

## 가교결합 전분의 제조 조건에 따른 다양한 전분의 물결합력과 저항전분 함량

신말식 · 이범수\* · 송지영

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과  
전남대학교 생활과학연구소, 마이오식품 연구센터  
\*중국연변대학 농학원 식품과학계

### Water uptakes and resistant starch levels of various starches with preparation conditions of cross-linked starch

Mal-Shick Shin · Fan-Zhu Lee\* · Ji-Young Song

Department of Food and Nutrition, HERI and BioFood Research Center  
Chonnam National University, 500-757, Korea

\*Department of Food Science & Engineering, Yanbian National University, China

#### .....< 목 차 >.....

I. 서 론  
II. 실험 재료 및 방법  
III. 결과 및 고찰

IV. 요 약  
참고문헌

#### Abstract

To investigate properties of RS4 in food processing to increase dietary fiber in foods, cross-linked RS4 were prepared from wheat, corn, high amylose corn (HylonVII), rice, potato, banana, waxy wheat and waxy corn starches with different swelling power. Low swelling RS4 (LS-RS4) and high swelling RS4 (HS-RS4) were made with different adding point of alkali in cross-linking reaction medium and their water uptakes and RS levels were measured. The desirable cross-linking agent (STMP) level for making RS4 was 12% for starch basis considering phosphorus level (<0.4%) regulation of food starch. The water uptakes of RS4 preparing from HylonVII were not changed by heating and were 1.19-1.46 g/g starch at 25°C and 1.84-2.01 g/g starch at 95°C, regardless of swelling power. Water uptakes at

25 and 95°C prepared from various starches except HylonVII were 0.91-1.52 g/g starch and 2.56-3.97 g/g starch for LS-RS4 and 2.25-3.95 g/g starch and 4.05-6.94 g/g starch for HS-RS4, respectively. Water uptakes of HS-RS4 were 2-3 times at 25°C and twice at 95°C higher than those of LS-RS4. RS levels of RS4 were increased with increasing reaction time of cross-linking treatment and cross-linking between starch molecules, and between starch molecules and protein membrane were formed very strongly after treated cross-linking for above 1 hr. The heat stable  $\alpha$ -amylase did not easily hydrolyze LS-RS4, which were prepared by cross-linking for 3 hrs and above, but pancreatin pullulanase solution could hydrolyze well. SDS and RS levels of RS4 also increased with increasing reaction time and showed similar values regardless swelling power.

## I. 서 론

전분은 다양한 식물체에서 발견되는 저장 탄수화물로 입자 형태로 들어 있는데 형태, 크기, 구조, 성질 등이 다르기 때문에 이를 이용하여 물리 화학적 처리로 만든 변성 전분의 특성도 달라진다. 1980년대 이후 저항전분이 알려지면서(Englyst et al. 1982) 저항전분을 식이섬유소의 하나로 생각하게 되었고 2001년 이후 식이섬유의 정의에 저항전분을 포함하게 되었다(IOM, 2001). 영양학적인 면에서 전분은 빨리 소화되는 전분(Rapidly digestible starch, RDS), 천천히 소화되는 전분(Slowly digestible starch, SDS)과 저항전분(Resistant starch, RS)으로 구분하였다. 그 중 저항전분은 건강한 인체의 소장에서 소화 흡수되지 않는 전분과 전분 분해물로 정의되며 4가지 형태로 나눌 수 있는데 RS4는 화학적 변성처리에 의해 만들어진 저항전분이다(Asp 1992, Englyst et al. 1992, Eerlingen et al. 1993, Woo and Seib 2002, Mun and Shin 2002, Shin et al. 2004).

RS4는 제조하기 위해서는 가교결합제를 사용하여 가교결합전분을 만드는데 그 제조 조건에 따라 만들어지는 RS4의 성질이나 RS 함량, 인의 함량 등이 차이를 보인다(Woo and Seib 2002, Shin et al. 2002, Shin et al. 2003). 또한 전분의 종류에 따라서 그 특성이 달라지므로 이를 첨가한 식품을 제조하기 위해서는 식품에 적합한 전분이나 제조 조건을 사용해야 한다(Shin 2003). RS4에 대한 연구는 RS level을 증가시키기 위한 연구, 이화학적 특성 및 RS4를 첨가한 식품의 개발에

대한 연구(Shin et al. 2001, 2002)가 진행되고 있으나 그 실적은 매우 미비한 실정이다.

