rice varieties

Variety	Amylopectin chain length distribution (%)			
	A	B ₁	B ₂	B ₃
	DP≤12	12<DP≤24	24<DP≤36	DP<36
Goami	37.70±1.35 ^c	53.14±1.19 ^b	7.15±0.15 ^a	2.01±0.09 ^a
Goami2	22.70±0.19 ^a	53.47±0.22 ^b	15.57±0.12 ^d	8.16±0.28 ^d
Deuraechan	35.71±0.15 ^b	51.62±0.08 ^a	9.48±0.03 ^{bc}	3.19±0.05 ^{bc}
Baegjinju	34.58±1.36 ^b	51.73±0.60 ^a	10.01±1.35 ^c	3.67±0.71 ^c
Seolgaeng	39.15±0.52 ^c	52.01±0.44 ^a	6.92±0.08 ^a	1.93±0.04 ^a
Haiami	34.23±1.02 ^b	53.70±0.39 ^b	8.52±0.66 ^b	3.28±0.21 ^{bc}
Hanareum	35.03±1.22 ^b	51.59±0.61 ^a	10.66±1.37 ^c	2.71±0.18 ^b

Values are Mean±SD, n=3.

Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05.

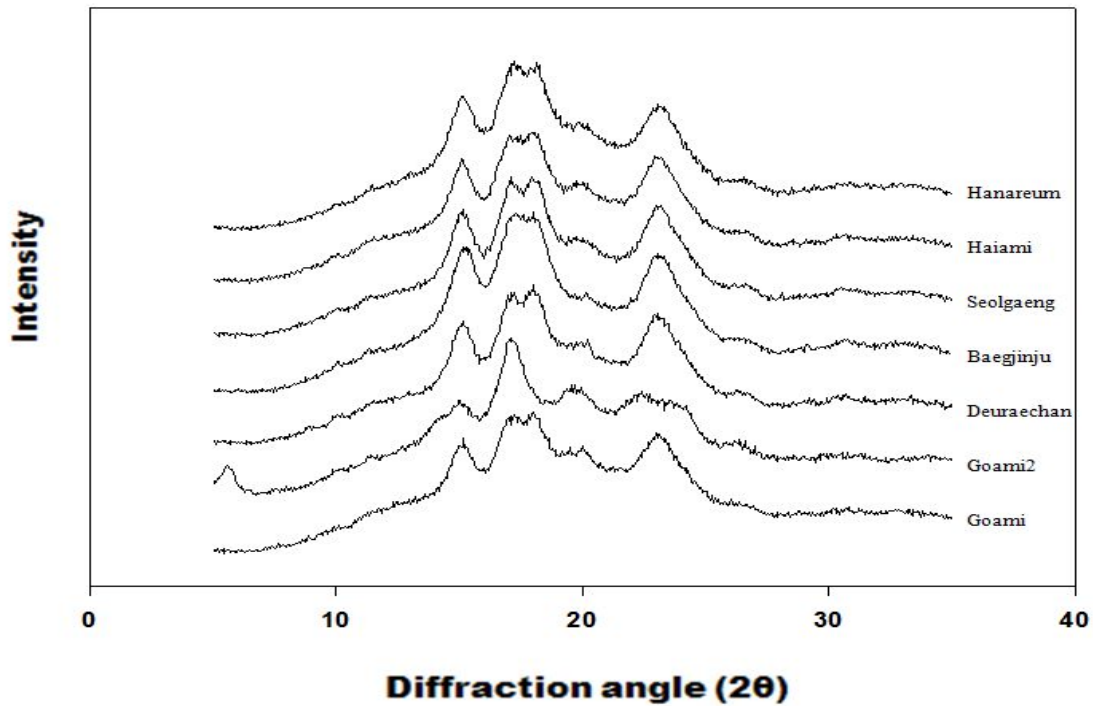


그림 4-4. X-ray diffractogram of rice starch varieties.

표 4-9. Heat of gelatinization and endotherm characteristics of starch granules from different rice cultivars

Cultivars	DSC characteristics			
	To	Tp	Tc	ΔH(cal/g)
Goami	66.73±0.47 ^a	77.15±1.34 ^a	89.99±0.72 ^a	3.34±0.09 ^a
Goami2	78.13±0.76 ^d	88.25±1.22 ^e	103.51±0.43 ^d	4.87±0.35 ^d
Deuraechan	71.42±0.66 ^c	81.49±0.41 ^{cd}	93.91±0.61 ^c	3.38±0.27 ^a
Baegjinju	72.34±1.12 ^c	82.32±1.03 ^d	94.62±0.88 ^c	4.57±0.24 ^{cd}
Seolgaeng	71.73±0.76 ^c	79.27±0.85 ^b	92.24±0.20 ^b	4.33±0.36 ^{bcd}
Haiami	70.04±0.21 ^b	80.50±0.17 ^{bc}	93.86±0.33 ^c	3.83±0.09 ^{abc}
Hanareum	71.81±0.64 ^c	80.85±0.47 ^{bcd}	92.41±1.10 ^b	3.60±0.30 ^{ab}

Values are Mean±SD, n=3.

Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05.

품종별 쌀가루의 수분 결합력 및 지방 결합력 ; 머핀과 같은 gluten-free bread를 제조함에 있어서 재료들의 수분결합력 및 지방결합력은 제품의 촉촉한 정도 및 씹힘성 등에 영향을 미친다는 보고 등이 있고 수분결합력 및 지방결합력 등은 반죽의 유화특성을 대변하는 특성들이면서 반죽의 소수도로써 표현되며 퀵 브레드의 제빵성과 연관이 있을 것이라는 의미에서 품종별 쌀가루의 수분결합력(water binding capacity) 및 지방 결합력(fat binding capacity)을 각각 측정 비교하였음<표 4-10>. 품종별 쌀가루들의 수분 결합력은 118 %에서 161 %의 변이를 보이고 있었으며, 이러한 수치는 밀가루의 수분 결합력(73 %)에 비해서 상당히 높은 수치들을 나타내고 있었으며, 반면에 품종별 쌀가루들의 지방 결합력은 72 %에서 84 %의 변이를 보이고 있었으며, 밀가루의 지방 결합력(179 %)에 비해서 상당히 낮은 수치들을 나타내고 있었음.

표 4-10. Water and Fat-binding capacities of various rice flours

Variety	Water binding capacity (%)	Fat binding capacity (%)
Wheat flour	73.95±2.37 ^a	161.09±4.24 ^c
Goami	161.32±3.53 ^g	71.63±1.74 ^a
Goami2	153.75±1.46 ^f	82.51±0.64 ^b
Deuraechan	144.41±3.92 ^e	72.69±0.40 ^a
Baegjinju	126.07±3.59 ^c	83.88±1.63 ^b
Seolgaeng	118.04±0.27 ^b	80.55±1.10 ^b
Haiami	135.56±2.92 ^d	80.46±4.48 ^b
Hanareum	129.24±2.84 ^c	81.09±1.33 ^b

Values are Mean±SD, n=3.

Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05.

