

## $\beta$ -Glucan 추출에 미치는 온도, 용매 농도 및 pH의 영향

이상훈 · 장귀영 · 김기종\* · 이미자\* · 김태집 · 이준수 · 정현상

충북대학교 식품공학과, \*국립식량과학원 벼맥류부

### Effect of Temperature, Solvent Concentration, and pH on the $\beta$ -Glucan Extraction

Sang Hoon Lee, Gwi Yeong Jang, Kee Jong Kim\*, Mi Ja Lee\*, Tae Jip Kim,  
Junsoo Lee and †Heon Sang Jeong

Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

\*Division of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, Iksan 570-080, Korea

#### Abstract

This study investigated the effects of temperature, solvent concentration, and pH on the  $\beta$ -glucan extraction. Oat bran  $\beta$ -glucan was extracted with different extraction conditions, using various combinations of experiment factors, such as temperature (40, 45, 50, 55, and 60°C), ethanol concentration (0, 5, 10, 15, and 20%), and pH (5, 6, 7, 8, and 9). Under the various extraction conditions,  $\beta$ -glucan extraction rate and overall mass transfer coefficient of oat bran  $\beta$ -glucan, and viscosity of oat bran extracts were investigated. As increasing the extraction time, the extraction rate of  $\beta$ -glucan increased. The overall mass transfer coefficient of  $\beta$ -glucan ranged from  $3.36 \times 10^{-6}$  to  $8.55 \times 10^{-6}$  cm/min, indicating the lowest at the extraction condition of 45°C, 15% and pH 8, and the highest at 50°C, 0% and pH 7. It was significantly greater with increasing extraction temperature and decreasing ethanol concentrations of extraction solvent, except for solvent pH. There were positive correlations among the overall mass transfer coefficient, the extraction rate of  $\beta$ -glucan, and the viscosity of extract.

Key words: oat bran  $\beta$ -glucan, extraction conditions, extraction rate, viscosity, overall mass transfer coefficient

#### 서 론

$\beta$ -Glucan이란 glucose가 2개 또는 3개 이상  $\beta$ -결합되어 있는 쇄상의 비전분성 다당류(linear nonstarch polysaccharide)로  $\alpha$ -glucan인 전분과 구분되며, pectin, gums, soluble hemicellulose 등과 함께 수용성 식이섬유의 일종으로 오래 전부터 연구되어 왔다(Bamforth CW 1982). 곡류  $\beta$ -glucan은 주로 알곡 배유 세포벽의 주된 구성성분으로 존재하며, 호밀(rye) 1.4%, 밀 0.8%, 옥수수 0.5~1.4%, 콩 2.9%, 완두콩 1.4% 정도 함유되어 있고(Genc 등 2001), 보리 및 귀리에는 품종이나(Welch & Lloyd 1989) 환경(Brunne & Freed 1994)에 따라 다양하지만, 일반적으로 3.0~6.9% 및 2.2~4.2% 정도로 다른 곡류에 비

하여 많은 양이 함유되어 있다(Aman & Graham 1987).

$\beta$ -Glucan의 추출은 고-액 추출 조작에 의해 이루어지며, 용매로 산이나 알칼리를 사용하기도 하나, 물 추출이 가장 일반적이고, 분석적인 방법에 따라 물이나 buffer에 잘 용해되는 수용성  $\beta$ -glucan인 gum과 잘 녹지 않는 불용성  $\beta$ -glucan인 hemicellulose로 분류할 수 있다(Bamforth CW 1982). 물 중에서  $\beta$ -glucan은 팽창되어 점차적으로 녹게 되는데, 이 때 용해도는 추출온도, 수분함량, 수분침투와 용해된 물질의 확산을 저해하는 장애요인들에 의하여 영향을 받게 된다(Beer 등 1996).  $\beta$ -Glucan의 추출 전에 에탄올로 가열하여  $\beta$ -glucan 분해효소를 불활성화 시키고 가용성 소당류를 제거하면 수율은 감소하나, 순도 높은  $\beta$ -glucan을 얻을 수 있다(Fleming

† Corresponding author: Heon-Sang Jeong, Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea, Tel: +82-43-261-2570, Fax: +82-43-271-4412, E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr

