

연구노트

밀전분의 RVA 호화특성에 가교결합 RS 4 저항전분의 첨가가 미치는 영향

신말식 · 문세훈 · 우경수*

전남대학교 식품영양학과 및 가정과학연구소, *고려대학교 생명공학원

Effects of Cross-linked RS 4 starches on Pasting Profiles of Wheat Starch using RVA

Mal-Shick Shin, Sae-Hun Mun and Kyung-Soo Woo*

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University,

*Graduate School of Biotechnology, Korea University

RS yields and swelling powers of cross-linked RS 4 starches and effects of RS 4 starches on the pasting profiles of RS 4 added wheat starch were measured using RVA. RS yields by AOAC method were different among RS 4 starches and RS levels were higher in low swelling RS 4 starches than moderate swelling RS 4 starches. Swelling power was different with botanical source of starch and preparing procedure of RS 4 starches. The pasting curves of RS 4 added wheat starches showed increasing initial pasting temperature and lower viscosity but the patterns were similar to those of wheat starch. The pasting viscosity pattern of RS 4 added wheat starches was related with swelling power of RS 4 starch.

Key words : Cross-linked Resistant starch (RS), RS level, swelling power, RVA(Rapid Visco Analyzer)

서 론

전분은 소장에서 모두 분해되는 것으로 생각되어오다 1980년대 소장에서 소화되지 않는 부분이 있음이 알려졌고 식이 섬유소와 같은 생리활성물질로서의 역할이 보고되고 있어 이에 관심이 증가되고 있다⁽¹⁻⁴⁾. EURESTA에서는 1990년 이런 부분을 저항전분(Resistant starch, RS)으로 명명하였는데⁽⁵⁾ 저항전분은 4 종류로 나뉘며, RS 1은 물리적으로 호소와 만나기 어려운 전분, RS 2는 감자 및 바나나 전분 같은 B-형의 결정형을 가지는 호소분해가 어려운 생전분, RS 3는 가열 호화된 전분이 노화된 전분(노화 아밀로오스), RS 4는 화학적 변성전분으로 호소에 저항을 갖는 전분으로 구분하고 있다⁽⁶⁻⁷⁾. 현재 시판되는 저항전분은 고아밀로오스 옥수수전분으로 수분-열처리한 전분과 가열-냉각 과정에 의해 제조된 RS 3 전분이 있으며 이를 응용하려는 연구들이 진행되고 있다. 그러나 화학적 처리에 의해 제조 가능한 RS 4는 아직 연구 단

계에 있어 이를 식품 가공에 이용할 수 있는지에 관해 관심을 갖고 있다. 가교결합에 의한 RS 4 전분은 제조방법에 따라 저항전분의 수율과 팽윤력을 조절할 수 있어 다양한 목적으로 사용이 가능할 것으로 생각된다. 그래서 본 연구에서는 가교결합 RS 4 형태의 전분을 방법을 달리하여 제조하고 팽윤력과 RS 함량을 측정하였고, 가공적성을 확인하기 위하여 신속점도측정계에 의한 가열 호화양상을 밀전분에 RS를 20%씩 첨가하여 비교하였다.

재료 및 방법

재료

밀전분은 Midwest Grain Co.(Midsol 50, Atchison, KS)와 신송식품에서 구하였으며, Novelose 240과 Novelose 330, 감자, 찹옥수수 및 고아밀로오스 옥수수전분(Hylon VII)은 Sigma Chemical Co., 옥수수전분은 삼양제넥스(Korea)에서 구하였다. 쌀과 찹밀전분은 분양받아 알칼리 침지법⁽⁸⁾으로 분리하여 건조 후 사용하였다.

RS 분석을 위하여 AOAC 방법⁽⁹⁾에 사용되는 total dietary fiber assay kit는 Sigma Chemical Co.(St Louis, Mo. USA)에서 구입하여 사용하였고, RS 4 제조를 위해 사용한 sodium trimetaphosphate와 sodium tripolyphosphate는 Sigma Chemical Co.(St Louis, Mo. USA)에서 구입하여 사용하였다.

