

HPMC, MC, sodium alginate 등의 증점제가 밀가루 반죽의 레올로지 특성에 미치는 영향

김미영 · 윤미숙¹ · 이정훈² · 이시경^{2*}

건국대학교 농축대학원 식품공학과, ¹울지대학교 식품가공과, ²건국대학교 응용생물화학과

Effects of HPMC, MC, and Sodium Alginate on Rheological Properties of Flour Dough

Mi-Young Kim, Mi-Sug Yun¹, Jeong-Hoon Lee², and Si-Kyung Lee^{2*}

Department of Food Science and Technology, Agriculture Livestock Graduate School, Konkuk University

¹Department of Food Technology, Eulgi University

²Department of Applied Biology and Chemistry, Konkuk University

Abstract This study was carried out to evaluate the rheology of flour doughs containing 0.5% of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), methylcellulose (MC), and sodium alginate (SA), respectively. Farinograms, alveograms, a rapid visco analyzer (RVA), and rheofermentometer were employed in the analysis. According to the farinogram tests, the hydrocolloid additions caused changes in water absorption, dough development time, stability, and breakdown. The dough containing HPMC had the highest water absorption at 67.4±0.12%. The HPMC dough also had the longest development time (8.2±1.04 min), stability (12.7±0.42 min), and breakdown (7.9±1.3 min). From the alveogram tests, *P*, *G*, and *P/L* values increased, whereas the *L* value decreased. The *W* values of the HPMC and SA doughs were increased, but that of the MC dough was decreased. According to the RVA results, the HPMC and SA doughs had reduced initial pasting temperatures whereas that of the MC dough was increased, but the difference was not significant. The peak viscosity of the MC dough also increased. Furthermore, all the doughs had increased breakdown times and decreases in final viscosity and setback. In the rheofermentometer tests, the HPMC dough presented the highest H_m , and the SA dough had the largest total volume.

Key words: hydrocolloids, flour dough, rheology, farinogram, alveogram

서 론

증점제는 식물성유로 여러 물리·화학적 성질을 가지고 있어 체내에서 장관의 연동축진, 음식의 장관 통과시간 단축, 변용적의 증가 등의 정장작용 이외에 생리작용에도 관여한다(1). 식품에서는 점착성을 증가시키고, 유허안전성을 좋게 하며 가공할 때의 가열이나 보존 중의 경시변화에 관여하여 선도를 유지하고 형태를 보존하는데 도움을 주며, 미각에서도 점활성을 줌으로써 촉감을 좋게 하기 위하여 첨가된다(2). 이와 같은 성질을 가진 것은 합성품과 천연품으로 구분되는데 순합성품은 폴리아크릴산 나트륨뿐이고, 다른 것은 천연물인 동·식물을 원료로 화학처리하여 얻은 것으로 methylcellulose(MC), sodium carboxymethylcellulose, calcium carboxymethylcellulose(CMC), sodium alginate(SA), sodium caseinate, ammonium alginate, potassium alginate, calcium alginate 등이 식품첨가물로 허가되어 있다(3). 천연품에는 gelatin, arabic gum, guar gum, locust bean gum, alginate, gum

tragacanth, pectin, carrageenan 등이 있다.

Cellulose 유도체인 MC, CMC, HPMC 등은 cellulose의 화학적 변형으로 만들어 진다. CMC는 찬물이나 더운물에 용해, 용액에서 점도의 강약, 필름 형성 능력, 점착력, 분산력, 수분보유력 및 오일, 지방, 유기용제 등에 저항성 등이 있어 비스킷, 케이크, 아이스크림, 과즙음료, 소스, 수프, 다이어트 식품 등에서 안정제, 결합제, 농후화제, 수분보유제 등으로 이용되고 있다(4). 특히 HPMC는 cellulose에 methyl과 hydroxypropyl 첨가로 만들어 표면활성이 높고, 수용액상에서 온도변화에 따라 수화와 탈수에 독특한 특징을 갖는다. HPMC는 소수성기의 존재에도 불구하고 cellulose의 친수성 특징을 유지하는(5) 성질 때문에 유화제, 강화제, 수분보유제로의 역할을 한다. Xanthan gum과 pectin은 조리안정성을 증가시키고, κ-carrageenan은 amylose-lipid 복합물 형성에 영향을 준다(6). Guarda 등(7)은 guar gum, xanthan gum, arabic gum, locust bean gum, carrageenan, alginate, pectin, cellulose 유도체 등을 빵 제조 시 반죽에 첨가하였을 때 반죽의 흡수율이 증가되고, 빵의 부피가 커지고, 조직감이 부드러워지며, 향과 풍미 및 식감이 개선되고, 저장동안 수분손실이 적으며 노화 지연의 효과가 있다고 하였다.

