

가교화 쌀 전분의 이화학적 특성

최현욱^{1,2} · 정구민³ · 김정호⁴ · 문태화⁵ · 박천석¹ · 백무열^{1,*}

¹경희대학교 생명자원과학연구원, ²대상(주) 전분당연구소, ³국립안동대학교 식품생명공학과, ⁴서원대학교 식품영양학과, ⁵서울대학교 식품생명공학과

Physicochemical Properties of Cross-linked Rice Starches

Hyun-Wook Choi^{1,2}, Koo-Min Chung³, Chung-Ho Kim⁴, Tae-Hwa Moon⁵, Dong-Seob Kim⁶, Cheon-Seok Park¹ and Moo-Yeol Baik^{1,*}

¹Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University

²Daesang Company Starches and Sweetener Div. R&D Center

³Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

⁴Department of Food and Nutrition, Seowon University

⁵Department of Food Science and Biotechnology, Seoul National University

Received October 5, 2005; Accepted December 26, 2005

Physicochemical properties of cross-linked rice starches were investigated. Swelling power of cross-linked rice starch increased at relatively lower temperature (60°C) than native rice starch (70°C). Cross-linked rice starch showed lower solubility (1.7~6.1%) than native rice starch (2.2~13.8%) and solubility is not significantly different with the amount of phosphorus oxychloride. Pasting temperature (69.2~70.6°C) and peak viscosity (2,874~3,175 cp) of cross-linked rice starch were lower than native starch (71.6°C, 3,976 cp), but holding strength (2,177~2,708 cp) and final viscosity (3,424~3,826 cp) of cross-linked rice starch were higher than native starch (1,000 cp, 2312 cp). DSC thermal transitions of cross-linked rice starches were shifted to a lower temperature than native rice starch but there was no significant difference in gelatinization enthalpy between native and cross-linked rice starches. X-ray diffraction pattern of both native and cross-linked rice starches showed typical A-type crystal indicating that cross-linking had not affected the crystalline region of starch.

Key words: cross-linked rice starch, swelling power, solubility, RVA, DSC, X-ray

서 론

벼는 인류가 농사를 짓기 시작하면서 재배하여온 작물 중의 하나로 아시아 대륙의 동남부 지역에서 처음 재배되기 시작한 것으로 추정된다.¹⁾ 우리나라 국민의 쌀 소비량은 사회적 여건에 따른 식생활의 변화와 쌀 소비 정책에 의하여 소비량은 많은 변화가 있었다. 쌀이 부족하였던 70년대 1인당 쌀 소비량이 136 kg으로 늘어나 쌀 소비량을 줄이기 위하여 혼·분식을 장려한 결과 76년 120 kg으로 감소하였으나 79년 135 kg으로 늘어난 후 80년대 이후 지속적으로 감소하고 있다. 80년대 120 kg 이하로 줄어든 소비량은 90년대 중반 110 kg 이하로 줄어든 이후 98년 100 kg 이하로 줄어들어 2002년 기준 88 kg으로 급격한 소비량 감소를 나타내고 있다. 일본의 쌀 소비량 감소 경향

으로 살펴보면 10년 이내에 60 kg 이하로 줄어들 가능성도 상당히 높다고 볼 수 있다. UR협상 결과에 따른 쌀 도입 등으로 인하여 쌀이 남아도는 상황으로 가고 있다.^{2,3)} 반면, 지속적으로 증가되는 수입 쌀을 가공용으로 소비하려면 가공 제품의 수요 촉진이 필요한데 영세한 쌀 가공 업체의 제품 개발 능력은 매우 미흡한 상태이다.⁴⁾ 우리나라의 경우 쌀 가공율은 5% 미만이며 특히 국내산 쌀의 경우는 가공율이 극히 미진한 실정이다.⁵⁾

쌀 전분은 2~10 μm 정도로 점착력이 강하고 호화온도가 65~70°C로 지하 전분보다 높은 편이며 낮은 점도를 갖는다. 특히, 쌀 전분은 다른 전분들에 비하여 소화흡수율이 아주 높으며 하이포알러제닉(hypoallergenic)하여 이유식 등의 유아식품과 특수식품 등에 사용 되고 있고, 입자의 크기가 작고(2~10 μm) 비표면적(specific surface area)이 커서 많은 물질을 표면에 흡착시킬 수 있으며, 쌀 전분의 깨끗한 맛과 낮은 용융점은 흡착된 향미성분의 빠르고 깨끗한 방출을 유도한다.⁶⁾ 또한 쌀 전분은 부드러운 입안 감촉을 주어 최근 대체지방으로서의 기능