머핀 반죽의 이화학적 특성 ; HPMC와 난백의 거품에 <표 4-10>에 제시했듯이 수분 결합력이 밀가루보다 상당히 높았던 쌀가루들이 가지는 수화력이, 머핀 제조 시 위해서 첨가되는 원부재료들과의 상호작용 결과, 나타날 수 있는 이화학적 특성인 반죽의 점도, 비중, pH 등을 측정 <표 4-11> 비교하였음.

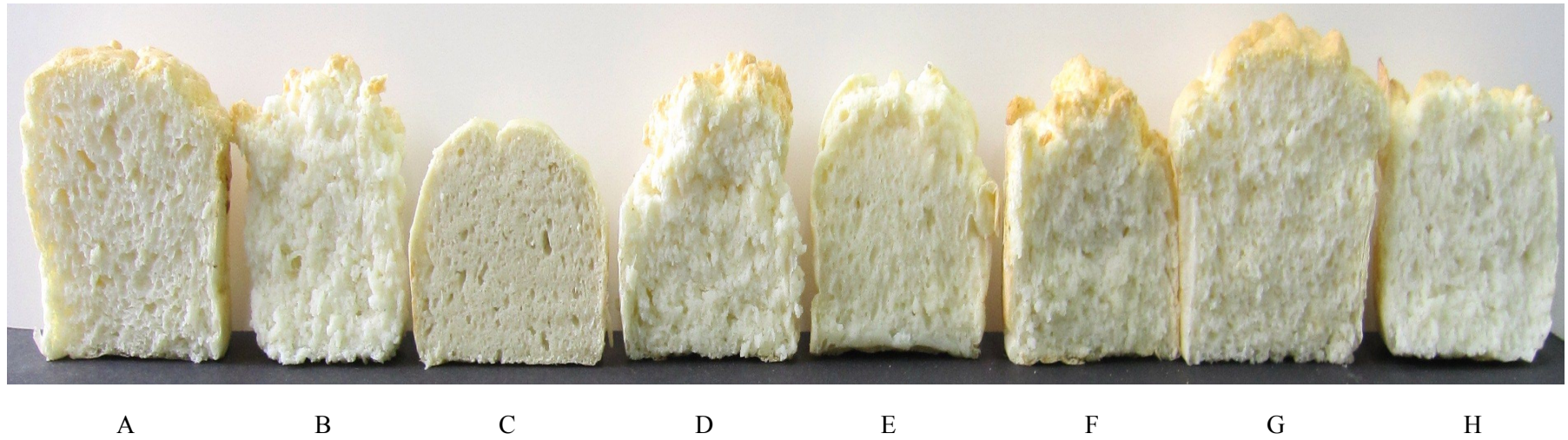
표 4-11. Viscosity, specific gravity and pH of muffin batters substituted with rice varieties

Variety	Viscosity(cP)	Specific gravity(g/mL)	pH
Wheat flour	23666.67 ± 723.42 ^c	0.43 ± 0.03 ^a	7.78 ± 0.02 ^b
Goami	69866.67 ± 1285.82 ^g	0.53 ± 0.04 ^b	7.90 ± 0.03 ^{de}
Goami2	11033.33 ± 550.76 ^a	0.86 ± 0.03 ^d	7.72 ± 0.01 ^a
Deuraechan	49200. ± 435.89 ^f	0.55 ± 0.03 ^b	7.93 ± 0.02 ^{ef}
Baegjinju	18800. ± 458.26 ^b	0.65 ± 0.04 ^c	7.83 ± 0.03 ^c
Seolgaeng	32033.33 ± 1320.35 ^e	0.45 ± 0.04 ^a	7.88 ± 0.02 ^d
Haiami	68566.67 ± 1350.31 ^g	0.55 ± 0.04 ^b	7.96 ± 0.02 ^{fg}
Hanareum	26100. ± 700.00 ^d	0.54 ± 0.03 ^b	7.97 ± 0.01 ^g

Values are Mean±SD, n=3.

○ 반죽의 점도는 고아미 > 하이아미 > 드래찬 > 설갱 > 한아름의 순으로 밀가루를 사용한 반죽의 경우보다 높았으며, 고아미 2 < 백진주의 순으로 밀가루를 사용한 반죽 보다 낮은 수치를 나타내고 있었음. 일반적으로 난백에 의해 형성되는 거품 때문에 반죽의 부피는 증가하면서 상대적으로 비중은 낮아지게 되며, 반죽의 비중은 쿵 브레드 제품의 물성에 영향을 미칠것이 예상되므로, 본 연구에서도 HPMC와 난백의 혼합 거품에 품종별 쌀가루를 첨가하여 제조한 머핀 반죽의 비중을 각각 비교한 결과, 설갱을 제외한 모든 품종의 쌀가루 반죽은 밀가루 반죽에 비해서 비중이 유의적으로 높았다. 특히 고아미 2는 상당히 높은 수치를 나타내고 있었음. 그리고 머핀 반죽의 pH는 약 알칼리성을 나타내면서 대체로 모든 품종의 쌀가루 반죽이 밀가루 반죽의 pH 보다 유의적으로 높았음. 이들 반죽의 이화학 특성의 차이가 baking 후에 loaf volume 및 성형성에 미치는 효과 등에 대한 연구는 장차 심도 있게 수행되어야 할 것으로 사료됨.

그림 4-5. Cross sectional images of muffins prepared with rice varieties. A; Wheat flour, B; Goami, C; Goami2, D; Deuraechan, E; Baegjinju, F; Seolgaeng, G; Haiami, H; Hanareum.



품종별 쌀 머핀의 가공성 ; 품종별 쌀로써 제조한 머핀의 가공성은 <그림 4-5>에 제시하고 있는 머핀의 단면사진으로도 알 수 있듯이, 고아미 2 품종을 제외하고는 밀가루로 제조한 머핀과 유사한 정도의 가공성을 나타내고 있었고, 특히 하이아미 품종으로 제조한 머핀의 성상이 가장 바람직한 것을 알 수 있음.

또한 품종별 쌀가루의 가공성에 영향을 주는 요인으로써 부피, 비체적 및 굽는 과정에서 수분손실율을 밀가루로 제조한 것과 비교함으로써 판단하고자 하였음. 일반적으로 베이커리제품의 부피는 반죽시 혼입되는 공기의 양 및 형성된 기포의 안정성 또는 가스보유력 등이 영향을 주기 때문에, 본 연구에서는 머핀 반죽시 첨가한 HPMC 와 난백 거품들을 첨가하는 쌀가루들과의 상호작용에 의한 머핀 가공성에 영향을 주었을 것이라 생각되기 때문에 측정 비교하였음. 채종법에 의해 측정된 머핀의 부피 <표 4-12>는 고아미 2를 제외한 모든 품종의 쌀가루로 제조하는 경우 밀가루로 제조한 것 보다 낮은 수치를 나타내고 있었음.

