

## β-Glucan이 보리 전분의 호화에 미치는 영향

최희돈\* · 석호문 · 김성란 · 박용곤 · 이철호<sup>1</sup>

한국식품개발연구원, <sup>1</sup>고려대학교 생명공학원

### Effect of β-Glucan on Gelatinization of Barley Starch

Hee-Don Choi\*, Ho-Moon Seog, Sung-Ran Kim, Yong-Kon Park and Cherl-Ho Lee<sup>1</sup>

Korea Food Research Institute, <sup>1</sup>Graduate School of Biotechnology, Korea University

The effect of β-glucan on gelatinization of barley starch was studied. By the rapid visco-analyzer measurement, gelatinization of starch became rapid and viscosity increased largely on the RVA pattern by addition of β-glucan to starch. The results of differential scanning calorimeter showed that molecular structure of starch was getting stabilized through shifting up of gelatinization temperature and increase in enthalpy by addition of β-glucan. X-ray diffraction pattern also showed the same results as differential scanning calorimeter. But it was revealed that addition of β-glucan to starch didn't affect characteristics such as microscopic observation, solubility, swelling power, and iodine binding properties during gelatinization of starch.

**Key words:** barley, β-glucan, starch, gelatinization

### 서 론

Mixed linked β-(1 → 3),(1 → 4)-D-glucan(이하 β-glucan)은 β-glucosyl unit이 β(1 → 3)-결합과 β-(1 → 4)-결합으로 연결되어 가지가 없이 선형사슬로 구성된 단순다당류<sup>(1,2)</sup>로서 보리, 귀리, 옥수수, 밀 등 곡류의 배유 및 호분층의 세포벽을 구성하는 다당류로서 존재한다. β-Glucan은 분자량이 크고 수용액의 점성이 높아 혈중 콜레스테롤 함량 저하<sup>(3,5)</sup> 등의 생리적 기능성과 식품산업에서의 점증제 및 물성조절인자로서의 중요성과 이용 가능성에 대해서도 검토되고 있다.

한편 전분을 주요성분으로 하는 식품의 경우에도 전분만으로 이루어진 경우가 거의 없고 대부분 기타 물질들이 혼합되어 있는데 이들은 비록 소량이라 할지라도 전분의 성질에 상당한 영향을 미친다<sup>(6,8)</sup>. Hydrocolloid류 역시 전분의 호화특성과 겔 형성 양상에 큰 영향을 미치는데 소량의 hydrocolloid류 첨가에 의하여 전분 호화액에 큰 점도 증가를 일으키거나 또는 팽윤을 억제하여 점도 감소를 일으키기도 하며 겔 특성에도 커다란 영향을 미친다고 보고<sup>(9-12)</sup>되어 있다. 또한 β-glucan이 5% 내외로 다량 함유되어 있는 보리의 경우 β-glucan이 전분의 물성에 큰 영향을 미쳐 보리를 이용한

가공제품 제조시 보리의 가공적성에 큰 영향을 미치는 것으로 보고<sup>(13,14)</sup>되고 있고 이와 관련하여 Kim 등<sup>(15)</sup>과 Sung 등<sup>(16)</sup>이 crude 및 정제 β-glucan을 메성과 찰성전분에 혼합하여 가열하면서 전분 호화시의 점도 변화를 조사한 결과 amylose가 거의 없어 network 형성이 약한 찰성전분보다 메성전분에 β-glucan을 첨가하였을 때 점도 상승효과가 더 큼을 보고한 바 있다. 따라서 β-glucan이 전분의 호화와 큰 관련이 있는 것으로 추정되지만 β-glucan이 전분의 호화에 미치는 영향과 그 메카니즘 규명에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 보리로부터 분리한 β-glucan을 전분에 첨가한 경우 DSC 특성, X-선 회절 등의 구조적인 측면과 전분입자 형태, 팽윤력, 용해도, amylose 용출 등과 같은 이화학적 특성 등을 측정함과 동시에 이들 특성과 RVA 상에서의 점도 상승과의 상관관계를 검토하여 β-glucan이 보리 전분의 호화에 미치는 영향을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

0.5 mm의 체를 끼운 Cyclotec sample mill(Tecator Co., Sweden)을 사용하여 정원산업(전남 보성)으로부터 구입한 메성보리쌀(품종 송학)을 분쇄하였으며, 이를 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 보리의 일반성분 분석 결과 수분 9.6%, 조단백 11.6%, 조지방 1.4%, 회분 1.2%, 탄수화물 76.2%이었다.

