

보리로부터 분리한 β -Glucan의 이화학적 특성

김성란, 최희돈, 석호문, 김성수, 이영택*
한국식품개발연구원, *경원대학교 식품생물공학과

Physicochemical Characteristics of β -Glucan Isolated from Barley

Sung-Ran Kim, Hee-Don Choi, Ho-Moon Seog, Sung-Soo Kim and Young-Tack Lee*

Korea Food Research Institute

*Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University

Abstract

The physicochemical characteristics of β -glucan isolated from waxy and non-waxy barley were investigated. The hull-less waxy and non-waxy barley containing 6.5% and 5.3% of total β -glucan respectively, were used as a starting material. The yield and β -glucan content of crude β -glucan from waxy barley was 5.54% and 62.9%, respectively, and those were higher than 3.34% and 59.2% from non-waxy barley. The crude β -glucan purified with selective precipitation and enzymatic treatment to obtain the β -glucan isolate of high purity (>99%). The total yield of purified β -glucan from waxy and non-waxy barley was 4.46% and 2.59%, respectively. The surface appearance of the purified β -glucan by scanning electron microscopy (SEM) showed randomly entangled multi-net structure of β -glucan microfibrils. The melting temperature of β -glucan from waxy and non-waxy barley measured by differential scanning calorimetry (DSC) was 184.6°C, and 180.3°C, respectively. DSC endotherm of β -glucan solution showed 2 peaks near 68°C and 84°C. Enthalpy of phase transition was higher in non-waxy β -glucan than waxy β -glucan, and the intrinsic viscosity of β -glucan solution from waxy barley was higher than that of non-waxy β -glucan. The pasting viscosity of barley starch with the purified β -glucan determined by Rapid Visco-Analyzer was higher than that of barley starch without β -glucan, and the effect of β -glucan on increasing the paste viscosity was greater in non-waxy barley starch.

Key words : barley, β -glucan, purification, differential scanning calorimeter, viscosity

서 론

보리의 주요 식이섬유 성분인 β -glucan은 곡립의 배유와 호분층 세포벽을 구성하고 있는 mixed-linked β -(1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)-D-glucan이다^(1,2). 사료용 및 맥아제조용 겉보리는 약 2~8%의 β -glucan을 함유하는 것으로 보고되고 있으며⁽³⁾ 6조보리가 2조보리에 비하여 함량이 낮고 찰성 보리와 쌀보리(hull-less barley)의 함량이 높아 최고 16%까지 함유한 품종도 보고된 바 있다^(4,7). β -Glucan 분자의 β -(1 \rightarrow 3)결합은 분자형태에 불규칙한 구조를 초래하여 β -glucan을 수용성이고 가수분해에 민감하게 만들며, 수용액에서는 굴곡이 많은 유연한 구조(worm-like conformation)를 가져 완전히 펼쳐진 모양(extended conformation)으로 존재하는 cellulose β -(1

\rightarrow 4)-D-glucan]와는 다른 특성을 보인다고 알려져 있다⁽²⁾. 이러한 보리 β -glucan은 분자량이 크고 수용액의 점성이 매우 높아 맥주 제조시 문제가 되기도 하지만⁽⁸⁾, 반면에 인체내 소화기관에서 분해되지 않고 점도를 유지함으로써 콜레스테롤 함량 저하^(4,9)와 인슐린에 대한 반응조절의 효과를 부여한다고 보고되었다⁽¹⁰⁾. 또한 β -glucan의 점성 및 리올로지 특성은 여러 식품산업 분야에 응용되어 점증제, 수분 보유력 및 보형제(structure forming) 효과를 부여할 수 있을 것으로 제안되고 있다⁽¹¹⁻¹³⁾.

보리는 평균적으로 전분 64%, 단백질 11%, β -glucan 5% 내외로 구성되어 있으므로 보리를 이용한 식품의 물성에 전분과 β -glucan의 특성이 중요하게 작용한다. 국내산 보리품종의 β -glucan 특성에 관한 연구로는 함량 분포에 대한 연구를 비롯하여 늘보리에서 분리한 β -glucan의 고유점도 및 염, 온도, pH 의존성에 대한 연구와 DSC 특성 및 열분해 현상에 대한 연구가 보

Corresponding author : Ho-Moon Seog, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Sungnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

고된 바 있다^(5,14,15). 또한 무등쌀보리와 찰쌀보리로부터 순도 65% 내외의 crude β -glucan을 분리하여 추출수와 점도, 전분과 함께 호화시 점도에 미치는 영향을 살펴본 연구가 수행되었다⁽¹⁶⁾.

