

## 추출용매에 따른 천마 농축액의 리올로지 특성

이부용\* · 이옥환 · 김경임  
 한국식품개발연구원

## Rheological Properties of Gastrodiae Rhizoma Concentrates by Extraction Solvents

Boo-Yong Lee\*, Ok-Hwan Lee and Kyung-Im Kim  
 Korea Food Research Institute

This study was performed to provide basic rheological data of Gastrodiae Rhizoma concentrates that will be applied for development of functional food material. The hot water and 50% ethanol extracts of Gastrodiae Rhizoma were concentrated at 5 Brix, 10 Brix, 15 Brix, 20 Brix and 10 Brix, 20 Brix, 30 Brix, 40 Brix, 50 Brix respectively. The static viscosity, dynamic viscosity and arrhenius plotting of hot water and 50% ethanol concentrates were investigated. All hot water concentrates showed property of typical pseudoplastic fluid ( $n = 0.484\sim 0.802$ ) but 50% ethanol concentrates showed flow behavior close to newtonian fluid ( $n = 0.875\sim 1.078$ ) by Power law model evaluation. The apparent viscosity of hot water and 50% ethanol concentrates decreased with increasing temperature. Yield stress of hot water and 50% ethanol concentrates by Herschel-Bulkley model application were in the range of 0.030~1.255 Pa and 0.007~0.065 Pa respectively. The effect of temperature and concentration on the apparent viscosity was examined by arrhenius equation. The activation energies of hot water and 50% ethanol concentrates were in the range of  $3.340\sim 4.620 \times 10^3$  J/mol · kg and  $1.6289\sim 18.6699 \times 10^3$  J/mol · kg with increase of concentration, respectively. Storage ( $G'$ ) and loss ( $G''$ ) moduli were generally increased with increasing frequency. In case of 50% ethanol concentrates  $G'$  predominated over  $G''$  at applied all frequencies and so showed typical flow behavior of low molecule solution. But in case of hot water concentrates  $G''$  predominated over  $G'$  at less than 0.5 rad/sec (cross-over point) and so showed typical flow behavior of macromolecule solution.

**Key words:** Gastrodiae Rhizoma concentrates, static viscosity, dynamic viscosity, arrhenius plotting

### 서 론

천마(天麻, Gastrodiae Rhizoma)는 난초과(*Orchidaceae*)에 속하는 다년생 초본인 수자해쫚(천마, *Gastrodia elata* Blume)의 뿌리를 지칭하는 것으로서 적근(赤根), 귀독우(鬼督郵), 난모(難母), 신초(神草), 정풍초(定風草) 등의 다른 명칭으로 부르기도 한다<sup>(1,2)</sup>. 신농본초경(神農本草經)에는 천마가 중품(中品)으로 분류되어 있으며, 약성이 평무독(平無毒)한 약재로 알려져 있다. 천마의 임상적 효능들은 본초강목, 동의보감을 비롯한 여러 본초문헌들에 널리 기록되어 있는데 주로 고혈압, 두통, 마비, 신경성 질환, 당뇨병 등의 성인병과 스트레스, 피로 등의 증상에 대하여 효능이 있는 것으로 알려져 있

다. 우리나라의 민간에서도 일찍부터 천마를 두통과 현기증, 수족마비, 중풍, 전간(발작, 지랄병)등을 치료하는데 이용하여 왔다. 중국 등의 동양권에서 천마의 약리적 효능에 대한 과학적 연구가 활발하게 이루어지고는 있지만 아직 성분이나 정확한 약리작용에 대한 연구는 매우 미흡한 편이다. 지금까지 이루어진 성분에 대한 중국의 연구보고들<sup>(3-5)</sup>을 보면 천마에는 vanilyl alcohol, vanillin, benzaldehydes, 배당체 등이 있다고 알려져 있는 정도이며, 천마소(acetyl-gastrodin), 천마대원(p-hydroxybenzyl alcohol) 등의 성분이 주사약제로 개발되고 있다. 국내 연구로는 천마의 여러 가지 효능에 대한 실험적 연구<sup>(2)</sup>, 천마의 항혈소판 및 항혈전활성에 대한 연구<sup>(6)</sup>, 천마 extract가 관상순환기에 미치는 영향<sup>(7)</sup>, 일반성분에 대한 보고<sup>(8)</sup>, 건조방법에 따른 천마의 행기패턴 분석<sup>(9)</sup>, 천마의 식품학적 성분분석 및 건조방법에 따른 특성변화에 대한 보고<sup>(10)</sup> 정도가 있을 뿐이다.