본 연구는 가교결합 제조 조건에 따른 저항전분의 특성을 알아보고 RS4를 식품에 첨가할 때 가공적성에 좋은 전분의 종류 및 제조 조건을 알아보기 하였다. 즉, 다양한 종류의 전분을 이용하여 가교결합 전분의 제조 조건을 달리하고 저 팽윤과 고 팽윤 RS4를 제조하였을 때 생성된 RS4의 RS 함량과 물결합력을 비교하였다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 재료

밀전분은 Midwest Grain Co.(Atchison, KS), Hylon VII과 찰옥수수전분은 National Starch Co. (Brigewater, NJ, USA), 쌀전분, 옥수수전분, 감자전분은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA), 바나나전분은 Banproco Banana Products Co.(Birmingham, AL)으로부터 찰밀전분은 Graybauch, R.A. 박사로부터 구한 찰밀을 알칼리 침지법(Shin et al. 2001)으로 분리하여 사용하였다.

총 식이섬유 함량을 측정하기 위한 Total dietary fiber kit는 heat stable  $\alpha$ -amylase, protease, amyloglucosidase와 acid washed celite로 구성된 것을 Sigma Chemical Co.에서 구입하였다. Pancreatin-gravimetric 방법에는 pancreatin(Cat No 7545 from Porcine Pancreas, Sigma,

USA)과 pullulanase(Promozyme, Novo Nordisk Biochem. Inc.)를 사용하였다. 가교결합제로 사용한 sodium trimetaphosphate(STMP)와 sodium tripolyphosphate(STPP)는 Sigma Chemical Co.에서 구입하여 사용하였다.

## 2. 방법

### RS4의 제조

#### 저 팽윤 RS4

팽윤력이 낮은 저 팽윤 RS4(LS-RS4)는 Woo와 Seib (2002)의 방법을 수정하여 45°C의 항온 수조에서 각각의 전분 50 g(건물당)를 비이커에 넣고 70 mL의 증류수를 넣어 마그네틱 바로 잘 저어주면서 10% sodium sulfate(전분기준)를 넣고 20분 저었다. 여기에 가교결합제인 sodium trimetaphosphate(STMP, 99.0~99.9%)와 sodium tripolyphosphate(STPP, 0.1~1%)를 혼합하여 전분무게 기준으로 12% 첨가하였다. 가교결합제에 따른 RS함량과 인 함량을 비교하기 위해 가교결합제 첨가량을 전분기준 6, 8, 10, 12, 14%로 하여 식품에 사용할 수 있는 변성 전분의 범위를 확인하였다. 여기에 1 N NaOH 25 mL을 잘 혼합되도록 가하여 pH 11.5 이상으로 조절한 후 1, 3, 5시간 반응시켰다. 반응이 끝난 전분액에 1 N HCl을 가하여 pH 6.0으로 중화시키고 원심분리관에 넣어 가교결합제와 염이 완전히 씻어질 때까지 증류수로 4~6회 반복하였다. 원심분리는 원심분리기((주) 비전과학)로 3000×g에서 20분간 실시하여 침전물을 모아 40°C 오븐에서 건조하였다. 건조된 가교결합 전분은 분쇄하여 100 mesh 체(<150 μm)를 통과시켜 사용하였다.

#### 고 팽윤 RS4 제조

팽윤력을 높인 RS4(HS-RS4)의 제조는 30 g의 전분에 200 mL의 증류수를 넣고 여기에 10% sodium sulfate를 넣고 20분간 잘 저은 후 1 N NaOH를 22.5 mL 넣고 1시간 잘 혼합하였다. 여기에 위와 같은 비율로 혼합한 10%의 STMP와 STPP를 넣은 다음 2, 4, 6시간 반응시켰다. 반응이 끝난 전분액은 위와 같은 방법으로 증류수로 6~8회 씻은 다음 건조, 분쇄하여 100 mesh 체를 통과하여 시료로 사용하였다.