여러 가지 증점제의 식품에 이용 측면이 개별적으로는 많은 연구가 진행되었으나 제과제빵 분야에서 종합적인 연구가 부족하여 본 논문에서는 HPMC, MC, SA 등의 일정량을 밀가루에 첨가하여 farinograph, alveograph, rapid visco analyzer rheofermen-

*Corresponding author: Si-Kyung Lee, Department of Applied Biology and Chemistry, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea
Tel: 82-2-450-3759

Fax: 82-2-456-7183

E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr

Received February 26, 2008; revised April 4, 2008;

accepted April 8, 2008

tometer 등으로 반죽의 레올로지 변화를 비교 분석하여 빵 제조 시 제품의 특성과 노화에 미치는 영향을 예측하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

밀가루는 단백질 13.05%, 회분 0.43%, 수분 13.4%의 강력 1등급(대한제분, Incheon, Korea)을 사용하였고, 증점제는 HPMC(methocel K4M, Dow chemical Co., Midland, Michigan, USA), MC(Benecel M043, Hercules, Rijswijk, Netherland), SA(알긴-MH, (주)현대화성, Jeju, Korea) 등을 사용하였다.

Farinogram 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 farinogram 특성 측정은 farinograph(M81044, Brabender Co., Ltd., Duisburg, Germany)를 사용하여 AACC(54-21)(8)방법으로 다음과 같이 측정하였다. 미리 예열한 $30 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 의 farinograph mixing bowl에 밀가루와 증점제를 혼합한 300 g을 넣고 기계를 작동하면서 그래프 커브의 중앙이 500 ± 20 BU에 도달할 때까지 증류수를 가하여 흡수량을 조절한 후 반죽의 점탄성(consistency), 반죽발전시간(dough development time), 안정도(stability), 약화도(time to breakdown) 및 FQN(farinograph quality number)의 값을 5회 반복 측정하였다.

Alveogram 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 alveogram 특성 측정은 alveograph(NG, Chopin Co., Villeuneuve La Garenne, France)를 사용하여 AACC(54-30A)(8)방법으로 다음과 같이 측정하였다. 체로 친 소맥분과 증점제를 혼합한 250 g의 수분함량에 맞추어 2.5% NaCl 용액을 넣고 반죽을 시작하는데 이때 반죽기의 온도는 24°C 로 맞추고 resting chamber의 온도는 25°C 로 조절하며 측정하였다. Alveolink에 반죽의 변형에 필요한 최대저항력과 관계되는 압력인 P_{max} , 팽창된 반죽이 터질 때까지의 신장성을 나타내는 $L(\text{mm})$, 팽창지표인 $G(2.22 \sqrt{L})$, 반죽의 baking strength인 W , 반죽의 탄력에 대한 저항성인 P/L 등을 분석하였으며, 시료마다 5회 반복 측정하였다.

호화 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 호화 특성을 rapid visco analyzer(RVA, Newport Scientific Pty. Ltd., Narrabeen, N.S.W., Australia)로 다음과 같이 측정하였다(9). 알루미늄 용기에 14% 수분함량을 기준으로 한 밀

가루와 증점제 혼합물 3.0 g 넣고 증류수 25 mL를 가한 다음 플라ستيك 회전축으로 교반하여 시료액을 제조하였다. 50°C 로 맞춘 RVA에서 1분간 빠른 속도로 교반한 다음, 분당 12°C 씩 올리면서 95°C 까지 가열하고 이 상태에서 2.5분간 유지시킨 후 50°C 로 냉각시키면서 호화온도(pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최고점도온도(peak temperature), 최종점도(final viscosity), breakdown 및 set back 값을 구하였다.