\*Corresponding author : Hee-Don Choi, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea  
Tel: 82-31-780-9068  
Fax: 82-31-780-9234  
E-mail: chdon@kfri.re.kr

### 보리 $\beta$ -glucan의 추출 및 정제

보리의  $\beta$ -glucan은 Wood 등의 방법<sup>(17)</sup>을 보완한 Lee의 방법<sup>(13)</sup>에 따라 추출하였다. 보리가루를 증류수에 현탁시키고 20%(w/v) sodium carbonate로 pH를 10으로 조정 한 후  $\beta$ -glucan을 추출하고 원심분리하여 상정액은 모으고 침전물에 대하여 위의 알칼리 추출을 2회 반복하였다. 2 M HCl로 상정액의 pH를 4로 조정하여 단백질을 침전시킨 다음 상정액에 isopropyl alcohol을 50%가 되도록 첨가하여 방치한 후 원심분리하여 침전물을 회수하고 건조하여 crude  $\beta$ -glucan을 얻었다. 분리한 crude  $\beta$ -glucan을 증류수에 0.3%(w/v) 되도록 분산시키고 가열하여 용해시킨 후 원심분리하고 상정액에 ammonium sulfate를 30%(w/v)가 되도록 첨가하였다. 이 용액을 원심분리하여 얻은 침전물을 증류수로 가열용해시켰다. 이를 pH 6.9로 조정하고  $\alpha$ -amylase(1,013 U/100 mL  $\beta$ -glucan solution)를 첨가하여 40°C에서 1시간 반응시키고, pH를 다시 7.5로 조정 한 후 pronase(70 U/100 mL  $\beta$ -glucan solution)를 첨가하여 40°C에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 가열하여 효소를 불활성화시키고 원심분리도 상정액만을 분리해 증류수에 대하여 투석을 실시하였으며, 투석액을 동결건조하여 정제  $\beta$ -glucan을 얻었다. 투석은 MWCO 6,000~8,000 (Spectrum Medical Industry, USA)의 막을 사용하여 실시하였다.

### 전분 분리

전분은 MacGregor<sup>(18)</sup>의 방법으로 분리하였다. 즉 0.02 M acetate buffer(pH 6.5)에  $HgCl_2$ 를 0.01 M 되도록 첨가한 용액에 보리를 20°C에서 24시간 동안 침지하였다. 침지한 보리는 증류수로 4~5회 수세하고 Waring blender로 마쇄한 후 150과 70 mesh 체를 사용하여 체질하였다. 체질하고 남은 물질은 재마쇄한 후 체질하고 위에서 얻어진 액과 합하여 일정시간 방치한 다음 여액을 버리고 증류수를 가하는 조작을 3회 반복하였다. 얻어진 전분유액의 1/8(v/v)에 상당하는 톨루엔을 첨가하여 하룻밤 실온에서 진탕하고 톨루엔의 제거 및 전분의 정제를 위하여 원심분리(5,000×g, 10분)하고 증류수로 여러번 세척한 후 실온에서 건조하여 시료로 사용하였다.

### RVA

보리로부터 분리한 전분을 10%(w/w)로 현탁시킨 후  $\beta$ -glucan을 현탁액 전체에 0.5%(w/w)의 농도가 되도록 혼합하여 RVA(Rapid Visco-Analyzer, Newport Co., England)로 온도변화에 따른 점도변화를 측정하였다. 이때 온도 프로그램은 50°C에서 95°C까지 7.5분동안 온도를 상승시키고 95°C에서 5분간 유지시킨 후 다시 7.5분동안 50°C로 감소시켜 1분간 유지하도록 설정하였다.

### 시차주사열량계 분석

시차주사열량계(DSC7, Perkin-Elmer Co., USA)를 이용하여 전분 농도를 30~50%로 달리하면서 농도별 전분의 열적특성을 조사하였으며, 또한 전분농도를 40%로 고정한 후 이에  $\beta$ -glucan을 전분농도에 대해 0.5%, 1.0%, 1.5%가 되도록 혼합하여 전분과  $\beta$ -glucan의 혼합비율에 따른 열적특성 변화를

조사하였다. 이때 온도는 30°C부터 120°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였으며 reference는 빈 시료편을 사용하였다. 얻어진 흡열피크로부터 엔탈피를 구하였고 호화개시온도( $T_o$ : onset temperature), 피크온도( $T_p$ : peak temperature) 및 완료온도( $T_c$ : conclusion temperature)를 분석하였다.

