

하이드록시프로필화 후 가교화시킨 복합변성 쌀 전분의 이화학적 특성

최현욱 · 김상갑 · 최성원¹ · 김창남² · 유승석³ · 김병용 · 백무열*
경희대학교 생명자원과학연구원 식품공학과, ¹오산대학교 호텔조리계열
²해전대학교 호텔제과제빵과, ³세종대학교 호텔관광대학 외식경영학과

Physicochemical Properties of Dual-Modified (Hydroxypropylated and Cross-linked) Rice Starches

Hyun-Wook Choi, Sang-Kab Kim, Sung-Won Choi¹, Chang-Nam Kim², Seung-Seok Yoo³,
Byung-Yong Kim, and Moo-Yeol Baik*

Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University

¹Department of Food and Culinary Arts, Osan University

²Department of Hotel Baking Technology, Hyejeon University

³Department of Culinary and Food Service Management, Sejong University

Abstract

Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross-linked (HPCL) rice starch were investigated. Dual modification of rice starch was carried out by hydroxypropylation using propylene oxide (2, 6, and 12%) and then cross-linking using phosphorus oxychloride (0.005% and 0.02%). Swelling power of dual-modified rice starch increased at lower temperature (60°C) than that of native rice starch (70°C). HPCL rice starch showed slightly lower solubility (1.6-6.1%) than native rice starch (2.2-13.8%). Solubility and swelling power tended to gradually increase with increasing phosphorus oxychloride contents. RVA pasting temperature (66.2-70.8°C) and peak viscosity (160.6-171.1 RVU) of HPCL rice starch were lower than that of those of native starch (71.3°C, 190.4 RVU) and decreased with increasing propylene oxide concentration. DSC thermal transitions of HPCL rice starches shifted to lower temperature and show less amylopectin melting enthalpy (11.8-9.8 J/g) than that of native rice starch (11.9 J/g). Overall, physicochemical properties of HPCL rice starches were highly dependent on hydroxypropylation rather than cross-linking.

Key words: hydroxypropylation, cross-linking, POCl₃, dual modified rice starch

서 론

전분은 쌀, 밀, 감자, 옥수수 등에 풍부히 들어있으며 전 세계 인류 섭취열량의 70-80%를 공급하고, 특히 한국인에게 가장 중요한 식량 자원으로 사용되는 천연 고분자 물질이다(Hwang, 2003). 특히 쌀은 세계적으로 중요한 농산물로 그 중 약 92%는 아시아에서 생산되고 있으며, 국내 쌀 생산량도 꾸준히 증가하고 있다(Chun & Yoo, 2004). 하지만 최근 쌀 수입 개방과 함께, 다양한 식품의 소개와 식생활의 서구화로 인해 쌀 소비가 감소되면서 재고물량이

증가하고 있는 추세이며, 이를 해결하고 쌀 소비를 촉진하기 위해 쌀을 이용한 가공식품의 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다(Lee et al., 2004).

쌀 전분은 영양학적인 측면에서 뿐 만 아니라 팽윤, 호화, 겔화, 노화 등 전분만이 가지고 있는 다양한 물리적인 특성을 이용하여, 식품의 조직감 보완과 수분 보유력의 향상 그리고 저장 중 품질 유지를 위해 사용되어진다(Wistler et al., 1997; Krush et al., 1997; Burrell et al., 2003). 하지만 천연 쌀 전분이 갖는 특성의 한계로 인해 다양한 용도로써 사용되기에 제한이 있다(Labell, 1991). 따라서 전분이 가지고 있는 고유의 성질을 개선하고 새로운 기능을 부여하여 이용범위를 증대시킬 목적 등으로 특별한 물리, 화학적 처리를 통해 변성전분을 제조하여 사용하며, 이는 식품산업에서뿐만 아니라, 섬유, 제지공업 등에 광범위하게 사용되고 있다(Pomeranz, 1991; Wurzburg, 1986).