Corresponding author : Mal-Shick Shin, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Bukgu Yongbongdong 300, Kwangju 500-757, Korea
Tel : 82-62-530-1336
Fax : 82-62-530-1339
E-mail : msshin@chonnam.ac.kr

가교결합 RS 4 저항전분 제조

수분함량을 알고있는 전분 30-50 g(건물당)에 증류수 70~200 mL를 넣고 잘 분산시킨 후 10% sodium sulfate(전분기준)를 혼합한 다음 여기에 sodium trimetaphosphate(STMP)와 sodium triphosphate(STPP)를 전분기준으로 2~3% 첨가하여 20분간 교반하면서 반응시킨 후 1 M NaOH를 pH 11.5가 되도록 첨가하던지, 1 M NaOH를 먼저 첨가하여 3시간 반응한 다음 STMP와 STPP를 나중에 첨가하는 방법으로 팽윤력이 다른 RS 4 전분을 제조하였다. 일정 시간 반응한 다음 1 M HCl을 사용하여 pH 6으로 중화시키고 물로 4~8회 반복 씻어 40°C 오븐에서 건조시킨 후 마쇄하고 100 mesh체를 사용하여 통과시키고 시료로 사용하였다.

RS 함량 측정

시료의 저항전분 함량측정은 AOAC 방법⁽⁹⁾으로 실시하였다. 1.0 g의 시료에 40 mL의 MES-Tris 완충용액(pH 8.2)을 넣어 잘 분산시키고 100°C에서 heat stable α -amylase(Sigma, A-3306)를 넣어 15분 반응시킨 후 protease(Sigma, P-3910)를 넣고 60°C에서 30분 반응시켰다. 0.567 N HCl로 pH를 4.6으로 조절한 다음, amyloglucosidase(Sigma, A-9913)를 가하고 60°C에서 30분간 반응시킨 후 알콜을 농도 80%가 되게 첨가하여 반응을 멈추었다. 분해되지 않고 남은 부분을 여과, 건조시켜 다음과 같이 저항전분 생성율을 계산하였다.

$$\text{저항전분 생성율(\%)} = \frac{\text{불용성 잔사의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

팽윤력 측정

팽윤력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹⁰⁾에 의해 1g의 시료, 자석막대(3.2 mm×13 mm)와 증류수 30 mL을 50 mL 원심분리관에 넣고 25°C와 95°C 항온수조에서 1시간 저어 준 다음 6000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상등액을 주사기로 제거한 다음 무게를 측정하고 처음 무게와의 차이로 계산하였다.

신속점도 측정계에 의한 호화 특성

밀 전분에 여러 종류의 전분으로 만든 가교결합 RS 4 저항전분을 20%(w/w, 건물당) 첨가한 혼합 전분의 호화 특성을 신속점도 측정계(RVA, Rapid Visco Analyzer, Newport, Australia)를 이용하여 측정하였다. 혼합전분 3g(수분함량 14% 기준)을 RVA 시료통에 넣고 증류수를 25g 넣은 다음 0~2분은 50°C, 2~10분은 95°C까지 상승, 10~12분은 95°C에서 유지, 12~20분은 50°C까지 냉각, 20~22분은 50°C를 유지하면서 점도를 측정하였다.