Rheofermentometer 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 rheofermentometer 특성을 F3 rheofermentometer(Rheofermentometer Choipn S.A, Villeuneuve La Garenne, France)로 다음과 같이 측정(10)하였다. 밀가루와 증점제를 혼합한 300 g, 증류수 180 g, 효모 7.5 g을 반죽기에 넣고 저속으로 3분간 반죽 후 중속으로 2분간 반죽하여 315 g을 측정에 사용하였다. 측정조건의 protocol type은 온도 28.5°C , duration 180 min, 반죽무게 315 g, 시료에 올려지는 원추의 무게 2 kg, piston은 standard, quality는 1.2%로 하였다. Rheofermentometer 측정 parameter의 반죽발전 곡선인 T_1 (최대 팽창높이까지 소요되는 시간), H_m (반죽발전의 최대 높이), h (시험이 끝났을 때 반죽발전의 높이) 및 $(H_m - h)/H_m$ (3시간 후 T_1 과 비교한 반죽발전의 감소율)을 측정하였고, 가스 방출은 H_m (가스발생 커브의 최대높이), T_1 (가스발생 커브의 최대높이까지 소요되는 시간), T_x (반죽에서 CO_2 가스가 손실되기 시작할 때의 시간), 전체부피($A1 + A2$ 커브에서 가스발생량), CO_2 가스 손실량과 보유량(mL) 및 CO_2 가스 보유율(%) 등을 측정하였다.

통계분석

통계 분석은 statistical analysis system(SAS)(11) 통계 프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 각 시료 간의 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준으로 던컨의 다중 범위시험법(Duncan's multiple range test)을 사용하였다.

결과 및 고찰

Farinogram 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 farinogram 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 반죽의 점탄성(consistency)은 대조구에 비하여 HPMC를 첨가한 것은 증가하였으나 이외의 것들은 감소하여 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). HPMC를 첨가한 시험구의 점탄성이 가장 강한 것은 밀단백질과의 상호작용과 수분보유력의 차이 때문으로 생각된다. 흡수율(water absorption)은 증점제를 첨가한 것 모두 대조구에 비하여 증가하였으며 HPMC를 첨가한 것이 가장 높았고,

Table 1. Effect of different hydrocolloids on the farinogram parameters of bread flour

Samples	Farinogram parameters					
	Consistency (FU)	Water absorption	Development time (min)	Stability (min)	Time breakdown (min)	Farinograph quality number
Control	507.2 \pm 2.12 ^{b1)}	63.5 \pm 0.07 ^d	4.4 \pm 0.71 ^d	9.4 \pm 0.35 ^{ab}	4.3 \pm 2.3 ^d	71.5 \pm 38.89 ^d
HPMC	560.0 \pm 9.17 ^a	67.4 \pm 0.12 ^a	8.2 \pm 1.04 ^a	12.7 \pm 0.42 ^d	7.9 \pm 1.3 ^a	132.3 \pm 2.08 ^{ab}
MC	467.0 \pm 4.24 ^d	66.5 \pm 0.14 ^b	6.5 \pm 0.78 ^{bc}	9.2 \pm 1.34 ^{ab}	7.3 \pm 1.9 ^{bc}	123.0 \pm 11.31 ^c
SA	485.5 \pm 6.36 ^c	65.7 \pm 0.21 ^c	6.8 \pm 0.07 ^{bc}	10.1 \pm 0.49 ^c	7.7 \pm 1.7 ^{bc}	129.5 \pm 9.19 ^{ab}

¹⁾Values are Mean \pm S.D. n=3.

^{a-d}Means with the same letter in column are not significantly different by duncan's range test ($p < 0.05$).