한편 10여년전 부터 천마가 국내 농가에서 인공재배되기 시작하여 최근에는 약용으로의 수요를 초과하는 공급과잉현상을 나타내어 천마의 활용도 제고가 시급한 상황이지만 그

\*Corresponding author : Boo-Yong Lee, Korea Food Research Institute, San 46-1 Backhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-746, Korea  
 Tel: 82-31-780-9074  
 Fax: 82-31-780-9234  
 E-mail: lbyong@kfri.re.kr

동안 천마는 식품의약품안전청의 식품으로 사용할 수 없는 원료의 규제에 묶여서 가공식품으로의 이용이 제한되어 왔었다. 2000년 9월 1일부터 식품원료로의 사용이 가능해짐에 따라 드링크 제품이나 농축액기스류, 차류 등의 천마가공식품 개발에 기초적인 유동특성 자료로 활용될 수 있는 천마 추출물의 리올로지 특성에 대한 연구가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 열수 및 50% 에탄올로 추출한 천마 추출농축액의 정상유동특성 및 동적점탄성 특성을 측정하고 추출용매에 따른 리올로지 특성을 비교하여 천마식품가공시 활용될 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 천마는 전북 무주에서 2002년 4월에 수확한 것이다. 물로 잘 씻어 흙이나 먼지 등의 이 물질을 제거하고 겉껍질을 벗겨 낸 다음 3~4 mm 두께로 절편하였다. 이를 60°C에서 열풍건조시킨 후 20~30 mesh로 조분쇄하여 사용하였다.

### 천마 농축액 제조

조분쇄된 천마에 20배의 물 또는 50% 에탄올을 첨가한 후 가열하여 끓기 시작하는 시점부터 20분간 추출하여 조여과한 후 24시간동안 4°C에서 정치, 10,000×g로 원심분리하여 천마 추출물을 얻었다. 이 추출물을 50°C에서 감압농축하여 가용성고형분 함량을 5~20 Brix(열수추출 농축액), 10~50 Brix(50% 에탄올추출 농축액)로 조절된 천마농축액들을 측정시료로 하였다. 천마농축액의 가용성고형분 함량은 상온에서 굴절당도계(N-1E, ATAGO, Japan)로 측정하였다.

### 정상유동특성 측정

5, 10, 15 및 20 Brix의 천마 열수추출 농축액과 10, 20, 30, 40 및 50 Brix의 50% 에탄올추출 농축액의 정상유동특성은 controlled-stress rheometer(Carri-Med CSL 100, TA Instruments, New Castle, DE, USA)의 원추평판형(cone and plate geometry; 각도: 2°, 직경: 4 cm, zero gap: 500 μm)을 사용하여 측정하였다. 예비실험을 통하여 전단속도( $\dot{\gamma}$ ) 0~1500 s<sup>-1</sup>의 범위 및 측정온도 5~45°C 사이에서 정상유동 특성을 측정하였다. 천마농축액들의 점조도지수와 유동거동지수(n) 등의 리올로지 특성값은 식(1)의 Power law model<sup>(11)</sup>로 해석하였고, 항복력 등의 리올로지 특성값은 식(2)의 Herschel-Bulkley model<sup>(12)</sup>에 의하여 구하였다.