결과 및 고찰

저항전분 함량과 팽윤력

전분의 종류와 가교화 방법을 달리하여 제조한 가교결합 RS 4 저항전분의 RS 함량과 25°C와 95°C에서 팽윤력은 Table 1과 같았다. Hylon VII은 고아밀로오스 옥수수전분으로 팽윤력이 1.8~2.0로 제조 방법에 의해 차이가 나지 않았으며 그외의 전분으로 만든 RS 4 전분들은 STMP, STPP와

Table 1. RS levels and swelling powers of RS 4 type starches and commercial resistant starches

RS starches	RS levels (%) ¹⁾	Swelling power		
		95°C	25°C	
Low swelling and cross-linked RS 4 ²⁾	Waxy corn	62.2	3.97	1.32
	Corn	66.0	2.76	0.99
	Hylon VII	91.3	1.82	1.19
	Waxy wheat	82.1	3.51	1.21
	Wheat	93.4	2.56	0.91
	Rice	34.5	3.97	1.52
Potato	100.0	3.16	1.07	
Moderate swelling and cross-linked RS 4 ³⁾	Waxy corn	12.8	5.50	2.31
	Corn	14.4	4.05	2.29
	Hylon VII	59.0	2.01	1.26
	Waxy wheat	12.3	6.94	3.87
	Wheat	13.0	5.59	3.95
	Rice	11.8	5.49	3.77
Potato	7.9	5.26	2.25	
Commercial RS	Novelose 330	39.9	3.01	2.73
	Novelose 240	57.9	1.95	1.41

¹⁾RS level was measured by AOAC method

²⁾Low swelling and cross-linked RS 4: React in NaOH solution for 3hr after STMP and STPP addition

³⁾Moderate swelling and cross-linked RS 4: Mix with STMP and STPP after reaction with NaOH solution

NaOH의 반응순서를 달리한 제조 방법에 따라 팽윤력의 차이를 보였다. 95°C에서 4이하의 낮은 팽윤력을 보이는 감자, 밀, 찰밀전분으로부터 제조된 RS 4 전분의 경우 RS 함량이 82.1~100.0%로 매우 높은 값을 보였으며, 찰옥수수과 옥수수전분은 62.2~66.0%이었으나 쌀전분은 34.5%로 상대적으로 낮은 수율을 보였다. 반면 팽윤력이 5~6으로 높은 팽윤력을 보이는 경우는 감자전분이 RS 함량이 7.9%로 가장 낮았고 그 외에는 11.8~13.0% 범위였다. 전분의 종류에 따라 제조된 RS 4 전분의 RS 함량이 다른 것은 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량 및 분자적인 구조의 차이뿐만 아니라 전분입자를 둘러싸고 있는 단백질 막의 존재나 그 특성에 의하는 것으로 생각되었다. 특히 쌀 전분은 하나의 백색체내에 복합 전분립 형태로 들어 있으므로 분리된 전분입자의 표면에 단백질 막의 분포가 다를 것으로 생각되었다.

낮은 팽윤력을 보이는 RS 4 전분이 높은 팽윤력을 보이는 전분보다 RS 수율이 높은 이유는 가교결합제를 먼저 반응시키면 전분의 결정형 부분은 그대로 있으면서 무정형부분에서 가교결합이 형성될 뿐 아니라 단백질막과 전분 분자 사이에 서로 단단한 가교결합이 형성되어 heat stable α -amylase가 표면에 존재하는 구멍을 통해 이동되기 어렵거나 효소의 작용이 방해를 받기 때문으로 생각되었다. 팽윤력이 큰 RS 4의 경우는 NaOH를 먼저 가하였기 때문에 전분의 결정성 부분의 호화도 가능하며 알칼리에 의해 단백질 막의 구조가 달라졌거나 단백질의 일부가 제거되었기 때문에 heat stable α -amylase 작용이 용이해진 것으로 생각되었다. 단백질 막의 역할은 heat stable α -amylase로 처리하기 전에 pronase를 처리함으로써 RS 함량이 높은 시료의 RS 함량이 현격히 감소

