

## 결명자 에탄올 추출물 및 식이섬유의 이화학적 특성

홍경희 · 최원희\* · 안지윤\* · 정창화\* · †하태열\*

배화여자대학교 식품영양과, \*한국식품연구원 대사기능연구본부

### Physicochemical Properties of Ethanol Extracts and Dietary Fiber from *Cassia tora* L. Seed

Kyung Hee Hong, Won Hee Choi\*, Jiyun Ahn\*, Chang Hwa Jung\* and †Tae Youl Ha\*

Dept. of Food and Nutrition, Baewha Women's University, Seoul 110-735, Korea

\*Division of Metabolism and Functionality Research, Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea

#### Abstract

This study was conducted to investigate the physicochemical properties of the ethanol extracts and soluble dietary fiber from *Cassia tora* L. seed. The proximate composition of *Cassia tora*, soluble solid contents, color intensity and contents of emodin and rhein of *Cassia tora* extract, molecular mass distribution, sugar contents and viscosity of soluble fiber from *Cassia tora* were analyzed. *Cassia tora* contains 12.6% of moisture, 5.2% of ash, 13.4% of crude protein, 7.2% of crude fat, 8.8% of insoluble fiber and 48.3% of soluble fiber. The effects of extract condition on soluble solid contents, color intensity and contents of emodin and rhein of *Cassia tora* extract were investigated. The soluble solid contents were higher in 70% or 50% ethanol extracts than those in 100% ethanol extracts and showed highest value in grind sample extracts. In Hunter's color value, 100% ethanol extracts and whole *Cassia tora* sample extracts were higher in L and b value, but on the contrary, were lower in a value, than those of the other. The highest emodin and rhein contents were observed in 70% and 50% ethanol extracts, respectively, and showed higher value in room temperature extracts than in heating extracts. The molecular mass of soluble fiber from *Cassia tora* seed was estimated by gel filtration chromatography. Most soluble fiber(80%) exhibited a molecular mass range of between 50~2000 kDa. The major sugars of soluble fiber from *Cassia tora* seed were identified as xylose, mannose and galactose. The apparent viscosity of 0.5% soluble fiber from *Cassia tora* seed was 33 mPas showing a higher value than pectin or xanthan gum.

Key words: *Cassia tora*, emodin, rhein, soluble fiber, viscosity

#### 서 론

결명자(決明子, *Cassiae semen*)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 1년생 초본식물인 결명(*Cassia tora* L.) 또는 초결명(*Cassia obtusifolia* L.)의 성숙한 종자를 말한다. 현재 시중에 유통되고 있는 결명자는 대부분 *Cassia tora*의 씨로서, 우리나라에서는 예로부터 약재로서 뿐만 아니라 차의 형태로 흔히 이용되어 왔다(박 & 이 1992). 한방에서 결명자는 청간(淸肝), 명목(明目), 이수(利水), 통변(通便)의 효능으로, 풍열(風

熱)로 인한 눈위 충혈, 청맹(靑盲), 야맹증, 고혈압, 간염, 간경변으로 인한 복수(復水), 습관성 변비 등의 치료에 이용되고 있다(정 & 신 1998).

결명자의 생리 활성 연구결과를 살펴보면 항균작용(Choi 등 1994), 살충효과(Yang 등 2003), 돌연변이 억제효과(Choi 등 1997; Ahn BY 2009), 항알레르기 효과(Singh 등 2010), 치주질환 원인균 억제(Lee 등 2003)를 비롯하여 항산화효과(Choi 등 1994; Im 등 2005), 간 보호효과(Byun 등 2007), 혈압강하 효과(Koo 등 1976), 혈중 지질저하 효과(Pati 등 2004), 혈당강

† Corresponding author: Tae Youl Ha, Division of Metabolism and Functionality Research, Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea. Tel: +82-31-780-9054, Fax: +82-31-780-9059, E-mail: tyhap@kfri.re.kr

하효과(Lim & Han 1997) 등의 다양한 효과가 있는 것으로 밝혀져 있다. 이러한 활성과 관련된 결명자의 주성분으로는 emodin, rhein, obtusifolin, obtusin, chrysophanol, physcion 등의 anthraquinone과 naphthopyren 배당체류 등이 보고되어 있다 (Kaneda 등 1969; Shibata 등 1969; Takahashi & Takido 1973; Choi 등 1995).

결명자는 섬유소 함량이 높고 섬유소의 구조적 특징도 guar gum과 유사하며(Varshney 등 1973), 결명자가 혈중지질 저하 및 혈당강하효과를 나타내는 것을 볼 때, 수용성 섬유소 또한 결명자의 생리활성을 나타내는 중요한 성분일 것으로 생각된다. 식이섬유를 함유하는 고분자 물질들의 생리적 기능은 기본적으로 구성 성분의 구조적 특징에 의해 결정되므로(Eads TM 1994; Hwang JK 1996), 식이섬유의 생리적 특성을 연구함에 있어서 물성적인 측면이 고려되어야 한다.