### X선 회절양상

8%(w/w) 전분 현탁액과  $\beta$ -glucan을 현탁액 전체에 0.5%(w/w)의 농도가 되도록 혼합한 혼합물을 RVA로 30°C부터 2°C/min의 속도로 가열하면서 일정온도에서 시료를 취하여 냉동 건조한 후 X선 회절양상을 비교하였다. 이때 회전날의 속도에 의한 전분입자의 변화를 최소화하기 위하여 회전날의 속도를 30 rpm으로 하였다. X선 회절은 X-ray diffractometer (Geiger Flex DMAX-IIA, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 30 kV, 15 mA의 X-ray beam으로 실시하였다. Target은 Cu(0.154 nm)를 사용하였으며, scan speed 4 deg/min, time constant 0.5 sec, 회절각도( $2\theta$ ) 4~40°로 회절하여 분석하였다.

### 전분립의 형태 관찰

8%(w/w) 전분 현탁액과  $\beta$ -glucan을 현탁액 전체에 0.5%(w/w)의 농도가 되도록 혼합한 혼합물을 RVA로 30°C부터 2°C/min의 속도로 가열하면서 일정온도에서 시료를 채취하여 slide glass 위에 전분립들이 중첩되지 않도록 얇게 펼쳐 요오드 용액(0.33%  $I_2$ , 0.67% KI)으로 1분간 염색한 후 광학현미경 (Sanyo, Japan)을 사용하여 400배의 배율로 확대하여 전분립의 형태를 관찰하였다<sup>(19,20)</sup>. 이때의 회전날 속도도 30 rpm이었다.

### 용해도, 팽윤력, amylose 함량 및 극대흡수파장

Schoch<sup>(21)</sup>의 방법을 보완하여 다음의 방법으로 전분의 팽윤력과 용해도를 측정하였다. 8%(w/w) 전분 현탁액과  $\beta$ -glucan을 현탁액 전체에 0.5%(w/w)의 농도가 되도록 혼합한 혼합물을 RVA로 30°C부터 2°C/min의 속도로 가열하면서 일정온도에서 시료를 취하였다. 이때의 회전날의 속도도 30 rpm이었다. 취한 시료에 과량의 물을 부어 균질화한 후 3,000 rpm으로 30분간 원심분리하여 상정액을 얻은 다음 상정액의 총당 함량을 페놀-황산법으로 구하여 용해도를 계산하였으며, 침전물의 무게로부터 팽윤력을 구하였다.

$$\% \text{ 용해도} = \frac{\text{상정액의 총당 함량}}{\text{시료의 무게 (건량기준)}} \times 100$$

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

가열 중 전분입자로부터 용출되어 나온 amylose 함량과 상정액의 극대흡수파장( $\lambda_{max}$ )은 Sowbhagya와 Battacharya<sup>(22)</sup>의 비색법으로 구하였다. 즉 원심분리하여 얻은 상정액에 요오드 용액(0.2%  $I_2$  + 2.0% KI) 2 mL를 넣어 발색시키고 100 mL로 정용하여 20분 후 620 nm에서의 흡광도를 측정하여 amylose 함량을 구하였으며, 가시광선 영역에서 scanning하여 극대흡수파장을 구하였다.

**Table 1. Effect of  $\beta$ -glucan on RVA characteristics of barley starch**

(RVU)

	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity	Hold viscosity	Final viscosity
Starch (10%)	86.7±2.1	210.4± 9.5	119.3± 7.3	246.0±15.5
Starch (10%)+ $\beta$ -glucan (0.5%)	84.2±1.8	241.2±10.3	150.4±10.1	294.4±17.6