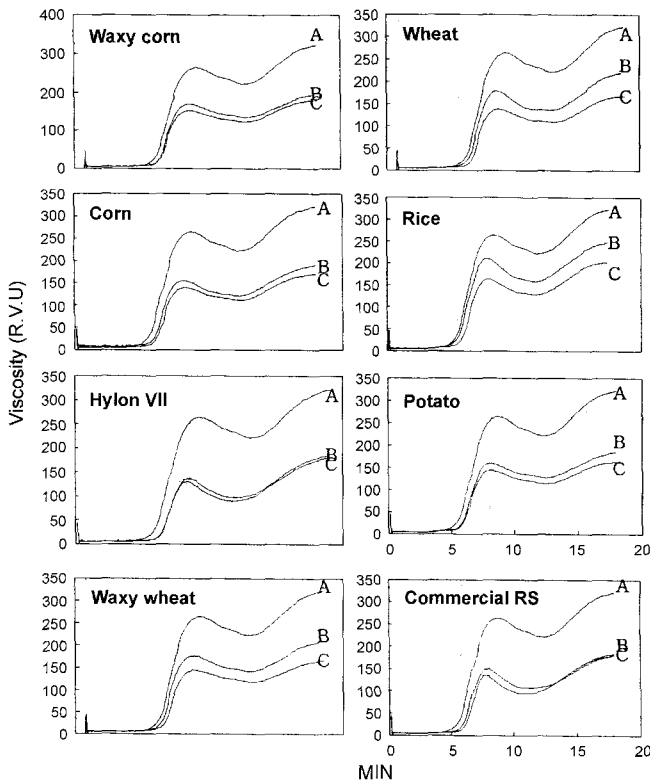


Fig. 1. RVA profiles of wheat starch added cross-linked RS 4 and commercial RS
Wheat starch without RS (A), with moderate swelling RS 4 (B) and low swelling RS 4 (C) starches. RS 3 Novelose 330 (B) and RS 3 Novelose 240 (C) were used as Commercial RS.

하는 것으로 예측할 수 있었다(unpublished data). 또한 Valedudie 등⁽¹¹⁾은 yam 전분의 단백질 부분을 protease로 처리한 후 α -amylase로 반응시켰을 때 가수분해정도가 증가하였음을 보고하였다.

시료들의 25°C에서의 팽윤력은 RS 4 제조 과정에 따라 0.9~1.5와 1.3~4.0 수준을 나타냈는데, 팽윤력이 높은 그룹에서는 밀과 찰밀, 쌀전분이 높았으며 팽윤력이 낮은 그룹의 경우 실온에서는 거의 수분을 흡수하지 않았다. 가열 중의 팽윤력은 찰성 전분인 찰밀과 찰옥수수 전분이 높았으며 특히 쌀 전분의 경우 높은 값을 보인 것은 입자크기가 작아 표면적이 넓은 것과 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구조의 차이로 생각되었으며 이에 대해서는 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 생각되었다.

가교결합 RS 4 전분이 첨가된 밀전분의 호화양상

여러 종류의 전분으로부터 제조된 RS 4와 상업적으로 판매되는 Novelose 330, Novelose 240를 첨가한 밀전분의 가열에 따른 호화 양상은 Fig. 1과 같았다. RS를 첨가하면 전분 종류와 관계없이 점도가 감소하였으며 그 정도는 팽윤력과 관련이 있었다. 팽윤력이 큰 RS는 작은 것에 비해 점도의 감소가 적었으며 그 차이는 전분의 종류에 따라 다른 경향을 보였다.