지금까지 결명자에 관한 연구는 약리적 효과에만 한정되어 있으며, 식품으로의 기초 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 결명자의 특성을 효율적으로 활용하기 위한 목적으로 결명자 및 결명자 식이섬유의 추출 특성과 이화학적 특성을 분석하여 결명자의 식품 소재화를 위한 기초자료를 제시하고, 새로운 건강기능성식품 소재로의 개발 가능성을 타진하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 결명자의 일반성분 분석

실험에 사용된 결명자는 경북 고령에서 생산된 것을 구입하여 사용하였다. 결명자를 수세, 건조하여 40 mesh로 분쇄한 후 일반성분 분석을 위한 시료로 사용하였다. A.O.A.C 법(AOAC 1990)에 따라 수분함량은 105°C 상압 가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 회분은 직접 회화법으로 분석하였다. 수용성 및 불용성 식이섬유 함량은 Prosky법(Prosky 등 1998)에 의해 측정하였으며 총 식이섬유 함량은 불용성 및 수용성 식이섬유의 합으로 구하였다.

### 2. 결명자 추출물의 제조 및 특성 분석

결명자를 수세, 건조한 후 통결명자 상태의 시료 또는 2~4절로 절단한 시료, 40 mesh로 분쇄한 시료 25 g에 100% 또는 70%, 50% 에탄올 용액 500 ml를 각각 가하여 상온 및 가열추출 하였다. 상온추출의 경우 capping하여 shaker에서 24시간 추출하였으며, 가열추출은 heating mantle에서 2시간 동안 추출하였다. 추출 후 바로 Toyo No. 2 filter paper로 여과하여 이 여액을 수율 및 색도, rhein과 emodin 분석을 위한 시료로 사용하였다.

### 1) 수율 측정

결명자 시료(통결명자 시료, 절단 시료, 분쇄 시료)에 100% 또는 70%, 50% 에탄올을 각각 가하여 24시간 동안 상온추출 또는 2시간 동안 가열추출하면서 가용성 고형분(soluble solid)의 비율 변화를 측정하였다.

### 2) 색도 측정

색도는 색차계(Color difference meter, Color QUEST II Sphere System, USA)를 이용하여 추출한 시료의 명암도 L(lightness), 적색도 a(redness), 황색도 b(yellowness) 값을 측정하였다.

### 3) Emodin과 Rhein 정량

Emodin과 rhein의 정량은 HPLC(Jasco HPLC System PU-980, Jasco, Japan)를 이용하였다. 분석용 시료는 절단 또는 분쇄한 결명자 시료 25 g에 각 에탄올 용매 50 ml를 넣어 상온 또는 가열추출한 후, membrane filter(Milipore, pore size 0.45  $\mu$ m)로 여과한 것을 사용하였다. 칼럼은  $\mu$  bondapak C<sub>18</sub>(4.60×250 mm, Waters, USA), 이동상은 CH<sub>3</sub>CN:10 mM/phosphate buffer(pH 2.6)=50:50을 사용하였으며, 유속은 0.7 ml/min, 주입량은 10  $\mu$ l로 하여 254 nm에서 검출하였다. Emodin과 rhein의 표준품은 Sigma Chemical Co.(Sigma Chemical Co. St. Louis., MO, USA)로부터 구입한 것을 사용하였고 100% 에탄올에 녹여 사용하였다.

### 3. 결명자 수용성 섬유소의 추출 및 특성 분석

결명자를 수세하여 건조시킨 후 분쇄기로 분쇄하여 10배의 증류수를 가하고 65°C에서 24시간 동안 교반하면서 가열추출 하였다. 수용성 성분을 충분히 추출한 다음 추출액을 여과포에 걸러 4배의 95% 에탄올을 가하고 하룻밤 동안 방치하여 식이섬유를 침전시켰다. 이렇게 하여 얻어진 식이섬유를 다시 95% 에탄올로 2회 세척 후, 40°C 열풍건조기에서 24시간 건조시켰다. 건조가 끝난 식이섬유는 ball mill을 이용하여 120 mesh 정도의 입자로 분쇄한 후 시료로 사용하였다.

### 1) 분자량 분포 분석

Gel filtration chromatography를 사용하여 결명자 수용성 섬유소의 분자량 분포를 분석하였으며, Pharmacia 26K(26 cm ×100 cm) 컬럼에 Sepharose CL-6B resin을 충전하여 사용하였다. 결명자 수용성 섬유소 10 mg을 증류수 4 ml에 녹여 그 중 2 ml를 컬럼에 주입하고, 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 6.0)의 유속을 0.5 ml/min로 조절한 후 9 ml씩 받아서 Phenol-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>법(Yang JK 1994)으로 측정하여 마커(marker)의 분자량 분포를 조사하였다. 분자량 측정을 위하여 텍스트란(dextran)

표준품(분자량 2백만, 50만, 5만, 1만) 및 포도당을 시료와 동일한 조건으로 분석하였다.

## 2) 구성당 분석

Bio-LC(DX 500, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 결명자 수용성 섬유소의 구성당을 분석하였다. 결명자 식이섬유 5 mg에 12 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 mL를 첨가하고 35°C의 진탕 수조에서 1시간 교반하여 1차분해 시킨 후, 여기에 증류수 10 mL를 넣고 100°C에서 1시간 동안 교반하여 2차 분해시킨 후 25 mL로 정용하였다. 전처리된 산가수분해물을 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 2배 희석하여 10 µL씩 주입하여 분석하였다. HPLC 분석 시 펌프는 gradient pump(Dionex), 컬럼은 PA1 column, 검출기는 pulsed amperometric detector를 사용하였으며 16mM NaOH를 이동상으로 사용하였다. 당 표준품으로는 fucose, rhamnose, arabinose, xylose, galactose, glucose, mannose 1% 용액을 2 mg/ℓ로 희석하여 검량선을 작성하였다.