하이드록시프로필화(hydroxypropylation, 이하 HP) 전분

*Corresponding author: Moo-Yeol Baik, Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University, Yongin, Korea

Tel: +82-31-201-2625; Fax: +82-31-204-8116

E-mail: mooyeol@khu.ac.kr

Received September 27, 2011; revised October 27, 2011; accepted October 27, 2011

은 유도된 하이드록시프로필기에 의하여 전분입자를 유지하고 있는 수소결합 등의 내부 결합이 약해져서 호화온도가 낮아지고 노화가 억제된다(Luallen, 1985; Wooton et al., 1983; Tuschhoff, 1987; El-Hinnawy et al., 1982). 가교화(cross-linking, 이하 CL) 전분은 전분 입자 내에 견고한 고분자 망상구조를 형성하여 전분입자의 팽윤을 억제하여 천연전분보다 강한 내열성, 내산성, 내전단성을 나타낸다(Wurzburg, 1987; Rutenberg, 1984). 지금까지의 변성 전분에 관한 연구는 주로 옥수수 전분과 감자 전분으로 진행되어 쌀 전분에 관한 연구는 그리 많지 않은 실정이다. Yook et al.(1993)은 하이드록시프로필화 및 가교화 쌀가루, Choi et al.(2005)은 하이드록시프로필화한 쌀전분, Yu et al.(2006)은 하이드록시프로필화한 찹쌀 전분, Choi et al.(2006)은 POCl₃를 가교제로 사용하여 가교화한 쌀전분, Yu et al.(2007)은 POCl₃를 가교제로 사용하여 가교화한 찹쌀 전분을 각각 제조하고 이들의 이화학적 특성을 보고하였다.

본 연구에서는 기존의 단일 변성방법으로 생산된 변성전분의 한계점을 극복하기 위하여, 복합변성 방법을 이용하여 하이드록시프로필화 후 가교화(이하 HPCL) 처리를 하여 HPCL 쌀전분을 제조하고, 이들의 물리화학적 특성을 분석하여 HPCL 쌀전분의 기초 특성을 제공하고 변성전분으로서의 활용 가능성을 알아보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 쌀은 2002년 경기도 안성에서 생산된 맷쌀(추청벼)을 시중에서 구입하여 시료로 사용하였다.

쌀전분의 분리

쌀전분은 알칼리 침지법(Yamamoto et al., 1973)을 이용하여 분리하였다. 즉 쌀에 0.4% NaOH용액을 1:1.5의 비율로 가하고 waring blender(51 BL 31, Torrington, CT, USA)를 이용하여 마쇄 후 24 시간 동안 침지하여 상등액을 제거하였다. 단백질이 제거 될 때까지 24 시간마다 4-5 회 알칼리 처리를 반복하였다. 현탁액의 pH가 중성이 될 때까지 증류수로 전분을 수세한 다음 탈수하여 35°C의 열풍건조기에서 건조시킨 후 분쇄하여 80 mesh 체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

하이드록시프로필화 후 가교화(HPCL)한 쌀전분의 제조

쌀전분을 고형분 대비 20% 현탁액으로 제조하여 shaking incubator에 넣고 45°C로 유지시킨 후 전분 고형분 대비 8%의 Na₂SO₄를 용해시킨 다음 1 N NaOH를 이용하여 pH를 11.5로 조절하였다. Propylene oxide(이하 PO)를 전분 고형분 대비 2%, 6%, 12%를 첨가하고 밀폐 시킨 후 45°C shaking incubator에서 24 시간 반응시킨 후 phosphorus

oxycloride(이하 POCl₃)를 전분 고형분 대비 0.005%, 0.02%를 첨가하고 밀폐 시킨 후 45°C shaking incubator에서 2 시간 반응시켰다. 반응이 끝난 시료는 1 N HCl을 사용하여 pH 5.5로 중화하고 원심분리한 후 상등액을 제거하고 전분 고형분 대비 5 배의 증류수로 수회 수세하여 건조시켜 분쇄 후 80 mesh 체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

팽윤력 및 용해도

전분의 팽윤력과 용해도는 Schoch(1964)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 전분 0.5 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 20-90°C까지 10°C 간격으로 30 분간 가열하고 3000 rpm으로 30 분간 원심분리 한 후 상등액은 120°C에서 4 시간 건조시켜 가용성 전분의 무게를 측정하였고 침전물은 그대로 무게를 측정한 후 아래의 식에 의하여 팽윤력 및 용해도를 각각 구하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{가용성 전분무게} \times 100}{\text{시료 건물량(g)}}$$

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전물의 무게} \times 100}{\text{시료 건물량} \times (100 - \text{용해도})}$$

Pasting 특성

전분의 pasting 특성은 Rapid Visco Analyzer(RVA-3D, Newport Scientific Pty. LTD, Narrabeen, N.S.W., Australia)를 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 즉, 알루미늄 용기에 쌀 전분(14% 수분함량기준) 3.0 g과 증류수 25 mL를 가한 다음 플라스틱 회전축을 사용하여 완전하게 교반시켜 시료액을 제조하였다. 50°C로 맞춘 RVA에서 1 분간 빠른 속도로 교반한 다음, 분당 12°C씩 올리면서 95°C까지 가열하고 이 상태에서 2.5 분간 유지시킨 후 50°C로 냉각시켜서 pasting temperature, peak viscosity, final viscosity, breakdown 및 setback값을 구하였다.