## 결과 및 고찰

### RVA

보리전분과 이에  $\beta$ -glucan을 첨가한 혼합물의 호화양상을 RVA를 이용하여 조사한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같이 보리전분(10%)의 경우 호화개시온도(Onset temperature) 86.7±2.1°C, 피크점도(Peak viscosity) 210.4±9.5 RVU, 냉각점도(Final viscosity) 246.0±15.5 RVU인 반면  $\beta$ -glucan 첨가시(0.5%)에는 각각 84.2±1.8°C, 241.2±10.3 RVU, 294.4±17.6 RVU인 것으로 나타났다. 즉 전분에 대한  $\beta$ -glucan의 첨가는 초기 점도 상승을 빠르게 하고 피크점도와 냉각점도를 크게 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 Kim 등<sup>(15)</sup>과 Sung 등<sup>(16)</sup>이 보리전분에 crude 및 정제  $\beta$ -glucan을 혼합하여 호화시켰을 때 나타난 RVA 상에서의 점도상승 결과와 동일한 결과이었으며, Lee<sup>(13)</sup>도 밀전분에 CMC와  $\beta$ -glucan을 각각 첨가하여 아밀로그래프의 점도 상승을 보고한 바 있다. 이상의 결과로 볼 때  $\beta$ -glucan의 첨가에 의해 전분의 호화개시가 빨라지고 점도가 크게 증가하는 등 RVA 상에서의 전분 호화양상이 크게 변화됨을 알 수 있었다.

### DSC

전분의 농도별(30~50%), 그리고 전분농도를 40%로 고정된 후 전분에 대해 각각 0.5%, 1.0% 및 1.5%의 농도가 되도록  $\beta$ -glucan을 혼합하여 이들의 열적특성 변화를 조사한 결과는 Table 2와 같다.  $\beta$ -Glucan을 첨가하지 않은 전분의 경우 55.0±0.7~55.9±0.7°C의 호화개시온도, 59.2±0.5~59.5±0.8°C의 피크온도, 10.5±0.5~10.7±0.1 J/g의  $\Delta H$ 를 갖는 1차 피크(1st peak)를 나타내어 완료온도 지연 이외에는 전분 농도에 상관없이 거의 유사한 열적 특성을 가짐을 알 수 있었다. 그러나 amylose-lipid complex의 용융에 의해 나타나는 2차 피크(2nd peak)의 경우에는 전분의 농도가 증가함에 따라 개시온도, 피크온도, 완료온도가 모두 지연되는 것으로 나타났다. 한편  $\beta$ -glucan을 첨가한 처리구의 경우 1차피크의 호화개시온도 및 피크온도가 높아졌고  $\Delta H$ 의 경우에도 10.7±0.1 J/g에서 11.4±0.4~12.4±0.4 J/g으로  $\beta$ -glucan 첨가량이 높아짐에 따라 증가하였을 뿐만 아니라  $\Delta T$ 도 증가하였다. 또한 2차 피크 역시  $\beta$ -glucan 첨가에 의해 호화개시온도, 피크온도, 완료온도 모두 지연되었다. 일반적으로 충분한 물의 존재하에서 전분을 호화시키면 전분분자 내의 무정형 영역의 수화와 팽윤이 충분히 일어나게 되며 따라서 결정성 물질의 용융을 손쉽게 하여 좁은 온도 범위에서 단일의 흡열피크를 나타내는데 이는 helix-coil 전이를 통해 엔트로피가 크게 상승함에 의해 결정성 물질을 이루고 있는 수소결합 등과 같이 안정화를 이루는 결합을 절단하여 일어나게 된다. 반면 물이 불충분한 경우에는 무정형 영역의 불안정화 효과(destabilizing effect)가 감소하고 부족한 물의 양 때문에 결정성 물질의 용융이 부

분적으로 일어나지만(1st endothermic peak), 이어서 용융되지 않은 결정성 물질 주위로 물의 재분배가 일어나 더 높은 온도에서 결정성 물질의 용융이 일어난다(2nd endothermic peak)<sup>(23)</sup>. 일반적으로 동일한 전분에 대해 농도를 증가시켰을 때 전분 호화에 필요한 유효 수분의 감소에 의해 엔탈피의 감소가 일어나지만 호화개시온도 및 피크온도는 변하지 않으며<sup>(24)</sup>, 본 연구에서도 전분농도를 30~50%로 변화하였을 때 이와 동일한 결과를 나타내었다. 따라서  $\beta$ -glucan 첨가시 전분의 호화개시 및 피크온도와 엔탈피가 동시에 증가하는 현상은  $\beta$ -glucan이 전분과 경쟁적으로 물분자를 흡수하여 전분의 유효농도를 상대적으로 증가시키는 효과와 동시에  $\beta$ -glucan이 전분의 분자적 구조에 영향을 미쳐  $\beta$ -glucan이 첨가되지 않은 전분에 비해 안정한 구조를 형성하기 때문인 것으로 판단된다. Yoshimura 등<sup>(9)</sup>은 옥수수 전분에 konjac-glucomannan을 첨가하여 호화시켰을 때 피크온도가 고온으로 이동하고 첨가량이 증가함에 따라 피크온도도 더 높아진다고 보고하였으며, Kim 등<sup>(25)</sup>은 polydextrose를, Kim과 Sester<sup>(26)</sup>는 가수분해된 보리  $\beta$ -glucan을 이용하여 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