MC를 첨가한 것이 가장 낮았으며 유의적인 차이가 있었다. 반죽발전시간은 증점제 첨가로 모두 길어졌는데 특히 HPMC를 첨가한 것은 두배 정도의 긴 시간이었고 MC를 첨가한 것이 가장 짧았다. 안정도는 대조구에 비하여 MC를 첨가한 것은 다소 짧아졌으나 이 외의 것들은 모두 길어졌으며 HPMC가 가장 길었다. 안정도는 farinogram에서 500 BU에 도착시간부터 출발시간까지를 나타내는 것으로 안정도가 길면 믹싱 내구성이 좋은데 안정도의 차이는 증점제에 따라 밀단백질과의 상호 작용이 다르기 때문으로 생각된다. 약화도는 대조구에 비하여 모두 길어졌는데 HPMC를 첨가한 것이 가장 길었다. 이러한 경향은 FQN에서도 동일하였다. 이상의 실험에서 증점제의 첨가로 반죽의 흡수율이 증가하고 안정도 및 약화도가 길어져 믹싱에 대한 안정성 증가 및 제품의 노화가 지연될 것으로 생각된다.

Guarda 등(7)은 HPMC와 SA를 밀가루에 일정량 첨가하여 farinograph 특성을 분석한 결과 첨가하지 않은 대조구에 비하여 흡수율이 증가하였고, 첨가량이 많을수록 흡수율이 증가하였으며 SA보다 HPMC를 첨가한 것이 더 증가하였다 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. Rosell 등(12)은 강력분에 SA, κ -carrageenan, xanthan gum, HPMC 등을 일정량 첨가하여 farinograph를 분석한 결과 대조구가 54.9%인 반면에 SA를 첨가한 것은 59.5%, HPMC를 첨가한 것은 57.9%라 하였고, 반죽발전시간은 대조구에 비하여 증점제 첨가시 증가하였고 특히 HPMC는 거의 두배로 증가하였으며, 안정도는 대조구에 비하여 MC를 첨가한 것은 감소하였으나 HPMC와 SA를 첨가한 것은 증가하였다고 보고하였다.

Alveogram 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 alveogram 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 반죽의 변형에 필요한 최대 저항력과 관계되는 압력 P 는 증점제 첨가시 대조구에 비하여 모두 길어졌고, 시험구 중에서 SA를 첨가한 것이 가장 길었고 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 팽창된 반죽이 터질 때까지의 신장성을 나타내는 L 은 증점제 첨가시 대조구에 비하여 모두 짧아졌는데, HPMC를 첨가한 것이 가장 짧았고, MC를 첨가한 것이 가장 길어 대조구와 시험구간에 유의적인 차이가 있었다. P/L 도 증점제 첨가시 대조구에 비하여 모두 높아졌는데 HPMC를 첨가한 것이 가장 높은 값을, MC를 첨가한 것이 가장 낮은 값으로 유의적인 차이가 있었다. 반죽의 탄력에 대한 저항성을 나타내는 W 는 대조구에 비하여 HPMC와 SA를 첨가한 것은 증가하였으나 MC를 첨가한 것은 낮아졌다. 이러한 결과는 증점제를 밀가루에 첨가하여 반죽 시 증점제의 특성에 차이가 있어 밀가루 내의 단백질과 상호작용이 다르고 흡수율이 달라 반죽의 강도가 달라지기 때문으로 생각된다.

Rosell 등(12)은 강력분에 SA, κ -carrageenan, xanthan gum, HPMC 등을 일정량 첨가하여 alveogram 특성을 분석한 결과 변형에 대

한 반죽의 저항력을 나타내는 P 는 가스를 보유하기 위한 반죽의 능력을 예측할 수 있는 것으로 시험구 모두 증가하였는데, 이것은 증점제와 밀단백질의 상호작용 때문이라 하였다. 반죽의 신장성을 나타내는 L 은 반죽의 취급성을 예측할 수 있는 것으로 증점제를 첨가한 것 모두 짧아졌고, 반죽의 탄력에 대한 저항성을 나타내는 P/L 은 모두 증가하였으며, W 는 SA와 HPMC를 첨가하였을 때 증가하였다고 하여, 본 실험에서 P 가 길어진 것, L 이 짧아진 것, P/L 이 증가된 것, W 가 HPMC와 SA를 첨가한 것에서 증가된 것 등의 결과와 일치하였다.