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

$$\tau = C + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2)$$

$\tau$ : 전단응력(shear stress, Pa)

$\dot{\gamma}$ : 전단속도(shear rate, s<sup>-1</sup>)

K: 점조도지수(consistency index, Pa · s<sup>n</sup>)

n: 유동거동지수(flow behavior index, dimensionless)

C: 항복력(yield stress, Pa)

### 농도 및 온도의 영향

천마농축액들의 겔보기점도에 미치는 농도 및 온도의 영향은 각각 식(3)과 (4)와 같은 형태의 Arrhenius 식<sup>(13,14)</sup>으로 분석하였다.

$$\eta_{app} = \eta_{\infty} \cdot \exp(B \cdot A) \quad (3)$$

$$\eta_{app} = \eta_{\infty} \cdot \exp(E_a/RT) \quad (4)$$

$\eta_{app}$ : 겔보기점도(apparent viscosity, Pa · s)

$\eta_{\infty}$ : 무한 겔보기점도(infinite apparent viscosity, Pa · s)

B: 농도의존성 상수(concentration dependency constant, dimensionless)

A: 용액의 농도(concentration, Brix)

$E_a$ : 유동 활성화에너지(activation energy for flow, J/mol · kg)

R: 기체상수(J/K · mol · kg)

T: 절대온도(absolute temperature, K)

### 동적 점탄성 측정

5, 10, 15 및 20 Brix의 천마 열수추출 농축액과 10, 20, 30, 40 및 50 Brix의 50% 에탄올추출 농축액의 동적점탄성(dynamic viscoelasticity)은 controlled-stress rheometer(Carri-Med CSL 100, TA Instruments, New Castle, DE, USA)의 원추평판형(cone and plate geometry; 각도: 2°, 직경: 4 cm, zero gap: 500 μm)을 사용하여 25°C에서 측정하였다. 0.1~10 Hz 범위의 frequency sweep에 의하여 수행되었으며 탄성 특성인 저장탄성률(storage modulus, G')과 점성특성인 손실탄성률(loss modulus, G'')을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 열수추출 농축액의 정상유동특성

대표적으로 25°C에서 5, 10, 15 및 20 Brix의 열수농축액에 대하여 전단속도를 0~1500 s<sup>-1</sup>까지 변화시키면서 전단응력을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 측정된 모든 농축액들이 전형적인 의가소성 유체의 흐름 특성을 나타내었으며, 가용성 고형분의 함량이 높을수록 전단응력이 증가하는 것으로 나타났다. 5°C와 45°C의 측정온도에서도 모두 같은 경향을 보였다. 땅속에 형성된 구근을 이용한다는 점에서 재배학적 식물특성이 천마와 비슷한 인삼 엑기스의 리올로지 특성을 측정된 Yoo<sup>(15)</sup>의 결과와 비교해보면 인삼엑기스도 의가소성의 흐름특성이었고, 전단속도가 증가함에 따라 변형속도가 새로운 분자간의 엉킴(entanglement)들의 형성속도보다 빠르게 될 때 나타나는 현상으로서 이는 고분자 물질에서 주로 나타나는 유동특성이라는 보고와도 같은 경향을 나타내었다.

Power law model과 Herschel-Bulkley model에 적용시켜 유동특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 모든 측정농도와 온도범위에서 높은 상관관계를 나타내어 위의 모델식들에 잘 적용되었다. n은 모든 범위에서 1보다 낮은 값을 나타내어 전형적인 의가소성 유체의 흐름 특성을 나타내었으며, 열수농축액의 농도가 증가할수록 의가소성은 증가하였고, 동일농

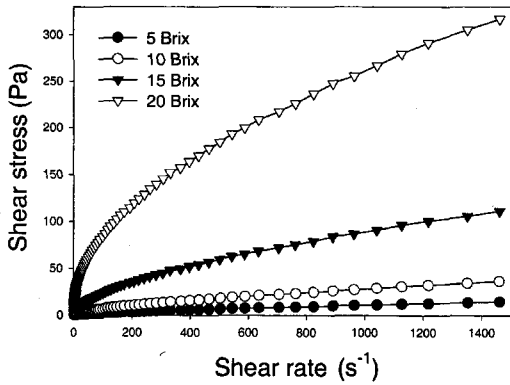


Fig. 1. Shear stress vs. shear rate plot of Gastrodiae Rhizoma hot water concentrates at 25°C.