표 4-12. Volume and baking loss of muffins from different rice varieties

Variety	Volume		Baking loss (%)
	mL	Specific volume(mL/g)	
Wheat flour	522.00 ± 7.55 ^{bc}	5.74 ± 0.11 ^c	7.11 ± 0.11 ^{cd}
Goami	493.67 ± 6.51 ^{abc}	5.41 ± 0.19 ^c	8.31 ± 0.31 ^e
Goami2	528.67 ± 6.11 ^c	3.28 ± 0.16 ^a	3.50 ± 0.31 ^a
Deuraechan	484.33 ± 14.64 ^a	5.27 ± 0.14 ^c	6.60 ± 0.52 ^c
Baegjinju	484.00 ± 21.28 ^a	4.45 ± 0.43 ^b	5.43 ± 0.45 ^b
Seolgaeng	473.33 ± 41.40 ^a	6.23 ± 0.43 ^d	10.22 ± 0.19 ^f
Haiami	477.67 ± 20.11 ^a	5.69 ± 0.35 ^c	8.52 ± 0.48 ^e
Hanareum	487.67 ± 15.95 ^{ab}	5.23 ± 0.35 ^c	7.27 ± 0.32 ^d

Values are Mean±SD, n=3.

그리고 비체적의 경우에는 고아미, 드래찬, 한아름 등의 품종으로 제조한 머핀의 경우 밀가루와 유사한 수치를 나타내고 있고, 설갱의 경우는 비체적이 가장 높아 조직감이 가볍게 느껴질 가능성이 예상되는 품종이었고, 고아미 2의 비체적은 가장 낮은 수치를 나타내고 있어, 부피감은 있으나 묵직한 조직감을 가지고 있을 가능성이 예상되는 결과를 얻었음. 또한 굽기에 의한 수분 손실율은 비체적이 낮았던 고

아미 및 백진주에서 낮은 수치를 나타내고 있었고, 비체적이 높았던 설갱의 수분손실율이 가장 높았다. 쌀로써 베이커리제품을 제조하는 경우, 밀가루보다 상당히 높은 수분 보유력 때문인지 제품의 조직감이 묵직한 경향이 있고, 기호도에 부정적인 영향을 나타낼 수도 있다는 점을 감안하여, 머핀의 비체적과 굽기에 의한 수분 손실율을 밀가루와 비교함으로써 가공성 여부를 판단하는 기준으로 삼았을 때, 대조구인 밀가루와 유사한 정도의 수치를 나타내어 머핀 제조용으로 활용이 가능하리라 판단되는 쌀 품종으로는 설갱, 고아미, 하이아미, 한아름 등의 쌀 품종들이라고 생각됨.

관능검사

품종별 쌀가루로 제조한 머핀들의 관능검사 결과<표 4-13>, 쌀 특유의 색상 및 냄새가 한국인의 기호에 익숙해서인지 색, 냄새, 맛, 조직감 그리고 전반적인 기호도 모든 부분에서 고아미 2를 제외한 모든 품종의 쌀에서 대조구인 밀가루보다 높은 수치를 나타내어 머핀 제조용으로 적합하다는 결과를 얻었음.

기계적인 조직감

머핀 제조 후 3시간 및 30시간 경과 후의 물성을 측정하여 TPA parameter로 나타내었음. <그림, 4-6, 4-7, 4-8, 4-9, 4-10>에 각각 나타내었음. 제조 직후의 경도는 하이아미를 제외한 모든 품종의 쌀들에서 대조구인 밀가루보다 높은 수치를 나타내고 있었으나, 실온에서 30시간 경과후의 경도 변화는 대조구인 밀가루 보다 낮게 측정되어 머핀의 노화정도는 대조구인 밀가루의 경우보다 낮음을 알 수 있음. 그리고 베이커리 제품들의 특성이라 할 수 있는 탄력성은 고아미 2를 제외한 모든 품종의 쌀이 대조구보다 낮았음. 그리고 시간 경과에 따른 탄력성의 감소 정도는 역시 밀가루의 경우보다 낮은 수치를 나타내어 쌀로써 머핀을 제조하는 경우 저장에 따른 물성 저하율은 낮을 것이 예상됨. 이러한 특성은 아마도 쌀가루들의 높은 수분보유력 때문일 것이라고 생각되어 짐. 머핀의 점착성은 백진주가 대조구인 밀가루와 유사한 정도를 보이고 있었고 그 밖의 모든 품종의 쌀들에서 오히려 낮은 점착성을 나타내고 있었음. 검성 및 찢힘성은 모든 품종의 쌀에서 대조구인 밀가루의 경우보다 낮은 수치를 나타내고 있음을 알 수 있었음.

<표 4-13> Sensory evaluations of rice muffin from different rice varieties

	Sensory characteristics				Overall acceptability
	Color	Flavor	Taste	Texture	
Wheat flour	4.10 ± 0.99 ^b	3.80 ± 1.32 ^b	5.40 ± 1.35 ^b	5.00 ± 1.56 ^b	4.30 ± 1.95 ^b
Goami	5.00 ± 1.56 ^b	4.20 ± 1.03 ^{bc}	4.40 ± 0.97 ^b	4.90 ± 0.99 ^b	4.40 ± 1.07 ^b
Goami2	2.00 ± 1.05 ^a	2.20 ± 0.92 ^a	2.10 ± 1.20 ^a	1.40 ± 0.70 ^a	1.40 ± 0.70 ^a
Deuraechan	4.60 ± 1.07 ^b	4.10 ± 1.45 ^{bc}	4.70 ± 1.16 ^b	5.00 ± 1.49 ^b	4.50 ± 1.51 ^b
Baegjinju	4.70 ± 0.82 ^b	4.90 ± 1.66 ^{bc}	5.00 ± 1.49 ^b	5.40 ± .65 ^b	5.30 ± 1.83 ^b
Seolgaeng	5.10 ± 1.29 ^b	5.10 ± 1.29 ^c	5.00 ± 1.33 ^b	5.80 ± 1.03 ^b	5.40 ± 1.26 ^b
Haiami	4.70 ± 1.16 ^b	5.00 ± 0.94 ^c	5.40 ± 0.97 ^b	5.90 ± 0.99 ^b	5.30 ± 1.49 ^b
Hanareum	5.10 ± 1.66 ^b	5.20 ± 0.79 ^c	5.40 ± 1.17 ^b	5.80 ± 1.62 ^b	5.40 ± 1.65 ^b

Values are Mean±SD, n=3.

Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05.