& Kawakami 1977). 곡류의  $\beta$ -glucan은 보리 및 귀리의 배유 세포벽 내의 전분, 단백질 및 pentosan(arabinoxylan)과 복잡하고 단단하게 결합되어 있어 추출조건 및 방법에 따라 추출율이 크게 달라지며, 추출되는  $\beta$ -glucan의 특성도 달라지게 된다(Forrest & Wainwright 1977; Miller 등 1995; Izydorczyk & MacGregor 2000).  $\beta$ -Glucan은 추출온도가 높아질수록(Woodward 등 1988), 산이나 알칼리성일수록(Bhatty RS 1993; Bhatty 등 1991) 추출량이 증가하며, 추출온도에 따라 1→4 결합 비율과 1→4 결합 block의 크기 및 1→3 결합의 출현빈도 등이 달라지고(Fleming & Kawakami 1977), 침전용매(ammonium sulfate)의 농도에 따라서도 1→4 결합비와 분자량이 달라지며(Dawkins & Nnanna 1993), 에탄올 침전, 투석과 원심분리 등 분리 방법에 따라서도 용해성에 차이가 있다(Beer 등 1996).

추출조건을 조절하여  $\beta$ -glucan의 추출율을 높이기 위해서는 추출과 관련된 인자인 추출온도, 용매의 pH, 용매의 종류, 용매의 이온강도, 용매의 첨가비율 및 추출시간 등을 조절함으로써 가능해질 수 있는데, 추출온도의 영향(Wood 등 1978), pH의 영향(Bhatty RS 1993), 추출온도와 pH의 영향(Dawkin & Nnanna 1993) 등 다양한 연구가 진행되었지만,  $\beta$ -glucan의 함량이 많은 저층에 대한 추출조건 최적화 및 특성 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는  $\beta$ -glucan의 추출에 미치는 추출조건에 영향을 살펴보기 위하여 추출시 유효인자가 될 것으로 예측되는 추출온도(40~60°C), 추출용매의 에탄올 농도(0~20%) 및 pH(5~9)를 조합하여 중심합성계획법으로 설계하여  $\beta$ -glucan의 추출특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 일반성분 분석

본 실험에 사용한 귀리는 껍질을 제거한 다음, 건식 제분하여  $\beta$ -glucan 함량이 높은 분획을 분리하여 모은 시판 귀리겨(OBC, oat bran concentrate, Finland) 분말을 (주)보락으로부터 공급받아 사용하였으며, 시료의  $\beta$ -glucan 함량은 15.5%, 단백질은 22.9%, 전분은 22.8%, 지방은 7.8%, 그리고 회분은 6.4%이었다.

### 2. 중심합성계획법에 의한 추출조건

$\beta$ -Glucan의 추출에 미치는 추출온도, 추출용매의 농도 및 pH의 영향을 살펴보기 위하여 이들을 주요 독립변수로 설정하여 중심합성계획법(central composite design, CCD)에 따라 실험설계를 하였다(Cochran & Cox 1957). 독립변수( $X_n$ )는 추출온도(40~60°C;  $X_1$ ), 추출용매의 농도 (0~20%;  $X_2$ ) 및 추출용매의 pH(5~9;  $X_3$ )로 설정하였으며, 실험 모델은 Table 1과 같이 5단계로 부호화하여 15개 구간으로 설정하여 추출하였

다. 종속변수( $Y_n$ )로는 총괄물질전달계수( $Y_{KL}$ )와 점도( $Y_{viscosity}$ )로 하였고, 독립변수와 종속변수 간의 관계를 조사하였다.

### 3. $\beta$ -Glucan의 추출

귀리겨 5 g에 pH와 추출용매의 알코올농도를 Table 1과 같이 조절한 추출용매 50 mL를 100 mL 용량의 삼각플라스크에 넣고, 온도가 조절된 항온기(HB-205WM, Hanbaek Sci Co. Ltd., Gyeonggi, Korea)에서 150 rpm으로 60, 120 및 180분 동안 교반 추출한 후에 2,000×g에서 10분간 원심분리(VS-6000CHN, Vision Sci Co. Ltd., Deajeon, Korea)하여  $\beta$ -glucan 추출물을 얻어 추출특성 분석용 시료로 사용하였다.