Guarda 등(7)도 P/L 은 대조구보다 HPMC와 SA를 첨가하였을 때 높았고, 첨가량이 많을수록 더 높아졌으며 HPMC가 SA보다 높았다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. W 는 대조구에 비하여 HPMC와 SA를 0.1% 첨가한 것은 낮아졌으나 0.5% 첨가한 것은 높아졌고 HPMC 보다는 SA를 첨가하였을 경우 더 높았다고 하였다. Alveograph는 밀가루의 제빵적성을 평가하는 기기로 (13), Bettge 등(14)은 밀가루의 단백질 특히 글루텐의 강도를 측정하여 나타내는 P , L , W 등으로 빵의 부피를 예측할 수 있다고 하였다. 이상의 alveogram 특성 실험에서 밀가루에 증점제 첨가는 반죽의 가스보유력을 증가시켜 빵 제조시 제품 부피가 커질 것으로 생각된다.

호화 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 호화 특성을 RVA로 측정된 결과는 Table 3과 같다. 초기호화온도에는 증점제 첨가가 거의 영향을 미치지 못하였으나, 최고점도는 증점제에 따라 차이가 있어 시험구 중 MC를 첨가한 것이 가장 높았고 HPMC를 첨가한 것이 가장 낮았으며, 대조구와 시험구 간에 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 최종점도는 대조구에 비하여 시험구 모두 낮아졌으나 시험구 중 HPMC와 MC는 유의적인 차이가 없었다. SA는 물에 녹으면 대단히 점조한 액이 되며 수용액을 고온으로 방치하면 점도가 떨어지기 때문에 최종점도가 가장 낮은 것으로 생각된다(2). Set back도 대조구에 비하여 모두 낮아졌으며 시험구 중 SA를 첨가한 것이 가장 높았고 HPMC를 첨가한 것이 가장 낮았다.

Rojas 등(6)은 밀가루에 여러 가지 증점제를 첨가하여 brabender viscograph로 amylogram 특성을 분석한 결과 호화온도는 SA를 첨가한 것은 대조구보다 낮은 값이었고, HPMC를 첨가한 것은 다소 높은 값이라 하여 본 실험의 결과와 차이가 있었다. 최고점도는 대조구에 비하여 SA 첨가량이 증가할수록 증가하였고 HPMC는 대조구보다 낮은 값에서 첨가량이 증가할수록 낮아졌다고 보고하였다. Cristina와 Noemi(15)는 옥수수 전분에 설탕과 증점제를 첨가하여 DSC로 전분의 호화 특성을 분석한 결과 호화개시 온도, 최고점도 및 최고점도 온도 등이 상승하였고, 설탕이 없는 경우에도 유사한 결과였다고 Ferrero 등(16)은 보고하였는데, 본

Table 2. Effect of different hydrocolloids on the alveogram parameters of bread flour

Samples	Overpressure, P (mm)	Extensibility, L (mm)	Swelling index, G (mm)	P/L	Deformation energy, W ($10^4 \times J$)
Control	154 \pm 1.41 ^{d1)}	108 \pm 0.71 ^a	10.30 \pm 0.07 ^a	1.43 \pm 0.02 ^a	557 \pm 4.95 ^c
HPMC	175 \pm 1.41 ^c	50 \pm 0.71 ^d	20.4 \pm 0.07 ^b	3.5 \pm 0.09 ^b	673 \pm 7.78 ^b
MC	178 \pm 1.41 ^b	84 \pm 0.71 ^b	17.5 \pm 0.71 ^c	2.1 \pm 0.05 ^d	531 \pm 2.83 ^d
SA	181 \pm 0.71 ^a	62 \pm 4.95 ^c	15.6 \pm 0.14 ^d	2.9 \pm 0.2 ^c	655 \pm 26.16 ^a

¹⁾Values are Mean \pm S.D. n=3.

^{a-d)}Means with the same letter in column are not significantly different by duncan's range test ($p < 0.05$).