### X선 회절양상

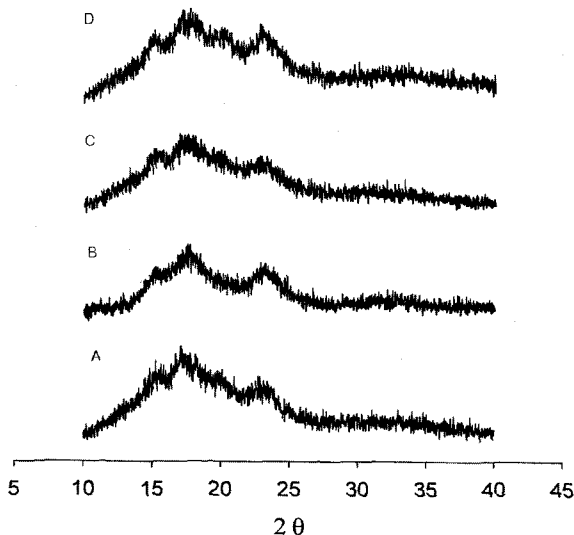
$\beta$ -Glucan의 첨가가 전분의 X선 회절양상에 미치는 영향을 조사하기 위하여 8% 전분현탁액과  $\beta$ -glucan을 현탁액 전체에 0.5% 농도로 혼합한 혼합물을 RVA를 이용하여 30°C부터 60°C 및 75°C까지 가열한 처리구를 냉동건조하여 X선 회절양상을 측정하였다. 열처리를 하지 않은 보리전분은 Fig. 1로 나타내지는 않았지만 회절각도(2 $\theta$ ) 15.0, 17.1, 18.0, 23.0에서 강한 피크를 보여 모두 전형적인 A 도형의 양상을 나타내었으며, 60°C 및 75°C 가열 처리구의 경우  $\beta$ -glucan의 첨가유무에 관계없이 결정성이 거의 소실되는 양상을 나타내어 호화 중 전분의 결정성에  $\beta$ -glucan이 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 전분의 결정성은 호화개시온도부터 크게 소실되는데 DSC 측정 결과에 의하면 보리전분의 경우 55°C 정도에서 호화가 개시되며  $\beta$ -glucan이 첨가되더라도 59°C 정도에서 호화가 일어나므로(Table 2) 처리온도를 60°C 이하로 낮추어 X선 회절양상을 측정하였다. 그 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 55°C 및 57°C 가열 처리구 모두  $\beta$ -glucan의 첨가에 의해 결정성 유지에 영향을 미치는 것으로 나타나 DSC 측정 결과에서와 마찬가지로  $\beta$ -glucan의 첨가는 안정한 구조 형성에 효과가 있는 것으로 판단되었다.

### 전분입자 형태 관찰

가열 중 보리전분 현탁액을 요오드 용액으로 염색한 후 입자의 형태변화를 광학 현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 60°C까지 가열한 전분 현탁액(A)에서는 amylose의 용출이 일어나지 않았으며, 또한 Fig. 2에 나타내지는 않았지만

Table 2. Effect of  $\beta$ -glucan on DSC characteristics of barley starch

Conc. of starch (%)	Ratio of $\beta$ -glucan to starch (%)	Peak 1				Peak 2			
		T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	$\Delta$ H (J/g)	T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	$\Delta$ H (J/g)
30	-	55.4±0.4	59.4±0.8	70.6±0.5	10.6±0.2	94.4±0.8	97.8±0.4	104.9±0.7	1.8±0.2
40	-	55.9±0.7	59.5±0.8	74.5±1.2	10.7±0.1	95.5±0.7	101.8±1.3	108.6±1.2	2.1±0.4
50	-	55.0±0.7	59.2±0.5	83.5±1.1	10.5±0.5	100.9±1.4	107.5±0.7	115.1±2.1	2.6±0.2
40	0.5	59.8±0.6	61.9±0.9	77.2±0.7	11.4±0.4	96.0±1.1	101.9±1.5	108.2±0.8	1.9±0.3
	1.0	59.6±0.5	61.9±0.6	80.5±1.3	12.3±0.5	97.8±0.9	104.1±1.0	112.3±0.7	2.3±0.3
	1.5	59.4±0.3	61.8±0.8	81.1±1.4	12.4±0.4	98.0±0.7	104.7±1.1	111.6±1.5	2.1±0.2