### 4. $\beta$ -Glucan 함량 분석

$\beta$ -Glucan 함량은  $\beta$ -D-glucan assay kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)를 이용하여 McCleary & Glennie-Holmes(1985)의 방법으로 측정하였다. 즉, 귀리겨(100 mg) 또는 crude  $\beta$ -glucan (50 mg)에 50% 에탄올 0.2 mL와 20 mM sodium phosphate buffer(pH 6.5) 4.0 mL를 순차적으로 가하여 5분씩 교반하고, 끓는 물에서 3분간 방치 후 lichenase(10 U) 0.2 mL를 가하여 50°C에서 1시간 효소처리 하였다. 효소처리액에 200 mM sodium acetate buffer(pH 4.0) 5.0 mL를 가하여 반응을 종료시킨 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 상등액 0.1 mL를 3개의 test tube에 넣고, 하나의 test tube에는 50 mM sodium acetate buffer(pH 6.0) 0.1 mL를 가하고, 나머지 test tube에는  $\beta$ -glucosidase(10 U) 0.1 mL를 가하여 50°C에서 10분간 배양하였다. 배양액에 GOPOD(glucose oxidase/peroxidase) 3.0 mL를 가하고 50°C에서 20분간 배양한 후 510 nm에서 흡광도를 측정(spectrophotometer UV-1650 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)하여  $\beta$ -glucan의 함량을 계산하였다. 귀리겨 추출물의  $\beta$ -glucan 함량은 추출물 중 5 mL를 취하여 증류수로 4배 희석하고, 그 중 0.1 mL를 취하여 lichenase(10 U) 0.2 mL를 가하여 50°C에서 1시간 효소처리한 후 상기와 동일한 방법에 따라 정량하였다.

### 5. 점도 측정

귀리겨 추출물의 점도 측정은 온도 jacket과 소량의 시료 측정용 adaptor가 부착된 점도계(Brookfield DV-II<sup>+</sup>, Brookfield engineering laboratory, Inc. USA)를 사용하였다. 즉, 8 mL의 귀리겨 추출물을 adaptor에 장착한 후 4°C에서 spindle No. 18을 이용하여 30 rpm으로 측정하였으며, rpm 값은 환산계수 1.32를 곱하여 전단속도(39.6 sec<sup>-1</sup>)로 환산한 후 점도(cP)를 측정하였다.

### 6. 추출속도 계산

귀리겨 추출 상등액 중의  $\beta$ -glucan 함량을 측정하여 추출 속도 계산에 사용하였다. 추출속도는 물질이동속도에 의한 방정식으로부터 얻을 수 있다. 즉, 원료물질이 많은 물질은 용매가 얻은 물질의 양과 같으므로 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$dM = V \cdot dC \quad (1)$$

여기서  $M$ 은 원료물질 속 용질의 양이며,  $C$ 는 용매 속 용질의 양이고,  $V$ 는 용액의 총 부피이다. 또한, 물질이동속도 ( $dM/dt$ )는 고체접촉영역과 용매에 전달되는 성분 용질의 농도차이, 접촉면적 및 순수한 용질의 물질이동계수에 따라 추진력을 얻게 되며, 두 상(phase)에 의해 생성된 계면의 두께에 의해서는 저항을 받게 되어 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dM}{dt} = \frac{kA(C_s - C)}{b} \quad (2)$$

이 식에서  $k$ 는 용질의 확산계수,  $A$ 는 원료물질의 표면적,  $C_s$ 는 용액 속 용질의 포화농도,  $b$ 는 표면에서 용매쪽으로 경계막의 두께를 나타낸다. 따라서 식 (1)과 식 (2)로부터 추출 방정식 (3)을 얻을 수 있다.

$$\frac{dC}{dt} = \frac{kA}{Vb} (C_s - C) \quad (3)$$

이 식을 적분하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\ln \frac{(C_s - C_0)}{(C_s - C)} = \frac{kA}{Vb} t \quad (4)$$

식 (4)를 이용하여 반대수 그래프로 나타내면 그 기울기로부터  $k$ 값을 구할 수 있는데, 실제로는  $b$ 를 측정하기가 곤란하므로  $k/b=K_L$ 이라고 하여 기울기로부터  $K_L$ 값을 구할 수 있다. 이때  $K_L$ 값을 총괄물질전달계수(overall mass transfer coefficient)라고 하며, 회분식 추출에서 중요한 계수로 사용되고 있다.

## 7. 표면적 측정

원료의 비표면적은 비표면적 측정기(Autopore III 9420, Micromeritics, USA)에 질소를 주입하면서 질소의 함량 변화로부터 비표면적을 측정하였으며, 추출 시 사용한 총 시료의 표면적으로 환산하여 추출속도 계산에 이용하였다.

## 8. 통계분석

실험 결과는 SAS(statistical analysis system)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(Analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다( $p=0.05$ ).