### RS 함량의 측정

#### AOAC 방법에 의한 측정

총식이섬유 함량을 측정하기 위한 AOAC 방법은 다음과 같다(AOAC 2000). 시료 전분 1.0 g을 400 mL의 tall 비이커에 넣고 40 mL의 MES-Tris 와중용액(pH 8.2)을 넣어 잘 분산시킨 다음 100°C에서 heat stable α-amylase를 넣어 15분간 반응시킨 후 냉각시키고 60°C shaking incubator에서 protease를 넣고 30분, pH를 4.6으로 조절하여 amyloglucosidase를 넣고 30분 반응시켰다. 여기에 95% 에탄올을 가하여 80% 에탄올 농도가 되게 점가하여 1시간 방지하였다. 미리 건조하여 항량을 측정해 두었던 celite가 담겨진 glass crucible(2G3, Iwaki, Japan)을 사용하여 감압여과 하였다. 여과물은 78% 에탄올, 95% 에탄올, 아세톤 순으로 씻은 다음 불용성 잔사를 105°C 오븐에서 하루밤 건조시킨 다음 무게를 측정하여 다음과 같은 식에 의해 RS 함량을 측정하였다.

$$\text{RS 함량}(\%) =$$

$$\frac{\text{건조 후 불용성 잔사의 무게(g)} - \text{바탕시험 후 무게(g)}}{\text{건물당 시료의 무게(g)}} \times 100$$

#### Pancreatin gravimetric 방법에 의한 측정

Englyst 등(1992) 방법을 수정한 pancreatin-gravimetric 방법(Shin et al. 2004)으로 실시하였다. 시료 1 g(건물당)과 아세테이트 와중용액(sodium acetate buffer, pH 5.2) 20 mL을 마그네틱바(Φ3.2×13 mm)와 함께 뚜껑 달린 원심관(50 mL)에 넣고 잘 혼합한 다음 끓는 수조에서 1시간 가열하였다. 가열된 원심관은 40°C로 냉각한 다음 미리 준비한 효소액(pancreatin-pullulanase solution) 2mL을 가하고 37°C 항온수조에서 20분, 16시간 반응시켰다. 반응 후 총 용액의 일코을 농도가 80%가 되도록 95% 에탄올을 117 mL 넣은 비이커에 반응액을 부어 1시간 이상 방지하였다. 미리 건조하여 항량을 측정해 두었던 celite가 담겨진 glass crucible(2G3, Iwaki, Japan)을 사용하여 여과하고 위와 같은 방법으로 건조하여 RS 함량을 계산하였다. RDS(rapidly digestible starch)는 효소 첨가

후 20분간 분해되는 전분 함량이고 SDS(slowly digestible starch)는 천천히 소장에서 분해되지만 완전히 분해되는 전분으로 RS와 RDS의 차이로부터 계산에 의해 나타내었다.

#### 인 함량 측정

가교결합전분의 인 함량은 5~10 g의 전분시료를 이용하여 Smith와 Caruso(1964)의 방법에 따라 실시하였다. 유기물을 sulfuric acid와 nitric acid로 습식 분해한 다음 이것을 550°C 전기로에서 화학시키고 여기에 molybdate-phosphoric acid complex를 형성하여 spectrophotometer로 460 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식으로 계산하였다. 이 때 표준곡선은 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 mg의 인을 함유하는 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0 mL의 표준인 용액으로 같은 방법으로 실시하였다.

$$\% \text{ Phosphorus} = \frac{P \times \text{Dilution volume} \times 100}{\text{Aliquot volume} \times \text{Sample wt., g} \times 100}$$

P = Phosphorus content (mg/100 mL) from calibration curve

$$\% \text{ Phosphate (PO}_4^{\text{-}}) = \% \text{ Phosphorus} \times 3.065$$

#### 물결합력 측정

제조된 RS4의 물결합력은 Schoch와 Leach(1964)의 팽윤력 측정하는 방법을 변형하여 측정하였다(1964). LS-RS4와 HS-RS4의 물결합력은 25°C와 95°C에서 측정하였는데 1.0 g의 전분(건물당)을 50 mL 뚜껑이 있는 원심관에 마그네틱바( $\varnothing 3.2 \times 13$  mm)와 함께 넣은 다음 증류수를 30 mL 넣어 주어진 온도에서 30분간 저었다. 이것을 원심분리기를 이용하여  $10,000 \times \text{rpm}$ 에서 20분간 원심분리 시키고 상징액을 제거한 다음 남은 전분의 무게를 측정하여 처음 시료의 무게와의 차이로 결합된 물의 양을 측정하였다.