## 3) 점도 측정

결명자 수용성 섬유소의 농도에 따른 점도의 변화 및 다른 수용성 섬유소와의 점도 차이를 측정하였다. 결명자 수용성 섬유소 0.25, 0.5, 1%와 xanthan gum, locust bean gum, guar gum, pectin 0.5%(w/v) 용액을 제조하여 냉장보관 하면서 사용하였다. 각 시료의 점도 측정을 위하여 원통형 점도계(Haake Viscometer RV20, Germany) 및 NV probe가 사용되었으며, 20°C에서 10 mL의 식이섬유 시료와 겔보기 점도를 측정하였다.

# 결과 및 고찰

## 1. 결명자의 일반성분

결명자의 일반성분 및 식이섬유 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 분석 결과 결명자는 수분이 12.6%, 회분 5.2%, 조단백질 13.4%, 조지방 7.2%였다. Joo 등(1997)은 열처리하지 않은 결명자의 일반성분이 수분 13.8%, 회분 5.4%, 조단백질 18.5%, 조지방 5.1%라고 보고하여 조단백질 함량의 차이를 제외하고는 본 연구 결과와 유사한 결과를 보였다. 본 연구 결과 결명자는 식이섬유 함량이 매우 높은 것으로 나타났는데, 불용성 및 수용성 섬유소가 각각 8.8%, 48.3%로 특히 수용성 섬유소의 함량이 매우 높았다. 주 등(1997)은 결명자

의 섬유소 함량이 12.3%인 것으로 보고하였고, 식품성분표(농촌진흥청, 2001)에도 결명자의 섬유소 함량이 9.4%인 것으로 분석되어 본 연구 결과보다 매우 낮은 분석치를 보이고 있다. 그러나 이는 불용성 섬유소의 함량만을 측정된 것으로, 수용성 섬유소는 별도 분석되지 않고 불용성 섬유소 및 다른 일반 성분을 제외한 나머지를 당질로 간주하여 계산한 수치이다. 본 연구에서 정량한 불용성 및 수용성 섬유소량과 비교해 볼 때 식품성분표상의 당질 중 상당 부분이 수용성 섬유소인 것으로 추정된다.

불용성 섬유소와 수용성 섬유소는 물리 화학적 성질의 차이로 인해 인체 내에서의 생리 작용과 매커니즘이 매우 다르다. 불용성 식이 섬유는 분변량의 증가를 유발하여 변비 해소 등 주로 대장 기능에 관련된 효과를 보이며, 반면 수용성 섬유소는 소장에서 식이 콜레스테롤 또는 담즙산과 결합하여 분변으로 배출함으로써 혈중 콜레스테롤을 저하시키고 혈당의 급격한 증가를 예방하며, 대장 내에서 미생물에 의해 분해되어 단쇄 지방산을 생성하고 장내 환경 변화를 일으키는 prebiotic으로서의 기능 등 다양한 생리기능을 나타낸다(Gropper 등 2009). 본 연구 결과, 결명자의 수용성 섬유소 함량이 48.3%로 매우 높게 나타나 결명자의 기능성 소재로서의 가능성을 보여주었다.

## 2. 결명자 추출물의 특성

### 1) 결명자 추출물의 수율

각 추출조건별 추출물의 수율은 Table 2와 같다. 에탄올 용매의 농도에 따른 수율 변화를 살펴보면, 24시간 상온추출물의 경우 100% 에탄올 추출물의 수율이 70% 또는 50% 에탄올 추출물에 비해 50% 정도로 매우 낮았고, 70%와 50% 에탄올 추출물을 비교하였을 때, 통결명자 추출물의 경우 50% 에탄올 추출물의 수율이 높아졌고, 절단한 시료나 분쇄한 시료는 10% 내외로 비슷하였다. 2시간 가열추출물의 경우에도 수율이 100% 에탄올 < 70% 에탄올 < 50% 에탄올의 순으로 높아져 극성이 높아질수록 수율이 높아지는 경향을 보였고, 역시 100% 에탄올 추출물의 수율은 매우 낮았다.

분쇄도에 따른 수율의 차이를 보면 용매의 종류와 관계없이 모두 통결명자 상태로 추출하였을 때 수율이 가장 낮았고, 2~4절로 절단한 시료, 40 mesh로 분쇄한 시료의 순으로, 분

Table 1. Proximate composition of *Cassia tora* seed

Moisture (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)	Crude ash (%)	Carbohydrates(%)		
				IDF <sup>1)</sup>	SDF <sup>2)</sup>	Non-fibrous
12.6	7.2	13.4	5.2	8.8	48.3	4.5

<sup>1)</sup> Insoluble dietary fiber, <sup>2)</sup> Soluble dietary fiber.

**Table 2. Comparison of the content of soluble solid of *Cassia tora* seed extract**

Conditions	Soluble solid(%)		
	Room temp.	Heating	
	(24 hr)	(2 hr)	
100% EtOH	Whole	0.0	0.1
	Cut	4.0	6.9
	Grind	4.4	7.5
70% EtOH	Whole	0.2	3.7
	Cut	9.3	8.3
	Grind	11.3	10.7
50% EtOH	Whole	1.5	7.6
	Cut	8.3	8.0
	Grind	12.5	7.7

색도가 증가할수록 높아지는 경향을 보였다. 통결명자에 비해 절단한 시료의 수율은 1.1~69배로 크게 증가하였으나 절단한 시료에 비해 분쇄한 시료의 수율은 1.1~1.5배로 소폭 증가하는 경향을 보였다.