## 결과 및 고찰

### 1. $\beta$ -Glucan의 추출속도

추출온도, 추출용매의 에탄올 농도 및 pH가 귀리겨  $\beta$ -glucan의 추출특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 중심합성계획법에 의해 설계된 15개의 실험조건에서 시료에 10배량의 용매를 가한 다음 60, 120 및 180분 동안 추출하여 얻은 추출물 중  $\beta$ -glucan 함량을 측정하여 추출시간에 대한  $\beta$ -glucan의 추출율을 구한 결과는 Fig. 1과 같다. 60분 추출시 13.1~35.9% 범위로 7번(45°C, 15%, pH 6) 분획이 가장 낮았고, 12번(50°C, 0%, pH 7) 분획에서 가장 높게 나타났다. 120분 추출시 17.5~37.0% 범위로 11번(50°C, 20%, pH 7) 분획이 가장 낮았고, 12번(50°C, 0%, pH 7) 분획에서 가장 높게 나타났다. 또한 180분 추출시 19.7~43.80% 범위로 8번(45°C, 15%, pH 8) 분획이 가장 낮았고, 2번(55°C, 5%, pH 8) 분획에서 가장 높게 나타났다. 추출시간에 따른  $\beta$ -glucan 추출속도는 추출 초기에 급격히 증가하였으나, 이후에는 그 폭이 점차 감소하였으며, 이에 따라 추출시간은 추출이 활발히 진행되는 60분으로 선정하는 것이 바람직하다고 판단된다. Lee YT(1996)의 귀리  $\beta$ -glucan이 60분 추출시 70%까지 추출되었으나, 이후 추출시간이 증가함에 따라 추출율이 거의 증가하지 않았다는 보고와 유사하며, 오미자 열수추출공정(Kwon 등 1999) 및 고추 중 oleoresin의 추출공정(Lee & Chang 2002) 등에서도 유사한 결과를 보였다. 이처럼 추출 초기에 추출속도가 높은 것은 추출원료 내의 용질 농도와 용매 중 용질의 농도 차이에 비례하여 추진력을 얻게 되며, 추출시간이 경과함에 따라 그 농도 차이는 작아져 추출속도가 감소하기 때문이다(Chun 등 2002). 또한 본 연구의 추출조건에서는 용매의 첨가비가 원료의 10배로 비교적 적은 양이므로 추출시 단시간 내에 포화농도에 도달한 것으로 판단된다.

### 2. $\beta$ -Glucan의 총괄물질전달계수

총괄물질전달계수는 회분식 추출공정에서 사용되는 중요한 계수로서, 식 (4)로부터 얻은  $\ln[(C_s - C_0)/(C_s - C)]$ 와 시간( $t$ )에 대하여 나타낸 추출곡선의 기울기로부터 시료의 표면적 ( $A$ )와 추출용매의 부피( $V$ )를 대입하여 계산할 수 있다.  $A$ 는 비표면적 측정결과가 0.3469 m<sup>2</sup>/g이었으므로 총 시료 500 g에 대한 면적으로 환산하여 계산하였다. 중심합성계획법에 의해 설계한 15개 실험구간에 대한  $\beta$ -glucan의 추출곡선을 Fig. 2