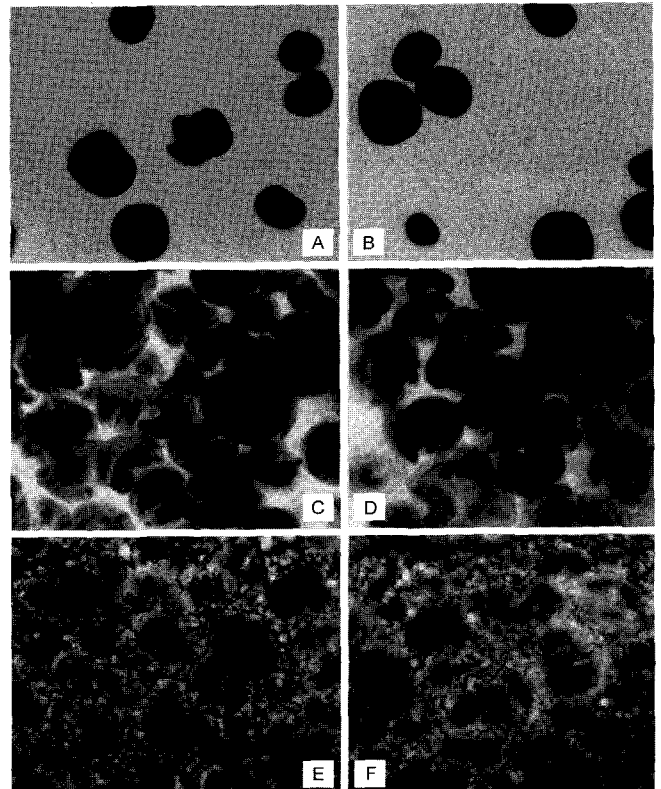
Fig. 1. X-ray diffractogram of barley starch and barley starch- $\beta$ -glucan mixtures heated at different temperatures.

A: starch heated to 55°C, B: starch- $\beta$ -glucan mixture heated to 55°C, C: starch heated to 57°C, D: starch- $\beta$ -glucan mixture heated to 57°C.

75°C와 85°C까지 가열한 처리구에서는 amylose의 용출이 제한적으로 일어나면서 amylopectin의 용출도 거의 일어나지 않고 전분입자의 형태를 그대로 유지하고 있었다. 온도가 증가함에 따라 입자의 주위로 amylose의 용출이 증가되고 전분입자도 더욱 팽윤됨을 관찰할 수 있었다. 한편 95°C까지 가열처리한 경우에도 전분입자(C)가 일부 자색을 띠고 있었지만 내부에 푸른색이 남아 있어 amylose의 완전한 용출은 이루어지지 않은 것으로 판단되었다. 그러나 95°C에서 10분간 더 가열한 처리구(E)의 경우 전분입자가 거의 적자색을 나타내어 전분입자로부터 amylose의 용출이 거의 완전히 이루어지고 일부 전분입자의 경우 붕괴되면서 amylopectin이 용출되어 나오는 것을 관찰할 수 있었다. 한편  $\beta$ -glucan 첨가(B, D, F)는 전분입자의 형태변화 및 amylose, amylopectin의 용출양상에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

#### 용해도, 팽윤력 및 호화과정의 요오드 반응 특성

전분의 호화과정 중  $\beta$ -glucan의 첨가가 전분의 용해도, 팽윤력, 요오드 반응성 등의 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 8% 전분 현탁액과 이에  $\beta$ -glucan을 0.5% 농도로 혼합한 혼합물을 RVA로 열처리하면서 이들 특성을 비교한 결

Fig. 2. Photomicroscopic appearance of barley starch and barley starch- $\beta$ -glucan mixtures heated at different temperatures.

A: starch heated to 60°C, B: starch- $\beta$ -glucan mixture heated to 60°C, C: starch heated to 95°C, D: starch- $\beta$ -glucan mixture heated to 95°C, E: starch heated at 95°C for 10 min, F: starch- $\beta$ -glucan mixture heated at 95°C for 10 min.