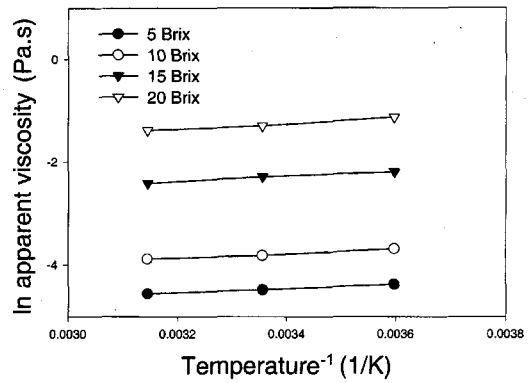


Fig. 2. Effect of temperature on apparent viscosity of Gastrodiae Rhizoma hot water concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>.

도에서는 측정온도가 감소할수록 의가소성이 증가하였다. Power law model로 구한 K는 0.049~12.617 Pa·s<sup>n</sup> 범위로 농도가 증가하고, 측정온도가 감소할수록 증가하였다. 한편 Herschel-Bulkley model에 의한 C는 0.030~1.255 Pa 범위로 농축액의 농도가 증가할수록 측정온도가 낮을수록 높은값을 나타내었다.

**열수추출 농축액의 온도의존성**

열수농축액의 측정온도에 따른 온도 의존성을 arrhenius식을 이용하여 살펴보았다.  $\eta_{app}$ 에 대한 온도의 영향을 보기 위하여  $\ln\eta_{app}$  대 1/T을 도시한 결과는 Fig. 2, E<sub>a</sub>와  $\eta_{\infty}$ 를 구한 결과는 Table 2와 같다.

전체적으로 열수 농축액의 농도가 증가할수록 흐름을 일으키는데 필요한 E<sub>a</sub>는 3.340×10<sup>3</sup> J/mol·kg에서 4.620×10<sup>3</sup> J/mol·kg로 증가하는 경향을 보였다.  $\eta_{\infty}$ 는 농축액 농도가 증가할수록 0.2957×10<sup>-2</sup> Pa·s에서 4.3257×10<sup>-2</sup> Pa·s로 증가하였다. 천마중의 전분함량은 작물의 생육 특성상 인삼이나 마와 비슷한 정도로 상당히 높은 것으로 알려져 있다. Yoo<sup>(15)</sup>는 인삼 엑기스의 전단속도와 점도와의 관계를 통해 점도의 온도의존성을 구한 결과 온도가 15°C에서 55°C로 증

가할 때  $\eta_{app}(\eta_{a,100})$ 는 12.9 Pa·s에서 0.4 Pa·s로 급격히 감소하였고, 이는 인삼엑기스 구조사이에 강한 인력이 작용하는 고분자 물질들이 온도가 증가하면 구조가 느슨하여 상호 작용 인력이 감소하고 따라서 점도가 감소하기 때문이며,  $\eta_{app}$ 가 온도에 따라 지수함수로 감소하는 경향을 나타낸다는 보고와도 천마열수농축액이 같은 경향을 나타내었다. 또한 마 전분 호화액의 리올로지 특성에서와 같이 농축액의 농도가 증가함에 따라 E<sub>a</sub>가 4.1415×10<sup>6</sup> J/mol·kg에서 5.4539×10<sup>6</sup> J/mol·kg로 증가한 Lee<sup>(16)</sup> 등의 결과와도 비슷한 경향을 나타내었다.