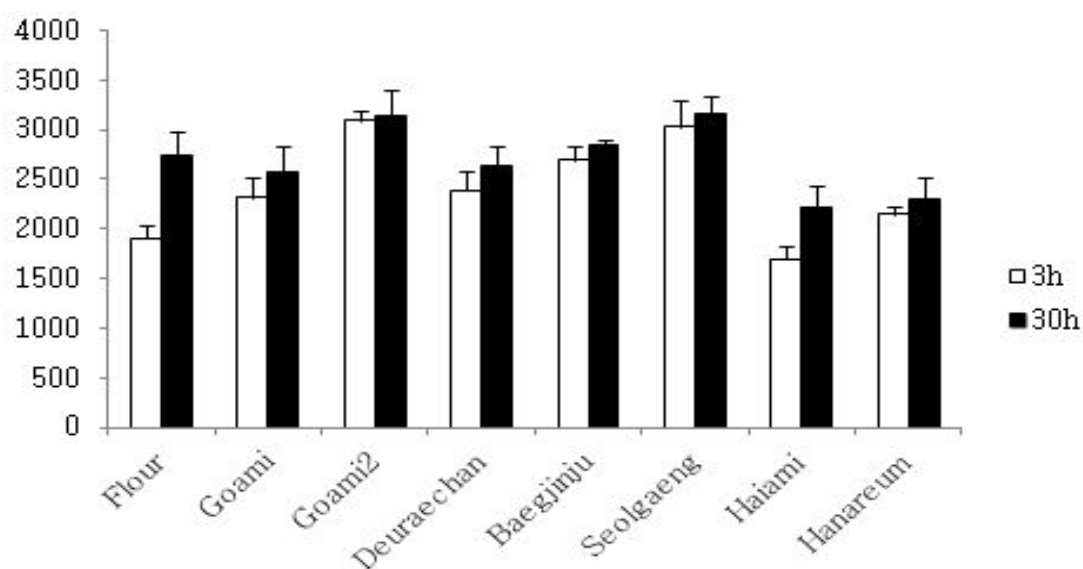


그림 4-6. Hardness of rice muffins after storage for 3 and 30 hours at room temperature.

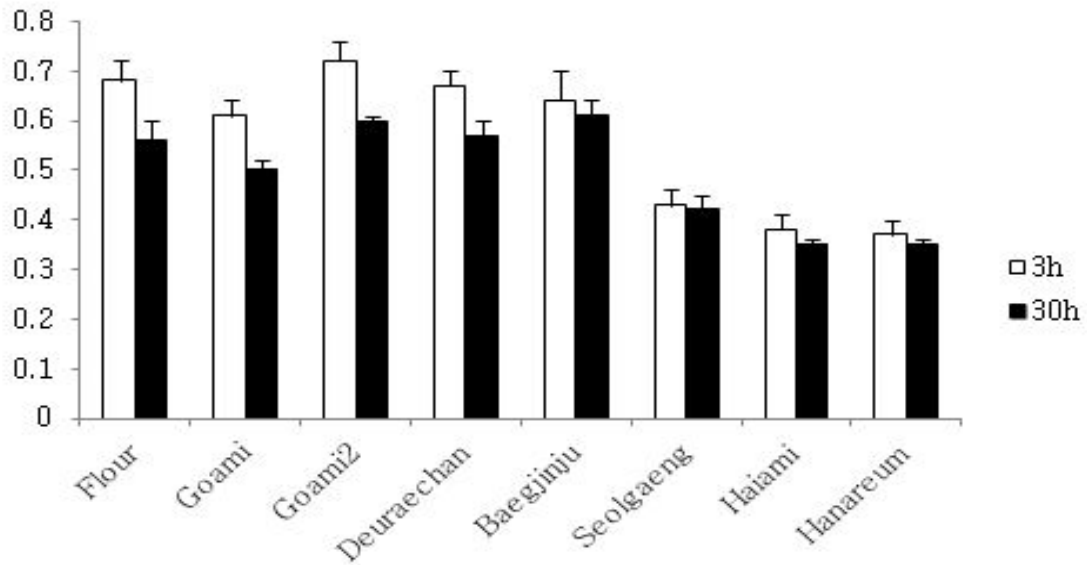


그림 4-7. Springiness of rice muffins after storage for 3 and 30 hours at room temperature.

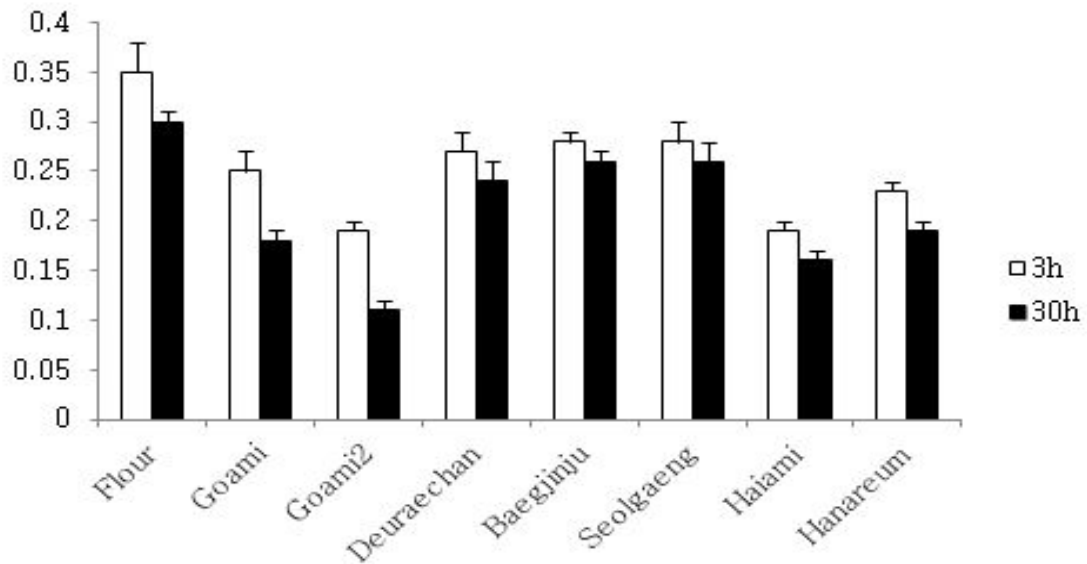


그림 4-8. Cohesiveness of rice muffins after storage for 3 and 30 hours at room temperature.

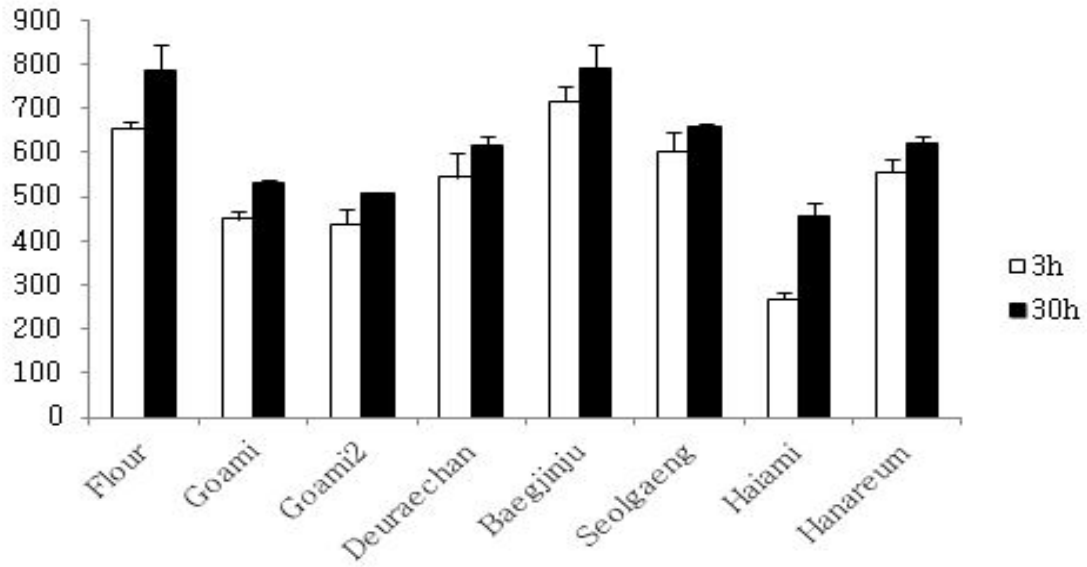


그림 4-9. Gumminess of rice muffins after storage for 3 and 30 hours at room temperature.