#### 통계처리

자료는 SAS program(version 6)을 이용하여 ANOVA 및 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 밀 전분의 가교결합제 첨가량에 따른 인과 RS 함량

밀 전분을 이용하여 가교결합제인 STMP 첨가량에 따른 인 함량과 RS 함량을 비교한 결과 Fig. 1과 같다. STMP 함량을 전분기준으로 6%에서 증가시키면 인의 함량이 0.24%에서 증가하여 12%를 첨가하면 0.38%이며 14%를 첨가하면 0.44%이었다. 현재 식품용으로 사용하는 변성전분 중 STMP와 STPP를 사용하는 가교결합전분의 경우 인의 함량을 미국에서는 0.4% 이하, 유럽에서는 0.5% 이하로 제한하고 있다. 가교결합제 함량이 증가하면 RS 함량도 증가하는데 승인된 AOAC 방법으로 측정하였을 때 6%첨가하면 57%에서 증가하여 12% 첨가하면 83%로 증가하였다. 그래서 RS 함량이 높은 가교결합제 첨가량인 12%를 사용하였다.

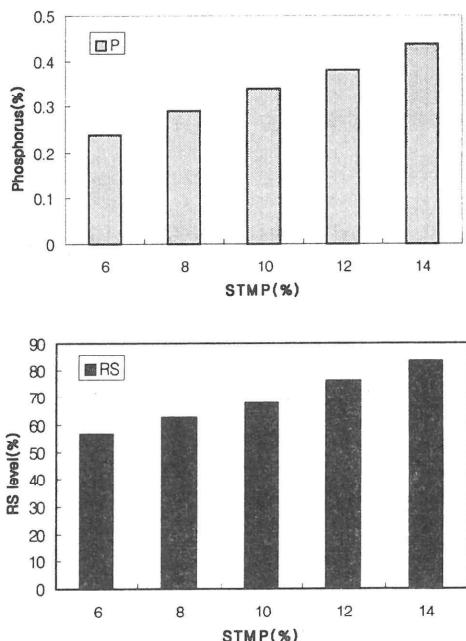


Fig. 1. Phosphorus (top) and RS (bottom) levels of cross-linked wheat starches with different STMP concentrations in the presence of 10% sodium sulfate for 3 hrs.

### 팽윤력이 다른 RS4의 물결합력

LS-RS4와 HS-RS4의 25°C와 95°C에서의 물결합력은 Table 1과 같다. 25°C에서 LS-RS4의 물결합력은 0.91~1.52 g/g 전분으로 쌀전분이 높은 물결합력을 보였다. 진분의 종류에 따라서는 물결합력이 차이를 보였으며 찰전분이 높은 물결합력을 보였으나 모두 생전분보다 낮았다. 이는 가교결합에 의해 단단히 결합되어 무정형부분의 물이 팽윤되는 조건에서 적은 물을 결합하기 때문인 것으로 생각하였다. HS-RS4는 Hylon VII으로 제조한 RS4 외에는 2.25~3.95 g/g 전분으로 2~3배의 물결합력이 증가되었음을 알 수 있었다. 제조 조건에 따라 실온에서의 물결합력을 변화시킬 수 있으며 이는 두 RS4 전분입자의 구조가 차이가 남을 나타내었다. 95°C에서는 LS-RS4는 Hylon VII이 1.84 g/g전분이며 다른 전분은 2.56~3.97 g/g전분이며 HS-RS4는 Hylon VII 2.0 g/g 전분으로 큰 변화가 없었으며 다른 전분은 4.05~6.94 g/g 전분으로 2배 정도의 증가를 보였다. 찰밀전분으로 제조된 HS-RS4의 95°C에서의 물결합력이 가장 커다. Hylon VII은 70% 아밀로오스를 함유하며 결정구조가 밀집되어 가열에 의해 쉽게 수분을 흡수하지 않으며 100°C 이상의 온도에서 호화되기 때문에 가교결합

으로 처리한 경우에도 모두 단단한 구조를 갖고 있어 LS-RS4와 HS-RS4의 물결합력의 차이가 크지 않았다.