*Corresponding author

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

E-mail: mooyeol@khu.ac.kr

성에 대한 많은 연구가 진행 되어지고 있다.⁷⁾

전분을 변형시킴으로써 소비자들의 요구에 맞도록 테일러메이드 프로덕트(tailor made product)를 제조하는 방법에는 안정화, 치환, 가교화 등 여러 가지 방법이 있으며, 이 중 가교화(cross-linked, 이하 CL) 전분은 전분 입자 내에 견고한 고분자 망상구조를 형성하여 전분입자의 팽윤을 억제하여 천연전분보다 강한 내열성, 내산성, 내전단성을 나타낸다.⁸⁾

본 연구에서는 쌀 전분의 이용 방법을 다양화하기 위하여 가교 결합 쌀 전분을 제조하고 이화학적인 성질을 분석함으로써 가교화 쌀 전분의 기초 특성을 제공하고 가공 전분으로서의 활용 가능성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

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

쌀 전분의 분리. 쌀 전분은 알칼리 침지법¹⁾을 이용하여 분리하였다. 즉 쌀에 상업적으로 이용중인 0.4% NaOH 용액을 1:1.5의 비율로 가하고 Waring blender(51 BL 31, Torrington, CT, USA)를 이용하여 파쇄 후 24시간 동안 침지하여 상등액을 제거하였다. 단백질을 제거 될 때까지 24시간 마다 4~5회 알칼리 처리를 반복하였다. 현탁액의 pH가 중성이 될 때까지 증류수로 전분을 수세한 다음 탈수하여 35°C의 열풍건조기에서 건조시킨 후 분쇄하여 80 mesh체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

가교화 쌀 전분의 제조. 쌀 전분의 가교화는 Zheng 등의 방법¹¹⁾을 이용하였다. 즉 쌀 전분을 고품분 대비 20% 현탁액으로 제조하여 Shaking incubator(HK-S 125C, Korea)에 넣고 45°C로 유지시킨 후 전분 고품분 대비 8%의 Na₂SO₄를 용해시킨 다음 1N NaOH를 이용하여 pH를 11.5로 조절하였다. phosphorus oxychloride(이하 POCl₃)를 전분 고품분 대비 0.005, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06%를 첨가하고 밀폐 시킨 후 45°C shaking incubator에서 2시간 반응시켰다. 일반적으로 식품용 변성 전분 제조 시 첨가물의 최대 허용 범위는 잔류 인 함량 0.04% 이하이나, 본 연구에서는 가교화 쌀 전분의 화학공업 및 제지 산업에서의 응용 가능성을 살펴보기 위하여 POCl₃를 0.06%까지 첨가하였다. 반응이 끝난 시료는 1N HCl을 사용하여 pH 5.5로 중화하고 원심분리한 후 상등액을 제거하고 전분 고품분 대비 5배의 증류수로 수회 수세하여 건조시켜 분쇄 후 80 mesh체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

팽윤력 및 용해도. 전분의 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법¹²⁾에 의하여 측정하였다. 즉 전분 0.5 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 20~90°C까지 10°C 간격으로 30분간 가열하고 3,000 rpm으로 30분간 원심분리 한 후 상등액은 120°C에서 4시간 건조시켜 가용성 전분의 무게를 측정하였고 침전물은 그대로 무게를 측정 후 아래의 식에 의하여 팽윤력 및 용해도를 각각 구하였다.

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

$$\text{용해도}(\%) = \frac{\text{가용성전분 무게} \times 100}{\text{시료건물량}}$$

Differential Scanning Calorimetry(DSC). 전분의 열적 특성을 알아보기 위해 밀봉된 빈 pan을 reference로 하여 Differential Scanning Calorimeter(DSC-7, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 측정하였다. 수분함량 60%로 제조한 시료를 25°C부터 130°C까지 5°C/min의 속도로 가열하여 DSC thermogram 상에 나타나는 흡열곡선의 호화개시온도(T₀: onset temperature), 최대호화온도(T_p: maximum peak temperature), 호화종결온도(T_c: completion temperature)와 흡열엔탈피(ΔH: Crystal melting enthalpy)를 각각 구하였다.