## 2) 결명자 추출물의 색도

추출조건별 추출물의 색도를 측정하는 결과는 Table 3과 같다. 추출 조건에 따른 L값의 변화를 살펴보면 상온추출액의 경우, 100% 에탄올 추출액이 71.9~89.4의 범위로 측정되어 50% 에탄올 추출액의 11.3~42.6의 범위 보다 높았으며, 50% <70%<100% 에탄올 추출액의 순으로 높았다. 또한 분쇄 정도에 따른 차이를 보면 통결명자가 42.6~89.4로 가장 높았고, 분쇄 결명자 추출액은 11.3~71.9으로 가장 낮게 나타났으며 분쇄정도에 따른 L값은 분쇄 결명자<절단 결명자<통결명자의 순으로 높았다. 가열추출액의 L값 역시 100% 에탄올 추출액이 가장 높았고, 분쇄정도가 높을수록 낮았다. L값은 추출물의 수율과도 연관이 있는 것으로 보이는데 용매의 극성이 낮을수록, 분쇄정도가 높을수록 수율이 높아지면서 L값이 낮아지는 것으로 보인다.

추출 조건에 따른 a값의 변화를 살펴보면 상온추출액의 경우 100% 에탄올 추출액은 -6.9~2.8, 50% 에탄올 추출액은 10.9~32.3의 범위였으며, 100%<70%<50% 에탄올 추출액의 순으로 높아지는 경향을 보였다. 분쇄도에 따른 차이를 보면 통결명자가 -6.9~10.9로 가장 낮았고, 분쇄 결명자 추출액은 2.8~27.5로 가장 높게 나타났으며, 분쇄도에 따라 통결명자<절단 결명자<분쇄 결명자의 순으로 높았다. 2시간 가열추출액의 a값은 70% 에탄올 통결명자 추출액이 가장 높았고, 100% 에탄올 통결명자 추출액이 가장 낮았다.

추출 조건에 따른 b값의 변화를 비교해 보면 상온추출액

**Table 3. Comparison of color value of *Cassia tora* seed extract**

Conditions	Hunter's color value			
	L	a	b	
Room temp. (24 hr)				
100% EtOH	Whole	89.4	-6.9	25.2
	Cut	78.9	-4.3	48.9
	Grind	71.9	2.8	46.0
70% EtOH	Whole	76.3	-1.5	37.6
	Cut	16.6	30.6	10.7
	Grind	19.2	27.5	12.5
50% EtOH	Whole	42.6	10.9	27.7
	Cut	18.3	32.3	11.9
	Grind	11.3	23.9	7.1
Heating (2 hr)				
100% EtOH	Whole	87.7	-12.6	46.4
	Cut	71.4	8.1	45.9
	Grind	58.5	6.9	37.8
70% EtOH	Whole	31.9	40.2	20.7
	Cut	0.5	1.3	0.3
	Grind	2.1	5.2	1.4
50% EtOH	Whole	9.3	20.6	5.9
	Cut	2.1	5.2	1.4
	Grind	6.6	14.7	4.2

의 경우 50%<70%<100% 에탄올 추출액의 순으로 높은 경향을 보였고, 분쇄도에 따라서는 통결명자의 b값이 100% 에탄올 추출액의 경우에는 낮았으나 70%, 50% 에탄올 추출액에서는 높게 나타났다. 가열추출액의 b값은 100% 에탄올 추출액이 37.8~46.4로 가장 높았고, 50% 에탄올 추출액이 1.4~5.9로 가장 낮았으며 용매에 관계없이 통결명자의 b값이 가장 높았다.

## 3) 결명자 추출물의 Emodin과 Rhein 함량

결명자의 주요 유효성분인 emodin과 rhein의 추출조건별 함량을 Table 4에 제시하였다. 추출액의 emodin 함량은 가열추출액보다 상온추출액이 높은 경향을 보였고, 추출 용매 중 70% 에탄올 추출액의 함량이 가장 높게 나타났으며, 절단한 시료보다 분쇄한 시료 추출액의 emodin 함량이 높았다. 그 결과 분쇄한 시료의 70% 에탄올 추출액의 함량이 가장 높았고 (112.8~169.8  $\mu\text{g/g}$ ), 절단한 시료를 100% 에탄올로 추출했을 경우 함량이 가장 낮았다(18.0~43.9  $\mu\text{g/g}$ ). 추출액의 rhein 함량은 emodin의 경우와 마찬가지로 분쇄도와 용매의 종류에 관계없이 가열추출액 보다 상온추출액의 함량이 비슷하거나

**Table 4. Comparison of contents of emodin and rhein of *Cassia tora* seed extract**

	Solvents	Cut		Grind	
		Room temp. (24 hr)	Heating (2 hr)	Room temp. (24 hr)	Heating (2 hr)
Emodin ( $\mu\text{g/g}$ )	100% EtOH	18.0	43.9	118.4	111.4
	70% EtOH	150.4	60.5	169.8	112.8
	50% EtOH	121.1	60.5	109.0	90.5
Rhein ( $\mu\text{g/g}$ )	100% EtOH	4.0	12.4	24.7	21.4
	70% EtOH	65.5	25.1	38.5	36.8
	50% EtOH	78.8	20.9	51.7	36.3

약간 높은 경향이었고, 추출 용매 중 50% 에탄올 추출액의 함량이 높았다.

