HPMC(Hydroxypropyl Methylcellulose)의 식품산업적 응용

Application of HPMC(Hydroxypropyl Methylcellulose) for the Food industry

이성완[2], 김형선[3], 김유경[1], 백현호[2], 박현진[3*]
Sung Wan Lee[2], Hyung Sun Kim[3], Yoo Kyung Kim[1], Hyon Ho Baek[2], Hyun Jin Park[3*]

[1]고려대학교 가정교육과, [2]삼성정밀화학, [3]고려대학교 생명공학원
[1]Department of Home Economics Education, Korea University, Seoul 136-701, Korea
[2]Samsung Fine Chemicals Co.,LTD, Incheon 405-310, Korea
[3]School of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

I. 서론

최근 경제 발전과 함께 식품산업도 크게 성장하고 있다. 이와 더불어 현대인의 식생활에서 가공식품의 비중이 커지고 있다. 가공식품분야에서는 식품의 제조 및 가공 단계에서 식품의 기능성 유지 및 저장성 향상 등을 목적으로 식품첨가물을 사용하고 있다. 하지만, 식품첨가물은 첨가하는 목적이 되는 긍정적인 기능 이외에 인체에 부작용을 일으킬 수 있는 독성도 가질 수 있다. 소비자들의 이러한 문제점에 대한 인식이 확산 되고 있으며(1), 그렇기 때문에 최근 식품업계에서 식품첨가물의 선택이 더욱 신중해 지고 있다.

다양한 식품첨가물 중 전 세계적으로 안전성이 확보된 식섬유인 셀룰로오스 유도체들이 많이 활용되고 있다(2,3). 대표적인 셀룰로오스 계열의 식품첨가물로는 분말셀룰로오스, 결정셀룰로오스, 히드록시프로필셀룰로오스, 메틸셀룰로오스, 히드록시프로필메틸셀룰로오스 및 카르복시메틸셀룰로오스 나트륨 등이 있으며, 식품첨가물공전에 등재된 셀룰로오스계 식품첨가물을 다음의 표 1에 나타내었고, 이들은 각각의 특성에 따라 식품첨가물로서 다양한 목적으로 사용되고 있다(4).

이 중 히드록시프로필메틸셀룰로오스(Hydroxypropyl Methylcellulose: HPMC)는 최근 가장 주목 받고 있는 셀룰로오스 계열 식이섬유로서, 점도, 평균 분자량, 치환기(메틸기와 히드록시프로필기의 성분 비율)에 따라 다양한 특성을 나타내며, 치환도에 따라 HPMC는 식품에 다양하게 응용될 수 있는 유용한 특성을 갖는다. 그리고 미국 FDA에서 2006년 HPMC를 GRAS[1] 물질로 인정받았으며(5), ADI[2]의 제한도 없기 때문에(6), 전 세계적으로 일반식품분야에서는 다양한 베이커리 제품, 유제품 및

1) GRAS (Generally Recognized As Safe): 미국 FDA에서 지정한 일반적으로 안전한 물질로 인정되는 물질의 목록
2) ADI (Acceptable daily intake): (유해물질의) 1일 허용 섭취량

*Corresponding author: Hyun Jin Park
School of Life Sciences and Biotechnology, Korea University
Seoul 136-701, Korea
Tel: +82-2-3290-3450
Fax: +82-2-953-5892
e-mail: hjpark@korea.ac.kr

표 1. 식품첨가물 공전에 등재된 셀룰로오스계 식품첨가물(4)

No	첨가물명	약어	지정일
60	메틸셀룰로오스	MC	62.06.12
252	카르복시메틸셀룰로오스 나트륨	CMC-Na	62.06.12
253	카르복시메틸 셀룰로오스 칼슘	CMC-Ca	70.04.13
402	히드록시프로필메틸셀룰로오스	HPMC	01.11.29
406	메틸에틸셀룰로오스	MEC	02.12.11
408	에틸 셀룰로오스	EC	03.06.14
432	히드록시프로필셀룰로오스	HPC	09.07.10

표 2. 치환도별 제품 특성 및 응용(7)

Type		2910	2906	2208
치환도	MeO(%)	28~30%	27~30%	19~24%
	HPO(%)	7~12%	4~7.5%	4~12%
공통특성		증점제, 필름성형제, 결합제, 유화안정제		
일반특성		필름성형능 우수	보형성, 겔화력 우수	보습성, 윤활성 우수
응용	식품	유화안정제, 식용필름 등	터짐 방지, 쿠키 깨짐 방지 등	튀김옷, 글루텐 대체 ,식품보습, 유제품 등
	건식	정제코팅, 식물성 캡슐, 결합제	분말 결합제	서방형 제품

가공식품에 널리 사용 되어 지고 있고, 건강기능식품 분야에서는 코팅, 결합제 목적뿐 아니라 동물성 젤라틴 캡슐의 대체제로 HPMC를 사용한 식물성 캡슐의 수요가 폭발적으로 증가하고 있어 HPMC에 대한 관심이 어느 때보다 높다고 할 수 있다.