Rapid Visco Analyzer(RVA). 전분의 pasting 특성은 Rapid Visco Analyzer(Newport Scientific Pty. LTD, 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 1분간 빠른 속도로 교반한 다음, 분당 12°C씩 올리면서 95°C까지 가열하고 이 상태에서 2.5분간 유지시킨 후 다시 분당 12°C씩 내리면서 50°C로 냉각시켜서 2분간 유지하며 pasting temperature, peak viscosity, final viscosity, breakdown 및 setback값을 구하였다.

X선 회절 분석. X선 회절도는 X-ray diffractometer(M18XHF, Mac Science Co., Japan)를 사용하여 Target: Cu-Kα, Voltage: 40 kV, Current: 300 mA의 조건으로 회절각도(2θ) 3~40°까지 3°/min(0.02° Step)으로 회절하여 X-ray diffraction pattern으로 측정하였다. 상대적 결정화도는 결정형 영역(Ac)과 무정형 영역(Aa)으로 나누어 Komiya 방법에 의해 구하였다.¹³⁾

통계분석. 모든 실험은 3회 이상 반복 측정된 다음 통계처리 프로그램인 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. POCl₃농도를 달리한 가교화 쌀 전분의 팽윤력을 Fig. 1에 나타내었다. 변성되지 않은 일반 쌀 전분의 팽윤력은 20~60°C에서는 2.5~3.3으로 일정하다가 70°C에서 14.8로 급격히 증가하였고 80°C에서 15.7, 90°C에서 17.8로 다소 완만해지는 경향을 나타내었다. 가교화 쌀 전분은 20~50°C에서 2.5~2.9로 일정하다가 60°C에서 3.6~4.2로 증가하기 시작하여 70°C에서 7.2~7.5, 80°C에서 8.5~9.0, 90°C에서 10.7~12.6으로 꾸준히 증가하는 경향을 나타내었고, 변성되지 않은 일반 쌀 전분보다 전체적으로 낮은 팽윤력을 나타냈으며, POCl₃농도에 따른 팽윤력은 유의적인 차이가 나타나지 않는 경향을 보였다.

POCl₃ 농도를 달리한 가교화 쌀 전분의 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 증가하였고 80°C에서 13.0%, 90°C에서 13.8%로 완만히 증가하는 경

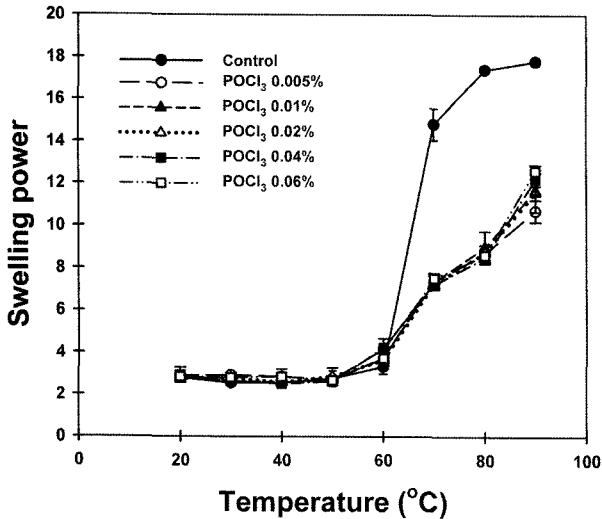


Fig. 1. Changes in swelling power of cross-linked rice starches.

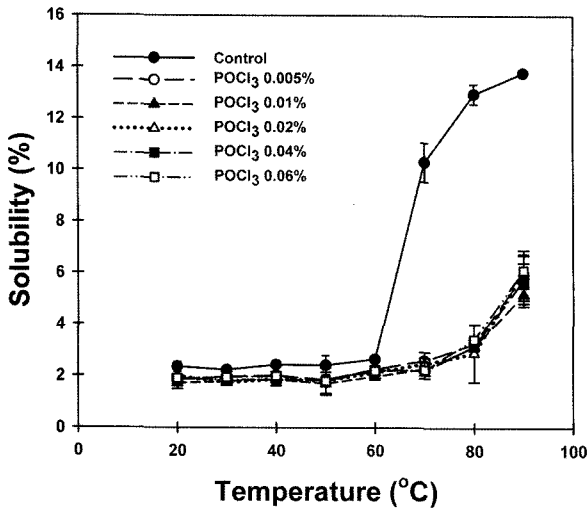


Fig. 2. Changes in solubility of cross-linked rice starches.