**열수추출 농축액의 농도의존성**

열수농축액의  $\eta_{app}$ 에 대한 농도의 영향을 알아보기 위해 전단속도 1000 s<sup>-1</sup>에서  $\ln\eta_{app}$  대 농도를 도시한 결과는 Fig. 3, B와  $\eta_{\infty}$ 를 구한 결과는 Table 3과 같다.

측정온도가 5°C에서 45°C로 증가함에 따라 농도의존상수인 B값이 0.2245에서 0.2199로 감소하였고  $\eta_{\infty}$ 값도 0.003496 Pa·s에서 0.003004 Pa·s로 감소하는 경향을 보였다. 온도 증가시 마 전분 호화액의 B값이 0.40449에서 0.39352로 감소한 Lee<sup>(16)</sup> 등의 결과와도 비슷한 경향으로서 측정온도가 높

Table 1. Rheological parameters of Gastrodiae Rhizoma hot water concentrates

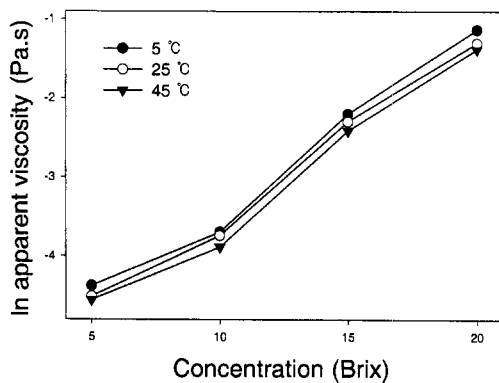
Conc. (Brix)	Temp. (°C)	Power law			Herschel-Bulkley			
		n (-)	K (Pa·s <sup>n</sup> )	r <sup>2(1)</sup>	n (-)	K (Pa·s <sup>n</sup> )	C (Pa)	r <sup>2(1)</sup>
5	5	0.658	0142	0.99	0.679	0.117	0.089	0.99
	25	0.706	0.129	0.99	0.713	0.090	0.030	0.99
	45	0.802	0.049	0.99	0.734	0.060	0.079	0.99
10	5	0.610	0.443	0.99	0.633	0.498	0.154	0.99
	25	0.611	0.403	0.99	0.617	0.406	0.130	0.99
	45	0.642	0.390	0.99	0.692	0.368	0.009	0.99
15	5	0.538	2.492	0.99	0.561	2.059	0.407	0.99
	25	0.554	1.904	0.99	0.571	1.803	0.270	0.99
	45	0.570	1.892	0.99	0.587	1.704	0.212	0.99
20	5	0.484	12.617	0.99	0.496	11.637	1.255	0.99
	25	0.486	9.164	0.99	0.490	8.827	1.093	0.99
	45	0.487	8.579	0.99	0.502	7.804	1.033	0.99

<sup>1)</sup>correlation coefficient.

**Table 2. Effect of temperature on apparent viscosity of Gastrodiae Rhizoma hot-water concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>**

Conc. (Brix)	Temp. (K)	$\eta_{app}$ (Pa · s)	$E_a$ ( $\times 10^3$ J/mol · kg)	$\eta_{\infty}$ ( $\times 10^{-2}$ Pa · s)	$r^{(1)}$
5	278	0.012589	3.340	0.2957	0.99
	298	0.011312			
	318	0.010501			
10	278	0.024882	3.525	0.5373	0.98
	298	0.021947			
	318	0.020560			
15	278	0.110994	3.936	2.0362	0.98
	298	0.101268			
	318	0.089498			
20	278	0.322553	4.620	4.3257	0.98
	298	0.273185			
	318	0.251209			

<sup>1)</sup>correlation coefficient.