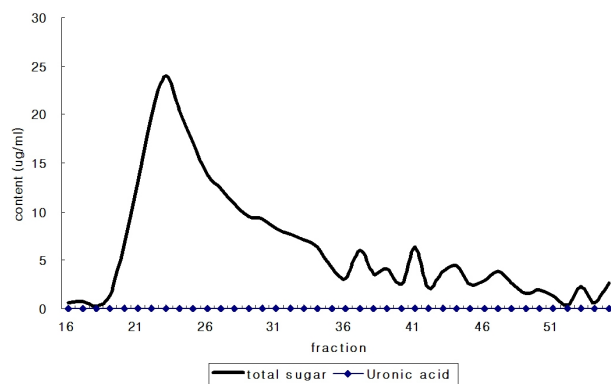
볶은 결명자를 절단하여 50% 에탄올로 24시간 추출 및 동결건조한 후 분석한 emodin과 rhein의 함량은 각각 14.0 mg/g, 0.4 mg/g으로 나타나(Kim 등 1990) 추출액에서 함량을 분석한 본 연구 결과보다 높게 나타났다. 본 연구 결과, 가열추출액보다 상온추출액에서 emodin과 rhein의 함량이 더 높게 나타난 것은 이들 유효 성분들은 가열에 의해 파괴되기 쉽기 때문인 것으로 사료된다(Sinsaku 등 1977). 또한 이들의 화학구조는 수용성이라기 보다는 다소의 소수성이 공존하기 때문에(Kim 등 1990) 일반적인 열수추출 방법으로는 효과적으로 추출되지 않을 것으로 추측되며, 본 연구 결과에서 나타난 것처럼 50~70% 에탄올을 사용한 상온추출이 효과적일 것으로 보인다.

결명자의 생리활성을 나타내는 성분들 중 emodin과 rhein 등 anthraquinone에 속하는 물질들이 주로 약리효과를 나타내는 것으로 알려져 왔다. 실제로 결명자에서 추출한 emodin이 ACE(Angiotensin converting enzyme) 억제 효과와(Hyun 등 2009) 살충효과(Yang 등 2003)가 있음이 보고되었고, Aviello 등(2010)은 결명자에서 추출한 rhein이 항산화 기능을 통해 DNA 손상을 막고 대장암 세포의 분열을 억제하는 기능이 있음을 보고하였다. 또한 Singh 등(2012)은 결명자 추출 rhein이 비만세포(mast cell)를 안정화시키고 lipoxigenase를 억제하여 항알레르기 작용을 나타낸다고 보고하였다.

### 3. 결명자 수용성 섬유소의 특성

#### 1) 결명자 수용성 섬유소의 분자량 분포

결명자 수용성 섬유소의 분자량 분포를 gel filtration chromatography에 의해 조사한 결과는 Fig. 1 및 Table 5와 같다. 텍스트란 마커를 기준으로 하여 포도당 ~50, 50~500, 500~2,000 kDa의 분자량으로 구분하여 살펴본 결과, 결명자 수용



**Fig. 1. Molecular mass distribution of soluble fiber from *Cassia tora* seed by gel filtration chromatography on sepharose CL-6B(2,000~500 kDa: fraction number 16~28, 500~50 kDa: fraction number 29~37 50 kDa~glucose: fraction number 38~55).**

**Table 5. Molecular mass distribution ratio of soluble fiber from *Cassia tora* seed**

Molecular mass range	Total sugar(%)
2,000~500 kDa	56.0
500~50 kDa	24.5
50 kDa~glucose	19.5
Total	100.0

성 섬유소는 주로 분자량 500~2,000 kDa의 범위에 속하는 당이 56.0%로 대부분을 차지하고 있음이 확인되었다. 다음으로 50~500 kDa의 분자량 범위에서 24.5%, 포도당 ~50 kDa 범위에서 19.5%의 분포를 나타내었다.

일반적으로 수용성 섬유소로 많이 이용되고 있는 guar gum과 locust bean gum의 경우 구성하고 있는 당의 분자량이 대부분 50~500 kDa 범위에 분포하고 있고, xanthan gum은 분자량이 약 2,000 kDa 정도 되는 것으로 알려져 있다(김 & 민 1978). 본 연구 결과 결명자 수용성 섬유소는 guar gum이나 locust bean gum 보다 분자량이 컸으며 xanthan gum보다는 약간 작은 분자량을 가지는 것으로 분석되었다. Park & Kim (1997)은 두유박 수용성 섬유소 추출물을 구성하는 당의 분자량이 주로 50~2,000 kDa에 분포되어 있다고 보고하였다. 또한 Kang 등(1998)은 감의 세포벽을 구성하는 당이 주로 50~2,000 kDa의 고분자 영역에 분포되어 있다고 보고하였는데 본 연구 결과, 분석된 결명자 수용성 섬유소의 분자량 범위와 비슷하였다. Song MR(2002)은 옥수수에서 분리한 수용성 섬유소를 구성하는 당의 분자량이 50 kDa 이하의 저분자 영역에 많이 분포되어 있다고 보고하여 결명자 수용성 섬유소의 분자량과 큰 차이를 보였다.