향을 나타내었다. 가교화 쌀 전분은 20~70°C에서 1.7~2.6%로 일정하다가 80°C에서 2.9~3.4%로 증가하기 시작하여 90°C에서 5.2~6.1%로 증가하는 경향을 나타내었고, 용해도 역시 변성되지 않은 쌀 전분보다 전체적으로 낮은 수치를 나타내었으며 POCl₃ 농도에 따른 용해도는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

일반 쌀 전분과 변성 쌀 전분과의 용해도 및 팽윤력 차이는 전분 내부 구조의 차이를 나타내며 용해도와 팽윤력이 낮은 것은 전분 입자간의 결합력이 강하다는 것을 보여준다. 가교화에 의해 팽윤력과 용해도가 낮아진 것은 가교화 시약이 전분 입자 내에 강력한 공유결합을 형성하였기 때문인 것으로 생각 된다. Kartha 및 Srivastava¹⁴⁾는 가교화가 증가할수록 전분 입자 내의 결합이 견고해 짐으로 팽윤력과 용해도가 모두 감소한다고 하였으나, 본 실험 결과에서는 용해도와 팽윤력 모두 가교화에 따른 변화는 그리 크지 않은 것으로 나타났다. 이로 보아 본 실험에 사용된 POCl₃의 농도에 따른 쌀 전분의 가교화 정도의 차이가 그리 크지 않음을 알 수 있다.

RVA 특성. POCl₃ 농도를 달리한 가교화 쌀 전분의 RVA

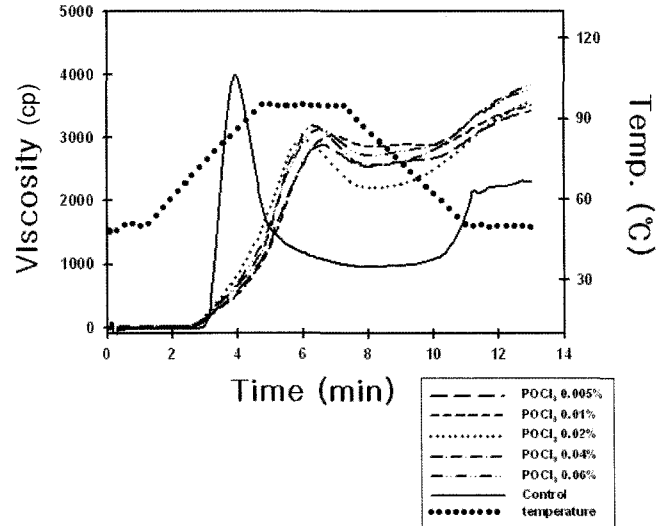


Fig. 3. RVA pasting properties of cross-linked rice starches.

pasting curve를 Fig. 3에 나타내었고, RVA pasting curve로부터 구한 RVA pasting 특성 값은 Table 1에 표시하였다. 변성되지 않은 쌀 전분의 경우 pasting temperature가 71.6°C로 나타났고 가교화 쌀 전분의 경우에는 69.2~70.6°C로 약간 감소하였는데 이는 가교화 쌀 전분의 팽윤력이 낮은 온도에서 높아지기 시작하는 것과 일치하는 결과라고 할 수 있다. 일반 쌀 전분은 peak time이 3.9분으로 나타났고 가교화 쌀 전분의 경우 6.0~6.9분으로 일반 쌀 전분보다는 높은 값을 나타내었는데 이는 팽윤력 결과에서 가교화 쌀 전분이 일반 쌀 전분보다 60~90°C에서 천천히 상승하는 것과 같은 결과라고 할 수 있다.

일반 쌀 전분의 최고 점도는 3,976 cp로 나타났고 가교화 쌀 전분의 경우 2,874~3,175 cp로 일반 쌀 전분보다 낮은 수치를 나타내었고 POCl₃ 함량에 따른 경향은 나타나지 않았다. 이는 가교화 쌀 전분이 일반 쌀 전분보다 최고 팽윤력이 낮은 것과 POCl₃ 함량에 따른 차이가 나지 않는 것과 같은 결과로 쌀 전분의 경우에는 가교화에 의해 최고 점도가 낮아지는 것으로 나타났다.

