

추출조건에 따른 귀리 β -glucan의 물질전달계수 Mass transfer coefficient of β -glucans from oat bran with different extraction conditions

박희정*	정현상**	강태수***	김광엽**	김기영*	조남홍*
H.J. Park	H.S. Jeong	T.S Kang	K.Y. Kim	G. Kim	N.H CHoi

1. 서론

귀리 β -glucan은 배유 세포벽의 주된 구성성분으로 존재하는 직선상의 비전분 다당류로서, 혈중 콜레스테롤함량을 낮추고 식후 당류의 소화 흡수를 지연시키며 insulin의 분비를 조절하는 등 우수한 생리효과를 나타내는 기능성 물질로 알려져 있다(Klofendtein, 1988).

β -glucan은 세포벽 깊이 다른 성분들과 복잡하고 단단하게 결합되어 있어 추출에 어려움이 있다. 원료에 물리적인 처리를 하거나, 추출온도 및 시간, 용매의 특성 등의 추출 조건을 조절하여 추출율을 높일 수 있으나(Bhatty, 1993; Klofendtein, 1988), 추출조건은 얻어진 분획간의 구조적 특성을 달라지게 하는 원인이 된다. 이런 구조적인 차이는 β -glucan의 생리활성의 주요한 인자로 알려진 점도 및 용해성의 변화로 이어지게 되어 체내에서의 대사방식을 달라지게 한다(Wood 등, 2000).

본 연구에서는 생리활성이 우수한 β -glucan을 추출하기 위한 선행연구로, 추출시 유효인자로 예측되는 추출온도(40-60°C), 에탄올 농도(0-20%) 및 pH(5-9)를 조합한 실험조건에서 귀리 β -glucan의 물질전달계수를 구하여 추출조건과의 관계를 살펴보았다.

2. 재료 및 방법

가. 재료

재료는 시판 귀리겨(β -glucan 15%, OBC, Finland) 분말을 (주)보락으로부터 공급받아 사용하였고, 원료의 비표면적을(Autopore III 9420, Micromeritics, USA) 측정하였다.

나. 실험설계 및 통계분석

본 실험에서는 귀리 중의 β -glucan의 추출특성을 조사하기 위하여 추출온도, 용매(에탄올)농도 및 pH를 주요 독립변수로 설정하여 중심합성계획법(central composite design)에 의하여 실험설계를 하였다. 독립변수(X_n)는 추출온도(40-60°C; X_1), 에탄올 농도(0-20%; X_2) 및 pH(5-9; X_3)로 설정하였으며 실험 모델은 표 1 및 2와 같다. 총괄물질전달계수(Y_{K_i})

*농업공학연구소 농산물안정성판정연구실, **충북대학교 식품공학과

***충북과학대학 식품생명과학과

를 종속변수(Y_n)로 하여 독립변수와 종속변수간의 관계를 조사하였다. 결과 값에 대한 통계분석은 SAS(Statistical analysis system) program을 이용하였다.

다. 귀리 추출물 제조 및 β -glucan 정량

귀리겨 5 g과 pH와 ethanol 농도를 표 2와 같이 조절한 용매 50 mL를 100 mL 용량의 삼각플라스크에 넣고 항온기(HB-205WM, 한백과학)에서 150 rpm으로 60분, 120분, 180분 동안 교반 추출한 후에 원심분리(2,000×g, 10분)하여 추출물을 얻었고, 이 중 일부를 취하여 megazyme kit를 이용하여 β -glucan 함량을 정량하였다.

Table 1 Values of independent variables and treatment conditions by the Central Composite Experimental Design

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

라. 총괄물질전달계수(추출속도)의 계산

추출속도는 물질이동속도에 의한 방정식으로부터 얻을 수 있다. 즉, 원료물질이 잃은 물질은 용매가 얻은 물질의 양과 같으므로 $dM = V \cdot dC$ (1)이다. 여기서 M은 원료물질 속의 용질의 양이며, C는 용매속의 용질성분의 농도이고, V는 용액의 총 부피이다. 또한, 물질이동속도(dM/dt)는 고체 접촉영역과 용매에서 전달되는 성분 용질의 농도차이, 접촉면적 및 순수한 용질의 물질이동계수에 따라 추진력을 얻게 되며, 두 상(phase)에 의해 생성된 계면의 두께에 의해서는 저항을 받게 되므로 $dM/dt = k' A (C_s - C) / b$ (2)와 같이 나타낼 수 있다. 이 식에서 k' 은 용질의 확산계수, A는 원료물질의 표면적, C_s 는 용액속 용질의 포화농도, b 는 표면에서 용매쪽으로 경계막의 두께를 나타낸다.

따라서 식(1)과 (2)로부터 얻은 추출방정식 $dC/dt = k' A / Vb (C_s - C)$ (3)을 적분하여 $\ln[(C_s - C_o)/(C_s - C)] = [k' A / Vb]t$ (4)식을 얻을 수 있다. 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 값(총괄물질전달계수, overall mass transfer coefficient)을 구할 수 있다(전재근 등, 2002).

3. 결과 및 고찰

가. 귀리 β -glucan의 물질이동

추출조건에 따른 귀리 β -glucan의 물질이동은 그림 1(A)와 같다. 귀리 β -glucan의 물질 이동은 초기에 급격히 증가하다가 이후 점차 증가폭이 작아지면서, 추출시간에 따라 점차 증가하였다. 처리구 중에서는 12번(50°C, 0%, pH 7) 분획이 단시간내 비교적 많았다.