과는 Table 3과 같다. 용해도의 경우 전분 현탁액을 60°C까지 가열하였을 때 4.7%이었으며, 85°C 이후부터 빠르게 증가하여 95°C까지 가열하고 10분간 유지하였을 때 26.3%를 나타내었다. 이와 같은 경향은 팽윤력, 용출되어 나온 amylose의 양 변화 결과와도 일치하는 경향이었는데 특히 amylose 용출의 경우 85°C의 9.5%에서 95°C의 28.4%로 급격히 증가함을 알 수 있었다. 즉 85°C 정도의 온도부터 급격히 결정성이 감소하여 팽윤력이 커짐은 물론 amylose를 비롯한 가용성 탄수화물의 용출량이 증가함을 알 수 있었는데 이는 Lii 등<sup>(27)</sup>의 결과와 일치하는 것이었다. 그리고 극대흡수파장의 경우 60°C에서의 590 nm에서 75°C의 601 nm, 85°C의

**Table 3. Effect of β-glucan on solubility, swelling power and iodine binding properties of barley starch**

Conc. of β-glucan (%)	Temp. (°C)	Solubility (%)	Swelling power	Leached amylose/ Total amylose (%)	λ <sub>max</sub> (nm)
0	60	4.7	6.9	1.8	590
	75	7.5	8.7	5.3	601
	85	11.4	9.1	9.5	610
	95	18.8	12.6	28.4	611
	95 <sup>1)</sup>	26.3	16.8	42.8	606
0.5	60	4.7	6.5	1.8	590
	75	7.9	8.4	6.2	605
	85	11.8	8.9	10.1	611
	95	18.1	10.4	25.5	608
	95 <sup>1)</sup>	26.2	17.4	40.3	611

<sup>1)</sup>heated at 95°C for 10 min.

610 nm로 가열온도가 증가함에 따라 amylose의 용출량이 증가함에 따라 그 값이 증가하였다. 한편 β-glucan의 첨가시 전분의 호화과정 중에 발생하는 팽윤력, 용해도 및 amylose의 용출 등의 값이 β-glucan이 첨가되지 않은 처리구와 거의 유사한 값을 나타내어 β-glucan의 첨가가 이들 특성에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

따라서 이상의 결과를 종합하여 볼 때 β-glucan의 첨가는 전분에 안정성을 부여하는 효과가 있지만 그 효과가 미약하여 전분입자 형태, 용해도, 팽윤력 등과 같이 전분호화시 동반되는 외형특성의 변화에는 거의 영향을 미치지 않은 반면 RVA 상에서는 전분의 호화개시가 빨라지고 점도가 크게 증가하는 등 전분의 겉보기 상의 물성에는 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

**요 약**

β-Glucan이 보리 전분의 호화양상에 미치는 영향을 조사하였다. RVA 분석에 의하면 β-glucan의 첨가에 의해 전분은 RVA 상에서의 호화개시가 빨라지고 점도가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 DSC 분석 결과 β-glucan 첨가에 의해 전분입자가 안정화되어 전분의 호화개시 및 peak 온도가 증가하였으며, X-선 회절 양상 결과에서도 β-glucan 첨가에 의해 전분의 결정성이 증진되어 DSC 분석과 동일한 결과를 나타내었다. 그러나 β-glucan 첨가는 전분의 호화과정 중의 전분입자의 형태 및 amylose, amylopectin의 용출양상과 팽윤력, 용해도 등의 호화시 발생하는 특성의 변화에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

**문 헌**

1. Woodward, J.R., Fincher, G.B. and Stone, B.A. Water-soluble (1→3),(1→4)-β-D-glucans from barley (*Hordeum vulgare*) endosperm. I. Physicochemical properties. Carbohydr. Polym. 3: 143-156 (1983)
2. Woodward, J.R., Fincher, G.B. and Stone, B.A. Water-soluble (1→3),(1→4)-β-D-glucans from barley (*Hordeum vulgare*) endosperm. II. Fine structure. Carbohydr. Polym. 3: 207-225 (1983)
3. Andersson, J.W. and Chen, W.-J.L. Cholesterol-lowering proper-