최고 점도와 95°C에서 2.5분간 유지시킨 후의 점도간 차이를 나타내는 breakdown의 경우 일반 쌀 전분이 2,977 cp로 나타났으나, 가교화 쌀 전분은 331~778 cp로 일반 쌀 전분보다 낮은 수치를 나타내었고, 냉각 후 점도가 상승하는 정도를 나타내는 setback은 일반 쌀 전분이 1,313 cp로 나타났고 가교화 쌀 전분은 913~1,360 cp로 낮은 경향을 나타내었다.

이와 같은 결과는 가교화에 의하여 전분 입자가 견고하게 되어 변성된 쌀 전분이 내전단성, 내열성의 새로운 성질을 갖게 된 것으로 생각되며 이는 Yook 등¹⁵⁾의 연구에서 나타난 옥수수 전분과는 peak time 증가, 최고점도 감소, breakdown 감소의 경향은 같은 특징을 보였고 pasting temperature는 감소와 final viscosity 증가의 경향은 옥수수 전분과 다른 결과를 나타내었다. 가교 감자 전분의 경우 팽윤된 전분 입자가 가교 결합에 의해 강화되어 내열성과 내전단성을 가지게 되어 전분 입자의 붕괴가 거의 일어나지 않아 아밀로그래프 호화 특성에서 최고 점도에 도달하는 시간이 매우 지연되었다고 보고하였다.¹⁶⁾ 또한

Table 1. RVA paste properties of cross-linked rice starches

Sample	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity (cp)	Peak time (min)	Holding strength (cp)	Final viscosity (cp)	Breakdown (cp)	Setback (cp)
Control	71.6 ± 0.1 ^{a*}	3976 ± 37 ^a	3.9 ± 0.0 ^f	999 ± 54 ^d	2312 ± 24 ^d	2977 ± 91 ^a	1313 ± 30 ^b
POCl ₃ (%)	0.005	70.2 ± 0.0 ^{ab}	2874 ± 0 ^e	6.7 ± 0.0 ^b	2543 ± 0 ^b	3424 ± 0 ^c	881 ± 0 ^c
	0.01	70.6 ± 1.3 ^{ab}	3042 ± 10 ^e	6.9 ± 0.1 ^a	2687 ± 68 ^a	3545 ± 57 ^b	859 ± 11 ^c
	0.02	69.4 ± 0.1 ^b	2954 ± 28 ^d	6.0 ± 0.0 ^e	2177 ± 38 ^c	3536 ± 42 ^b	1359 ± 4 ^a
	0.04	69.2 ± 0.5 ^b	3176 ± 1 ^b	6.3 ± 0.0 ^d	2568 ± 8 ^b	3826 ± 7 ^a	1259 ± 15 ^c
	0.06	69.3 ± 0.1 ^b	3093 ± 44 ^c	6.5 ± 0.0 ^c	2708 ± 10 ^a	3731 ± 52 ^a	1023 ± 42 ^d

*Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$)

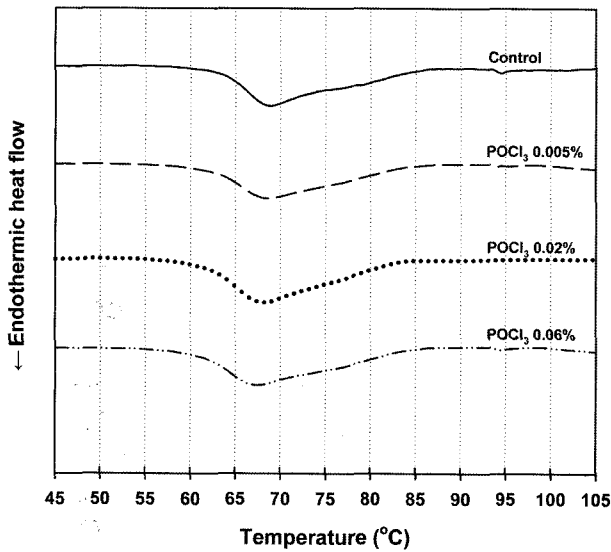


Fig. 4. DSC thermograms of cross-linked rice starches.

가교화 정도에 따라 최고 점도가 천연 전분보다 크거나 작아지는 등 일정한 경향을 나타내지 않았는데¹⁶⁾ 이는 전분의 종류, 결정성, 입자 크기, amylose-lipid complex의 양의 차이 등에 따른 결과로 생각된다. 따라서 본 실험 결과에서 일반 쌀 전분과 변성 쌀전분의 RVA특성 차이는 가교화에 의한 것으로 판단되지만, POCl₃ 함량에 따른 경향이 나타나지 않은 것은 가교화제로 사용한 POCl₃ 함량이 적절하지 않아 가교화 정도가 차이 나지 않은 것으로 생각 된다.