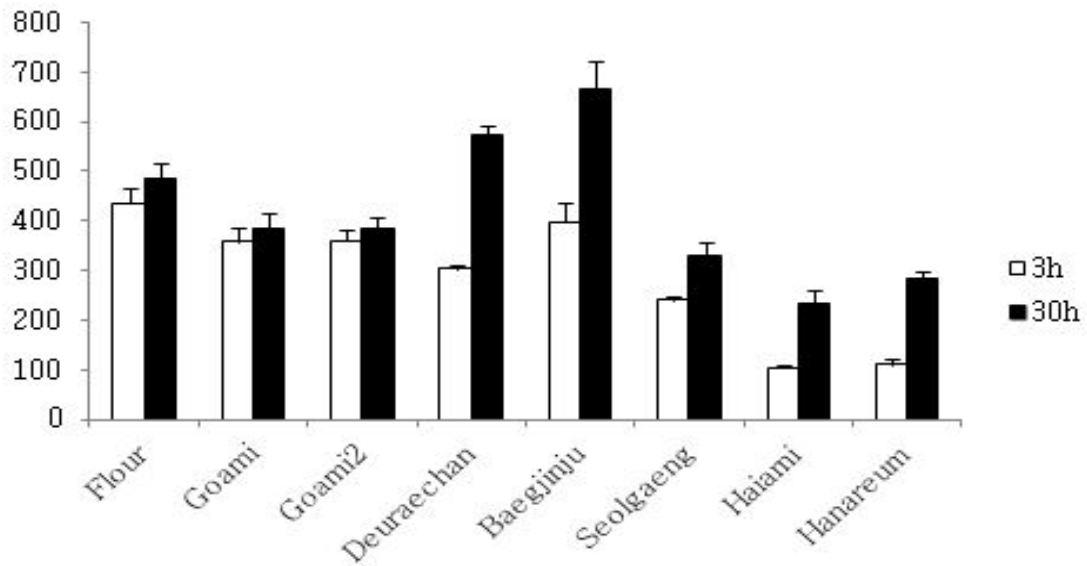


그림 4-10. Chewiness of rice muffins after storage for 3 and 30 hours at room temperature.

(3) 요약 및 결론

- 건강 기능성이 확보된 새로운 식품 첨가물로써의 바이오폴리머(HEMC) 활용 방안을 모색하고자 순 쌀로써 머핀을 제조함에 따른 HEMC의 제빵적성에 대해서 킷브랜드인 머핀의 가공성 및 기호도에 대한 관능검사를 실시하였음. 우선, 바이오폴리머의 점도 및 치환도가 상이한 HEMC-LV와 HEMC-HV 중에서는 고점도 특성을 가지는 HEMC-HV가 머핀 제조에 적합한 것을 확인하였음. 그리고 쌀가루에 난백거품과 바이오폴리머인 HEMC-HV거품을 3 : 1의 비율로 혼합하여 제조한 머핀은 색, 냄새(향기), 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등 모든 부분에서 밀가루로 통상적인 방법에 의해서 제조되는 머핀보다 바람직한 결과를 도출함으로써 HEMC-HV를 킷브랜드인 머핀 제조시 첨가함으로써 성공적인 순 쌀빵의 제조가 가능함을 확인하였음.
- 또한, 치환체의 종류 및 치환도가 상이한 6종류의 HPMC를 쌀 머핀 가공성 증진용 첨가물로써 사용하는 경우의 가공적성을 검정한 결과, 6종류의 HPMC 중 중간정도의 점성을 가지면서 methoxy기의 치환도가 높은 종류인 HPMC-4가 쌀머핀 가공시 첨가재료써 적합하였으며, 쌀가루에 난백거품과 HPMC-4 거품을 3 : 1의 비율로 혼합하여 제조한 머핀은 색, 냄새(향기), 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등 모든 부분에서 밀가루로 통상적인 방법에 의해서 제조되는 머핀보다 바람직한 결과를 도출함으로써 HPMC-4를 킷브랜드인 머핀 제조시 첨가함으로써 성공적인 순 쌀빵의 제조가 가능함을 확인하였음.
- 아울러, 쌀 가공식품의 용도 다양화를 위하여 개발한 쌀 품종인 고아미, 고아미 2호, 드래찬, 백진주, 설갱, 하이아미, 한아름 등 7종류의 쌀로써 킷브랜드인 머핀을 제조함에 따른 가공성을 각각 비교한 결과, 쌀가루들의 수분결합력은 대조군인 밀가루보다 상당히 높았으며, 반면 지방결합력은 밀가루보다 상당히 낮은 특성이 있었음. 킷 브랜드 제품의 물성에 영향을 미칠것이 예상되는 반죽의 비중은, 설갱을 제외한 모든 품종의 쌀에서 대조군인 밀가루 반죽에 비해서 비중이 유의적으로 높았음. 머핀의 부피, 비체적 굽기에 의한 수분 감소율 및 관능검사의 결과등을 고려할 때, 밀가루와 유사한 정도의 수치를 나타내어 머핀 제조용으로 활용이 가능하리라 판단되는 쌀 품종으로는 설갱, 고아미, 하이아미, 한아름 등의 쌀 품종들임을 확인하였음.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1 절. 1차년도 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	달성도 (%)	기여 도	연구개발 수행내용
1차 년도 (2010)	바이오폴 리머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화	바이오폴리머 용액의 유변물성 평가	100	상	8 종 바이오폴리머 용액의 유변물성 (steady state flow test, frequency sweep test, temperature weep test) 평가 완료 (<u>그림 1-1 ~ 16</u>)
		바이오폴리머가 함유된 쌀반죽의 가공성 평가	100	상	셀룰로오스 에테르 치환체별, 치환도별, 점도별 총 8 종 제품에 대해 물량별 시험, 쌀반죽의 반죽성, rolling성, 제면성, texture, rheology 평가 완료 (<u>표 1-1 ~ 19, 그림 1-17 ~ 23</u>)
		바이오폴리머가 함유된 건면의 성능평가	100	상	셀룰로오스 에테르 치환체별, 치환도별, 점도별 총 8 종 제품에 대해 건면의 강도 측정 및 형태학적 구조평가 완료 (<u>그림 1-24 ~ 31, 표 1-20</u>)
	바이오폴 리머를 이용한 쌀빵의 가공성 및 식미성 최적화	쌀빵제조용 각각의 원부재료와 5종류 바이오폴리머 혼합 반죽간의 물성평가	100	상	쌀빵의 최종 성형성 및 조직감 에 직접적인 영향을 미치는 반 죽의 망상구조 형성능 및 안정 성에 대한 평가를 수행 완료 (<u>표 2-1~12, 그림 2-1~5</u>)
		쌀빵 성형 및 최적 베이킹 조건 설정	100	상	쌀빵 제조법 완성 및 쌀빵 반죽 의 이화학적 특성과 쌀빵 성형 성 및 관능검사 등 쌀빵 가공적 성을 검정 완료 (<u>표 2-13~16, 그림 2-6</u>)