본 연구에서는 찰성 및 메성 보리로부터 β -glucan을 추출하여 추출특성을 비교하였고 순도 99% 이상으로 정제한 β -glucan의 표면구조, 열적특성, 리올로지 특성을 밝혀 보리 가공기술과 보리 β -glucan의 이용 확대에 응용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

충남 논산 소재의 부지농협에서 구입한 96년산 찰쌀보리 품종과 (주)정원할맥에서 구입한 96년산 일반메보리를 사용하였다. 보리가루의 제조를 위하여 0.5 mm의 체를 끼운 Cyclotech sample mill 및 Pin mill을 사용하여 원료 보리를 분쇄하였으며, 이를 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

보리 β -glucan의 추출 및 1차정제

보리가루로부터 β -glucan을 Wood 등의 방법⁽¹⁷⁾을 보완한 Lee의 방법⁽¹³⁾에 따라 추출하였다. 보리가루 60 g을 증류수 600 mL에 현탁시키고 20% (w/v)의 sodium carbonate를 이용하여 pH를 10으로 조정하였다. 이 현탁액을 45°C에서 30분간 강하게 저어 β -glucan을 추출한 후 10,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상정액은 모으고 침전물에 대하여 위의 알칼리 추출을 2회 반복 실시하였다.

위의 상정액을 혼합하고 2 M의 HCl로 pH 4가 되도록 조정하여 단백질을 침전시켰다. 이를 11,500 rpm에서 20분간 원심분리하여 단백질 침전을 제거한 후, 상정액에 대하여 50%되도록 isopropyl alcohol을 격렬하게 저으면서 천천히 첨가하였다. 12시간 이상 방치한 후 11,500 rpm에서 20분간 원심분리하여 고무상의 침전물을 얻었다. 이를 다시 소량의 isopropyl alcohol에 분산시키고 homogenizer로 분쇄하였으며 여지상에서 isopropyl alcohol로 세척, 여과한 후 실온에서 건조시켜 1차 정제된 crude β -glucan을 얻었다.

보리 β -glucan의 2차 정제

1차 분리한 crude β -glucan을 증류수에 0.3%(w/v) 되도록 분산시키고 90°C로 가열하여 용해시켰다. 11,500 rpm에서 15분간 원심분리하여 상정액을 취하고 ammonium sulfate를 30%(w/v)가 되도록 첨가하였다.

이 용액을 4°C에서 2시간 방치하고 원심분리(10,000 rpm)하여 얻은 침전물을 증류수에 재분산시키고 가열 용해시켰다. 다시 찬 acetone을 50%(v/v)이 되도록 첨가하고 얻어진 침전물을 원심분리로 회수한 후 증류수에 녹여 투석을 하였다. 투석은 MWCO 6000~8000 (Spectrum Medical Industry, U.S.A)의 막을 사용하여 20배 부피의 증류수에 대하여 하였으며 4시간 간격으로 증류수를 교환하였다.

투석액을 pH 6.9로 조정하고 β -amylase (1013 U/100 mL β -glucan solution)를 첨가한 후 40°C에서 1시간 반응시켰다. 효소처리한 용액의 pH를 다시 7.5로 조정한 후 pronase (70 U/100 mL β -glucan solution)를 첨가하여 40°C에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 100°C에서 20분간 가열하여 효소를 불활성화시키고 원심분리로 상정액만을 분리해 증류수에 대하여 투석을 실시하였으며, 투석액을 동결건조하여 2차 정제 β -glucan을 얻었다.

분리한 β -glucan의 순도 및 성분 분석

정제한 β -glucan의 수분 함량은 AACC 방법⁽¹⁸⁾에 따라 air-oven법(AACC 44-15A)으로 분석하였으며, 단백질 함량은 Kjeldahl법(AACC 46-11)으로 분석하였다. 정제 β -glucan의 총 β -glucan 함량은 McCleary와 Glennie-Holmes의 효소적 방법⁽¹⁹⁾에 의하여 Megazyme β -glucan assay kit(Megazyme Pty. Ltd., Australia)를 사용하여 측정하였다.

표면구조

1차 정제한 crude β -glucan과 2차 정제 β -glucan을 금과 백금(gold-palladium)으로 200~300 Å 두께로 피복한 후 15 kV에서 주사전자현미경(S-2380N, Hitachi Ltd., Japan)으로 500~1500배 확대하여 관찰하였다.