## 2) 결명자 수용성 섬유소의 구성당

결명자 수용성 섬유소를 가수분해하여 Bio-LC로 구성당을 분석한 결과를 Table 6에 제시하였다. 분석 결과, xylose와 mannose가 전체 당의 56.4%를 차지하였고, 다음으로 galactose가 32.8%, glucose가 9.0%, arabinose가 1.3%를 차지하였다. 결명자 수용성 섬유소의 주된 구성당은 xylose와 mannose 및 galactose인 것으로 분석되었다.

Varshney 등(1973)은 탈지된 결명자 종자에서 수용성 polysaccharide를 분리하여 당 구성을 분석한 결과, galactose, glucose, mannose, xylose가 2:2:7:1의 몰비로 구성되어 있다고 보고하였는데, 본 실험에서는 galactose, glucose, xylose와 mannose가 결합된 형태로 약 3.6:1:6.3의 비율로 분석되었다. 이와 같이 주요 구성당의 종류는 선행 연구와 유사한 결과를 보였으나 당 구성비가 다소 다르게 나타난 것은 본 실험에서 xylose와 mannose의 분리가 완전하지 않아 이들을 합한 양으로 계산하였기 때문인 것으로 추측되며, 향후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 수용성 섬유소가 생리적 기능을 갖게 되는 특성인 점도 및 젤 형성 능력에는 식이섬유의 분자구조가 큰 영향을 미치게 된다(Ebihara & Kiriysma 1990). Guar gum 및 locust bean gum의 경우 구성당의 대부분이 D-mannose와 D-galactose로 구성되어 있는데(Gropper 등 2009), 결명자 수용성 섬유소도 이들 수용성 섬유소와 유사한 당 구성을 가지고 있어 비슷한 생리적 특성을 가질 것으로 추측된다.

## 3) 결명자 수용성 섬유소의 점도

결명자 수용성 섬유소 및 다른 수용성 섬유소의 겔보기 점도를 측정할 결과는 Fig. 2와 같다. 결명자 수용성 섬유소의 농도별 점도는 0.25% 용액일 때 11.2 mPas의 점도를 나타내었고, 0.5, 1.0%로 농도가 증가함에 따라 33, 103 mPas로 증가하였다. 다른 수용성 섬유소의 경우 0.5% 용액일 때 pectin은 7.4, xanthan gum은 26.9, locust bean gum은 41.9, guar gum은 64.1 mPas의 점도를 나타냈다.

수용성 섬유소는 수용화되면서 점도가 증가되고, 3차원의 젤(gel)을 형성하게 되는데, 수용성 섬유소를 섭취할 경우 소장에서 젤은 3차원의 매트릭스(matrix)내에 각종 영양소를 보유하게 되어 장관내에서의 실질적인 흡수를 어렵게 하는 영향을 나타낸다. 따라서 점도가 증가할수록 물질의 이동속도가 감소하면서 각종 영양소의 흡수율을 감소시키게 되며(Hwang 1996), 수용성 섬유소의 점도는 혈청 콜레스테롤 및

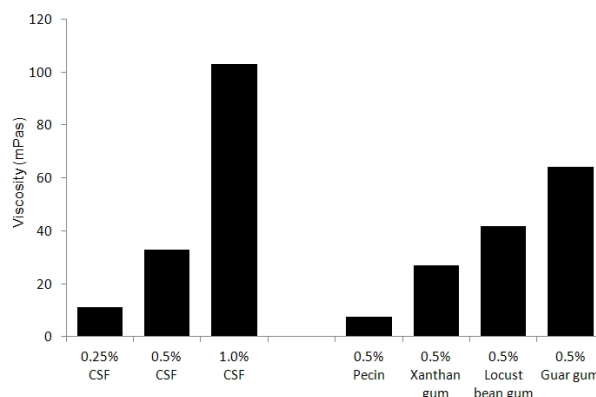


Fig. 2. Apparent viscosity of 0.25~1.0% soluble fiber from *Cassia tora* seed and 0.5% other soluble fibers. CSF: Soluble fiber from *Cassia tora* seed

혈당 저하 효과에 매우 중요한 것으로 생각된다. 실제로 Mathe 등(1977)은 5% pectin을 첨가한 식이가 흰쥐의 혈중 콜레스테롤을 현저하게 감소시켰다고 보고하였고, Chang & Youn(1984)은 pectin을 공급하였을 때 간의 지질 수준이 현저하게 낮아졌다고 보고하였다. 또한 인체 연구에서도 pectin, guar gum, xanthan gum 등과 같이 점성이 높은 식이섬유를 함유하는 식품들이 혈청 콜레스테롤, 특히 LDL 콜레스테롤을 저하시키고(Anderson & Gustafson 1998; Hopewell 등 1993) 혈당의 상승을 억제하는 것으로 보고되었다(Dikeman 등 2006). 본 실험의 결과 결명자 수용성 섬유소가 pectin 및 xanthan gum 보다 높은 점도를 나타내는 것으로 분석되어 결명자 수용성 섬유소는 혈중 지질 저하 및 혈당의 상승을 저해하는 효과가 있을 것으로 기대되며 이를 위한 기능성 소재로 활용될 수 있으리라 사료된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 결명자의 식품 소재화를 위한 기초자료를 제시하고자 결명자의 일반성분 함량을 측정하고 결명자 에탄올 추출물의 추출 조건에 따른 수율, 색도, 유효성분인 emodin과 rhein 함량을 측정하였으며, 결명자에서 수용성 섬유소를 추출하여 분자량 분포와 구성당, 점도를 측정하였다. 이에 대한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 결명자의 일반성분 분석 결과 수분 12.6%, 회분 5.2%,

Table 6. Individual sugar contents of soluble fiber from *Cassia tora* seed

	Fucose	Arabinose	Glucose	Galactose	Xylose, mannose	Total
Content( $\mu\text{g/g}$ )	2.5	6.5	46.0	167.0	287.5	509.5
% of total	0.5	1.3	9.0	32.8	56.4	100.0

조단백질 13.4%, 조지방 7.2%, 불용성 섬유소 8.8%, 수용성 섬유소 48.3%로 수용성 섬유소의 함량이 매우 높은 것으로 나타났다.