본 논문에서는 최근 가장 부각되고 있는 기능성 식이섬유 중 하나인 HPMC의 식품학적 특성들을 알아보고 그에 대한 식품 산업적 응용에 대한 고찰을 하고자 한다.

II. HPMC란?

HPMC의 화학명은 Cellulose hydroxypropyl methyl ether (CAS[3]): 9004-65-3)이며, 식품 첨가물 공전에는 히드록시프로필메틸 셀룰로오스로 명명되어 있다. 화학적 구조는 아래 그림 1에서와 같이 Cellulose 주사슬에 메틸기와 히드록시프로필기가 치환되어 있고 이러한 치환기 특성에 의해 수용성의 특성을 갖게 된다.

HPMC는 구조적 특성에 의해, 물에 대한 용해도가 우수하고, 점성 및 겔 특성 등의 다양한 성질을 발현한다. 또한 메틸기와 히드록시프로필기의 치환비율에 의해 HPMC의 타입이 결정되며, 약전에서는 치환비율에 따라 HPMC

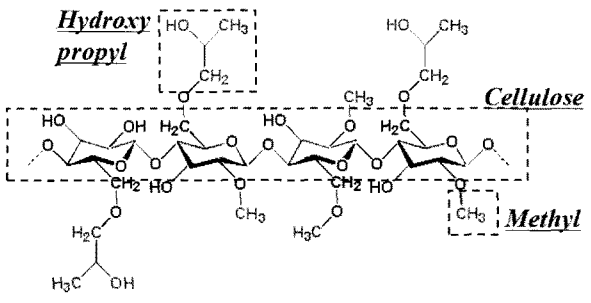

그림 1. HPMC 구조

3) CAS 등록번호: 미국화학회에서 운영하는 모든 화합물, 중합체 등을 기록하는 번호

표 3. HPMC Toxicity 자료

종 류	결 과
급성	LD50 Oral (rats) >4000 mg/kg/day(8) LD50 IP (rats) =5000 mg/kg/day(9)
만성	Rats, Rabbits, Dogs 고용량: 단지 체중감소, 조직병리 변화없음(10-15)
피부	독성 없음(8)
유전	독성 없음(16)
발암	독성 없음(17)
생식	독성 없음(9-17)
ADME	99%이상 흡수X, 배출(18)
인체	97%가 배설, 약한 설사 관찰(19)
ADI	제한 없음(6)

2910, HPMC 2906, HPMC 2208으로 구분되어 있다(표 2)(7). 그러나 식품첨가물공전에는 치환비율에 따라 별도로 구분하고 있지 않고 메틸기는 19~30%, 히드록시프로필기는 4~12%로만 규정되어 있다. 하지만 타입에 따라 가지고 있는 특성이 다르기 때문에 식품의 제조 가공 시에 구분하여 사용해야 품질적 특성이 우수한 식품을 가공할 수 있다. 또한, HPMC의 타입뿐만 아니라 점도 및 분자량의 특성도 용도에 맞게 고려되어야 한다.

일반적으로 HPMC는 무미, 무취의 백색 분말 제품으로, 비이온성으로 화학적으로도 매우 안정하며, pH에 영향을 받지 않는 특성을 가지고 있다. 그리고 HPMC는 자극성 및 독성이 없어 인체에 무해한 것으로 잘 알려져 있다(표 3).

HPMC는 식품첨가물로 1952년부터 음료, 토핑, 드레싱 등에 상업적으로 이용되어 식품 품질 및 가공적성을 높이기 위해 사용해 왔으며(20), 1990년대 후반부터 전 세계적으로 일반식품에서의 활용이 빠르게 확산되어 사용되고 있다(21).

또한 HPMC는 한국식품첨가물공전, 일본공정서(JP), 미국공정서(FCC[4]), 유럽공정서(EU), JECFA[5] 등에 수재되어 있으며, 대부분의 공정서에서 식품첨가물로서의 사용량에 제한을 두지 않고 있다(22).

그림 2. HPMC 원료

III. HPMC의 제조 및 기능적 특성

1. HPMC의 제조

일반적으로 셀룰로오스 유도체를 제조하는 펄프는 α-cellulose 함량 및 순도가 높은 제품을 사용하는데, 목화로부터 얻어지는 면화 펄프와 소나무, 전나무 등의 나무로부터 얻어지는 나무 펄프 2종류가 있다(그림 2). 면화 펄프는 α-cellulose 함량 및 순도가 높지만, 잔류 농약 및 GMO 문제를 가지고 있어, 식품분야에 적용되는 HPMC는 나무 펄프를 사용하여 제조되고 있다.