시차주사열량계 분석

분리한 찰성 및 메성 β -glucan 3~6 mg을 stainless steel pan에 넣고 밀봉한 후 DSC(DSC7, Perkin-Elmer, U.S.A.)를 이용하여 30°C에서 200°C까지 가열하면서 흡열피크를 얻고 이로부터 용점을 측정하였다. 가열은 질소기류하에서 10°C/min의 속도로 실시하였다.

보리 β -glucan의 상전이 현상을 DSC로 측정하기 위하여 β -glucan과 증류수를 1:10~1:50(w/w)의 농도로 시료팬에 넣고 6시간 이상 평형시킨 후, 30°C부터 150°C까지 분당 10°C/min의 속도로 가열하며 흡열피크를 얻었다. 흡열곡선의 면적을 계산하여 엔탈피를 측정하였고 상전이 개시온도 (T_o : onset temperature), 피

Table 1. Extraction yield (%) and composition of β -glucan preparations extracted from barley

		Crude β -Glucan ¹⁾		Purified β -Glucan ²⁾	
		Waxy	Non-waxy	Waxy	Non-waxy
Extraction yield (%)		5.54	3.34	4.46	2.59
Composition (% w/w)	β -Glucan	62.91	59.15	99.70	99.60
	Protein	5.74	9.98	0.48	0.46
	Moisture	10.43	11.57	<0.1	<0.1

¹⁾Crude form was extracted by alkaline treatment and isopropyl alcohol precipitation.

²⁾Purified form was prepared from crude β -glucan by addition of ammonium sulfate followed by α -amylase and Pronase treatment.

크온도(T_p : peak temperature) 및 완료온도(T_c : conclusion temperature)를 분석하였다.

고유점도

메성 및 찰성 보리에서 추출한 β -glucan을 1 N KOH 용액에 용해시킨 후 농도범위 0.05~0.4%(w/w)에서 Cannon-Fenske 모세관 점도계를 사용하여 $25 \pm 0.02^\circ\text{C}$ 의 항온수조에서 점도를 측정하였으며 농도 0으로 외삽하여 고유점도를 구하였다.

비스코그래프

메성 및 찰성보리로부터 MacGregor 등⁽²⁰⁾의 방법에 따라 전분을 분리하였다. 추출 정제한 β -glucan을 각각 0.5, 1.0% 농도로 녹인 용액 25 mL에 메성 및 찰성보리에서 추출한 전분을 10%되도록 현탁시킨 후 Rapid Visco-Analyzer(RVA-3D, Newport Sci., Australia)로 점도 변화를 측정하였다. 온도 프로그램은 50°C 에서 95°C 까지 16분 동안 온도를 상승시키고 95°C 에서 10분간 유지시킨 후 다시 16분 동안 50°C 로 감소시켜 1분간 유지하도록 설정하였다.

결과 및 고찰

보리 β -glucan의 추출 및 분리정제

본 실험에 사용한 보리의 총 β -glucan 함량은 메성 보리가 5.3%이고 찰성 보리가 6.5%였으며 이들로부터 β -glucan을 추출하고 특성을 비교하였다. 일반적으로 보리의 β -glucan 함량은 2~8% 범위로서 유전인자와 환경조건에 따라 차이가 나고 유전인자의 영향이 더 큰 것으로 보고되었다^(21,22).

메성 및 찰성보리로부터 알칼리용액으로 3회 반복 추출하여 분리한 crude β -glucan의 수율은 Table 1과 같이 찰성보리가 5.54%로 메성보리 3.34%보다 높았다. 이 수율을 총 β -glucan의 %로 환산할 경우 알칼리 추출에 의하여 찰성 보리에 함유된 총 β -glucan의

85.2%를, 메성 보리에서는 63.0%를 추출해 낸 것이므로 찰성 보리의 β -glucan 함량이 높을 뿐 아니라 본 실험의 약알칼리 추출조건에서 추출되어 나오는 양도 많은 것으로 나타났다. 성 등⁽¹⁶⁾도 찰쌀보리 crude β -glucan의 수율이 4.98%로 메성인 무등쌀보리의 3.51%보다 높았다고 보고하였다.

1차 정제한 crude β -glucan을 ammonium sulfate 침전법과 acetone 침전법 및 효소에 의한 전분과 단백질 분해과정을 거쳐 2차 정제한 β -glucan의 수율도 찰성이 4.46%로 메성의 2.59%보다 높았다.