- ties of oat products, pp. 309-333. In: Oats: Chemistry and Technology, Webster, F.H. (ed.). Am. Assoc. Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1986)
4. Klopfenstein, C.F. The role of cereal β-glucans in nutrition and health. Cereal Foods World 33: 865-869 (1988)
5. Newman, R.K., Newman, C.W. and Graham, H. The hypocholesterolemic function of barley beta-glucans. Cereal Foods Worlds 34: 883-886 (1989)
6. Johnson, J.M., Davis, E.A. and Gordon, J. Interactions of starch and sugar water measured by electron spin resonance and differential scanning calorimeter. Cereal Chem. 67: 286-291 (1990)
7. Miura, M., Nishimura, A. and Katsuta, K. Influence of addition of polyols and food emulsifiers on the retrogradation rate of starch. Food Structure 11: 225-236 (1992)
8. Wootton, M. and Bamunuarachchi, A. Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization. III. Effect of sucrose and sodium chloride. Starch/Stärke 32: 126-129 (1980)
9. Yoshimura, M., Takasa, T. and Nishinari, K. Effects of konjac-glucomannan on the gelatinization and retrogradation of corn starch as determined by rheology and differential scanning calorimetry. J. Agric. Food Chem. 44: 2970-2976 (1996)
10. Alloncle, M. and Doublier, J.L. Viscoelastic properties of maize starch/hydrocolloid pastes and gels. Food Hydrocolloids 5: 455-467 (1991)
11. Biliaderis, C.G., Thessaloniki, A., Izydorczyk, M.S. and Prokopowich, W. Effect of hydrocolloids on gelatinization and structure formation in concentrated waxy maize and wheat starch gels. Starch/Stärke 49: 278-283 (1997)
12. Kulicke, W.-M., Eidam, D., Kath, F., Kix, M. and Kull, A.H. Hydrocolloids and rheology: Regulation of viscoelastic characteristics of waxy rice starch in mixtures with galactomannan. Stärke/Starch 48: 105-114 (1996)
13. Lee, Y.T. β-Glucans from hull-less barley: Isolation, chemical and rheological characterization, and utilization as a food gum. Ph.D. dissertation, North Dakota State Univ., USA (1992)
14. Prentice, N., Burger, W.C. and D'Appolonia, B.C. Rolled highlysine barley in breakfast cereal, cookies and bread. Cereal Chem. 56: 413-416 (1979)
15. Kim, S.R., Choi, H.D., Seog, H.M., Kim, S.S. and Lee, Y.T. Physicochemical characteristics of β-glucan isolated from barley. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1164-1170 (1999)
16. Sung, J.E., Lee, Y.T., Seog, H.M., Kim, Y.S. and Ko, Y.S. Characteristics of β-glucan gums from normal and waxy hull-less barleys. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 644-650 (1999)
17. Wood, P.J., Paton, D. and Siddique, I.R. Determination of beta-glucan in oats and barley. Cereal Chem. 54: 524-533 (1977)
18. MacGregor, A.W. Isolation of large and small granules of barley starch and a study of factors influencing the absorption of barley malt α-amylase by these granules. Cereal Chem. 56: 430-434

- (1979)
19. Svegmarm, K. and Hermansson, A.M. Distribution of amylose and amylopectin in potato starch pastes: Effects of heating and shearing. *Food Structure* 10: 117-129 (1991)
  20. Svegmarm, K. and Hermansson, A.M. Microstructure and rheological properties of potato starch granules and amylose: A comparison of observed and predicted structures. *Food Structure* 12: 181-193 (1993)
  21. Schoch, T.J. Swelling power and solubility of granular starches, p. 106. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Vol. IV, Academic press, NY, USA (1964)
  22. Sowbhagya, C.M. and Battacharya, K.R. Simplified determination of amylose in milled rice. *Stärke/Starch* 31: 159-163 (1979)
  23. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.* 45: 1669-1680 (1980)
  24. Donovan, J.W. Phase transition on the starch-water system. *Biopolym.* 18: 263-275 (1979)
  25. Kim, K.O., Hansen, L. and Sester, C.S. Phase transitions of wheat starch-water systems containing polydextrose. *J. Food Sci.* 51: 1095-1097 (1986)
  26. Kim, S.S. and Sester, C.S. Wheat starch gelatinization in the presence of polydextrose or hydrolyzed barley  $\beta$ -glucan. *Cereal Chem.* 69: 447-452 (1992)
  27. Lii, C.Y., Shao, Y.Y. and Tseng, K.H. Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem.* 72: 393-400 (1995)
- 
- (2003년 2월 5일 접수; 2003년 7월 4일 채택)