Table 3. Effect of different hydrocolloids on the rapid visco analyser parameters of bread flour

Samples	Initial pasting temp. (°C)	Peak viscosity		Holding strength		Final viscosity RVU	Break down RVU	Set back RVU
		RVU	Time (min)	RVU	Time (min)			
Control	67.75±0.0 ^{cd1)}	223±1.2 ^d	6.53±0.0 ^a	168±1.4 ^a	8.27±0.0 ^{cd}	265±0.8 ^a	55±2.6 ^d	110±1.6 ^a
HPMC	67.35±0.5 ^{cd}	228±0.5 ^c	6.33±0.0 ^{bc}	151±1.8 ^c	8.33±0.0 ^{ab}	260±0.2 ^{bc}	77±1.2 ^c	96±0.5 ^d
MC	68.20±0.6 ^a	237±0.5 ^{ab}	6.30±0.0 ^{bc}	155±0.1 ^b	8.37±0.1 ^{ab}	260±0.4 ^{bc}	82±0.6 ^b	102±0.5 ^{bc}
SA	67.00±0.1 ^b	236±1.5 ^{ab}	6.13±0.0 ^d	147±1.2 ^d	8.24±0.0 ^{cd}	251±0.1 ^d	90±0.3 ^a	105±1.1 ^{bc}

¹⁾Values are Mean±S.D. n=3.

^{a-d}Means with the same letter in column are not significantly different by duncan's range test ($p<0.05$).

실험에서 호화개시온도는 증점제가 거의 영향을 주지 못한 것과는 상이한 결과이나 최고점도가 증가한 결과와는 일치하였다.

Set back 값은 전분의 노화정도를 반영하여 큰 값일수록 노화되기 쉬운 경향을 보인다고 하였는데(17), 증점제를 첨가한 본 실험에서는 set back 값이 낮아져 노화가 느려지는 것으로 나타났다. 노화란 여러 가지 물리·화학적 현상으로 amylose와 amylopectin의 재결정, 수분 상실 및 재분포, 단백질과 전분의 상호작용 등에 따라 발생한다(18). 증점제는 제빵공정에서 반죽의 호화점도 변형, 물성 변화, 빵의 노화를 연장시키고(19), 계면활성제가 있는 반죽에 사용하면 반죽안정제의 능력이 증가되고, α -amylase가 존재하면 빵의 부피를 크게하며 노화를 지연시킨다(20).

Rheofermentometer 특성

밀가루 중량 대비 증점제를 0.5% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 rheofermentometer 특성을 분석한 결과는 Table 4 와 같다. 최대팽창 높이까지 소요되는 시간인 T_1 은 대조구와 시험구가 모두 동일하여 유의적인 차이가 없었고($p<0.05$), 최대 반죽발전 높이인 H_m 은 MC를 첨가한 것은 대조구와 동일하였으나 이외의 시험구들은 높았는데 HPMC를 첨가한 것이 가장 높아 발효된 반죽의 높이가 높음을 나타냈고, 시험이 끝났을 때 반죽발전 높이인 h 는 SA가 가장 높았으며 시험구간에 유의적인 차이가 있었다($p<0.05$). $(H_m-h)/H_m$ 은 대조구와 시험구에서 0의 값으로 동일하였고, 가스발생 컵의 최대높이인 H'_m 은 시험구 모두

대조구보다 높았으며 시험구 중에는 SA를 첨가한 것이 가장 높았다. H'_m 에 도달하는 시간 T_1 은 대조구와 시험구가 모두 동일하였고, 총 부피는 시험구 모두 대조구보다 증가되었으며 시험구 중 SA를 첨가한 것이 가장 큰 값으로 완제품의 부피가 클 수 있음을 시사하였다. 시험이 끝난 후 가스 보유율도 대조구보다 시험구에서 높으나 차이는 아주 적었으며 시험구 중 SA를 첨가한 반죽이 가장 많은 가스를 보유하였다.