보리의 배유세포벽과 호분층에 존재하는 β -glucan은 평균적으로 54%가 수용성이고 나머지는 불용성 형태로 존재하며⁽²³⁾ 분자량과 β -(1 \rightarrow 4)-oligoglucoside 길이 등 β -glucan의 미세구조, 단백질 혹은 arabinoxylan 등 세포벽 구성물질들과의 상호관계에 따라 추출 및 용해성이 차이난다고 보고된 바 있으므로^(17,23,24) 찰성 및 메성보리 β -glucan의 특성차이로 인하여 추출수율에 차이가 나는 것으로 판단되었다.

분리한 β -glucan의 순도 및 성분 특성

추출 정제한 β -glucan의 순도는 Table 1과 같다. 1차 정제한 crude β -glucan의 β -glucan 함량은 찰성보리가 62.91%, 메성보리가 59.15%였으며 상당량의 단백질이 포함되어 있었다. 단백질의 혼입은 주로 저장 단백질에 기원하는 것으로 Forrest와 Wainwright는⁽²⁵⁾ 세포벽에 강하게 결합되어 있는 펩타이드 물질이 존재하고 이들과 β -glucan과 arabinoxylan이 서로 결합되어 존재한다고 보고하였다. 본 실험에서 사용한 Wood 등의 방법⁽¹⁷⁾을 적용한 여러 보고에서도 crude β -glucan이 60~70%내외의 β -glucan을 포함하였으며 5~20%의 단백질과 소량(2~3%)의 전분이 혼입되어 존재하는 것으로 나타났다^(13,16).

1차 정제한 crude β -glucan에 포함된 arabinoxylan을 제거하기 위하여 30% ammonium sulfate 침전법을 적용하였고 단백질과 전분 가수분해 효소를 처리하여 단

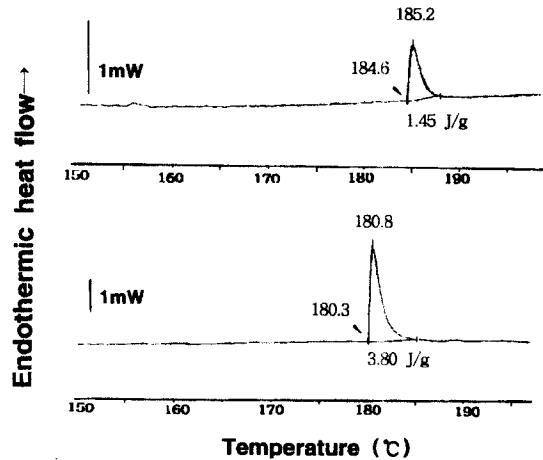


Fig. 2. Thermograms of β -glucan purified from waxy (up) and non-waxy (down) barley by DSC.

났다. Fig. 1의 crude β -glucan 성상은 추출 마지막 단계에 isopropyl alcohol로 침전시켜 건조한 분말상태를 관찰한 것으로, 성글고 거친 스폰지 같은 외관을 나타내었다. Lee는⁽¹³⁾ crude β -glucan의 스폰지 성상으로 인하여 표면적이 크게 증가되므로 β -glucan이 나타내는 강한 수분 흡수력을 설명할 수 있다고 제안하였다. 메성과 찰성보리 crude β -glucan의 성상은 차이가 없었으며 전분입자나 단백질성 물질이 관찰되지 않았다.

정제한 β -glucan은 정제 마지막 단계에서 투석 후 동결건조한 것으로 외형상 솜과 같은 상태였으며 이를 SEM으로 관찰하였다. 정제한 β -glucan의 표면구조는 Fig. 1과 같이 섬유상의 fibril들이 서로 불규칙하게 얽혀 망상의 배열을 이루고 있었으며 메성보리와 찰성보리간에 큰 차이는 없었다.

보리 β -glucan의 용점 및 삼전이 현상

가열에 의한 보리 β -glucan의 변화를 밝히기 위하여 DSC에 의한 β -glucan의 용점 및 β -glucan 수용액의 삼전이 현상을 시험하였다. 정제한 β -glucan을 250°C까지 가열하여 흡열피크를 얻고 용점과 엔탈피를 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. β -Glucan의 용점은 피크와 기준선의 외삽에 의한 결정법⁽²⁶⁾에 따라 찰성 β -glucan이 184.6°C로 메성 β -glucan 180.3°C보다 높았다. 메성 β -glucan 용융피크의 onset이 빨리 시작되었으며 엔탈피도 메성 β -glucan이 컸다. 차 등⁽¹⁴⁾은 늘보리 β -glucan이 184°C의 용점을 갖는 것으로 보고하였으며, TGA (Thermal Gravimetric Analyzer)로 열분해 현상을 측정 한 결과 316~346°C의 고온에서 열분해에 의한 무게감

Fig. 1. Scanning electron micrographs of crude β -glucan extracted from waxy barley (top) and purified β -glucan extracted from waxy (middle) and non-waxy (bottom) barley.