열적특성

전분의 열적특성을 알아보기 위해 밀봉된 빈 pan을 reference로 하여 Differential Scanning Calorimeter(DSC-7, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 수분함량 60%로 제조한 시료를 25°C부터 130°C까지 5°C/min의 속도로 가열하여 DSC thermogram상에 나타나는 흡열곡선의 호화개시온도(T_o: onset temperature), 최대호화온도(T_p: maximum peak temperature), 호화종결온도(T_c: completion temperature)와 흡열엔탈피(ΔH: crystal melting enthalpy)를 각각 구하였다.

통계분석

모든 실험은 2 회 이상 반복 측정된 다음 통계처리 프로

그림인 Dbstat을 이용하여 유의수준 5%이내에서 평균값과 표준편차를 구하였으며 SAS(Statistical analysis system) 통계 프로그램을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test로 평균간의 다중비교를 실시하였다.

결과 및 고찰

팽윤력과 용해도

PO 농도(2%, 6%, 12%)와 POCl_3 농도(0.005%, 0.02%)를 달리하여 제조한 하이드록시프로필화 후 가교화(HPCL) 쌀 전분의 팽윤력을 Fig. 1에 나타내었다. 변성되지 않은 일반 쌀 전분의 팽윤력은 20-60°C에서는 2.5-3.3%로 일정하다가 70°C에서 14.8%로 급격히 증가하였고, 80°C에서 15.7%, 90°C에서 17.8%로 다소 완만해지는 경향을 나타내었다. HPCL 쌀전분은 20-50°C에서 2.3-3.1%로 일정하다가 60°C에서 5.7-6.8%로 증가하기 시작하여 90°C까지 10.2-15.0%로 완만히 증가하는 경향을 나타내었고(Fig. 1), PO 함량이 증가할수록 팽윤력이 높아지는 경향을 보였다. HPCL 쌀전분 시료 모두 변성되지 않은 일반 쌀전분보다 낮은 온도에서 팽윤이 시작되고 70-90°C에서의 팽윤력은 낮은 것으로 나타났으며 POCl_3 농도에 관계없이 PO 함량이 높을수록 더 높은 팽윤력을 나타내어 하이드록시프로필화 쌀전분과 유사한 결과를 보였다(Choi et al., 2005).

PO 농도(2%, 6%, 12%)와 POCl_3 농도(0.005%, 0.02%)를 달리하여 제조한 HPCL 쌀전분의 용해도를 Fig. 2에 나타내었다. 변성되지 않은 일반 쌀 전분의 용해도는 20-60°C까지 2.2-2.6%로 일정하다가 70°C에서 10.3%로 급격히 증가하기 시작해 80°C에서 13.0%, 90°C에서 13.8%로 증가하는 경향을 나타내었다. HPCL 쌀전분은 20-70°C에서 1.6-4.3%로 일정하다가 80°C에서 3.3-7.5%로 증가하기 시

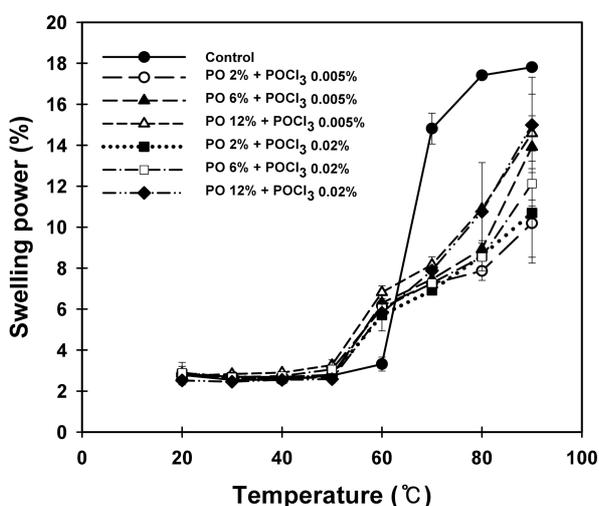


Fig. 1. Swelling power of hydroxypropylated and cross-linked rice starches.