DSC 특성. POCl₃ 농도를 달리한 가교화 쌀 전분의 열적 특성을 나타내는 DSC thermogram을 Fig. 4에 나타내었고, DSC thermogram에서 구한 열적 특성 값은 Table 2에 표시하였다. 쌀 전분의 변성 조건이 POCl₃를 첨가하기 전에 45°C pH 11.5로 조절하였기 때문에 가교화 전에 일부 쌀 전분이 온도와 pH에 의해 변화가 될 가능성이 있으나, 처리시간이 단시간이고 쌀 전분의 가교화 연구에서 본 연구와 유사한 처리를 한 시료가 일반 쌀 전분과 큰 차이를 나타내지 않았다는 보고¹⁷⁾를 근거로 본 연구에서는 일반 쌀 전분을 가교화하기 전에 45°C, pH 11.5로 처리한 시료에 대한 물리화학적 분석은 수행하지 않았으며, 가교화에 따른 DSC 특성 차이가 크지 않아 중간 농도를 제외한 0.005, 0.02 및 0.06% POCl₃의 농도로 처리한 시료에 대해서만 DSC 특성을 측정하였다.

일반 쌀 전분의 경우, 호화개시온도(T_o)는 63.7°C이었으나 가교화 쌀 전분의 경우, POCl₃ 함량 0.005%에서는 61.1°C, 0.02%에서는 61.4°C, 0.06%에서는 62.7°C로 감소하였다. 이는 앞에서 언급한 팽윤력 및 RVA특성과 일치하는 경향을 나타내었다. 최대호화온도(T_p)의 경우, 일반 쌀 전분은 69.2°C이고, 가교화 쌀 전분의 경우, POCl₃ 함량 0.005%는 67.7°C, 0.02%는 67.6°C, 0.06%는 68.1°C로 감소하였다. 호화종결온도(T_c)의 경우, 일반 쌀 전분은 87.5°C이고, 가교화 쌀 전분의 경우, POCl₃ 함량 0.005%는 85.4°C, 0.02%는 85.0°C, 0.06%는 86.5°C로 약간 감소하였다. 호화온도범위(ΔT)의 경우, 일반 쌀 전분은 23.8°C이고 가교화 전분은 POCl₃ 0.005%는 24.2°C, 0.02%는 23.6°C, 0.06%는 23.8°C를 나타내어 일반 쌀 전분과 큰 차이를 보이지 않았다. 호화엔탈피(ΔH)의 경우, 일반 쌀 전분은 11.9 ±

Table 2. Differential scanning calorimetric characteristics of cross-linked rice starches

Sample		Melting temperature (°C)			ΔT (°C) ⁴⁾	ΔH (J/g) ⁵⁾
		T_o ¹⁾	T_p ²⁾	T_c ³⁾		
Control		63.7 ± 0.1 ^{a*}	69.2 ± 0.5 ^a	87.5 ± 1.1 ^a	23.8 ± 1.0 ^a	11.9 ± 0.6 ^a
POCl ₃ (%)	0.005	61.1 ± 0.0 ^d	67.7 ± 0.5 ^a	85.4 ± 2.0 ^a	24.2 ± 2.0 ^a	12.9 ± 0.1 ^a
	0.02	61.4 ± 0.1 ^c	67.6 ± 0.6 ^a	85.0 ± 2.0 ^a	23.6 ± 1.8 ^a	11.1 ± 1.0 ^a
	0.06	62.7 ± 0.1 ^b	68.1 ± 0.9 ^a	86.5 ± 1.6 ^a	23.8 ± 1.5 ^a	12.0 ± 0.3 ^a

*Values followed by the same letter in 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