백질 함량을 0.5% 이하로 감소시킨 99% 고순도 2차 정제 β -glucan을 분리하였다(Table 1).

메성 및 찰성보리 β -glucan의 표면구조

β -Glucan의 표면구조는 분리방법과 건조방법에 따라 큰 차이가 있을 것으로 생각되어 SEM으로 관찰한 결과 분리된 β -glucan의 표면구조는 Fig. 1과 같이 나타

Table 2. DSC characteristics of β -glucan purified from waxy and non-waxy barley

Waxy						
Ratio of sample to water	Peak 1			Peak 2		
	Onset Temp.(°C)	Peak Temp.(°C)	Enthalpy (ΔH_1 , J/g)	Onset Temp.(°C)	Peak Temp.(°C)	Enthalpy (ΔH_2 , J/g)
1:50	68.77	73.66	4.7	81.80	84.75	1.6
1:30	68.38	70.06	0.5	81.45	84.55	1.9
1:10	68.38	70.56	0.1	82.48	84.53	0.8
Non-waxy						
Ratio of sample to water	Peak 1			Peak 2		
	Onset Temp.(°C)	Peak Temp.(°C)	Enthalpy (ΔH_1 , J/g)	Onset Temp.(°C)	Peak Temp.(°C)	Enthalpy (ΔH_2 , J/g)
1:50	63.38	70.80	4.6	81.02	83.12	3.7
1:30	63.77	66.33	1.2	80.31	84.12	3.9
1:10	63.47	65.74	0.3	81.04	84.24	3.1

량이 일어나 β -glucan이 열에 매우 안정한 물질임을 보고하였다.

중합체(polymer)의 용점은 온도를 상승시켰을 때 마지막 결정성이 사라지는 온도로 정의되며, 이점을 지나게 되면 점성의 용액상태로 되어 밀도, 굴절율, 열용량, 투명도 등에 변화가 나타나게 된다⁽²⁶⁾. 메성과 찰성보리 β -glucan의 용점이 차이가 나며 메성 β -glucan의 엔탈피가 큰 결과로 볼 때 메성과 찰성보리 β -glucan 구조가 차이가 있을 것으로 추측된다. 또한 β -glucan 추출시 찰성 β -glucan이 추출수율이 높고 더 용이하게 추출된 것과 관련지어 볼 때 메성과 찰성보리 β -glucan의 분자량이 차이가 크거나, $\beta(1\rightarrow3)$ 에 대한 $\beta(1\rightarrow4)$ 결합의 비율과 $\beta(1\rightarrow4)$ -oligoglucoside 길이의 차이 또는 단백질이나 arabinoxylan과 결합 상태가 상이할 가능성이 있는 것으로 추정된다.

보리 β -glucan의 상전이 현상을 측정하기 위하여 20~100 mg/mL 농도로 β -glucan 용액을 제조하였으며 30°C부터 150°C까지 가열하여 흡열피크를 분석하였다. Table 2와 같이 피크온도 68°C와 84°C 부근에서 2개의 흡열피크가 나타났으며, 흡열피크는 β -glucan과 증류수 1:50(w/w)에서 뚜렷하였다. 메성과 찰성 보리 β -glucan의 상전이 현상을 비교한 결과 메성 β -glucan의 1차 흡열피크가 더 낮은 온도에서 진행되었으며 2차 흡열피크 온도는 차이가 없었다. β -Glucan과 증류수 1:30과 1:10(w/w)인 경우 메성 β -glucan의 엔탈피가 컸으며 1:50인 경우는 유사하여 엔탈피는 β -glucan 농도에 따라 차이가 있었으며, 84°C의 2차 피크 엔탈피는 메성 β -glucan과 찰성 β -glucan간 차이가 컸다.