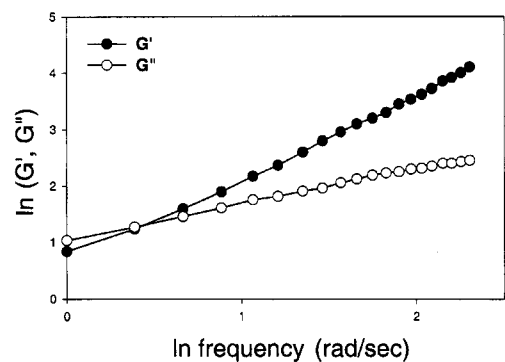
**Fig. 3. Effect of concentration on apparent viscosity of Gastrodiae Rhizoma hot water concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>.**

아질수록 농도의존성은 낮아지는 것으로 나타났다.

**열수추출 농축액 동적 점탄성**

정상유동특성의 결과로 볼 때 천마 열수농축액은 전분을 비롯한 전형적인 고분자 현탁액의 특성을 나타내고 있다고 판단된다. 대부분의 고분자 현탁액은 고체와 액체의 특성을 모두 반영하는 물성적 특성을 가지므로 천마 열수농축액의 점탄성을 측정하면 그 구성성분을 이해하고 가공조건에 따라 변화될 점탄성을 예견하는 정보를 제공할 수 있다<sup>(17)</sup>. 열수농축액의 진동수(angular frequency,  $\omega$ )에 따른 저장탄성률(storage modulus,  $G'$ ), 손실탄성률(loss modulus,  $G''$ )의 변화는 Fig. 4와 같다.

열수농축액은 진동수가 증가할수록  $G'$ 와  $G''$ 이 모두 증가하여 일반적인 고분자 용액과 마찬가지로 진동수의 의존성



**Fig. 4. ln (G', G'') vs. ln frequency (rad/sec) of Gastrodiae Rhizoma hot water concentrates at 25°C.**

이 높은 것으로 나타났다. 그러나 0.5 rad/sec 이하의 낮은 진동수에서는  $G''$ 이  $G'$ 보다 높았고, 진동수가 증가함에 따라 0.5 rad/sec 부근에서 교차점을 형성한 이후에는  $G'$ 이  $G''$ 보다 높게 나타났다. 즉 열수농축액은 진동수가 증가할수록 탄성적 성질이 점성적 성질보다 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 전형적인 고분자 현탁액의 동적점탄성특성으로서 인삼 엑기스의 경우와 마찬가지로 진동수가 증가함에 따라  $G'$ 과  $G''$ 이 증가하여 진동수 의존성이 높고  $G'$ 의 증가폭이  $G''$ 보다 커서 cross over현상을 나타내었다는 Yoo<sup>(15)</sup>의 결과와도 비슷한 경향을 나타내었다.

**50% 에탄올 추출농축액의 정상유동특성**

대표적으로 25°C에서 10, 20, 30, 40 및 50 Brix의 50% 에탄올 농축액에 대하여 전단속도를 0~1500 s<sup>-1</sup>까지 변화시키면서 전단응력을 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 측정된 모

**Table 3. Value of  $\eta_{\infty}$  and B of the Gastrodiae Rhizoma hot-water concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>**

Temperature (°C)	Concentration (Brix)	B	$\eta_{\infty}$ (Pa · s)	$r^{(1)}$
5	5~20	0.2245	0.003496	0.98
25	5~20	0.2216	0.003206	0.98
45	5~20	0.2199	0.003004	0.98

<sup>1)</sup>correlation coefficient.

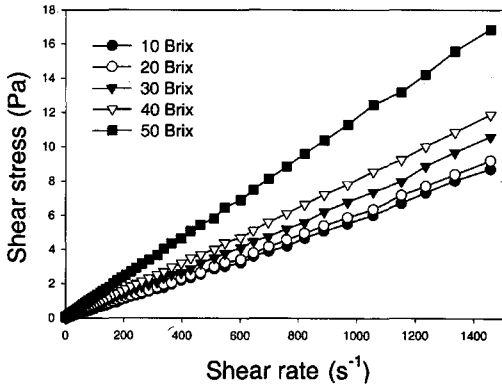


Fig. 5. Shear stress vs. shear rate plot of Gastrodiae Rhizoma 50% ethanol concentrates at 25°C.