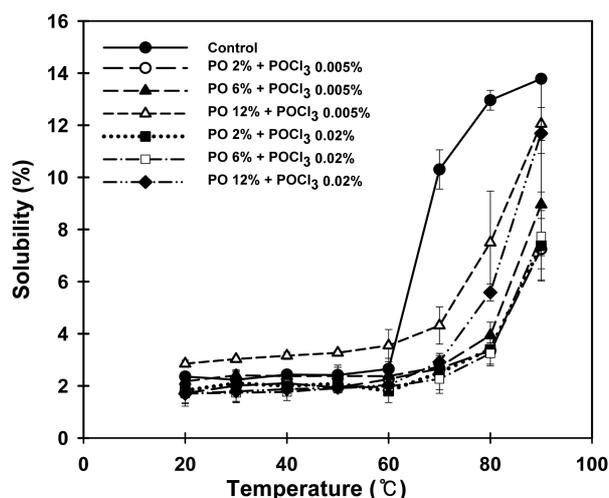


Fig. 2. Solubility of hydroxypropylated and cross-linked rice starches.

작하여 90°C까지 7.2-14.0%로 증가하는 경향을 나타내었고, PO 함량 12%에서 상대적으로 높은 용해도를 보였다. 용해도 또한 하이드록시프로필화 쌀전분과 유사한 경향을 나타냈다(Choi et al., 2005).

따라서 하이드록시프로필화에 의해 팽윤력, 용해도가 낮은 온도에서 시작된 것과 PO 함량이 높을수록 팽윤력과 용해도가 높아지는 경향을 나타낸 것은 하이드록시프로필화에 의해 쌀전분 분자 내부에 결합이 약해졌기 때문이고 하이드록시프로필화 쌀전분보다 낮은 값을 보인 것은 가교화 처리제인 POCl_3 가 전분 입자 내에 공유결합을 형성하기 때문으로 생각된다. Hung & Morita(2004)에 따르면 감자 전분의 하이드록시프로필화 와 가교화에서도 하이드록시프로필화 감자 전분보다 하이드록시프로필화 후 가교화한 감자 전분이 팽윤력이 낮아지는 것으로 나타났으며, 최대 팽윤력은 쌀 전분과는 달리 높아졌는데, 이는 전분의 결정성과 입자 크기, amylose-lipid complex의 양 차이에 따른 결과로 생각되며 전분의 종류에 따라 같은 변성 처리를 하였다 해도 다른 결과를 나타낼 수 있다는 사실을 확인 할 수 있었다.

RVA 특성 변화

PO 농도(2%, 6%, 12%)와 POCl_3 농도(0.005%, 0.02%)를 달리하여 제조한 HPCL 쌀전분의 RVA pasting curve를 Fig. 3에 나타내었고, RVA pasting curve로 부터 구한 RVA pasting 특성 값을 Table 1에 표시하였다. 변성되지 않은 쌀전분의 경우 호화개시온도가 71.3°C로 나타났고, HPCL쌀전분은 변성되지 않은 쌀전분보다 높았으나 POCl_3 0.005%가 처리된 경우 PO 첨가량이 증가할수록 88.2°C에서 78.4°C까지, POCl_3 0.02%가 처리된 경우 PO 첨가량이 증가할수록 86.0°C에서 78.8°C까지 호화개시온도가 낮아졌

Table 1. RVA pasting properties of hydroxypropylated and cross-linked rice starches.