HPMC는 이러한 식섬유 셀룰로오스를 원료로 그림 3과 같은 방법으로 제조된다.

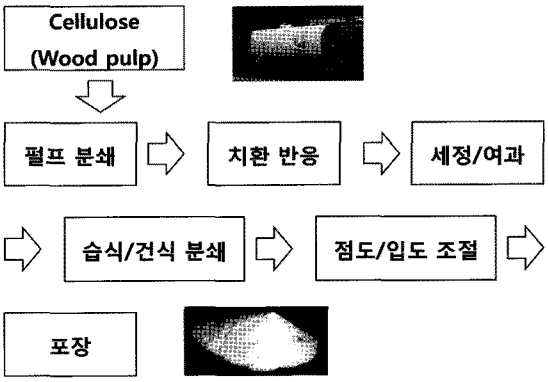

그림 3. HPMC 제조 공정

4) FCC(Food Chemicals Codex): 미국에서 사용되는 식품화학 물질 규격집
5) JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives): FAO/WHO의 식품첨가물 전문위원회

표 4. 식이섬유 식이에 따른 혈장내 중성지방 결과(25) (Hamster)

Fiber	Mean (mg/dL)	SEM*	Reduction (%)
Cellulose	108.3	13.8	0
Teflon	124.9	16.4	-15.3
고점도 HPMC	87.7	8.1	19.07
저점도 HPMC	87.8	13.1	19.00

*Standard error of mean

2. HPMC의 기능적 특성

가. 건강기능성

최근 지속적으로 발표되고 있는 HPMC의 건강기능성으로는 수용성 식이섬유로서의 배변 촉진 작용 및 장에서 지방 등의 영양소의 흡수 속도를 둔화시켜 갑작스런 영양소 흡수를 저해하는 특징 등이 있다. 이에 따라 인체 내 인슐린의 효율성을 높여줄 수 있으며, 콜레스테롤 합성을 줄여주는 효과도 갖고 있는 것으로 알려졌다(표 4)(23,24). 특히 중성지방의 합성 저해는 기존 셀룰로오스와 비교했을 때 약 19%를 추가로 낮춰주는 효과를 가지고 있다(25). 최근에는 동물실험뿐 아니라 임상실험을 통해서도 당뇨, 비만 및 고콜레스테롤혈증 등을 억제한다고 발표되고 있다(26-31).

나. 식품가공 기능성

HPMC는 FDA, EU, JECFA 등의 각국 식품관련 공정서에 다기능성, 점착제, 코팅제, 유화제, 안정화제, 증점제, 겔화제로 분류 기재되어 있다(21).

1) 필름 형성제

수용성 셀룰로오스 유도체인 HPMC는 물에 용해시킨 후 물을 제거하면 투명하고 강도가 우수한 필름을 형성하는 능력을 가지고 있다. 이는 정제 등의 건강기능식품 제형에 코팅을 함으로써 마손도 개선, 안정성 향상 등을 가능하게 한다. 또한, 용액 상태이더라도 고점도로 존재하거나, 열에 의한 겔 특성이 발현되어 고점도로 변형이 되었을 경우에는 젤리 같은 형태의 코팅막을 형성하기 때문에 일반식품 분야에서도 수분, 산소 및 용질 등의 이행을 막아주는 용도로 활용될 수 있다(32). 최근에는 동물성 젤라틴의 BSE 우려로 HPMC 캡슐로 빠르게 대체되고 있다.

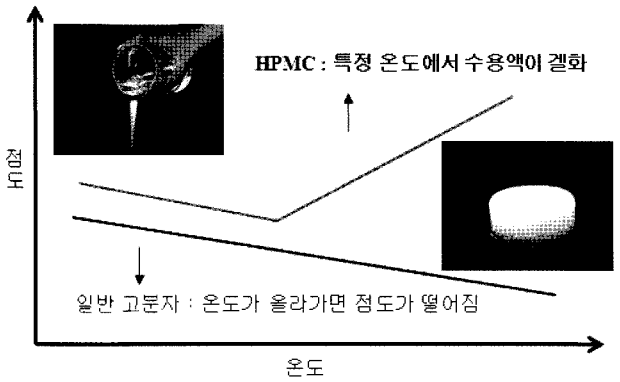

그림 4. 온도에 따른 HPMC 점도특성(겔화)

2) 보형성 (글루텐 대체)

HPMC는 물에서 용해된 상태에서 HPMC 분자가 가지고 있는 많은 -OH 작용기에 의한 수소 결합에 의해 결합력을 나타내며, 특히 분자량이 큰 고점도의 HPMC 수용액은 일정한 형태를 갖는 젤리 상태의 고형물로 존재하게 된다. 이러한 검질로써의 구조적 기능은 제빵이나 제면 공정 등의 고온의 조건에서 발생된 기체를 포집하여 부풀어난 형태에 결합력과 형태 유지력을 부여해 보형성을 강화시켜 줄 수 있다. 그러므로 이와 유사한 기능을 갖는 글루텐[6]의 대체제, 결합제, 증강제로서의 역할을 할 수 있다.