보리 β -glucan의 점도 특성

메성 및 찰성 보리로부터 정제한 β -glucan의 고유점도를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. Specific viscosity

(η_{sp})를 농도로 나눈 환원점도와 농도는 직선관계를 보였으며 0.2 g/dl를 경계로 낮은 농도에서는 찰성보리 β -glucan의 점도가 높았고 0.2 g/dl이상에서는 메성보리 β -glucan의 점도가 높았다. 환원점도를 농도 0인 지점으로 외삽하여 계산한 고유점도($[\eta]$)는 찰성 β -glucan이 2.59 dl/g으로 메성 β -glucan의 1.60 dl/g보다 높았다. 한편 김 등⁽¹⁵⁾은 늘보리에서 분리한 β -glucan 용액의 고유점도가 2.29 dl/g이라고 보고하였다. Fig. 3의 결과로 볼 때 고유점도로 비교한 분자량이 찰성과 메성보리 β -glucan간에 차이가 있는 것으로 나타났으며, 메성보리 β -glucan의 농도 증가에 따른 점도상승이 찰성의 경우보다 큰 것으로 보아 용액상에서의 chain conformation 등에서 차이가 클 것으로 추측된다. 찰성과

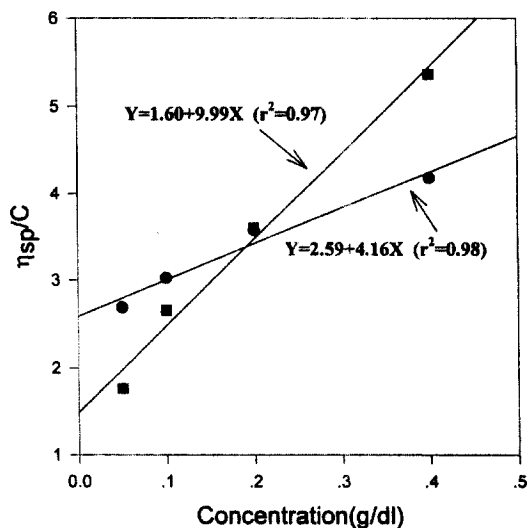


Fig. 3. Viscosity of β -glucan purified from waxy (●) and non-waxy (■) barley at different concentrations. Viscosity was measured with Cannon-Fenske capillary viscometer at 25°C.

메성보리로부터 추출 정제한 β -glucan의 알칼리 추출 수율, DSC 특성 및 점도 결과들의 차이로 볼 때 $\beta(1 \rightarrow 3)$ 결합과 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 결합의 비율, 분자량 등 분자구조적 특성에 차이가 있을 것으로 사료된다.

보리 β -glucan 첨가가 전분의 호화에 미치는 영향

보리는 평균적으로 전분 64%, 단백질 11%, β -glucan 5% 내외로 구성되어 있으므로 보리를 이용한 식품의 물성에 전분과 β -glucan의 특성이 중요하게 작용할 것으로 예상된다. 특히 호화와 노화과정에서 전분과 β -glucan간의 상호작용 효과가 클 것으로 판단되어 호화시 β -glucan 첨가에 의한 점도 변화를 비스코그램으로 검토하였다.

메성 및 찰성 보리로부터 분리한 전분의 호화양상은 Fig. 4와 같이 메성과 찰성간 호화개시온도, 피크 점도, 냉각점도의 차이가 컸다. 호화개시온도는 찰성보리 전분이 61.3°C, 메성전분이 79.4°C로 찰전분의 호화가 빨랐으며 피크점도도 높았다. 전분의 노화경향을 반영하는 50°C 냉각점도와 setback은 메성 보리전분에서 현저하게 높았다.

보리전분에 정제된 β -glucan을 첨가하여 호화시킨 비스코그램 결과 전반적으로 β -glucan의 첨가로 인하여 점도가 증가되었는데 전분호화시 상승작용으로 추정되는 점도 증가는 메성전분에서 현저하였다(Fig. 4).