Sample	Pasting temp (°C)	Peak		Holding strength (RVU)	Final viscosity (RVU)	Break down (RVU)	Setback (RVU)	
		Peak viscosity (RVU**)	Peak time (min)					
Control	71.3±0.4 ^c	190.4±4.7 ^a	4.0±0.0 ^d	62.7±0.8 ^e	150.4±2.5 ^e	127.7±4.0 ^a	87.7±3.3 ^c	
PO (%)	POCl ₃ (%)							
2	0.005	88.2±0.1 ^{a*}	161.9±2.0 ^c	6.2±0.1 ^a	131.6±0.8 ^a	258.3±3.0 ^{bc}	30.0±1.2 ^d	126.8±2.1 ^b
6	0.005	83.3±0.1 ^c	167.7±1.3 ^b	5.4±0.1 ^b	99.2±0.7 ^b	298.3±1.4 ^a	68.5±0.6 ^c	199.1±0.6 ^a
12	0.005	78.4±2.2 ^d	160.7±0.4 ^c	5.0±0.1 ^c	92.7±0.3 ^c	298.4±0.2 ^a	68.0±0.7 ^c	205.7±0.5 ^b
2	0.02	86.0±0.5 ^b	162.4±1.4 ^c	6.1±0.0 ^a	131.3±2.1 ^a	292.2±1.3 ^c	31.1±0.7 ^d	120.8±3.4 ^b
6	0.02	84.8±0.0 ^{bc}	160.6±0.9 ^c	5.5±0.1 ^b	91.8±1.9 ^c	227.0±13.5 ^d	68.8±0.9 ^c	135.3±11.6 ^b
12	0.02	78.8±0.7 ^d	171.7±0.9 ^b	4.9±0.0 ^c	85.4±0.9 ^d	277.0±19.5 ^b	85.7±0.1 ^b	191.6±18.6 ^a

* Means with the same letter within the same column are not significantly different ($p < 0.05$).
 ** Rapid viscosity unit

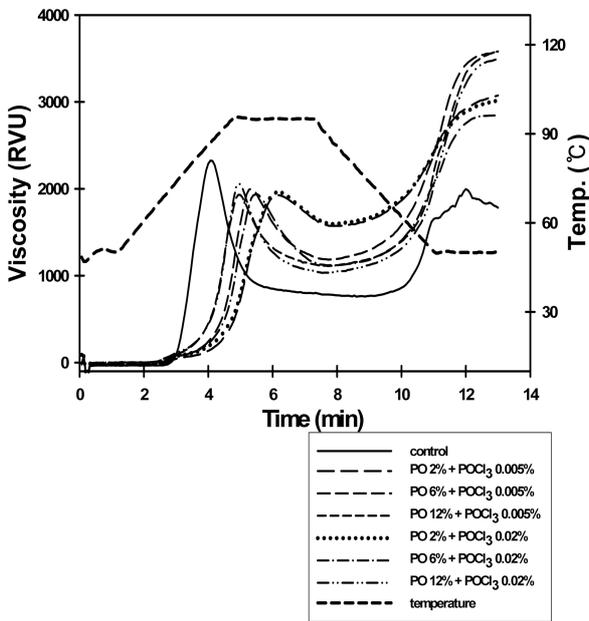


Fig. 3. RVA pasting properties of hydroxypropylated and cross-linked rice starches.

다(Table 1). 일반 쌀전분보다 호화개시온도가 높게 나타난 것은 전분의 점도 상승이 낮은 온도에서 시작되었으나 급격히 증가하기 시작하는 점을 호화개시온도로 측정했기 때문으로 생각되며, PO 첨가량이 증가할수록 호화개시온도가 낮아지는 것은 팽윤력의 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

일반 쌀전분은 peak time이 4.0 분으로 나타났고 HPCL 쌀전분의 경우 POCl₃ 0.005%가 처리된 경우 PO 첨가량이 증가할수록 6.2 분에서 5.0 분으로 감소하였고 POCl₃ 0.02%가 처리된 경우 PO 첨가량이 증가할수록 6.1 분에서 4.9 분으로 감소하였으나, 모두 일반 쌀 전분보다는 높은 값을 나타내었다. 이는 팽윤력 결과에서와 마찬가지로 HPCL 쌀전분이 일반 쌀전분보다 천천히 상승하는 것과 같은 결과가

고 할 수 있다.

일반 쌀전분의 최고 점도는 190.4 RVU로 나타났고 HPCL 쌀전분의 경우 160.6-171.1 RVU로 모두 일반 쌀전분보다 낮은 수치를 나타냈다. 이는 HPCL 쌀전분이 일반 쌀전분보다 최고 팽윤력이 낮은 것과 같은 결과를 나타냈다.

최고 점도와 95°C에서 2.5 분간 유지시킨 후의 점도간 차이를 나타내는 breakdown의 경우 일반 쌀전분이 127.7 RVU로 나타났고 HPCL 쌀전분은 POCl₃ 0.005%가 처리된 경우 PO 첨가량이 증가할수록 30.0-68.0 RVU로 증가하였고 POCl₃ 0.02%가 처리된 경우는 31.1-85.7 RVU로 두 경우 모두 일반 쌀전분보다 낮은 수치를 나타내었고, POCl₃ 첨가량에 따른 차이는 보이지 않았다.