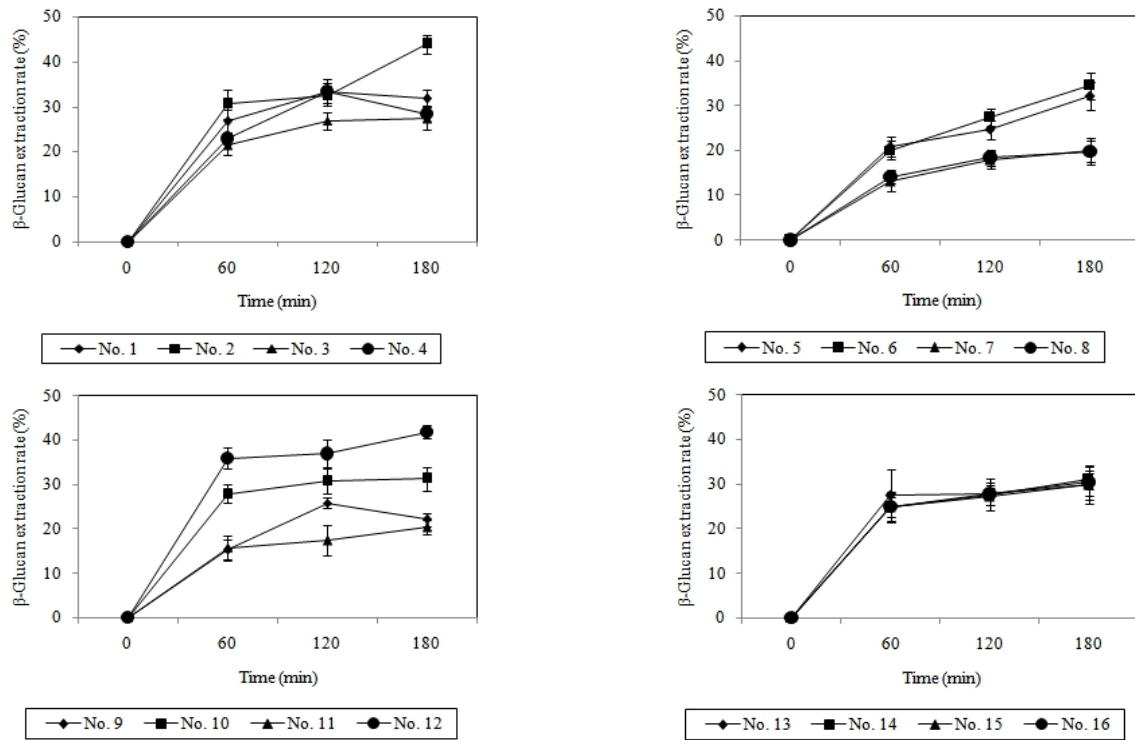


Fig. 1. Extraction rate of  $\beta$ -glucan from oat bran with different extraction condition by central composite design. The symbol numbers of the sample are the same as shown in Table 1.

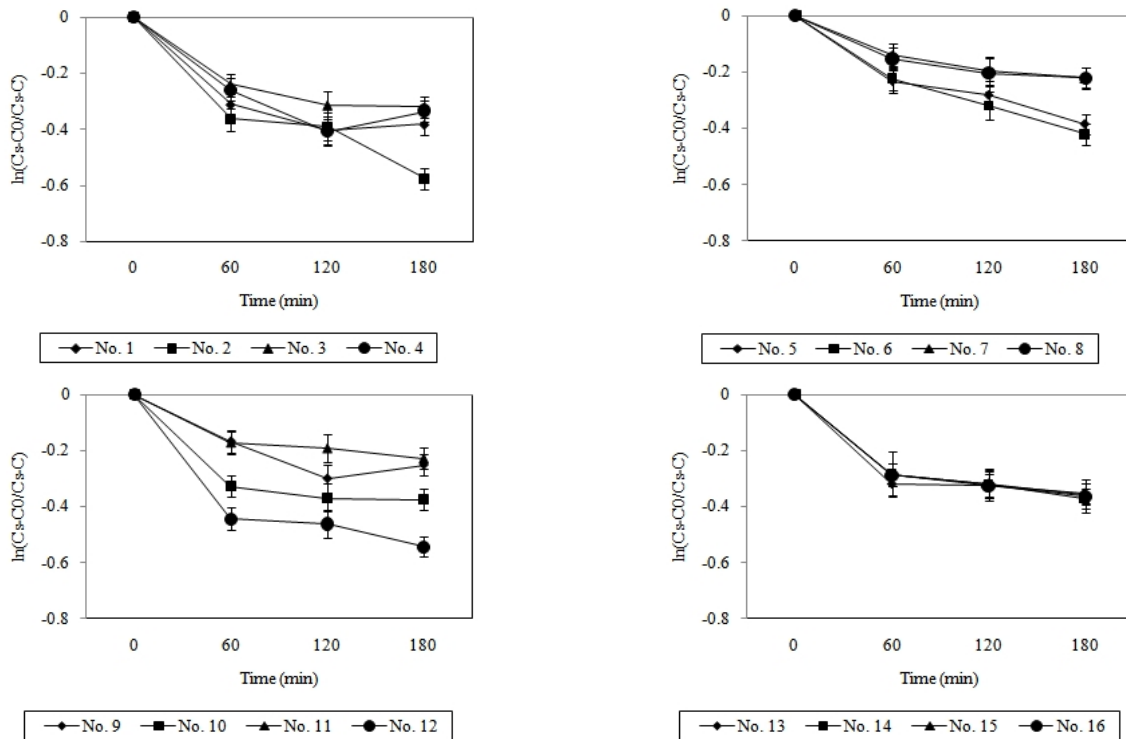


Fig. 2. Extraction curve of  $\beta$ -glucan from oat bran with different extraction condition by central composite design. The symbols numbers of the sample are the same as shown in Table 1.