2. 추출조건별 수율을 비교한 결과 추출용매의 극성이 낮아질수록, 시료의 분쇄도가 증가할수록 수율이 높아졌다. 실온추출과 가열추출 간에는 수율에 큰 차이를 보이지 않았다.

3. 추출조건별 색도를 측정된 결과 L값은 100% 에탄올 추출액에서 그리고 분쇄도가 낮은 통결명자 추출액에서 높았고, 실온추출에서 가열추출 보다 다소 높은 경향을 보였다. a값은 100% 에탄올 추출액에서 낮았고, 분쇄도가 증가할수록 높아졌다. b값은 50% < 70% 100% 에탄올 추출액의 순으로 높은 경향을 보였고 통결명자 추출액이 가장 높았다.

4. 결명자의 유효성분인 emodin과 rhein은 가열추출액보다 상온추출액에서, 절단한 시료보다 분쇄한 시료에서 함량이 높은 경향을 보였다. Emodin은 70% 에탄올 추출액에서, rhein은 50% 에탄올 추출액에서 높은 함량을 보였다.

5. 결명자 수용성 섬유소의 분자량 분포를 분석한 결과, 분자량 500~2,000 kDa에 속하는 당이 56.0%로 대부분을 차지하고 있었고, 50~500 kDa 범위에서 24.5%, 포도당 ~50 kDa 범위에서 19.5%의 분포를 나타냈다.

6. 결명자 수용성 섬유소의 구성당을 분석한 결과, xylose와 mannose가 전체 당의 56.4%를 차지하였고 다음으로 galactose가 32.8%, glucose가 9.0%, arabinose가 1.3%를 차지하였다.

7. 결명자 수용성 섬유소의 농도가 증가함에 따라 점도가 증가하였다. 다른 수용성 섬유소와 비교했을 때 pecin이나 xanthan gum보다 높았고 locust bean gum이나 guar gum보다 낮은 점도를 보였다.

본 연구 결과 유효성분 추출의 최적화를 위해서는 50~70% 에탄올을 사용한 상온 추출이 효과적일 것으로 생각된다. 또한 결명자에 풍부한 수용성 섬유소는 생리 활성을 나타내는 기존의 수용성 섬유소와 유사한 이화학적 특성을 나타내어 혈중 지질 저하 및 혈당 상승 억제 등의 기능성 소재로 활용될 수 있으리라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 지식경제부 국가플랫폼기술개발 사업과 한국식품연구원원의 지원에 의한 결과로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

Ahn BY. 2009. Desmutagenic effect of water extract from *Cassia tora* L. on the mutagenicity of N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine in *E. Coli* PQ37. *J Fd Hyg Safety* 24:46-49

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA

Aviello G, Rowland I, Gill CI, Acquaviva AM, Capasso F, McCann M, Capasso R, Izzo AA, Borrelli F. 2010. Anti-proliferative effect of rhein, an anthraquinone isolated from *Cassia* species, on Caco-2 human adenocarcinoma cells. *J Cell Mol Med* 4:2006-2014

Byun E, Jeong GS, An RB, Li B, Lee DS, Ko EK, Yoon KH, Kim YC. 2007. Hepatoprotective compounds of *Cassia Semen* on tacrine-induced cytotoxicity in Hep G2 cells. *Kor J Pharmacogn* 38:400-402

Chang YK, Youn HJ. 1984. The effect of dietary fat levels and sources of dietary fiber on serum and liver lipids of rats. *Korean J Nutr* 17:253-261

Cho SH, Kim TH, Lee NH, Son HS, Cho IJ, Ha TY. 2005. Effects of *Cassia tora* fiber supplement on serum lipids in Korean diabetic patients. *J Med Food* 8:311-318

Choi JS, Jung JH, Lee HJ, Lee JH, Kang SS. 1995. Anaphthalene glycoside from *Cassia tora*. *Phytochemistry* 40:997-999

Choi JS, Lee HJ, Kang SS. 1994. Alaternin, cassiaside and rubrofusarin gentiobioside, radical scavenging principles from the seeds of *Cassia tora* on DPPH radical. *Arch Phar Res* 17:462-466

Choi JS, Lee HJ, Park KY, Ha JO, Kang SS. 1997. *In vitro* antimutagenic effects of anthraquinone aglycones and naphthopyrone glycosides from *Cassia tora*. *Planta Med* 63:11-14

Dikeman CL, Murphy MR, Fahey GC Jr. 2006. Dietary fibers affect viscosity of solutions and simulated human gastric and small intestinal digesta. *J Nutr* 136:913-919

Ebihara K, Kiriysma S. 1990. Physico-chemical property and physiological function of dietary fiber. *Nippon Shokuhin Kogyogakkaishi* 37:916-933