### 팽윤력이 다른 RS4의 반응시간에 따른 RS 함량

가교결합제와 전분간의 반응시간에 따른 전분의 RS 함량과 SDS 함량은 Table 2와 3과 같았다. 두 분석 방법 모두 재현성이 좋은 방법으로 알려졌으므로 본 실험은 제조 조건에 따른 전반적인 경향을 확인하기 위한 실험으로 1회의 실험만 실시하였다. LS-RS4 제조시의 Hylon VII을 제외한 일반 전분은 가교결합제와의 반응시간을 1, 3, 5시간, 고아밀로오스 옥수수전분의 경우는 1, 2, 3시간 처리한 다음 구한 RS 함량은 분석 방법에 관계없이 반응시간이 증가하면 증가하는 경향을 보였다. 고아밀로오스 옥수수전분은 전분 입자의 구조가 밀집된 상태의 사슬이 결합된 형태로 호화온도가 높고 전분분해효소에 의한 쉽게 분해되지 않는 특성을 갖고 있다. 이런 구조에 부분적으로 가교결합이 첨가되었기 때문에 RS4의 RS 함량이 다른 일반전분보다 높은 것을 알 수 있었다. 고아밀로오스 옥수수 전분을 제외한 전분은 종류에 따라 차이를 보였으나 아밀로오스 함량에 큰 영향 없이 찰밀전분이나 찰옥수수전분도 비슷한 RS 함량을

Table 1. Water uptakes of LS-RS4 and HS-RS4 prepared from different starches

Sample	LS-RS4		HS-RS4	
	Water uptake (g/g starch)		Sample	Water uptake (g/g starch)
	25	95		25
Wheat	0.91±0.09 <sup>d</sup>	2.56±0.08 <sup>d</sup>	Wheat	3.95±0.17 <sup>a</sup>
Corn	0.99±0.04 <sup>cd</sup>	2.77±0.14 <sup>cd</sup>	Corn	2.29±0.04 <sup>b</sup>
Hylon VII	1.19±0.00 <sup>bc</sup>	1.84±0.03 <sup>e</sup>	Hylon VII	1.46±0.11 <sup>c</sup>
Rice	1.52±0.15 <sup>a</sup>	3.97±0.35 <sup>a</sup>	Rice	3.77±0.10 <sup>a</sup>
Potato	1.07±0.19 <sup>bcd</sup>	3.16±0.22 <sup>bc</sup>	Potato	2.25±0.10 <sup>b</sup>
Waxy wheat	1.21±0.00 <sup>bc</sup>	3.51±0.01 <sup>b</sup>	Waxy wheat	3.87±0.15 <sup>a</sup>
Waxy corn	1.32±0.11 <sup>ab</sup>	3.97±0.10 <sup>a</sup>	Waxy corn	2.31±0.20 <sup>b</sup>
				5.50±0.31 <sup>b</sup>

Values are mean±standard deviations

a~e means within columns with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

w~z means within rows with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

Table 2. RS levels of LS-RS4 prepared from starches with different reaction times

Sample	Reaction time(hr)	AOAC	RS level(%)		
			RDS	SDS	RS
Wheat	1	14.83	84.21	13.24	2.55
	3	72.88	68.67	20.86	10.47
	5	93.38	56.74	28.03	15.23
Corn	1	13.42	86.49	9.33	4.18
	3	61.54	75.06	14.05	10.89
	5	66.0	68.02	15.48	16.50
HylonVII	1	49.04	56.26	13.08	30.66
	2	82.97	46.81	18.11	35.08
	3	91.34	43.40	17.47	39.13
Rice	1	3.35	83.05	12.02	4.93
	3	17.30	79.89	9.46	10.65
	5	34.54	73.28	13.64	13.08
Potato	1	47.84	83.54	7.33	9.13
	3	94.52	67.13	18.05	14.82
	5	100.00	59.88	22.32	17.80
Banana	1	3.12	86.81	8.14	5.05
	3	58.77	78.26	12.56	9.18
	5	63.01	69.25	19.15	11.60
Waxy wheat	1	11.57	82.26	8.95	8.79
	3	79.61	68.20	12.80	16.87
	5	82.09	66.48	13.31	18.08
Waxy corn	1	5.36	82.54	10.38	7.08
	3	35.39	70.54	16.72	12.74
	5	62.18	66.18	14.95	18.87

All data are analyzed one time for comparing trends of RS and SDS levels of RS4 prepared from various starches

나타내었다. LS-RS4 가교결합 전분을 제조할 때 전분 혼탁액의 pH를 11.5 이상으로 높여 가교결합 반응이 잘 이루어지도록 하는 알칼리를 가교결합제를 첨가하기 전에 가하면 결정성부분까지 알칼리에 의해 화학되어 무정형상태로 이 부분의 가교결합도 잘 이루어져 팽윤이 억제된 것으로 생각되었다(Shin et al. 2003, Woo and