에 나타내었으며, 이 곡선으로부터 계산된 총괄물질전달계수를 Table 1에 나타내었다. 총괄물질전달계수는  $3.363 \sim 8.552 \times 10^{-6}$  cm/min 범위로 7번(45°C, 15%, pH 6)과 8번(45°C, 15%, pH 8) 분획에서 가장 낮고, 12번(50°C, 0%, pH 7) 분획이 가장 높게 나타났다. 총괄물질전달계수는 추출온도 및 추출용매의 농도에 대하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으나 ( $p < 0.05$ ), 추출용매의 pH에 의해서는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한 낮은 추출온도에서는 추출용매의 농도가 낮을수록, 높은 추출온도에서는 추출용매의 농도가 높을수록 총괄물질전달계수가 증가하는 것으로 나타났다(Table 2). Fleming & Kawakami(1977)는 추출온도가 증가함에 따라  $\beta$ -glucan의 추출량이 증가한다고 보고하였으며, Wood 등(1978)은 낮은 추출온도에서  $\beta$ -glucan의 추출효율이 낮지만, 전분의 겔화와 추출물의 오염을 방지하기 위한 최적추출온도는 45°C라고 보고하였다. 추출용매인 에탄올의 농도가 높을수록  $\beta$ -glucan의 추출량이 감소하는 것은 에탄올이 추출액 중

**Table 2. Analysis of variance for overall mass transfer coefficient of  $\beta$ -glucan from oat bran and apparent viscosity of oat extracts with different extraction conditions**

Factors	DF	F-value	
		Overall mass transfer coefficient	Apparent viscosity
Extraction temperature	4	2.70*	2.15
Solvent concentration	4	3.10*	13.58**
Solvent pH	4	0.96	1.82

\*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ .

단백질 및 펙틴 등의 고분자 화합물과 반응하여 일부 침전되어 원심분리 과정 중에 손실이 일어났기 때문으로 판단되며, 세포벽에서 에탄올은 탈수와 수축으로 인하여 다른 구성요소들로부터  $\beta$ -glucan의 분리를 어렵게 만든다(Lee KH 2002). 한편, 추출용매의 pH에 의한  $\beta$ -glucan의 추출량 변화는 전

**Table 1. Overall mass transfer coefficient and apparent viscosity of  $\beta$ -glucan from oat bran concentrate with different extraction condition by the central composite experimental design**

Variables	Level				
	-2	-1	0	1	2
Extraction temperature, °C ( $X_1$ )	40	45	50	55	60
Solvent concentration, % ( $X_2$ )	0	5	10	15	20
Solvent pH, pH ( $X_3$ )	5	6	7	8	9

Exp. No <sup>1)</sup>	Code variables			Real variables			Overall mass transfer coefficient ( $\times 10^{-6}$ , cm/min)	Apparent viscosity (cP)
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1$	$X_2$	$X_3$		
1	+1	-1	-1	55	5	6	5.573 <sup>bcd2)</sup>	99.8 <sup>a</sup>
2	+1	-1	+1	55	5	8	7.975 <sup>ab</sup>	99.7 <sup>a</sup>
3	+1	+1	-1	55	15	6	4.804 <sup>cd</sup>	11.5 <sup>de</sup>
4	+1	+1	+1	55	15	8	5.573 <sup>bcd</sup>	9.9 <sup>c</sup>
5	-1	-1	-1	45	5	6	5.861 <sup>bcd</sup>	98.5 <sup>a</sup>
6	-1	-1	+1	45	5	8	6.726 <sup>abc</sup>	98.4 <sup>a</sup>
7	-1	+1	-1	45	15	6	3.459 <sup>d</sup>	5.3 <sup>f</sup>
8	-1	+1	+1	45	15	8	3.363 <sup>d</sup>	7.0 <sup>f</sup>
9	-2	0	0	40	10	7	3.940 <sup>cd</sup>	10.2 <sup>de</sup>
10	+2	0	0	60	10	7	5.092 <sup>bcd</sup>	100.1 <sup>a</sup>
11	0	+2	0	50	20	7	3.651 <sup>d</sup>	11.0 <sup>de</sup>
12	0	-2	0	50	0	7	8.552 <sup>a</sup>	98.8 <sup>a</sup>
13	0	0	+2	50	10	9	5.093 <sup>cd</sup>	12.0 <sup>d</sup>
14	0	0	-2	50	10	5	5.477 <sup>bcd</sup>	17.3 <sup>b</sup>
15	0	0	0	50	10	7	5.285 <sup>bcd</sup>	15.3 <sup>c</sup>
16	0	0	0	50	10	7	5.477 <sup>bcd</sup>	15.2 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> The number of experimental condition by central composite design.