2절. 2차년도 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	기여도	연구개발 수행내용
2차 년도 (2011)	바이오폴리 머를 이용한 쌀국수의 가공성 및 식미성 최적화	쌀국수 제품의 조리특성 평가	100	상	7종의 바이오폴리머를 첨가한 쌀국수에 대한 조리특성 (조리시간, 탁도, 조리면 압축강도) 평가 완료 (<u>그림 3-1~10</u>)
		쌀국수 제품의 식미성 최적화 연구	100	상	7종의 바이오폴리머를 첨가한 쌀국수에 대한 조리특성 (색깔, 투명도, 질감, 부드러움 등) 평가 완료 (<u>표 3-8</u>)
	바이오폴리 머를 이용한 쌀빵의 가공성 및 식미성 최적화	바이오폴리 머를 사용하여 제조되는 쌀빵의 조직감, 저장성 검정	100	상	다양한 종류의 바이오 폴리머 중 HPMC-4를 사용하여 제조되는 머핀(퀵 브래드)의 조직감 저장성 검정 및 머핀 성형성, 관능검사 등 쌀빵 가공적성 검정 완료 (<u>표 4-1~7, 그림 4-1~3</u>)
		개발된 쌀빵 제조법 활용 머핀 제조용 쌀 품종 선정	100	상	기 개발된 퀵브래드 제조법을 적 용하여 머핀제조에 적합한 쌀 품 종 선별을 위한 품종별 순쌀머핀 의 조직감 저장성 검정 및 머핀 성형성, 관능검사 등 가공적성 검 정 완료 (<u>표 4-10~12, 그림 4-5~10</u>)

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1 절. 연구개발 성과

1. 논문 성과

- 1) Um IC, Cho HJ, The effect of sample handling on the rheological measurement of regenerated silk fibroin formic acid solution using parallel plate geometry, International Journal of Industrial Entomology, 22(1) : 5 ~10. (2011)
- 2) 조희정, 유영진, 강미영, 엄인철, 천연고분자 첨가에 의한 쌀국수 제면성 연구, 경북대농학지, 29 : 55~62. (2011)
- 3) 유영진, 강미영, 엄인철, 히드록시프로필 메틸셀룰로오스 첨가에 의한 쌀국수 제면성 연구 (I), Current Research on Agriculture and Life Sciences, 게재승인.
- 4) 김주희, 엄인철, 강미영, 킥 브랜드 쌀 머핀 제조용 첨가물로서의 바이오폴리머 (Hydroxyethyl methylcellulose, HEMC) 활용성 검토, 한국 조리과학회지, 투고중
- 5) 김주희, 엄인철, 강미영, 점도 및 Methoxy기 치환도가 상이한 HPMC 첨가에 따른 킥 브랜드 쌀 머핀 가공성 검토, 한국 식품과학회지, 투고중
- 6) 김주희, 엄인철, 강미영, 품종별 쌀가루로 제조한 킥 브랜드 쌀 머핀의 가공성 비교, 한국 작물학회지, 투고중

2. 특허 성과

- 1) 엄인철, 강미영, 유영진, 셀룰로오스 에테르를 함유하는 쌀면 조성물 및 그의 제조방법, 대한민국특허 출원 제 10-2011-0043301호, 2011. (출원일 : 2011. 5. 9)
- 2) 강미영, 엄인철, 김주희, 반수정, 히드록시 에틸 메틸셀룰로오스가 첨가된 혈당 조절용 쌀 빵 및 그 제조방법, 대한민국특허 출원 제 10-2012-0063141호, 2012 (출원일 : 2012. 06. 15)

3. 학술대회발표 성과

- 1) Yoo YJ, Cho HJ, Um IC, The rheological properties of cellulose ether aqueous solutions with various molecular weights, substitution types, and substitution degrees, 6th International Workshop for East Asian Young Rheologists, Yamakata, Japan. (2011.1.20)

- 2) Cho HJ, Um IC, The effect of sample handling condition on the rheological measurement of regenerated silk fibroin formic acid solution, 6th International Workshop for East Asian Young Rheologists, Yamakata, Japan. (2011.1.20)
- 3) 유영진, 엄인철, 유변학을 활용한 셀룰로오스 에테르의 열적겔화거동에 대한 연구, 한국섬유공학회 학술발표회, 대전 (2011.4.28)
- 4) 유영진, 엄인철, 천연섬유고분자를 이용한 쌀의 제면성 연구(I) : 히드록시프로필 메틸셀룰로오스의 점도별 효과, 한국섬유공학회 학술발표회, 대전 (2012.4.40)

4. 인력양성 효과 : 석박사 인력 5명 배출

- 1) 고재상 : 2011년 경북대 대학원 석사 졸업
- 2) 조희정 : 2011년 경북대 대학원 석사 졸업
- 3) 김주희 : 2012년 경북대 대학원 박사 졸업
- 4) 김세영 : 2011년 경북대 대학원 석사 졸업
- 5) 박나영 : 2011년 경북대 대학원 석사 졸업

5. 기술적 측면에서의 성과

- o 본 연구에서는 유변물성이 우수하고, 혈당 및 콜레스테롤 저하 효능이 있는 바이오폴리머(셀룰로오스 에테르) 분자량별, 치환도별 다양한 제품에 대해 쌀빵, 쌀국수 제조에 대한 연구를 수행하였음.
- o 본 연구를 통하여 다양한 셀룰로오스 에테르 제품이 있으나, 분자량 및 치환도 별로 다른 유변물성이 보유하고 있으며, 특히 쌀국수 및 쌀빵을 제조하였을 때 가공성, 식미성에 큰 차이가 있음을 확인하였으며, 가공성이 우수하면서도 식미성이 우수한 쌀빵, 쌀국수를 제조할 수 있는 바이오폴리머 첨가기술을 확보한 바 있으며, 이는 국내특허 2건에 출원하여 그 기술을 선점한 바 있음. 또한, 논문 3편 게재 완료하고, 3편은 심사 중에 있는 등 학술논문에 본 연구결과를 게재함으로써, 관련 연구분야의 기술을 upgrade 하는데 기여하였음.
- o 본 바이오 폴리머를 쌀빵 및 쌀국수에의 적용기술은 빵이나 국수 뿐만아니라, 파스타, 라면, 피자 등의 다른 쌀가공식품에 응용할 수 있다는 점에서 기술적인 파급효과가 클 것으로 생각되며, 향후 이들 다양한 쌀가공식품 개발시 기초연구자료로서 활용할 수 있다는 점에서 쌀가공식품 기술개발에 일조했다고 자평함.
- o 또한, 본 연구에 사용된 셀룰로오스 에테르는 혈당 및 콜레스테롤 저하 효능이 있는 것으로 타 연구를 통해 밝혀져, 이들 셀룰로오스 에테르를 첨가한 쌀가공 제품 개발은 단순히 쌀을 이용한 기호식품을 만들어 부가가치를 향상시켰다는 점외에도 혈당과 콜레스테롤이 저하되는 기능성도 보유한 쌀가공제품 개발이