Edas TM. 1994. Molecular origins of structure and functionality in foods. *Tren Food Sci Technol* 5:147

Gropper SS, Smith JL, Groff JL. 2009. Advanced Nutrition and Human Metabolism. 5th ed. pp.107-119. Wadsworth

Hopewell R, Yeater R, Ullrich I. 1993. Soluble fiber: effect on carbohydrate and lipid metabolism. *Prog Food Nutr Sci* 17:159-182

Hwang JK. 1996. Physicochemical properties of dietary fibers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25:715-719

Hyun SK, Lee H, Kang SS, Chung HY, Choi JS. 2009. Inhibitory activities of *Cassia tora* and its anthraquinone constituents



- on angiotensin-converting enzyme. *Phytother Res* 23:178-184
- Im SJ, Lee SH, Lee HS, Park MJ. 2005. Antioxidative activity of some natural products which have been orientally used as ophthalmic drugs. *J Korean Oph Opt Soc* 10:365-373
- Joo HK, Yun HK, Kim KK, Sa DM, Lee YT. 1997. Effects of roasted *Cassia tora* L. extracts on the chemical changes and microbial growth. *Agric Chem Biothech* 49:472-477
- Kaneda M, Morishita E, Shibata S. 1969. Chemical studies on the oriental plant drugs. XXI. The constituents of *Cassia tora* L. 2. A glycoside of rubrofusarin. *Chem Pharm Bull* 17:458-461
- Kang IK, Chang KH, Byun JK. 1998. Changes in the components of cell wall in persimmon fruits with ethylene treatment. *Korean J Postharvest Sci Technol* 5:247-255
- Koo A, Wang JC, Li KM. 1976. Extraction of hypotensive principles from seeds of *Cassia tora*. *Am J Chin Med* 4:245-248
- Lee ES, Ahn TY, Yoon JJ, Kook JK, Lee BR, Kim DK. 2003. Restraint effect on leaf-extract from *Camellia sinensis* and seed-extract from *Cassia tora* against periodontopathogens. *J Korean Acad Dent Health* 27:569-578
- Lim SJ, Han HK. 1997. Hypoglycemic effect of fractions of *Cassia tora* extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Soc Food Sci* 13:23-29
- Mathe D, Lutton C, Rautureau J, Coste T, Gouffier E, Sulpice JC, Chevallier F. 1977. Effect of dietary fiber and salt mixture on the cholesterol metabolism of rats. *J Nutr* 107:466-474
- Park CH, Kim HJ. 1997. Preparation and physicochemical properties of soluble dietar fiber extracts from soymilk residue at high temperature. *Korean J Food Sci* 29:648-656
- Pati UK, Saraf S, Kixit VK. 2004. Hypolipidemic activity of seeds of *Cassia tora* Linn. *J Ethnopharmacology* 90:249-252
- Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, Devries JS, Frurda I. 1998. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem* 71:1017-1023
- Shibata S, Morishita E, Kaneda M, Kimura Y, Takido M, Takahashi S. 1969. Chemical studies on the oriental plant drugs. The constituents of *Cassia tora* L. 1. The structure of torachryson. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* 17:454-457
- Singh B, Nadkarni JR, Vishwakarma RA, Bharate SB, Nivsarkar M, Anandjiwala S. 2012. The hydroalcoholic extract of *Cassia alata*(Linn.) leaves and its major compound rhein exhibits antiallergic activity via mast cell stabilization and lipoxygenase inhibition. *J Ethnopharmacol* 141:469-473
- Sinsaku Nataro, Nobuo Ikekawa, Makoto Suzuki. 1977. Studies on the constituents of crude drugs by bioassay(: Bioactive components of *Rhzi rhizoma* and *Artemisiae capillaris flos*), advanced in natural products chemistry, extraction and isolation of biologically active compounds. pp.417 John Wiley Sons
- Song MR. 2002. Physicochemical properties of dietary fiber isolated from pith of corn stalk and application to food processing. Ph. D. Thesis, Chongbuk National University, Korea
- Takahashi S, Takido M. 1973. Studies on the constituents of the seeds of *Cassia tora* L. II.(On the purgative crude drugs. VII). The structure of the new naphtho- $\alpha$ -pyrone derivative, toralactone. *Yakugaku Zasshi* 93:261-267
- Varshney SC, Rizvi SAI, Gupta PC. 1973. Structure of a polysaccharide from *Cassia tora* seeds. *J Agr Food Chem* 21:222-226
- Yang JK. 1994. Development of the delignification methods of stream exploded hardwoods for enzymatic hydrolysis. Ph. D. Thesis, Kyungbook National University, Korea
- Yang YC, Lim MY, Lee HS. 2003. Emodin isolated from *Cassia obtusifolia*(Leguminosae) seed shows larvicidal activity against three mosquito species. *J Agric Food Chem* 51:7629-7631
- 김관동, 민태익. 1978. Xanthan gum의 생산과 활용. *식품과학* pp.42-46
- 농촌진흥청 농촌생활연구소. 2001. 식품성분표. 제6개정판. pp.354-355
- 박중희, 이정규. 1992. 상용약용식물도감. pp.26-28. 도서출판 신일산사
- 정보섭, 신민교. 1998. 도해 향약(생약)대사전(식물편). pp.813-814. 도서출판 영림사

---

접 수 : 2012년 7월 27일  
 최종수정 : 2012년 9월 4일  
 채 택 : 2012년 9월 6일