3) 겔화특성

HPMC는 높은 온도에서는 겔, 낮은 온도에서는 졸로 존재하는 상전이 현상을 가지고 있으며, 이는 HPMC내의 소수성 작용기들 간의 상호작용에 의해 그물망 구조를 형성하기 때문인데(33), 치환도에 따라 겔이 형성되는 온도와 겔의 강도가 차이가 난다(그림 4).

이러한 특성은 형성된 겔이 일정온도 범위에서 보형성을 유지시키고, 젤리와 같은 코팅막을 형성하는데 사용될

6) 글루텐: 보리 밀등에 존재하는 글루테닌과 글리아딘의 두 개의 단백질으로 이루어진 물질로서 소화장애나 셀리악병등을 유발한다.

수 있다. 특히, 유탕 제품이나 튀김류 제품에 적용하여 흡유 저감 효과를 기대할 수 있다(표 5)(35).

표 5. 치킨 너겟용 Batter 첨가시 흡유저감 결과(34)

	HPMC (0.5%)	Xanthan gum (0.5%)	Guar gum (0.5%)
기름 감소율(%)	54%	40%	33%

4) 보습성

HPMC는 물에 용해되는 고분자로 셀룰로오스 주사슬에 -OH기를 많이 가지고 있을 뿐만 아니라 물과의 분자간/분자 내 수소결합을 형성함으로 인해 수분을 잡아 주는 특성이 강하여 수분을 일정하게 유지해 주는 성질을 가지고 있으며, 이러한 특성은 수분 유지가 필요한 냉장, 냉동식품 및 전자레인지용 식품 등에 폭 넓게 적용될 수 있다.

5) 증점 및 유화안정성

HPMC는 친수성과 소수성을 모두 가진 수용성 고분자로 이루어져 있어 물에 녹으면, 결합력이 있는 점성을 띈 투명한 물질을 형성함과 동시에 용해되어 있는 친수성 혹은 소수성의 다른 물질의 용해도를 높이거나 현탁 상태를 안정화 시켜주는 역할을 한다.

3. 식품산업에서 HPMC의 응용사례

HPMC는 수용성 기능성 식섬유로 다양한 효능을 가지고 있어, 베이커리(글루텐 대체), 유제품, 가공식품, 건강기능식품 등의 넓은 분야에서 응용이 되고 있으며, 최근에는 젤라틴 대체제(35), 지방 대체제(36)로서의 활용가치가 높아지고 있다.

가. 베이커리 (Bakeries)

1) 제빵

HPMC는 제빵 분야에서 글루텐과 유사한 보형성과 탄성을 가지고 있으며, 보습성 등을 부여하는 역할로 사용된다. Nishita 등(37,38)은 HPMC를 이용하여 100% 쌀빵을 제조한 결과, 쌀가루 반죽에 필름을 형성하고 가열온도에서 air cell을 유지시켜 빵의 체적부피를 증가시킴으로써 글루텐의 대체물질로서 빵의 고유한 구조를 형성할 수 있음을 보여주었다(그림 5). 또한 빵을 굽고 가공하는 동안 HPMC의 열적 겔 특성이 air cell의 유지를 도와주어 글루텐이 존재할 때 형성되는 구조와 유사한 다공성의 빵 내부구조를 가지게 한다(39). 그 밖에도 HPMC의 첨가에 의한 빵의 기타 기능 (bread improver and anti-staling agent)에 대한 연구결과가 보고되었다(40). 이와 같은 특성은 쌀 이외에도 글루텐이 적어 제빵 작업이 어려운 보리, 콩, 귀리, 수수 등의 곡물에도 같은 이점을 줄 수 있다(41).

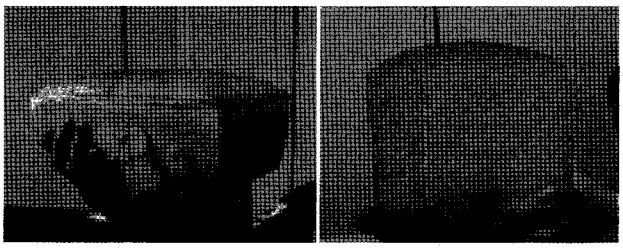

그림 5. 글루텐 Free 쌀 식빵

2) 노화 방지

HPMC는 제빵시, 제품의 마름현상과 전분의 노화를 방지해 줄 수 있고, 빵 내부 조직의 경도를 줄여 줄 수 있다. 또한 제빵 분야에서 냉동/ 냉장 보관 후 파베이킹[7]으로 제조된 제품의 노화 지연 및 기타 효능을 향상 시켜줄 수 있다. 이는 일반적인 과정으로 구워낸 제빵과 유사한 성상을 갖도록 하는 기능을 한다(42-44).