<sup>2)</sup> Values with different letters on the column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

분의 호화온도가 pH 5~7일 때 52~78°C 범위지만, 산성이나 알칼리성일 때는 더 낮은 온도에서도 쉽게 호화되므로, 중성일 때보다 산성이나 알칼리성일 때 전분의 추출량이 증가하여  $\beta$ -glucan의 추출량이 증가한 것으로 생각되며, 이러한 결과는 pH 10일 때 보리 추출물의 수율이 pH 7일 때보다 높았다는 Bhatti RS(1993)의 연구결과와 유사하였다. 또한 50~60°C 범위에서 pH 8.0보다 10.5일 때 귀리 gum의 수율이 향상되었다고 보고하였으며, Carr 등(1990)이 알칼리 추출시  $\beta$ -glucan의 추출효율이 가장 높았다는 보고와 유사하였다.

### 3. $\beta$ -Glucan의 점도

추출조건별  $\beta$ -glucan 수용액의 점도를 4°C에서 39.6 sec<sup>-1</sup>의 전단속도로 측정된 결과는 Table 1과 같다. 추출조건별 점도는 5.3~101.1 cP 범위로 추출조건에 따라 유의적인 차이를 보였으며, 추출용매의 에탄올 농도에 의해 유의적으로 영향을 받았다. Duncan의 grouping한 결과, 1번, 2번, 5번, 6번, 10번 및 12번 분획이 약 98~100 cP 범위로 가장 높았고, 7번 및 8번 분획이 10 cP 이하로 가장 낮은 그룹으로 나타났다. 이는 총괄물질전달계수가 12번 분획에서 높고, 7번 및 8번 분획에서 낮았던 결과와 유사하였으므로, 추출물의 점도와  $\beta$ -glucan의 추출을 그리고 총괄물질전달계수와와의 상관관계를 조사한 결과(Table 3), 추출물의 점도는  $\beta$ -glucan의 총괄물질전달계수(0.6438) 및 추출율(0.9100)과 정의 상관관계를 보였으며, 추출율과의 상관성이 더 높았다. 이는 추출물의 점도가  $\beta$ -glucan의 함량이나 추출속도와 밀접한 관련이 있음을 의미하는 것으로, 본 추출조건 하에서  $\beta$ -glucan의 추출율이 증가한 것으로 생각된다.

## 요 약

추출조건에 따른 귀리겨  $\beta$ -glucan의 추출조건을 확립하기 위하여 추출온도(40~60°C), 추출용매의 에탄올 농도(0~20%) 및 pH(5~9)를 변수로 중심합성계획법으로 설계하여  $\beta$ -glucan

**Table 3. Correlation coefficients among overall mass transfer, solubility of  $\beta$ -glucan and apparent viscosity of oat bran extracts**

Factors	Apparent viscosity	Extraction rate	Overall mass transfer coefficient
Apparent viscosity	1.000	0.9100**	0.6438**
Extraction rate		1.000	0.7400**
Overall mass transfer coefficient			1.000

\*\* :  $p < 0.01$ .