가능함으로써, 기존 쌀가공제품보다 부가가치가 크게 상승된 쌀가공제품이 완성되었다는 점에서 기술적으로도 한단계 진보된 성과를 얻었다고 할 수 있음.

6. 경제적, 산업적 측면에서의 기대성과

- 본 연구과제 수행으로 얻은 바이오폴리머 함유 쌀가공제품 개발을 통해 얻을 수 있는 경제적, 산업적 기대 성과는 하기의 표로 정리할 수 있음.

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과 ¹⁾	1,302	2,603	3,905	5,207	6,509	19,526
경제적 파급효과 ²⁾	260	521	781	1,041	1,302	3,905
부가가치 창출액 ²⁾	260	521	781	1,041	1,302	3,905
합계	1,822	3,645	5,467	7,289	9,113	27,336

- ※ 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- ※ 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
- ※ 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

- 산업화를 통한 기대효과 추정근거는 다음과 같음.

- 1) 직접경제효과는 2006년 가공식품 총 매출액인 2,603,495 백만원에 대해서 산업화 1년후 기존 시장을 0.05% market share (M/S)를 차지한다고 가정하고 1년마다 M/S가 1차년도 M/S만큼 증가한다고 추정하고 산출
(즉, 1차년도 : 2,603,495 백만원 * 0.05% = 1,302 백만원,
2차년도 : 2,603,495 백만원 * 0.05% * 2 = 2,603 백만원...)

- 2) 경제적 파급효과 및 부가가치 창출액은 각각 직접경제효과의 20%에 해당된다고 추정하고 산출 (즉, 1차년도 : 1,302 백만원 * 20% = 260 백만원)

- 결론적으로 과제 수행후 5년동안 273억원에 해당되는 직접, 경제적, 부가가치 창출 효과가 있을 것으로 생각됨.

2절. 성과활용 계획

1. 추가연구 및 타연구 활용계획

- 본 과제에서는 먼저 바이오폴리머를 이용하여 쌀국수가 성공적으로 제조되었으며, 이에 사용된 바이오폴리머인 HPMC 및 HEMC는 혈당, 콜레스테롤 저하 등의 효능을 보유하고 있으므로, 이들 바이오폴리머가 첨가된 쌀국수도 이러한 생리활성 효능 여부가 있는 지 추가적인 연구를 통해 단순한 쌀국수가 아니라 지질 및 당대사를 개선할 수 있는 고급 쌀국수 제품개발에 본 연구결과를 활용할 계획임.
- 또한, 본 과제를 통하여 개발된 퀵 브래드(쌀 머핀) 제조법을 적용하여, 생리활성 효능이 우수한 유색미, 거대배아미 품종 등 고 기능성 쌀들을 시료로 만성대사성 질환 예방 및 치료 효능이 우수한 맞춤형 식단용 식소재로써의 활용을 위한 적극적인 검토를 수행 할 예정임
- 본 과제를 통하여 확인된 퀵 브래드(쌀 머핀) 제조에 적합한 가공용 쌀들의 배유 성분(전분질, 단백질, 지질)들의 이화학적 특성과 가공성 간의 상관성을 탐색하여, 쌀 머핀 제조에 적합한 쌀 품종의 개발을 위한 기본적인 검토를 수행할 예정임.

2. 실용화 계획 (기술실시 계획)

- 본 과제에서는 바이오 폴리머를 이용하여 쌀국수를 성공적으로 제조가 가능함을 확인하였으므로 이를 산업화하기 위해 라면 전문기업과 접촉을 통해 기술이전을 할 계획임.
- 본 과제를 통하여 개발된 쌀 머핀을 잉글리쉬 머핀의 형태로 제조가 가능한 팬을 제조하여, “커피명가”에서 브런치용 샌드위치 빵으로의 시판할 계획임.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 특이 사항 없음.

제 7 장 참고문헌

강미영. 2002. 쌀의 기능성 성분과 효능. 쌀의 기능성 재조명과 기능성 쌀 제품화 전략 심포지엄 자료집. 한국산업식품공학. 33-50.

강미영, 손현미, 최해춘. 1997a. 쌀의 호화 및 제빵적성의 품종 변이와 관련특성간 상관. 한국작물학회지. 42(3) : 344-351

강미영, 최영희, 최해춘. 1997b. Gum질 지방질 및 활성 gluten첨가에 따른 쌀빵 특성 비교. 한국식품과학회지. 29(4) : 700-704.

김경은, 이영택. 2009. 쌀가루 냉동반죽 제조시 첨가제가 쌀빵의 품질에 미치는 영향. 한국식품영양학회지. 38(10) : 1438-1443.

김미령. 2011. 우리나라 쌀산업과 쌀가공산업의 현황. 식품산업과 영양. 16(1): 22-26.

박희경, 이호지. 2005. 분리대두단백질을 첨가한 쌀국수의 제면특성 및 개발. 한국조리과학회지. 21(3) : 326-338.

서혜인, 류복미, 김창숙. 2011. 아밀로오스 함량이 다른 국내산 쌀가루의 수분-열처리가 쌀국수 품질에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지. 40(11) : 1597-1603.

안지윤, 하태열. 2010. 우리쌀의 영양학적 우수성. 식품저장과 가공산업. 9(2) : 60-64.

양희선, 김창순. 2010. 시판 쌀국수의 품질특성. 39(5) : 737-744.

이명희, 이영택. 2006. 건식, 습식 및 반습식 쌀가루에 의한 쌀빵의 특성 비교. 한국식품영양학회지. 35(7) : 886-890.