3) 제과

HPMC는 제과 분야에서 결합력을 주어 부서짐을 방지할 뿐 아니라 보습성 및 저장성을 부여하는 역할로 사용되고, Kim 등(45)은 HPMC를 생비지 쿠키 반죽에 첨가함으로써 쿠키의 조직감과 저장성이 향상되는 것을 발견

7) 파베이킹: 소비자들이 가장 신선한 제품을 접할 수 있도록 70%의 공정만을 진행하고 나머지 30%는 소비자가 직접 완성해 이용하는 제빵 분야

표 6. 생비지로 만든 쿠키의 품질특성

	수분함량(%)		경도	퍼짐성
	반죽	쿠키	(g)	
생비지쿠키	51.05	9.09	498	101.49
	0.23	0.28	143	0.51
HPMC 첨가	48.06	5.13	1642	96.37
생비지쿠키	0.15	0.14	159	0.24

했다(표 6). 또한, HPMC 사용을 통해 식감 향상의 효과를 얻을 수도 있다.

4) 면류

HPMC는 제면 분야에서 글루텐과 유사한 성질과 함께 보습성을 주는 역할로 사용된다. 국수는 밀가루 글루텐의 성질에 의해 만들어지는 대표적인 가공품이다(46). HPMC의 첨가는 반죽의 압출성형과 절삭성에 도움을 줌으로써 반죽의 강도를 향상시켜 국수제조 시 효율성을 높인다(54).

나. 유제품 (Dairy desserts)

1) 휘핑크림

HPMC는 유화제로써 높은 계면활성을 가지고 있어 휘핑크림의 팽창력과 얼음 결정 형성에 기여한다(47,48). 복잡한 휘핑크림의 구조를 냉동 전에 안정화 시켜 유동성 계면에서 흡착이 일어나는 동안 표면 장력을 낮춰 보수력과 거품형성의 안정성을 촉진 시킬 수 있다(49,50). HPMC의 사용량이 증가함에 따라 휘핑크림의 전체 크림퍼센트(overrun[8])가 증가함을 볼 수 있어 효과가 있음을 알 수 있다(51).

2) 아이스크림

HPMC는 저장 중 온도변화에 따른 재결정현상의 방지를 목적으로 하는 안정화 혼합물이다(52,53). 또한 계면활성제 특징을 가지고 있는 Overrun 제품으로써 냉동 및 혼합하는 동안 거품형성을 증진시키는 효과가 있다(54).

다. 튀김 식품 (Fried foods)

튀김식품은 간편 식이로 많이 이용되지만 저장기간과 튀김과정에서의 유지 흡수에 의한 열량 증가와 조직감 저하가 문제 되고 있다(55-59). HPMC의 첨가는 튀기는 동안 유지 흡수를 감소시키고 식감을 향상시킬 뿐 아니라 제품 보전을 강화한다(54). 이는 조리후 튀김내 수분이 HPMC의 함유량에 비례하고, 흡유량은 반비례를 함을 보여주는 연구결과에 의해 뒷받침 되고 있다(표 7)(60).

라. 소스류 (Sauces)

HPMC의 유동학적 성질은 지방의 분리를 예방하고 유화상태를 안정화시킬 수 있는 역할을 한다. 또한 열겔화 특성에 의해 높은 온도에서도 점도를 유지해준다. 그리고 드레싱 안에서 오일의 유화를 도우며 Oil/Water 경계면에서의 빠른 탈수 현상으로 건조 혼합된 제품 안에서 특히 유용하게 쓰인다(61).

표 7. HPMC를 첨가한 돈가스 튀김 옷의 수분 보유량과 흡유율(60)

샘플	수분보유량		오일 흡유량	
	수분	증가	지방	감소
대조군	45.69±0.00	0	15.49±0.04	0
Batter +0.5% HPMC	51.49±0.13	12.69	14.69±0.26	5.16
Batter +1.0% HPMC	53.72±0.12	17.57	12.62±0.29	18.52
Batter +1.5% HPMC	56.45±0.27	23.55	10.03±0.01	35.25
F-value	732.84		191.82	

8) Overrun : 아이스크림을 제조할 때, 아이스크림 믹스가 동결되며 기포를 혼합, 분산시켜서 원료혼합물을 적당히 팽창시킴에 따라 증가되는 용량증가율.