냉각 후 점도가 상승하는 정도를 나타내는 setback의 경우 일반 쌀전분은 87.7 RVU로 나타났고 HPCL 쌀전분은 POCl₃ 0.005%가 처리된 경우 PO 첨가량이 증가할수록 126.8-205.7 RVU, POCl₃ 0.02%가 처리된 경우에는 120.8-191.6 RVU로 증가하였다.

일반 쌀전분보다 breakdown이 낮아지고 setback이 상승하는 것은 가교화의 강력한 결합으로 팽윤된 전분 입자의 파괴가 줄었기 때문이라고 생각되며, RVA 결과에서 볼 수 있듯이 치환제인 PO 함량에 따라 차이가 있고, 가교화제인 POCl₃의 함량에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 보아 HPCL 쌀전분의 RVA점도 특성은 PO 첨가량, 즉 하이드록시프로필화에 따른 영향이 가교화의 영향보다 크다고 볼 수 있다. 이는 하이드록시프로필화 후 가교화 한 옥수수 전분에서 하이드록시프로필화의 경향이 크게 나타났다는 연구와 일치하는 결과를 나타내었다(Mcpherson et al., 2000).

열적 특성

PO 농도(2%, 6%, 12%)와 POCl₃ 농도(0.005%, 0.02%)를 달리하여 제조한 HPCL 쌀전분의 열적 특성을 나타내는 DSC thermogram을 Fig. 4에 나타내었고, DSC thermogram

Table 2. DSC thermal characteristics of hydroxypropylated and cross-linked rice starches.

Sample	Melting temperature (°C)			$\Delta T(^{\circ}C)^{4)}$	$\Delta H(J/g)^{5)}$
	$T_o^{1)}$	$T_p^{2)}$	$T_c^{3)}$		
control	58.5±0.4 ^a *	69.2±0.5 ^a	87.5±1.1 ^a	29.0±1.5 ^{ab}	12.3±0.0
PO 2% + POCl ₃ 0.005%	55.3±0.0 ^c	66.5±0.6 ^{bc}	83.4±0.0 ^b	27.7±0.1 ^a	10.4±0.1 ^b
PO 2% + POCl ₃ 0.02%	57.7±0.2 ^b	67.3±0.0 ^b	83.4±0.0 ^b	25.8±0.2 ^{abc}	10.6±0.0 ^b
PO 6% + POCl ₃ 0.005%	56.9±1.3 ^b	67.2±0.4 ^b	83.7±0.8 ^b	26.8±2.1 ^{ab}	9.8±0.0 ^b
PO 6% + POCl ₃ 0.02%	55.0±0.4 ^c	66.0±0.0 ^c	82.6±0.7 ^c	27.6±1.1 ^a	10.7±0.0 ^b
PO 12% + POCl ₃ 0.005%	55.3±0.1 ^c	65.6±0.4 ^c	80.8±0.2 ^d	25.5±0.1 ^{ac}	8.4±0.0 ^c
PO 12% + POCl ₃ 0.002%	55.3±0.0 ^c	64.5±0.3 ^d	79.8±0.6 ^c	24.5±0.6 ^c	10.2±0.0 ^b

* Means with the same letter within the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

- 1) T_o : Onset temperature
- 2) T_p : Peak temperature
- 3) T_c : Completion temperature
- 4) ΔT : $T_c - T_o$
- 5) ΔH : Crystal melting enthalpy

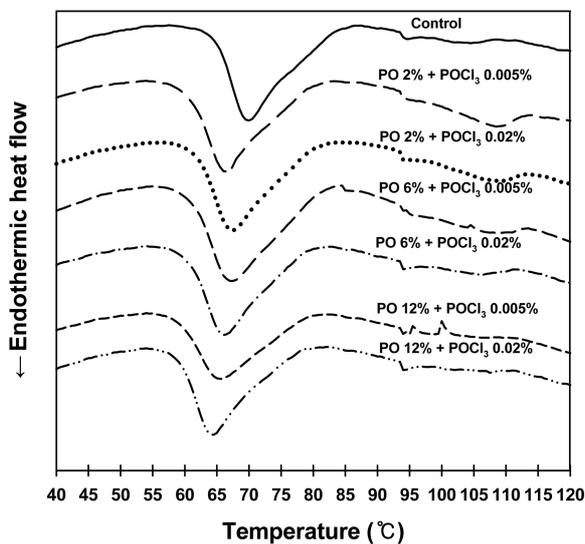


Fig. 4. DSC thermograms of hydroxypropylated and cross-linked rice starchy.