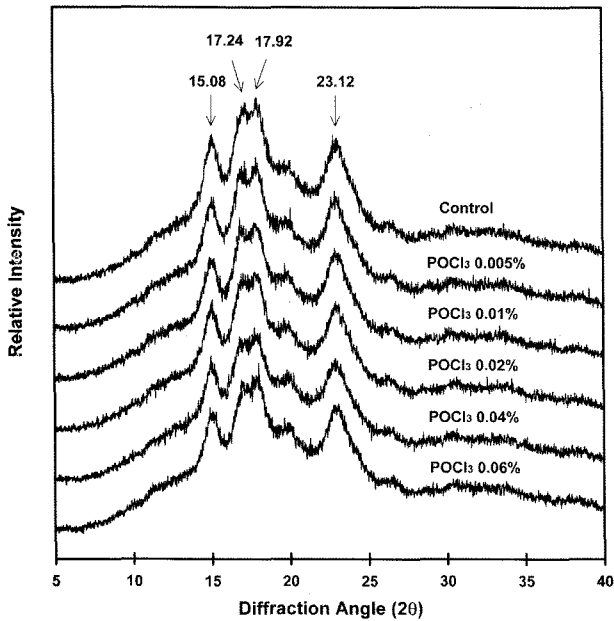


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of cross-linked rice starches.

Table 3. Relative crystallinity of cross-linked rice starches

Sample	Relative crystallinity (%) ¹⁾	
Control	10.86 ± 0.25 ^a	
POCl ₃ (%)	0.005	10.57 ± 0.24 ^a
	0.01	10.76 ± 0.33 ^a
	0.02	10.47 ± 0.34 ^a
	0.04	10.28 ± 0.22 ^a
	0.06	10.09 ± 0.13 ^a

0.6 J/g이고, 가교화 쌀 전분의 경우 POCl₃ 함량 0.005%에서는 12.9 ± 0.1 J/g, 0.02%에서는 11.1 ± 1.0 J/g, 0.06%에서는 12.0 ± 0.3 J/g으로 가교화에 따른 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 가교화를 통하여 호화개시온도, 최대호화온도, 호화종결온도는 일반 쌀 전분보다 약간 낮아지나 호화엔탈피는 큰 차이가 나지 않아 가교화가 쌀 전분의 호화엔탈피에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다. 이는 Chatakanonda 등^{17,18)}의 결과에서 나타난 것과 마찬가지로 가교화는 결정 용해엔탈피에 큰 영향을 미치지 않는다는 보고와 일치한다. 따라서 POCl₃에 의한 가교화는 전분의 무정형 부분에서 발생하는 것으로 판단되며, 결정형 부분에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

X-선 회절도. POCl₃ 농도를 달리한 가교화 쌀 전분의 X-선 회절도를 Fig. 4에 나타 내었고, 상대적 결정화도 값은 Table 3에 표시하였다. Fig. 4에서 일반 쌀 전분 및 POCl₃ 농도를 달리한 가교화 쌀 전분 모두는 회절각도(2θ)가 15.0°, 17.2°, 17.9°, 23.1° 되는 곳에서 나타나 전형적인 A형의 결정구조를 나타내어 가교화 공정이 쌀 전분의 결정 형태에는 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

상대적 결정화도를 X-선 회절도의 면적 비율로 계산한 결과, 일반 쌀 전분에 비하여 가교화한 전분의 상대적 결정화도가 감소하는 결과를 나타내었으나 95% 신뢰도 수준에서 유의적인

차이는 없는 것으로 나타났다. 이것은 epichlorohydrin을 가교화제로 사용한 연구들과^{16,19)} sodiumtrimetaphosphate(STMP)를 가교화제로 사용한 연구²⁰⁾에서와 같이 가교화는 전분의 결정형 영역에 영향을 주지 않는다는 보고와 일치하였다. 따라서 POCl₃를 이용한 쌀 전분의 가교화 반응은 전분 입자 내의 무정형 영역에서 대부분 일어나는 것으로 판단되며, 결정형 영역에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