마. 건강기능식품 제형 (Health functional Foods)

HPMC는 제약분야에서 사용법이 용이하고, 안정성과 안전성 등이 우수하여 가장 널리 사용되는 다기능성 부형제이다(62). 제약분야와 유사한 제형을 가진 건강기능식품에서도 정제의 결합제 및 정제나 과립의 코팅제, 캡슐기제, 그리고 약효를 천천히 전달할 수 있는 서방형 첨가제 등의 다양한 활용이 가능하다.

바. 기타 (Etc.)

그 밖에도 HPMC의 식품학적 특성이 활용될 수 있는 분야에는 어디든 활용가능하며, 상기의 제시된 예 이외에도, 음료, 당과제품[9], 푸딩, 수프, 가식성필름, 냉동식품 등 다양한 분야에서 사용되어 질 수 있다.

Ⅳ. 결론

HPMC는 치환도별로 다양한 식품제조기능성을 가지며, 건강기능성을 가진 우수하고 안전한 수용성 식이섬유로써 필름형성, 보습성, 보형성, 유화안정성, 증점 등의 다양한 효과를 가지고 있다.

최근 식품첨가물의 유해성에 대한 소비자들의 인식과 다양해지는 가공식품에서의 식품첨가물 소재의 필요성 때문에 안전하고 기능이 우수한 소재에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. HPMC 또한, 매우 안전하고, 우수한 기능성이 다양하여 학계나 관련 회사에서 폭넓은 분야의 연구가 진행되고 있다. 이에 따라 최근 관련 논문이나 특허도 꾸준히 증가하는 추세에 있으며, 앞서 기술된 적용분야뿐 아니라 제조공정 개선제, 식감 개선제, 건강기능식품소재, 지방 대체제, 젤라틴 대체제 등의 대안으로도 HPMC의 적용이 다양하게 시도되고 있다. 최근에는 국내외에서 베이커리, 유제품, 가공식품, 건강기능식품 제형 등에 널리 사용되고 기능성 식이섬유로써의 이용도 확대되고 있으며, 특히 제과/제빵/제면/튀김/소스류 등의 분야에서 HPMC가 적용된 제품이 개발되어 상업화 되어 소비자들에게도 좋은 반응을 얻고 있다. 이러한 경향은 앞으로도 계속 지속될 것으로 보이며, 시간이 지날수록 HPMC의 다양한 식품 분야에 대한 활용도는 더욱 높아질 것이라 기대한다.

9) 당과음식(Confections): 보기 좋게 만들어 놓은 케이크 등의 단 음식

참고 자료

1. 백병성, 이영희. 식품첨가물에 관한 소비자의 인식과 정책방향 -소비자정보를 중심으로-. 소비자학연구. 17(3): 133-150 (2006)
2. DeVries, J.W. On defining dietary fibre. Proceedings of the Nutrition Society. 62, 37-43 (2003)
3. Jones, J.M. Update on defining dietary fiber. Cereal Foods World. 45, 219-220 (2000)
4. 식품첨가물공전. 한국식품공업협회 (2006)
5. Food and Drug Administration(FDA). http://www.fda.gov/Food/GRAS List
6. ヒドロキシプロピルメチルセルロースの使用基準改正に関する添加物部会 報告書
7. US Pharmacopiea. XXXⅣ Ed./N.F. XXⅨ
8. WHO. Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. WHO Food Additives Series No 28. (IPCS) (1991)
9. Hodge, H.C., Maynard, E.A., Wilt, W.G., Blanchet, J., Hyatt, R.E. Chronic oral toxicity of a high gel point methyl cellulose (Methocel HG) in rats and dogs. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. 99: 112-117 (1950)
10. McCollister, D.D., Oyen, F. Dietary feeding of a new methyl cellulose preparation to rats. Journal of the American Pharmacisits Association. 43: 664-666 (1954)
11. McCollister, D.D., Oyen, F., Greminger, G.K. Dietary feeding of propylene glycol ethers of methylcellulose to rats. Journal of Pharmaceutical Sciences. 50: 615-620 (1961)
12. McCollister, D.D., Copeland, J.R. Results of 92 day dietary feeding studies of hydroxypropylmethyl celluloses NC-1214 and NC-1214.5 in rats. Unpublished report by Biochemical Research Laboratory, The Dow Chemical Company. Submitted to WHO by The Dow Chemical Company (1967)
13. McCollister, S.B., Kociba, R.J., and McCollister, D.D. Dietary feeding studies of methylcellulose and hydroxypropylmethyl cellulose in rats and dogs. Food Cosmet.Toxicol. 11 : 943-953 (1973)
14. Mitchell, F. 94-Day Dietary Toxicity Study of Methocel 90HG 50,000 CPS (Hydroxypropyl Methylcellulose) in Rats. Unpublished Report of The Dow Chemical Company (1967)
15. Wyatt, G.M., Horn, N., Gee, J.M., and Johnson, I.T. Intestinal microflora and gastrointestinal adaptation in the rat in response to non-digestible dietary polysaccharides. British Journal of Nutrition. 60: 197-207 (1988)
16. Johnston, R.V., Schwetz, B.A., Mensik, D.C., and Lisowe, R.W. Cytogenetic Effects of HCl-Tailored Hydroxypropyl Methyl Cellulose on Rat Bone Marrow Cells. Unpublished Report of The