에서 구한 열적 특성 값은 Table 2에 표시하였다. 일반 쌀 전분의 경우 호화개시온도(T_o)는 58.5°C이었으나 하이드록시프로필화 후 가교화제 POCl₃ 0.005%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 55.3°C, 6%에서는 56.9°C, 12%에서는 55.3°C로 감소하였고, 하이드록시프로필화 후 가교화제 POCl₃ 0.02%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 57.7°C, 6%에서는 55.0°C, 12%에서는 55.3°C로 감소하여 앞에서 언급한 팽윤이 일찍 시작되는 특성, 그리고 RVA pasting 특성에서 호화개시온도가 낮아지는 것과 일치하는 경향을 나타내었다.

최대호화온도(T_p)의 경우 일반 쌀전분은 69.2°C이고 하이드록시프로필화 후 가교화제 POCl₃ 0.005%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 66.5°C, 6%에서는 67.2°C, 12%에서는 65.6°C로 감소하였고, 하이드록시프로필화 후 가교화제

POCl₃ 0.02%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 67.3°C, 6%에서는 66.0°C, 12%에서는 64.5°C로 감소하였다.

호화종결온도(T_c)의 경우 일반 쌀 전분은 87.5°C이고 하이드록시프로필화 후 가교화제 POCl₃ 0.005%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 83.0°C, 6%에서는 83.7°C, 12%에서는 80.8°C로 감소하였고, 하이드록시프로필화 후 가교화제 POCl₃ 0.02%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 83.4°C, 6%에서는 82.6°C, 12%에서는 79.8°C로 감소하였다. 이는 HPCL 쌀전분의 모든 열적 특성 피크가 낮은 온도 쪽으로 이동하였음을 보여준다.

호화엔탈피(ΔH) 역시 HPCL 쌀전분이 일반 쌀전분보다 낮은 값을 나타내었고, PO 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 일반 쌀전분은 11.9 J/g에서 하이드록시프로필화 후 가교화제 POCl₃ 0.005%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 10.4 J/g, 6%에서는 9.8 J/g, 12%에서는 8.4 J/g로 감소하였고 하이드록시프로필화 후 가교화제 POCl₃ 0.02%가 처리된 경우 PO 함량 2%에서는 10.6 J/g, 6%에서는 10.7 J/g, 12%에서는 10.2 J/g로 감소하였다. POCl₃ 함량 0.005%가 0.02%보다 감소 폭이 큰 것으로 나타났다. 따라서 하이드록시프로필화 후 가교화를 통하여 하이드록시프로필화에서 나타났던 호화개시온도, 최대호화온도, 호화종결온도와 호화엔탈피를 낮출 수 있음을 보여주었고, 가교화제의 첨가량이 호화엔탈피(ΔH)의 변화에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. Yook et al.(1993)의 쌀가루에서도 이와 유사한 결과를 보였는데 이는 하이드록시프로필화에 의해 무정형 부분이 증가하여 호화엔탈피(ΔH)가 감소하였고 가교화제 POCl₃가 첨가되어 무정형 부분에서 강한 공유결합을 형성하였기 때문이라고 생각된다.

요 약

치환제인 PO 농도(2%, 6%, 12%)를 달리하여 제조한 하

이드록시프로필화 쌀전분에 가교제인 POCl_3 농도(0.005%, 0.02%)를 달리하여 처리한 HPCL 쌀전분을 제조하고, HPCL 쌀전분의 용해도, 팽윤력, pasting 특성 및 열적 특성을 연구하였다. 팽윤력은 일반 쌀전분 보다 다소 낮은 온도에서 증가되기 시작하였으나 그 이후는 모두 낮은 수치를 보여 HPCL 쌀전분이 일반 쌀전분보다 완만한 상승을 나타내었다. 용해도는 HPCL 쌀전분이 일반 쌀전분보다 전체적으로 낮은 값을 나타내었다. 한편 PO 함량이 증가할수록 팽윤력과 용해도 모두 증가하는 경향을 나타내었다. RVA pasting분석 결과, HPCL 쌀전분의 경우 일반 쌀전분보다 최고 점도는 낮아졌고 holding strength와 final viscosity는 높은 경향을 나타내었으며, breakdown은 낮아지고 setback은 높은 것으로 나타났다. 열적 특성 분석 결과 HPCL 쌀전분의 경우 일반 쌀 전분보다 낮은 T_0 , T_p , T_c 및 ΔH 를 나타내었으며, POCl_3 함량이 적을수록 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 HPCL 쌀전분의 경우 RVA pasting 특성은 PO 첨가량, 즉 하이드록시프로필화에 따른 영향이 크다고 볼 수 있고 DSC 열적특성은 하이드록시프로필화 및 가교화 모두 영향을 미치는 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 경희대학교 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