초 록

쌀 전분에 phosphorus oxychloride(POCl₃)를 단계별(전분 고형분 대비 0.005~0.06%)로 2시간 반응시켜 가교화 쌀 전분을 제조하고, 변성된 쌀 전분의 용해도, 팽윤력, RVA, DSC, X-ray 특성을 연구하였다. 팽윤력은 일반 쌀 전분 보다 다소 낮은 온도에서 증가되기 시작하였으나 그 이후는 모두 낮은 수치를 보여 가교화 쌀 전분이 일반 쌀 전분보다 완만한 상승을 나타내었다. 용해도는 가교화 쌀 전분이 일반 쌀 전분보다 전체적으로 낮은 결과를 나타내었고 POCl₃ 함량에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. RVA 분석결과 가교화 쌀 전분이 일반 쌀 전분보다 pasting temperature와 최고점도는 낮아졌고 holding strength와 final viscosity는 높은 경향을 나타내어 breakdown과 setback 은 낮은 것으로 나타났다. DSC 분석 결과 가교화 쌀 전분이 일반 쌀 전분보다 T_g, T_p, T_c가 감소하였으나 ΔH의 경우 큰 차이가 나타나지 않았다. X-ray 회절분석 결과 일반 쌀 전분 보다 POCl₃ 함량에 따라 상대적 결정화도가 소폭 감소되는 결과를 나타내었으나 95% 신뢰도 수준에서 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 가교화 쌀 전분의 경우 전분 입자가 POCl₃에 의해 강한 공유 결합을 형성함으로써 내열성, 내전단성의 성질이 생겨 호화가 일어난 후에 점도가 많이 낮아지지 않은 것으로 판단되며 전분의 결정형태에는 크게 영향을 미치지 않으나 전분의 무정형 부분에 영향을 주어 쌀 전분의 팽윤력, 용해도 및 pasting property 등의 물리화학적 성질에 변화를 주는 것으로 판단되었다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국·학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구이며 이에 감사 드립니다(KRF-2004-042-F00025).

참고문헌

- Hwang, J. W. (2003) Science and health of rice; The present condition of development on the rice-based processed food. *Korean Journal of food preservation* **10**, 78-87.
- Ko, S. C. and Kwon, O. P. (2003) Consumer perceptions and buying behavior of branded rice. *Korean J. Agric. Extension* **10**, 87-101.
- Choi, H. C. (2002) Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. *Korean J. Crop sci.* **47**, 15-32.

4. Lee, S. S., Oh, S. H., Lee, S. Y., Park, J. S. and Kim, Y. H. (2004) Differentiation Test on Food Safety Factors for Purchasing Rice. *Korean Journal of food preservation* **11**, 122-125.
5. Jeong, H. U. (2003) Science and health of rice; Current status of processed foods in rice. *Korean Journal of food preservation* **10**, 71-77.
6. Juliano, B. O. (1984) In *Starch Chemistry and Technology: Rice Starch* (2nd ed.) Academic press, New York.
7. Escalante, L. V., Merca, F. E. and Juliano, B. O. (2001) Amylodextrin produced by hydrochloric acid corrosion of raw rice as fat replacer. *Philippin Agricultural Scientist* **84**, 76-82.
8. Wurzburg, O. B. (1987) In *Modified Starches: Properties and uses: Introduction* CRC press, FL.
9. Rutenberg, M. W. and Solarex, D. X. (1984) In *Starch Chemistry and Technology: Starch derivatives, production and uses* (2nd ed.) Academic press, New York.
10. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T. (1973) Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku* **20**, 99-104.
11. Zheng, G. H., Han, H. L. and Bhatta, R. S. (1999) Functional properties of cross-linked and hydroxypropylated waxy hull-less barley starches. *Cereal Chem.* **76**, 182-188.
12. Schoch, T. J. (1964) In *Method in Carbohydrate Chemistry: Swelling Power and Solubility of Granular Starch* Academic press, New York.
13. Nara, S. and Komiya, T. (1983) Studies on the relationship between water saturated state and crystallinity by the diffraction method for moistened potato starch. *Starch* **35**, 407-410.
14. Kartha, K. P. R. and Srivastava, H. C. (1985) Reaction of epichlorohydrin with carbohydrate polymer II. Starch reaction mechanism and physicochemical properties of modified starch. *Starch*. **37**, 297-301.
15. Yook, C., Pek, U. H. and Park, K. H. (1992) Gelatinization behaviours and gel properties of hydroxypropylated and cross-linked corn starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**, 70-73.
16. Kim H. S. and Lee Y. E. (1996) Influence of crosslinking on gelatinization behavior and morphological change of potato starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 580-586.
17. Chatakanonda, P., Varavinit, S. and Chinachoti, P. (2000) Relationship of gelatinization and recrystallization of cross-linked rice to glass transition temperature. *Cereal Chem.* **77**, 315-319.
18. Chatakanonda, P., Varavinit, S. and Chinachoti, P. (2000) Effect of crosslinking on thermal and microscopic transitions of rice starch. *Lebensmittel-wissenschaft Und-technologie-food Science and Technology* **33**, 276-284.
19. Kim H. S. and Lee Y. E. (1996) Physicochemical properties of crosslinked potato starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 573-579.
20. Mun S. H. and Shin M. S. (2002) The effects of annealing on resistant starch contents of cross-linked maize starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34**, 431-436.