나. 귀리 β -glucan의 추출곡선

추출조건에 따른 귀리 β -glucan의 추출곡선은 그림 1(B)과 같다. 추출곡선은 식(4)를 $\ln(C_s - C)/(C_s - C_0)$ 와 시간(t)에 대하여 나타낸 그래프이다. C_s 는 추출시 용액속 용질의 포화농도(1.0)이고, C_0 는 용매중의 용질의 초기 농도(0.0)이고, C 는 추출시간(t) 후의 용매 속에 용질의 농도이므로 추출된 β -glucan의 양이 된다. β -glucan의 추출량이 많을수록 그래프의 기울기의 절대값이 커졌다.

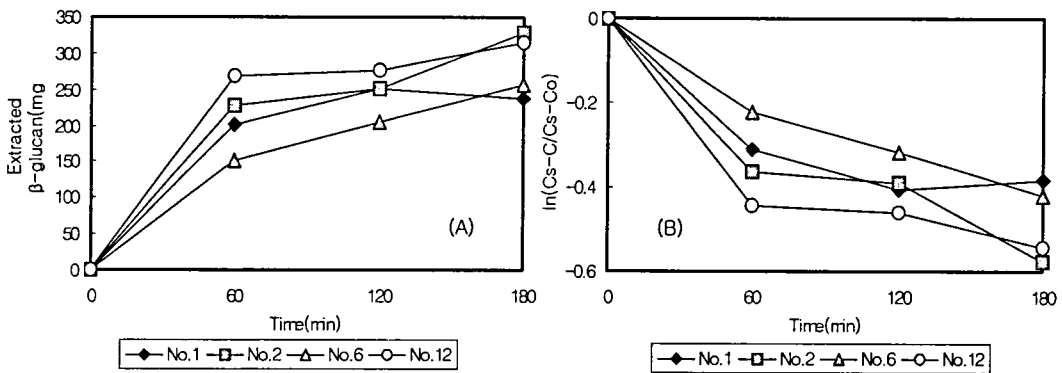


Fig. 1 Mass transfer characteristics(A) and extraction curve plot(B) of β -glucans from oat bran with different extraction conditions. The symbols of the sample are the same as shown in Table 2.

다. 귀리 β -glucan의 총괄물질전달계수(추출속도)

추출조건에 따른 귀리 β -glucan의 총괄물질전달계수(K_L)는 표 2와 같다. 총괄물질전달계수($K_L = k'/b$)는 추출속도를 나타내는 값으로, 추출곡선의 기울기($k'A/Vb$)로부터 A(표면적)와 V(부피)값을 대입하여 계산할 수 있다. 처리구간의 총괄물질전달계수는 $3.36-8.55 \times 10^{-6}$ cm/min. 범위였고, 12번 분획의 추출속도가 가장 빨랐다.

라. 추출조건이 총괄물질전달계수에 미치는 영향

추출조건이 β -glucan의 총괄물질전달계수에 미치는 영향을 조사하고자, 표 2의 값을 이용하여 반응표면분석을 수행하여 회귀식을 도출할 수 있었다(not shown). 총괄물질전달계수는 추출온도 및 에탄올 농도에 대하여 유의적으로 영향을 받았으나, pH에 의해서는 영향을 받지 않았다($p < 0.05$).

Table 2 Overall mass transfer coefficient of β -glucans from oat bran with different extraction conditions.

Samples	Code variables			Real variables			$K_L (\times 10^{-6}, \text{cm/min})$
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	
1	+1	-1	-1	55	5	6	5.573
2	+1	-1	+1	55	5	8	7.975
3	+1	+1	-1	55	15	6	4.804
4	+1	+1	+1	55	15	8	5.573
5	-1	-1	-1	45	5	6	5.861
6	-1	-1	+1	45	5	8	6.726
7	-1	+1	-1	45	15	6	3.459
8	-1	+1	+1	45	15	8	3.363
9	-2	0	0	40	10	7	3.940
10	+2	0	0	60	10	7	5.092
11	0	+2	0	50	20	7	3.651
12	0	-2	0	50	0	7	8.552
13	0	0	+2	50	10	9	5.093
14	0	0	-2	50	10	5	5.477
15	0	0	0	50	10	7	5.285
16	0	0	0	50	10	7	5.477

X_1 : Extraction Temp.($^{\circ}\text{C}$), X_2 : Ethanol Conc.(%), X_3 : pH

4. 요약 및 결론

기능성 식품소재인 귀리 중의 β -glucan의 산업적인 활용가능성을 검토하기 위한 기초 자료로써, 추출온도(40-60 $^{\circ}\text{C}$), 에탄올 농도(0-20%) 및 용매 pH(5-9)를 중심합성계획법에 따라 설계한 15개의 추출조건에서 귀리 β -glucan의 총괄물질전달계수를 측정하여, 추출조건과의 관계를 조사하였다. 귀리 β -glucan은 추출시간이 경과할수록 추출량은 증가하였으나 증가폭은 감소하였다. 총괄물질전달계수는 12번 분획(50 $^{\circ}\text{C}$, 0%, pH 7)에서 가장 높아 최고의 추출속도를 보였고, 이는 추출온도 및 에탄올농도에 유의적으로 영향을 받았다.

5. 참고문헌

1. 전재근, 김공환, 목철균, 이승주, 권영안. 2002. 식품공학. McGraw-Hill, Korea.
2. Bhatta, R. S. 1993. Extraction and enrichment of (1 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 4)- β -D-glucans from barley and oat brans. Cereal Chem. 70: 73-77
3. Klofendtein, C. F. 1988. The role of cereal β -glucans in nutrition and health. Cereal Food World. 33: 865-869.
4. Wood, P. J., M. U. Beer and G. Butler. 2000. Evaluation of role of concentration and molecular weight of oat β -glucan in determining effect of viscosity on plasma glucose and insuline following an oral glucose load. Brit. J. Nutr. 84: 19-23.