밀전분, 찰밀전분과 쌀전분의 최대점도는 팽윤력이 큰 RS를 첨가한 경우 각각 180 R.V.U, 178 R.V.U, 211 R.V.U였고,

찰옥수수전분, 보통 옥수수전분, 고아밀로오스 옥수수전분, 감자전분은 각각 169 R.V.U, 155 R.V.U, 137 R.V.U, 160 R.V.U로 밀전분, 찰밀전분과 쌀전분이 다른 전분에 비해 비교적 높은 점도를 유지하였으며, 팽윤력이 낮은 RS를 첨가한 경우의 최대전분은 밀전분, 찰밀전분, 쌀전분, 찰옥수수전분, 보통 옥수수전분, 고아밀로오스 옥수수전분, 감자전분이 각각 138 R.V.U, 146 R.V.U, 164 R.V.U, 150 R.V.U, 152 R.V.U, 131 R.V.U, 144 R.V.U였다. 고아밀로오스 옥수수전분과 보통 옥수수전분은 온도에 따른 팽윤력의 차이도 낮았으며 가열에 따른 점도의 변화가 거의 비슷하였다. 이 결과를 통하여 RS 4를 제조하였을 때 95°C에서의 팽윤력을 측정함으로써 가열에 의한 변화를 예측할 수 있으며 팽윤력을 조절함으로써 가공적성이 다양한 저항전분을 제조할 수 있을 것으로 생각되었다. 가공 식품의 종류에 따라 전분의 종류와 제조 방법을 달리하여 제조한 RS를 첨가하면 품질을 유지 또는 개선하면서 하루에 필요한 식이 섬유소 양을 조절할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

전분의 종류를 달리하여 팽윤력이 다른 가교결합 저항전분을 제조한 후, RS 수율과 팽윤력을 측정하였고 이를 밀가루 제품에 첨가하였을 때의 적성을 알아보기 위해 RS 첨가 밀전분의 RVA에 의한 호화양상을 조사하였다. AOAC 방법으로 측정된 RS 수율은 전분의 종류에 따라 차이가 있었으며 팽윤력이 낮은 가교결합 저항전분이 더 높았고, 전분의 종류와 제조방법에 따라 팽윤력이 다양하였다. 가열에 따른 전분 호화액의 점도변화는 RS 4를 20% 첨가한 밀전분이 RS 4를 첨가하지 않은 것보다 낮았으며 팽윤력이 높은 것이 점도의 감소가 적었다. 가교결합으로 RS 4 형태의 전분을 제조할 때 RS 함량이나 팽윤력을 조절할 수 있으며 팽윤력으로 가열 중의 점도 변화를 예측할 수 있어 각 식품가공에 적합한 RS를 제조할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 농림기술개발연구과제(Technology Development Program for Agriculture and Forestry)의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A. and Glaser, B.K. Effect of resistant starch on blood and liver lipids in hamsters. *Cereal Chem.* 73: 176-178 (1996)
2. Birkett, A., Muir, J., Jane, G. and O'Dea, K. Resistant starch lowers fecal concentrations of ammonia and phenol in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 63: 766-771 (1996)
3. Bingham, S.A. Meat, starch, and nonstarch polysaccharides and large bowel cancer. *Am. J. Clin. Nutr.* 48: 762-767 (1988)
4. Mathers, J.C. Digestion of non-starch polysaccharides by non-ruminant omnivores. *Proc. Nutr. Soc.* 50: 161-172 (1991)
5. Asp, N.-G. Resistant Starch. Proceedings of the 2nd plenary meeting of EURESTA: European Flair Concerted Action No. 11 (COST911). Physiological Implications of the Consumption of

- Resistant Starch in Man. *European Journal of Clinical Nutrition* 46, Supplement 2: 148 (1992)
6. Woo, K.S. and Seib, P.A. Food grade starch resistant to alpha-amylase and method of preparing the same, US patent 5,855,946 (1999)
7. Englyst, H.N. and Cummings, J.H. Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man. *Am. J. Clin. Nutr.* 45: 423-431 (1987)
8. Lee, S.Y., Pyun, Y.R., Cho, H.Y., Yu, J.H. and Lee, S.K. Flow behaviors of native and gelatinized rice starch solutions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 29-36 (1984)
9. American Association of Cereal Chemists. AOAC: official method 991.43, The Association, St. Paul, MN (1995)
10. Medcalf, D.C. and Gilles, K.A. Wheat starch I . Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
11. Valetudie, J.C., Colonna, P., Bonchet, B. and Gallant, D.J. Hydrolysis of tripical tuber starches by bacterial and pancreatic α -amylase. *Starch* 45(8): 270-276(1993)
-

(2000년 11월 20일 접수)