의 추출특성을 조사하였다. 추출시간의 증가에 따라  $\beta$ -glucan의 추출속도는 추출초기에 급격히 증가하였으나, 이후에는 완만하였다. 총괄물질전달계수는 3.363~8.552×10<sup>-6</sup> cm/min 범위로 낮은 추출온도에서는 추출용매의 농도가 낮을수록, 높은 추출온도에서는 추출용매의 농도가 높을수록 증가하였지만 pH에 의한 영향은 적은 것으로 나타났다. 추출용매의 pH는 중성일 때보다 산성이나 알칼리성일 때  $\beta$ -glucan의 추출량이 증가하였다. 추출조건에 따라서  $\beta$ -glucan 수용액의 점도는 유의적인 차이를 보였으며, 총괄물질전달계수가 높을수록 crude  $\beta$ -glucan 수용액의 점도가 높게 나타났으며, 점도, 추출율 및 총괄물질전달계수의 상관관계를 분석한 결과, 각각의 요인들이 높은 양의 상관관계( $p < 0.01$ )를 나타내었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구비 지원(과제번호 PJ0082422012)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Aman P, Graham H. 1987. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1→3),(1→4)- $\beta$ -D-glucans in barley and oats. *J Agric Food Chem* 35:704-709
- Bamforth CW. 1982. Barley  $\beta$ -glucans. The role in malting and brewing. *Brewer's Digest* 22-28
- Beer MU, Arrigoni E, Amado R. 1996. Extraction of oat gum from oat bran: Effects of process on yield, molecular weight distribution, viscosity and (1→3)(1→4)- $\beta$ -D-glucan content of the gum. *Cereal Chem* 73:58-62
- Bhatti RS, MacGreger AW, Rossnagel BG. 1991. Total and acid-soluble  $\beta$ -glucan content on hullless barley and its relationship to acid-extract viscosity. *Cereal Chem* 68:221-227
- Bhatti RS. 1993. Extraction and enrichment of (1→3, 1→4)- $\beta$ -D-glucans from barley and oat brans. *Cereal Chem* 70:73-77
- Brunne BR, Freed RD. 1994. Oat grain  $\beta$ -glucan content as affected by nitrogen level, location and year. *Crop Sci* 34:473-476
- Carr JM, Glatler S, Jeraci JL, Lewis BA. 1990. Enzymic determination of  $\beta$ -glucan in cereal-based food products. *Cereal Chem* 67:226-229
- Chun JK, Kim GH, Mok CK, Lee SJ, Kwon YA. 2002. Food Engineering. McGraw-Hill Press, Seoul, Korea
- Cochran WG, Cox GM. 1957. Experimental Designs (2nd ed.). John Wiley & Sons Inc., London, UK
- Dawkins NL, Nnanna IA. 1993. Oat gum and  $\beta$ -glucan extraction

- from oat bran and rolled oats: Temperature and pH effects. *J Food Sci* 58:562-566
- Fleming M, Kawakami K. 1977. Studies of the fine structure of  $\beta$ -D-glucans of barleys extracted at different temperatures. *Carbohydr Res* 57:15-23
- Forrest IS, Wainwright T. 1977. The mode of binding of  $\beta$ -glucans and pentosans in barley endosperm cell walls. *J Inst Brew* 83:279-286
- Genc H, Ozdemir M, Demirbas A. 2001. Analysis of mixed-linked (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucans in cereal grains from Turkey. *Food Chem* 73:221-224
- Izydorczyk MS, MacGregor AW. 2000. Evidence of intermolecular interaction of  $\beta$ -glucans and arabinoxylanes. *Carbohydrate Poly* 41:417-420
- Kwon YA, Mok CK, Park JH, Lee SJ. 1999. Solubility and overall mass transfer coefficient of Omija (*Schizandra chinensis*) during hot water leaching. *Food Eng Prog* 3:238-242
- Lee KH. 2002. Food Chemistry. Hyeugnseol Press, Seoul, Korea
- Lee YS, Chang KS. 2002. Effect of red pepper particle size on oleoresin extraction rate from red pepper. *Food Eng Prog* 6:263-267
- Lee YT. 1996.  $\beta$ -Glucan in barley and oats and their changes in solubility by processing. *Korean Agric Chem Biotechnol* 39:482-487
- McCleary BV, Glennie-Holmes M. 1985. Enzymatic quantification of (1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucan in barley and malt. *J Inst Brew* 91:285-295
- Miller SS, Fulcher AS, Arnason JT. 1995. Oat endosperm cell walls: I. Isolation, composition, and comparison with other tissues. *Cereal Chem* 72:421-427
- Welch RW, Lloyd JD. 1989. Kernel (1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucan content of oat genotypes. *J Cereal Sci* 9:35-40
- Wood PJ, Siddiqui IR, Paton D. 1978. Extraction of high-viscosity gums from oats. *Cereal Chem* 55:1038-1049
- Woodward JR, Phillips DR, Fincher DB. 1988. Water-soluble (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucans from barley (*Hordeum vulgare*) endosperm. IV. comparison of 40°C and 65°C soluble fractions. *Carbohydrate Poly* 8:85-97

---

접 수 : 2012년 11월 13일  
 최종수정 : 2012년 11월 19일  
 채 택 : 2012년 11월 19일