Burrell MM. 2003. Starch: The need for improved quality or quantity. *J. Exp. Bot.* 54: 451-457.
 Choi HW, Koo HJ, Kim CT, Hwang SY, Kim DS, Choi SW, Hur NY, Baik MY. 2005. Physicochemical properties of hydroxypropylated rice starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 44-49.
 Choi HW, Chung KM, Kim CH, Moon TH, Park CS, Baik MY. 2006. Physicochemical properties of cross-linked rice starches. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 49: 49-54.
 Chun SY, Yoo B. 2004. Rheological behavior of cooked rice flour dispersions in steady and dynamic shear. *J. Food. Eng.* 65: 363-370.
 El-Hinnawy SI, Fahmy A, El-Saied HM, El-Shirbeeney AE, ElSahy KM. 1982. Preparation and evaluation of hydroxyethyl starch. *Starch* 34: 65-69.
 Hung PV, Morita N. 2004. Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross-linked starches from A-type and B-type wheat starch granules. *Carbohydr. polym.* 59: 239-246.
 Hwang JW. 2003. Science and health of rice, The present condi-

tion of development on the rice-based processed food. *Korean J. Food Preserv.* 23: 78-87.
 Krush GS. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.* 35: 25-34.
 Labell F. 1991. Rice starch reduces fat, adds creamy texture without imparting flavor. *Food Processing* 3: 95-96.
 Lee SS, O SH, Lee SY, Park JS, Kim YH. 2004. Differentiation test on food safety factors for purchasing rice. *Korean J. Food Preserv.* 11: 122-125.
 Luallen TE. 1985. Starch as a functional ingredient. *Food Technol.* 39: 9-63.
 Mcpherson AE, Bailey TB, Jane J. 2000. Extrusion of cross-linked hydroxypropylated corn starches I. Pasting properties. *Cereal Chem.* 77: 320-325.
 Pomeranz Y. 1991. Carbohydrates. Starch. In *Functional properties of food components*. 2nd ed. Academic Press, New York, USA, pp. 68-69.
 Rutenberg MW, Solarex DX. 1984. Starch derivatives, production and uses, In: *Starch Chemistry and Technology*, 2nd ed, Whistler RL, Bemiller JN, Paschall EF (ed). Academic Press, New York, USA, p. 324.
 Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starch. Vol. 4, In: *Method Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL (ed). Academic Press, New York, USA, p. 106.
 Tuschhoff JV. 1987. Hydroxypropylated starches. In: *Modified Starches: Properties and Uses*. Wurzburg OB (ed), CRS Press, Florida, USA, pp. 92-95.
 Wistler RL, Remiller JN. 1997. Starch. In: *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. Eagan Press, St. Paul, MN, USA, pp. 117-152.
 Wootton M, Manatsathit A. 1983. The influence of molar substitution on the water binding capacity of hydropropyl maize starches. *Starch* 35: 92-94.
 Wurzburg OB. 1986. Nutritional aspects and safety of modified food starches. *Nutr. Rev.* 44: 74-79.
 Wurzburg OB. 1987. Introduction, In: *Modified Starches, Properties and Uses*, Wurzburg OB (ed). CRC Press, FL, USA, p. 12.
 Yamamoto K, Sawada S, Onogaki T. 1973. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku* 20: 99-104.
 Yook C, Pek UH, Park KH. 1993. Gelatinization and retrogradation characteristics of hydroxypropylated and cross-linked rices. *J. Food Sci.* 58: 405-407.
 Yu C, Choi HW, Kim CT, Kim DS, Choi SW, Park YJ, Baik MY. 2006. Physicochemical properties of hydroxypropylated waxy rice starches and its application to yukwa, *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 385-391.
 Yu C, Kim CT, Hur NY, Kim DS, Baik MY. 2007. Physicochemical properties of enzymatically partially hydrolyzed waxy rice starch and its application to Yukwa, *Research Collection of Institute of Life Science & Resources-Kyung Hee Univ.* 26: 1-7.