정일민 : 2003, 고 향산화활성 활성물질 함유 쌀 생산기술 개발보고서. 농림부

AACC. 2000. Approved method of the AACC. 10thed. Method 10-15. American association of cereal chemists, St. Paul, MN, USA

Arozarena I, Bertholo H, Empis J, Bungler A, Sousa I. 2001. Study of the total

replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cakes. *Eur Food Res Technol* 213(4-5):312-316

Arozarena I, Bertholo H, Empis J, Bungler A, Sousa I. Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cakes. *Eur. Food Res. Technol.* 213: 312-316 (2001)

Asaoka M, Okuno K, Sugimoto Y, Kawakami J, Fuwa H. Effect of temperature during development of rice plants on some properties of endosperm starch. *Stärke* 36:189-194 (1984)

Ban SJ, Rico CW, Um IC, Kang MY. 2012. Hypoglycemic and antioxidative effects of hydroxyethyl methylcellulose in mice fed with high fat diet. *Food Chem Toxicol* 50(5):1716-1721

Ban SJ, Rico CW, Um IC, Kang MY. Comparative evaluation of the hypolipidemic effects of hydroxyethyl methylcellulose (HEMC) and hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) in high fat-fed mice. *Food chem.toxicol.* 50(2): 130-134 (2012)

Blanco, C. A., Ronda, F., Perez, B., and Pando, V. 2011. Improving gluten-free bread quality by enrichment with acidic food additives. *Food Chemistry* 127(3) : 1204-1209.

Burdock GA. 2007. Safety assessment of hydroxypropyl methylcellulose as a food ingredient. *Food Chem Toxicol* 45(12):2341-2351

Collar C, Andreu P, Martinez JC, Armero E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: A response surface methodology study. *Food Hydrocolloids* 13(6):467 - 475

Crockett R, Le P, Vodocotz Y. How do xanthan and hydroxypropyl methylcellulose individually affect the physicochemical properties in a model gluten-free dough? *J. Food Sci.* 76(3): 274-282 (2011)

DeVries JW. 2003. On defining dietary fibre. *Proceedings of the Nutrition Society* 62(1):37-43

Dickinson E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* 17(1): 25-39 (2003)

Dickinson E. 2001. Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology. *Colloids and surfaces B:Biointerfaces* 20(3):197-210

Dickinson E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* 17(1):25-39

Dobraszczyk BJ, Smewing J, Albertini M, Maesmans G, Schofield JD. 2003. Extensional rheology and stability of gas cell walls in bread doughs at elevated temperatures in relation to breadmaking performance. *Cereal Chem* 80(2):218-224

Dobraszczyk BJ, Smewing J, Albertini M, Maesmans G, Schofield JD. Extensional rheology and stability of gas cell walls in bread doughs at elevated temperatures in relation to breadmaking performance. *Cereal Chem.* 80(2): 218-224 (2003)

Gomez M, Ronda F, Caballero PA, Blanco CA, Rosell CM. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes.

Food Hydrocolloids 21(2):167 - 173

Guarda A, Rosell CM, Benedito C, Galotto MJ. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids 18(2):241 - 247

Huebner FR, Bietz JA, Webb BD, Juliano BO. Rice cultivar identification by high-performance liquid chromatography of endosperm proteins. Cereal Chem. 67(2): 129-135 (1990)

Jones JM. 2000. Update on defining dietary fiber. Cereal Foods World. 45(5):219-220

Kang MY, Choi YH, Choi HC. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. Korean J. Food Sci. Technol. 29(4): 700-704 (1997)

Kang MY, Choi YH, Choi HC. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. Korean J. Food Sci. Technol. 29(4): 700-704 (1997)

Kang MY, Choi YH, Choi HC. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. Korean J. Sci. Technol. 29(4): 700-704 (1997)

Kang MY, Koh HJ, Han JY. 2000. Comparison of some characteristics relevant to rive bread made from eight varieties of endosperm mutants between brown and milled rice. Korean J Food Sci Technol 32(1):82-89

Kang MY, Nam YJ. 1999. Studies on bread-making quality of colored rice(suwon 415) flours. Korean J Soc Food Sci 15(1):37-41

Kim JN, Shin WS. Physical and Sensory Properties of Chiffon Cake Made with Flour. Korean J. Food Sic. Technol. 41(1):69-76 (2009)

Kim MR, Imm JY. 2004. Convenient method for the determination of foaming properties of egg white and its verification. J Food Sci Technol. 6(5): 728-732

Kobylanski JR, Perez OE, Pilosof AMR. Thermal transitions of gluten-free doughs as affected by water, egg white and hydroxypropyl methylcellulose. Thermochemica Acta. 411(1): 81-89 (2004)

Lazaridou A, Duta, D., Papageorgiou M., Belc, N, Biliaderis CG. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. J. Food Eng. 79(3): 1033-1047 (2007)

Lee EJ, Song MG, Chun JH, Jung YR, Ko KN, Cho KH, Lim EJ, Baek HH. Application of HPMC in food. Food Science and Industry 44(2): 52-56 (2011)

Lee SW, Kim HS, Kim YK, Beak HH, Park HJ. Application of HPMC for the food industry. Food Science and Industry 43(4): 76-84 (2010)

Lee SW, Kim HS, Kim YK, Beak HH, Park HJ. Application of HPMC for the food industry. Food Science and Industry 43(4): 76-84 (2010)

Lin, MJY, Humbert, ES. Certain functional properties of sun-flower meal J. Food Sci. 39: 368-370 (1974)

Mezaize S, Chevallier A, Lamballerie M. Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. J. Food Sci. 74(3): 140-146 (2009)

Nishita KD, Roberts RL, Bean MM. Development of yeast-leavened rice-bread formula. *Cereal Chem.* 53: 626-635 (1976)

Peressini D, Pin M, Sensidoni A. Rheology and bread making performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids* 25(3): 340-349 (2011)

Phillips LG, Haque Z, Kinsella JE. 1987. A method for the measurement of foam formation and stability. *J Food Sci* 52(4):1074-1077

Rosell CM, Rojas JA, Benedito de Barber C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids* 15(1):75 - 81

Sabanis D, Tzia C. Selected structural characteristics of HPMC-containing gluten free bread: A response surface methodology study for optimizing quality. *Int. J. Food Prop.* 14(2): 417-431 (2011)

Sabanis, D., Lebesi, D., and Tzia, C. 2009, Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT - Food Science and Technology* 42(8) : 1380-1389.

Schober TJ, Bean SR, Boyle DL, Park SH. Improved viscoelastic zein-starch doughs for leavened gluten-free breads: their rheology and microstructure. *J Cereal Sci.* 48(3): 755-767 (2008)

Schober TJ, Bean SR, Boyle DL, Park SH. 2008. Improved viscoelastic zein-starch doughs for leavened gluten-free breads: their rheology and microstructure. *J Cereal Sci* 48(3):755-767

Schober TJ, Bean SR, Boyle DL. Gluten-Free Sorghum Bread Improved by

Sourdough Fermentation: Biochemical, Rheological, and Microstructural Background. *J. Agric. Food Chem.* 55(13): 5137–5146 (2007)

Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *J Food Eng* 62(9):37–45

Stahe SK, Deshpande SS, Salunkhe DK. 1982. Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates. *J Food Sci* 47(2):491–497

Turabi E, Sumnu G, Sahin S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food hydrocolloids* 22(2):305–312

Turabi E, Sumnu G, Sahin S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food hydrocolloids* 22(2): 305–312 (2008)

Yoo KA, Kang MY. 2005. Studies on bread-making quality of bread mixed with wheat flour and several functional rice flour. *Korean J Food Culture* 20(3):299–304

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.