Rosell 등(12)은 강력분에 SA, κ -carrageenan, xanthan gum, HPMC 등을 0.5% 첨가하여 rheofermentometer로 발효 동안 반죽 특성이 변화되는 것을 분석한 결과 발효 시 반죽의 높이인 H_m 은 증점제에 따라 달라 HPMC를 첨가한 것은 대조구보다 높았고 SA를 첨가한 것은 낮아 본 실험에서 HPMC와 SA를 첨가한 것이 높은 것과는 차이가 있으나 alveograph에서 신장성은 감소하였고 저항성이 증가한 결과와는 일치하였다. 최대 반죽발전을 나타내는 T_1 은 SA를 첨가한 것이 대조구보다 빠른 시간이었으나 HPMC를 첨가한 것은 긴 시간이었고, T_1 은 동일하였으며 가스보유율은 대조구에 비하여 SA 보다 HPMC를 첨가한 것이 높은 값이었는데, 본 실험에서는 HPMC를 첨가한 것이 SA를 첨가한 것보다 높아 차이가 있었다. 이러한 것은 발효 동안 HPMC가 가스보유능력을 개선한다는 것을 의미한다. 빵 제조 공정의 발효 동안 반죽의 안전성을 개선하고자 증점제를 첨가하는데 xanthan gum은 냉동생지의 냉동과 해동에서 안전성을 증가시키고(21), guar gum과 locust bean gum은 빵의 신선도를 증가시킨다고 Schiraldi 등(22)은 보고

Table 4. Effect of different hydrocolloids on the rheofermentometer parameters of bread flour

Items	Control	HPMC	MC	SA
T_1 ¹⁾ (min)	180±1.2 ^{cd10)}	180±1.8 ^{ab}	180±1.4 ^{cd}	180±2.0 ^{ab}
H_m ²⁾ (mm)	2.3±0.15 ^{cd}	2.7±0.12 ^a	2.3±0.22 ^{cd}	2.5±0.18 ^b
h ³⁾ (mm)	2.3±0.20 ^{cd}	2.5±0.11 ^b	2.3±0.08 ^{cd}	2.7±0.15 ^a
$(H_m-h)/H_m$ ⁴⁾ (%)	0	0	0	0
H'_m ⁵⁾ (mm)	36.0±0.21 ^d	38.3±0.16 ^b	37.2±0.20 ^c	39.8±0.02 ^a
T_1 ⁶⁾ (min)	180±2.0 ^{cd}	180±5.2 ^a	180±3.5 ^b	180±2.6 ^{cd}
Total volume ⁷⁾ (mL)	608±12.5 ^d	680±14.6 ^b	677±8.0 ^c	710±10.6 ^a
CO ₂ lost volume ⁸⁾ (mL)	4±0.1 ^b	3±0.06 ^{cd}	3±0.05 ^{cd}	6±0.02 ^a
Retention volume ⁹⁾ (mL)	612±2.8 ^d	683±3.6 ^{bc}	680±5.4 ^{bc}	704±3.4 ^a
Retention coefficient (%)	99.3±0.5 ^{abcd}	99.6±1.5 ^{abcd}	99.5±2.0 ^{abcd}	99.1±2.4 ^{abcd}

¹⁾Time of maximum rise expressed in minutes. ²⁾Height of maximum dough development under constraint, expressed in mm. ³⁾Height of dough development at the end of the test (T; 3 hr for a whole test, or T; x for a test manually interrupted). ⁴⁾Lowering of the development percentage after 3 hours compared to T_1 . ⁵⁾Maximum height (mm) of the gaseous release curve. ⁶⁾Time (hr) spent to reach H'_m . ⁷⁾Total volume of gaseous release in mL (A1+A2). ⁸⁾The carbon dioxide volume released by the dough during its fermentation (A2). ⁹⁾Carbon dioxide volume in mL kept in the dough at the end of the test (A1). ¹⁰⁾Values are Mean±S.D., n=3.

^{a-d}Means with the same letter in row are not significantly different by duncan's range test ($p<0.05$).