Dow Chemical Company (1977)
17. Hodge, H.C., Maynard, E.A.,Wilt, W.G., Blanchet, J., Hyatt, R.E. Chronic oral toxicity of a high gel point methyl cellulose (Methocel HG) in rats and dogs. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. 99: 112-1 17 (1950)
18. Gorzinski, S.J., Takahashi, I.T., Hurst, G.H. The fate of ultralow viscosity 14C-hydroxypropylmethyl cellulose in rats following gavage administration. Drug and Chemical Toxicology. 9: 83-100 (1986)
19. Knight, H.F., Hodge, H.C., Samsel, E.P., Delap, R.E., McCollister, D.D. Studies on single oral doses of a high gel point methylcellulose. Journal of the American Pharmaceutical Association. 49: 427-429 (1952)
20. Dow Chemical Company. Notification of the determination of Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) as being generally recognized as safe. Food and Drug Administration. pp48 (2006)
21. Burdock, G.A. Safety assessment of hydroxypropyl methylcellulose as a food ingredient. Food and Chemical Toxicology. 45(12) pp. 2341-2351 (2007)
22. KFDA 식품의약품안정청. http://fa.kfda.go.kr/식품첨가물 정보방
23. 한국보건산업진흥원. Good Health-식품첨가물 HPMC는 "당뇨병 방패막이". 전라남도 식품산업연구센터 (2005)
24. 한국과학기술연구정보원. Reuters Health-체내의 지방 흡수를 더디게 하는 식품 첨가제. KISTI, 글로벌동향브리핑(GTB) (2005)
25. Hong, Y.J., Turoski, M., LIN, J.T., Yokoyama, W.H. Simultaneous characterization of bile acid, sterols, and determination of acylglycerides in feces from soluble cellulose-fed Hamsters using HPLC with evaporative light-scattering detection and APCI-MS. Journal of Agriultural and Food Chemistry. 55: 9750-9757 (2007)
26. Maki, K.C., Reeves, M.S Carson, M.L., Miller, M.P., Turowski, M., Rains, T.M., Anderson, K., Papanikolaou, Y., Wilder, D.M. Dose-Response Characteristics of High-Viscosity Hydroxypropylmethylcellulose in Subjects at Risk for the Development of Type 2 Diabetes MellitusDonna M. Wilder. Diabetes Technology and Therapeutics. 11(2): 119-125 (2009)
27. Maki, K.C., Davidson, M.H., Torri, S., Ingram, K.A., O'Mullane, J., Daggy, B.P., Albrech, H.H. High-Molecular Weight Hydroxypropylmethylcellulose Taken with or between Meals Is Hypocholesterolemic in Adult Men. Jouranl of Nutrition. 130: 1705-1710 (2000)
28. Maki, K.C., Carson, M.L., Miller, M.P., Turowski, M., Bell, M., Wilder, D.M., Reeves, M.S. High-Viscosity Hydroxypropyl methylcellulose Blunts Postprandial Glucose and Insulin Responses. Diabetes Care. 30: 1039-1043 (2007)
29. Maki, K.C., Carson, M.L., Miller, M.P., Turowski, M., Bell, M., Wilder, D.M., Rains, T.M., Reeves, M.S. Hydroxypropylmethylcellulose and Methylcellulose Consumption Reduce Postprandial Insulinemia in Overweight and Obese Men and Women. Jouranl of Nutrition. 138: 292-296 (2008)
30. Reppas, C., Swidan, S.Z., Tobey, S.W., Turowski, M., Dressman, J.B. Hydroxypropylmethylcellulose significantly lowers blood cholesterol in mildly hypercholesterolemic human subjects .European Journal of Clinical Nutrition. 63: 71-77 (2009)
31. Dikeman, C.L., Fahey Jr, G.C. Viscosity as Related to Dietary Fiber: A Review Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 46: 649-663 (2006)
32. Bourtoom, T. Review Article Edible films and coatings: characteristics and properties. International Food Research Journal. 15(3): 237-248 (2008)
33. 김병수. 약물 전달체로서 HPMC (Hydroxypropyl Methylcellulose)의 응용. 고분자과학과 기술. 18(6) (2007)
34. Altunakar B., Sahin S., Sumnu G. Effects of hydrocolloids on apparent viscosity of batters and quality of chicken nuggets. Chemical Engineering Communications. 193: 675-682 (2006)
35. Karim, A.A., Bhat, R. Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. Food Science and Technology. 19: 644-656 (2008)
36. Lyn O'Brien-Nabors. Alternative Sweeteners, Third Edition, 27 Other Low-Calorie Ingredients: Fat and Oil Replacers (1993)
37. Nishita, K.D., Bean, M.M. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. Cereal Chemistry. 56: 185-189 (1979)
38. Nishita, K.D., Roberts, R.L., Bean. M,.M. Development of a yeast leavened rice bread formula. Cereal Chemistry. 53: 626-635 (1976)
39. Gujral, H.S., Rosell, C.M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. Food Research International. 37: 75-81 (2004)
40. Barcenas, M.E., Rosell, C.M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. Food Hydrocolloids. 19: 1037-1043 (2005)
41. Kim, Y.K., Wallace, Y. Physical and sensory properties of all barley and oat breads with additional HPMC β-Glucan. Journal of Agricultural and Food Chemistry. In press.
42. Barcenas, M.E., Rosel,l C.M. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. Food Chemistry. 100(4): 1594-1601 (2007)
43. Barcenas, M.E., Rosel,l C.M. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. Journal of Food Engineering. 72(1): 92-99 (2006)
44. Barcenas, M.E., Benedito, C., Rosell, C.M. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. Food Hydrocolloids. 18(5): 769-774 (2004)
45. Park, J.H., Kim, Y.K. Effect of a additives on the textural characteristics of 100% okara cookies. (Unpublished data)
46. Park, S.I., Cho, E.J. quality characteristics of noodle added with chlorella extract. Korean J food and Nutrition. 17(2): 120-127 (2004)