Seib 2002). HS-RS4는 먼저 가교결합제를 첨가하여 1시간 반응을 시킨 후에 알칼리를 첨가하기 때문에 먼저 전분의 무정형부분이 가교결합에 의해 반응이 이루어지므로 결정성 부분은 부분적으로 가교결합이 진행되기 때문에으로 생각되었다. 전분입자의 구조가 부분적인 가교결합으로 단단하지 않은 구조로 바뀌기 때문에

Table 3. RS levels of HS-RS4 prepared from starches with different reaction times

Sample	Reaction time(hr)	AOAC	RS level(%)		
			RDS	SDS	RS
Wheat	2	6.40	81.46	9.83	8.71
	4	10.21	76.62	8.47	14.91
	6	12.96	73.23	9.74	17.03
Corn	2	7.41	84.14	9.33	6.53
	4	14.38	80.63	9.95	9.42
	6	27.43	76.85	9.55	13.60
HylonVII	2	47.64	47.09	15.44	37.47
	4	59.04	41.15	18.52	40.33
	6	60.16	38.17	20.39	41.44
Rice	2	6.16	78.44	14.38	7.18
	4	10.26	75.04	13.13	11.83
	6	11.78	73.30	12.58	14.12
Potato	2	3.43	87.72	8.39	3.89
	4	3.99	85.70	7.26	7.04
	6	4.85	84.45	7.80	7.75
Waxy wheat	2	5.68	87.09	7.82	5.09
	4	7.47	79.73	10.42	9.85
	6	12.25	77.59	11.06	11.35
Waxy corn	2	3.75	82.75	10.67	6.58
	4	8.51	77.15	11.29	11.56
	6	12.75	75.76	10.01	14.23

All data are analyzed one time for comparing trends of RS and SDS levels of RS4 prepared from various starches

전분분자인 아밀로오스와 아밀로펙틴간의 결합이나 전분입자의 단백질 막과의 결합이 약하기 때문에 팽윤이 잘 일어나는 것으로 생각되었다.

이런 차이는 thermostable  $\alpha$ -amylase, protease, amyloglucosidase로 처리하는 AOAC 방법으로 분석하였을 때 팽윤정도에 따른 RS 함량을 비교하면 설명할 수 있다. 즉 Table 1에서 LS-RS4는 반응시간이 1시간 이상 되면 결합력이 단단해져 쌀 전분을 제외한 시료에서 3시간 반응하였을 때 thermostable  $\alpha$ -amylase에 의해 저항을 받기 때문에 RS 함량이 60% 이상을 보이고 있어 주로

단단한 가교결합 반응은 1시간 이후에 진행되는 것으로 생각되었다. HS-RS4는 반응시간을 6시간까지 증가하여도 HylonVII를 제외하고는 AOAC 방법에 의한 RS 함량이 20%를 내외를 보여 HS-RS4는 thermostable  $\alpha$ -amylase 작용을 쉽게 받을 수 있는 구조로 이루어졌음을 알 수 있었다. LS-RS4의 RS 함량에 대한 AOAC 방법과 P/G 방법 간의 차이는 전분입자의 단백질 막과 전분사슬과의 단단한 가교결합이나 입자 표면에 있는 구멍이 반응에 의해 효소를 입자 내로 이동하지 못하기 때문인 것으로 보고하였다. 이로부터 RS4의 RS 함량을 분석하기

위해서는 P/G 방법이 바람직한 것으로 제시하였다(Shin et al 2004). 즉 팽윤력을 높인 RS4는 RS 함량이 약간 낮아지나 팽윤력이 낮은 RS4와 큰 차이를 보이지 않았다. 천천히 분해되는 전분인 SDS도 가교결합제의 반응시간이 길어지면 증가하여 전분의 종류뿐만 아니라 가교결합 전분 제조과정이 물결합력이나 RS, SDS 함량을 변화시킬 수 있어 RS4는 식품에 첨가할 때 다양하게 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