메성 전분에 β -glucan의 첨가는 초기 점도 상승을 빠르게 하고 피크점도를 크게 상승시켰으며 냉각점도를 증가시켰다. 한편 β -glucan용액을 단독으로 RVA로 비스코그램을 측정하였을 때는 20 RVU 이하의 낮은 점도를 나타냈으며 온도 프로그램에 따른 점도 변화가 없었다. 따라서 점도 상승 결과는 전분과 β -glucan의 상호작용에서 기인한 것으로 판단되었다. 성 등⁽¹⁶⁾도 보리전분에 시판 β -glucan과 crude β -glucan을 혼합하여 호화시켰을 때 점도상승을 보고하였다. 상호작용 기작으로는 다음과 같은 여러 요인이 작용할 것으로 추정된다. 전분계에 점도를 상승시키는 검류를 첨가하였을 때 전분분자에 미치는 전단력 (shear force)의 증가 및 물분자에 대하여 전분과 β -glucan분자가 서로 경쟁함에 따른 점도 상승으로 해석할 수 있다. 또한 호화과정에서 전분분자의 팽윤과 아밀로오스의 용출이 일어나고 분자사이의 회합이 진행될 때 β -glucan이 network 형성을 촉진하는 역할을 할 것으로 해석할 수 있다. 특히 아밀로오스가 거의 없어 network 형성이 약한 찰성 전분보다 메성 전분에 β -glucan을 첨가하였을 경우 상승효과가 큰 것으로 볼 때 후자에 의한 효과가 우세하게 작용할 것으로 사료된다. Lee⁽¹³⁾도 밀전분에 carboxymethylcellulose와 β -glucan을 각각 첨가하여 아밀로그래프의 점도 상승을 보고하였으며, 밀반죽과 빵의 물성에 미치는 영향을 연구하여 β -glucan 첨가가 수분 흡수량 증가, 가스보유로 빵 부피의 증가 효과를 초래한다고 보고하였다. 또한 Prentice 등⁽²⁷⁾도 제빵시 보리가루의 첨가에 의한 반죽 리올로지 변화를 보고한 바 있다.

β -Glucan을 식품 첨가 검류로 이용할 경우 천연 검류라는 장점과 생리기능성의 장점을 식품에 부여할 수 있으므로 β -glucan의 이용 확대를 위해서 전분 및 각종 식품의 주성분과의 상호작용과 물성에 미치는 영향에 대한 분자수준의 체계적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 β -glucan의 보리 내에서의 존재 형태, 용해 상태의 정상 및 물성과의 관련성에 대한 연구도 향후 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

찰성(waxy) 및 메성(non-waxy) 보리로부터 β -glucan을 분리, 정제하였고 정제한 β -glucan의 표면구조, DSC 특성, 고유점도를 비교하였으며 β -glucan의 첨가가 보리전분의 호화특성에 미치는 영향을 조사하였다. 보리의 총 β -glucan 함량은 찰성보리가 6.5%, 메성보리가 5.3%였다. 알칼리 추출 후 1차 정제한 crude β -glucan

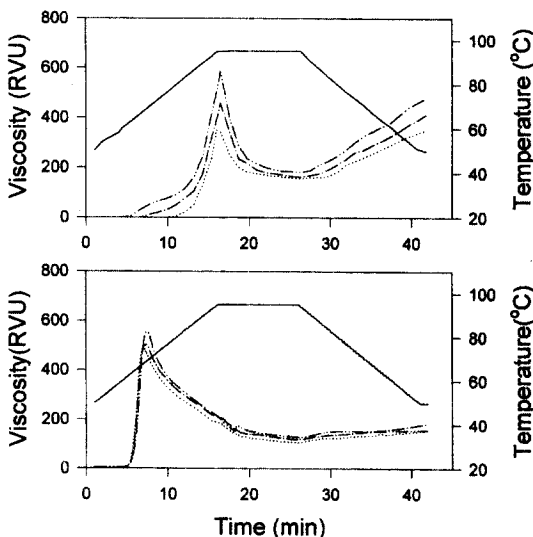


Fig. 4. Effect of β -glucan purified from non-waxy (up) and waxy (down) barley on RVA characteristics of barley starch.
 Starch (10%), ---- Starch (10%)+ β -glucan (0.05%),
 -.-.- Starch (10%)+ β -glucan(0.1%), — Temperature

의 β -glucan 함량은 찰성보리가 62.9%, 메성보리가 59.2%였으며, 수율은 찰성보리가 5.54 %로 메성보리의 수율 3.34%보다 높았다. 2차 정제한 β -glucan의 수율도 찰성이 4.46%로 메성의 2.59%보다 높았다. SEM으로 관찰한 정제 β -glucan의 표면구조는 섬유상의 fibril들이 서로 얽힌 망상의 배열을 이루고 있었다. DSC로 측정된 용점은 찰성보리 β -glucan이 184.6°C로 메성의 180.3°C 보다 높았고 겔화에 의한 상전이는 68°C와 84°C 부근에서 2개의 흡열피크로 나타났으며 찰성 β -glucan의 엔탈피 값이 작았다. 정제한 β -glucan의 고유점도는 메성보리보다 찰성보리 β -glucan이 더 컸다. 보리전분에 β -glucan을 첨가하여 호화시켰을 때 상승작용으로 비스코그램의 점도를 증가시켰으며 그 효과는 메성전분에서 현저하였다.