하였다. 이상의 실험 결과 HPMC, MC, SA 등의 증점제 첨가는 향후 제빵 특성 및 빵의 노화연장에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

요 약

HPMC, MC, SA 등의 증점제를 밀가루 중량대비 0.5% 첨가한 밀가루 반죽의 레올로지를 조사하기 위하여 farinogram, alveogram, rapid visco analyzer, rheofermentometer 등을 분석한 결과는 다음과 같다. Farinogram 시험에서 증점제 첨가로 흡수율, 반죽발전시간, 안정도, 약화도 등이 변화하였다. 흡수율은 HPMC가 67.4±0.12%로 가장 높았고, 반죽발전시간은 HPMC가 8.2±1.04분, 안정도는 HPMC가 12.7±0.42분, 약화도는 HPMC가 7.9±1.3분으로 가장 길었다. Alveogram 시험에서 *P*, *G*, *P/L* 모두 증가되었으나 *L*은 모두 감소하였다. *W*는 HPMC와 SA는 증가되었으나 MC는 감소되었다. Rapid visco analyzer 특성에서 초기호화온도는 HPMC와 SA는 낮아졌고, MC는 높아졌으나 그 차이는 크지 않았다. 최고점도는 모두 높아졌고, 약화도는 모두 증가되었으며, 최종점도와 set back은 모두 낮아졌다. Rheofermentometer 시험에서 H_m 은 HPMC가 가장 높았고, 총 부피는 SA가 가장 컸다.

문 헌

1. Sim CW, Oh SC, Kug SU. New Food Science. Hyoil publishing Co., Seoul, Korea. pp. 57-58 (2006)
2. Mun BS. Food Additives. Suwhagsa Co., Seoul, Korea pp. 411-413 (1998)
3. Lee JH, Kang CS, Oh HG, Yun MS, Sin SY. Food Sanitation. Baeksan Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 355-356 (2005)
4. Pilizota V, Subaric D, Lovric T. Rheological properties of CMC dispersions at low temperatures. Food Technol. Biotechnol. 34: 87-90 (1996)
5. Sarkar N, Walker LC. Hydration-dehydration properties of methylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose. Carbohydr. Polym. 27: 177-185 (1995)
6. Rojas JA, Rosell CM, Benedito C. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. Food Hydrocolloid 13: 27-33 (1999)
7. Guarda A, Rosell CM, Benedito M, Galotto J. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloid 18: 241-247 (2004)
8. AACC. Approved Methods of the AACC, 10th ed., Method 54-21, 54-30A. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
9. Operation Manual for the Series 3 Rapid Visco Analyser: Issued July. Newport Scientific Pty. Ltd., Australia. pp. 10-18 (1995)
10. F3 Rheofermentometer Instruction Manual. Operating Principles Result Analysis. Chopin S.A. Villeneuve La Garenne Cedex, France pp. 1-18 (1996)
11. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (2002)
12. Rosell CM, Rojas JA, Benedito C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloid 15: 75-81 (2001)
13. Chen J, D'Appolonia BL. Alveograph studies on hard red spring wheat flour. Cereal Food World 30: 862-865 (1985)
14. Bettge A, Rubenthaler L, Pomeranz Y. Alveograph algorithm to predict functional properties of wheat in bread and cookie baking. Cereal Chem. 66: 81-86 (1989)
15. Cristina F, Noemi EZ. Effect of freezing rate and frozen storage on starch-sucrose-hydrocolloid systems. J. Sci. Food Agr. 80: 2149-2158 (2000)
16. Ferrero C, Martino MN, Zarizky NE. Effect of hydrocolloids on starch thermal transitions, as measured by DSC. J. Therm. Anal. 47: 1247-1266 (1990)
17. Leelavath K, Indiani D. Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches. Starch 39: 378-385 (1987)
18. Hug-Iten S, Escher F, Conde-Petit B. Staling of bread: role of amylose and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes. Cereal Chem. 80: 654-661 (2003)
19. Collar C. Significance of viscosity profile of pasted and gelled formulated wheat doughs on bread staling. Eur. Food Res. Technol. 216: 505-513 (2003)
20. Joansson T. Use of pectin/alginate-emulsifier combinations in cereal based food. Res. Disclosure 286: 87 (1988)
21. Dziezak JD. A focus on gums. Food Tech. Chicago 45: 115-132 (1991)
22. Schiraldi A, Piazza L, Brenna O, Vittadini E. Structure and properties of bread dough and crumb: Calorimetric, rheological, and mechanical investigations on the effects produced by hydrocolloids, pentosans and soluble proteins. J. Therm. Anal. 47: 1339-1360 (1996)