47. Arboleyal, J.C., Wilde, P.J. Competitive adsorption of proteins with methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose. Food Hydrocolloids. 19: 485-491 (2005)
48. Daniels, R. Adsorption of hydroxypropyl methylcellulose at the liquid/liquid interface and the effect on emulsion stability. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 172: 91-101 (2000)
49. Kulicke, W.M., Arendt, O., Berger, M. Characterization of hydroxypropyl-methylcellulose-stabilized emulsions. Part I. Particle size distribution. Colloid and Polymer Science. 276: 1019-1023 (1998)
50. Sarkar, N., Walker, L. Hydration-dehydration properties of methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose. Carbohydrate Polymers. 27: 177-185 (1995)
51. Zhao, Q., Zhao M., Li J., Yang B., Su G., Cui C., Jiang Y. Effect of hydroxypropyl methylcellulose on the textural and whipping properties of whipped cream. Food Hydrocolloids 23: 2168-2173 (2009)
52. Goff, H. D., Ferninando, D., Schorsch, C. Fluorescence microscopy to study galactomannan structure in frozen sucrose and milk protein solutions. Food Hydrocolloids. 13: 353-362 (1999)
53. Regand, A., Goff, H.D. Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems. Food Hydrocolloids. 17: 95-102 (2003)
54. Gujral, H.S., Haros, M., Rosell, C.M. Starch hydrolysing enzymes for retarding the staling of rice bread. Cereal Chemistry. 80(6): 750-754 (2003)
55. Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M., Zaritzky, N. Edible coating from cellulose deri vatives to reduce oil uptake in fried products. Innovative Food Science and Emerging Technol. 3: 391-397 (2002)
56. 곽동경, 류은순, 이혜상, 홍완수, 장혜자. 급식경영학. 신광출판사. 서울. pp19 (2002)
57. Kim, K.H. A study of the dietary habits, the nutri Korean J Community Nutr tional knowledge and consumption patterns of convenuence Foods of university students in the Gwangju area. Korean Journal of Community Nutrition. 8(2):181-185 (2003)
58. Lee J.W., Lee Y.H. Frequency of instant noodle(Ramyeon) intake and food value recognition, and relationship to blood lipid levels of male adolescents in rural area. Korean Journal of Community Nutrition. 8(4):485-491 (2003)
59. Lee K.A., Kim W.K., Kim S.H. The effect of dietary intake and anthropometric parameters on the plasma lipid level. Journal of Home Economics Association. 33(6): 89-97 (1995)
60. 김병숙, 이영은. 셀룰로오스 유도체가 돈가스 튀김옷의 흡유량 감소에 미치는 영향. 한국조리과학회지. 25(4): 488-495 (2009)
61. Coffey, D.G., Bell, D.A., Henderson, A. Cellulose and cellulose derivatives. In: A.M. Stephen(ed), Food Polysaccharides and Processing. 80(Part C): 78-82 (1995)
62. Rowe, R.C., Sheskey, P.J., Quinn, M.E. Handbook of pharmaceutical Excipients sixth