문 헌

- Woodward, J.R., Philips, D.R. and Finchner, G.B. Water-soluble (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -glucans from barley (*Hordeum Vulgare*) endosperm I. Physicochemical properties. *Carbohydr. Poly.* 3: 143-156 (1983)
- Woodward, J.R., Fincher, G.B. and Stone, B.A. Water-soluble (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -glucans from barley (*Hordeum Vulgare*) endosperm II. Fine structure. *Carbohydr. Poly.* 3: 207-225 (1983)
- Prentice, N., Babler, S. and Faber, S. Enzymatic analysis of β -D-glucans in cereal grains. *Cereal Chem.* 57: 198-202 (1980)
- Newman, R.K., Lewis, S.E., Newman, C.W., Boik, R.J. and Ramage, R.I. Hypocholesterolemic effects of barley foods on healthy men. *Nutr. Rep. Inst.* 34: 749-760 (1989)
- Lee, Y.T. and Lee, C.K. Effect of varietal variation in barley on β -glucan and melting quality characteristics. *Kor. J. Food Sci. and Technol.* 26: 172-177 (1994)
- Hockett, E.A., McGuire, C.F., Newman, C.W. and Rentice, N. The relationship of barley β -glucan content to agronomic and quality characteristics. *Barley Genetics V*: 851-860 (1987)
- Ullrich, S.E., Clancy, J.A., Eslick, R.F. and Lance, R.C.M. β -glucan content and viscosity of extracts from waxy barley. *J. Cereal Sci.* 4: 279-285 (1986)
- Bamforth, C.W. Barley β -glucans, The role in malting and brewing. *Brewer's Digest June*: 22-35 (1982)
- Newman, R.K., Newman, C.W. and Graham, H. The hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods Worlds* 34: 883-886 (1989)
- Wood, P.J., Braaten, J.T., Scott, F.W., Riedel, K.D., Wolynetz, M.S. and Collins, M.W. Effect of dose and modification of viscous properties of oat gum on blood glucose and insulin following as oral glucose load. *Brit. J. Nutr.* 72: 731-743 (1994)
- Autio, K., Myllymaki, O. and Malkki, Y. Flow properties of solutions of oat beta-glucans. *J. Food Sci.* 52: 1364-1366 (1987)
- Doublier, J. and Wood, P.J. Rheological properties of aqueous solutions of (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucan from oats (*Avena sativa* L.). *Cereal Chem.* 72: 335-340 (1995)
- 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)
- Cha, H.S., Kim, M. and Koo, S.J. A study on the thermal characterization of barley β -glucan [mixed-linked (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucan] by Differential Scanning Calorimetry. *Kor. J. Food Sci. Tech.* 25: 22-27 (1993)
- Kim, M.O., Cha, H.S. and Koo, S.J. Studies on rheological characteristics of barley β -glucan [mixed-linked (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucan]. *Kor. J. Food Sci. Tech.* 25: 15-21 (1993)
- 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. *Kor. J. Food Sci. Tech.* 31: 644-650 (1999)
- Wood, P.J., Paton, D. and Siddique, I.R. Determination of β -glucan in oats and barley. *Cereal Chem.* 54: 524-533 (1977)
- Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA (1983)
- McCleary, B.V. and Glennie-Holmes, M. Enzymatic quantification of (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucan in barley and malt. *J. Inst. Brew.* 91: 285-295 (1985)
- 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)
- Bourne, D.T. and Wheeler, R.E. Environmental and varietal differences in total β -glucan contents of barley and the effectiveness of its breakdown under different malting conditions. *J. Inst. Brew.* 90: 306-310 (1984)
- Henry, R.J. Genetic and environmental variation in the pentosan and β -glucan contents of barley, and their relation to malting quality. *J. Cereal Sci.* 4: 269-277 (1986)
- Aman, P. and Graham, H. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -glucans in barley and oats. *J. Agric. Food Chem.* 35: 704-709 (1987)
- Newman, R.K., Newman, C.W., Fadel, J. and Graham, H. Nutritional implications of β -glucans in barley. *Barley Genetics V*: 773-780 (1987)
- Forrest, I.S. and Wainwright, T. The mode of binding of β -glucans extracted from barley at different temperatures. *Carbohydr. Res.* 83: 279-286 (1977)
- McNaughton, J.L. and Mortimer, C.T. Differential Scanning Calorimetry, Perkin-Elmer Corporation, Connecticut, Norwalk (1975)
- Prentice, N., Burger, W.C. and D'Appolonia, B.C. Rolled high-lysine barley in breakfast cereal, cookies and bread. *Cereal Chem.* 56: 413-416 (1979)