#### IV. 요 약

가교결합에 의해 형성되는 저항전분인 RS4를 팽윤력의 차이가 나도록 다양한 종류의 전분으로 가교결합제의 반응시간을 달리하여 제조할 때 LS-RS4와 HS-RS4의 물결합력과 RS 함량을 비교하였다. 가교결합제는 전분 함량 기준 12%를 첨가하는 것이 바람직하며 RS4의 25°C 와 95°C에서 물결합력을 비교하면 HyoInVII으로 제조한 것은 각각 1.19~1.46 g/g전분과 1.84~2.01 g/g전분으로 가열 유무에 따라 큰 차이가 없었다. 다른 전분으로 제조한 LS-RS4의 물결합력은 각각 0.91~1.52 g/g전분과 2.56~3.97 g/g전분, HS-RS4는 각각 2.25~3.95 g/g 전분과 4.05~6.94 g/g전분으로 25°C에는 2~3배, 95°C에는 2배정도 증가하였다. RS4의 RS 함량은 가교결합 반응시간이 길어질수록 증가하였으며 LS-RS4는 1시간 이상 반응하였을 때 매우 단단한 결합을 형성하여 heat stable  $\alpha$ -amylase에 의해 분해가 되지 않아 높은 RS 함량을 나타냈으나 HS-RS4는 가교결합제의 반응시간을 6시간까지 실시하여도 분해가 이루어졌다. Pancreatin-pullulanase 용액은 가교결합제의 반응시간에 관계없이 두 전분 모두 분해하였으며 반응시간이 길어지면 SDS 와 RS 함량은 증가하였고 물결합력이 높은 HS-RS4의 RS 함량도 LS-RS4와 큰 차이를 보이지 않았다.

#### 참 고 문 헌

- AOAC (2000). Official methods of analysis of association of official analytical chemists. International 17th ed Method 991.43 Total dietary fiber. Enzymatic-gravimetric method. The Association: Gaithersburg, MD, USA.
- Asp, N-G. (1992). Resistant starch. Proceedings of the 2nd plenary meeting of EURESTA: European Flair Concerted Action No.11 (COST 911) on physiological implications of the consumption of resistant starch in man Eur. J. Clin. Nutr. 46 (Su 2), S1.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. and Cummings, J.H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. Eur. J. Clin. Nutr. 46(Su 2), S33~S50.
- Englyst, H.N., Wiggenins, H.S. and Cummings, J.H. (1982). Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. Analyst 107, 307~318.
- Eerlingen, R.C., Crombez, M. and Delcour, J.A. (1993). Enzyme-resistant starch. I. Quantitative and qualitative influence of incubation time and temperature of autoclaved starch on resistant starch formation. Cereal Chem. 70, 339~344.
- Mun, S. and Shin, M. (2002). The effects of annealing on resistant starch contents of cross-linked maize starches. Korean J. Food Sci. Technol. 34, 431~436.
- Mun, S-H. and Shin, M-S. (2000). Effect of degree of removing protein from wheat starch on RS 4 the starch preparation. Home Economics Research J. 10, 32~38.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board (2001). Dietary reference intakes. Proposed definition of dietary fiber. National Academic Press
- Schoch, T.J. and Leach, W. (1964). Whole starches and modified starches. In Methods in Carbohydrate

- Chemistry. Vol.IV. Whistler, R.L. (ed). pp.106~108 Academic press, New York, USA.
- Shin, M. (2003). Effects of pH, enzyme and gums on physical properties of resistant starches with different types and granule sizes. Final Report of KOSEF.
- Shin, M-S., Mun, S-H. and Woo, K-S.(2001). Effects of cross-linked RS4 starches on pasting profiles of wheat starch using RVA. Korean J. Food Technol. 33, 157~160.
- Shin, M. and Seib, P.A. (2004). In vitro digestibility of cross-linked starches-RS4. Starch 56, 478~ 483.
- Shin, M-S., Woo K-S. and Seib P.A. (2002). Supplementation of resistant starches to asian noodles. Food Sci. Biotechnol. 35, 932~942.
- Shin, M., Woo K. and Seib P.A. (2003.) Hot-water solubilities and water sorptions of resistant starches at 25°C. Cereal Chem. 80, 564~566.
- Smith, R.J. and Caruso, J-L. (1964). Determination of phosphorus. In Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol.IV. Whistler, R.L. (ed). pp.42~46 Academic press, New York, USA.
- Woo, K.S., and Seib, P.A. (2002). Cross-linked resistant starch: Preparation and properties. Cereal Chem. 79, 819~825.