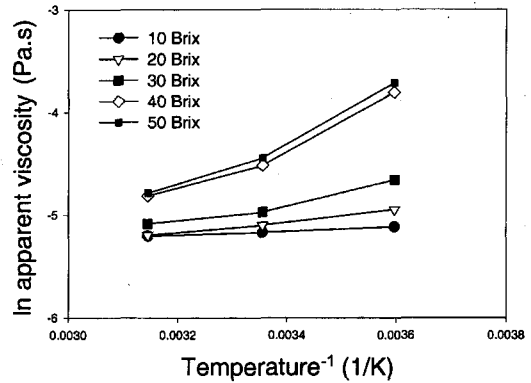


Fig. 6. Effect of temperature on apparent viscosity of Gastrodiae Rhizoma 50% ethanol concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>.

든 농축액들이 뉴턴유체에 가까운 흐름특성을 나타내었으며, 가용성 고형분의 함량이 높을수록 전단응력은 증가하는 것으로 나타났다. 5°C와 45°C의 측정온도에서도 모두 같은 경향을 보였다. 전분 등의 고분자물질 보다는 주로 당류 등의 저분자 물질로 구성된 배주스 농축액의 리올로지특성을 측정 한 Choi<sup>(18)</sup> 등의 결과에서 전단속도가 증가함에 따라 전단응력이 직선적으로 증가하여 뉴턴 유체에 가까운 흐름특성을 나타냈다는 보고와 비교해 볼 때 천마 50% 에탄올 농축액은 열수 농축액과는 다르게 상당히 저분자 물질들로 구성되어 있음을 유추해 볼 수 있었다.

Power law model과 Herschel-Bulkley model에 적용시켜 유동특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 모든 측정농도와 온도범위에서 높은 상관관계를 나타내어 위의 모델식들에 잘 적용되었다. n은 열수농축액이 0.484~0.802의 범위였으나 50% 에탄올 농축액은 0.875~1.078로서 1에 가까운 값을 나타내어 열수농축액에 비해 훨씬 뉴턴 유체에 가까운 흐름특성을 나타내었다. 50% 에탄올 농축액의 농도가 증가할수록 의가소

성은 증가하였고, 동일온도에서는 측정온도가 감소할수록 의가소성이 증가하였다.

Power law model로 구한 K도 열수농축액보다 매우 낮은 0.004~0.047 Pa · s<sup>n</sup> 범위로 농도가 증가하고, 측정온도가 감소할수록 증가하였다. Herschel-Bulkley model에 의한 C도 0.007~0.065 Pa 범위로 열수농축액 보다 매우 낮게 나타났다. 이는 50% 에탄올 농축액의 구성분자들이 열수 농축액보다는 상대적으로 매우 작은 저분자들로 이루어져 있다는 것을 시사해 주는 결과로 판단된다.

천마 열수농축액의 정상유동 특성은 전형적인 고분자 물질의 리올로지 특성과 유사하여 천마의 주성분이 탄수화물(89.74%)<sup>(10)</sup>임을 감안할 때 천마 열수농축액은 전분을 비롯한 고분자류가 많이 용출된 것으로 판단되며, 50% 에탄올 농축액은 추출용매가 물에 비해 비극성인 점을 고려해 볼 때 천마에 함유된 폴리페놀류나 소당류등의 저분자 물질들이 상당량 용출되어 열수농축액과는 달리 저분자 물질의 리올로지 특성을 많이 나타낸 것으로 해석된다.

Table 4. Rheological parameters of Gastrodiae Rhizoma 50% ethanol concentrates

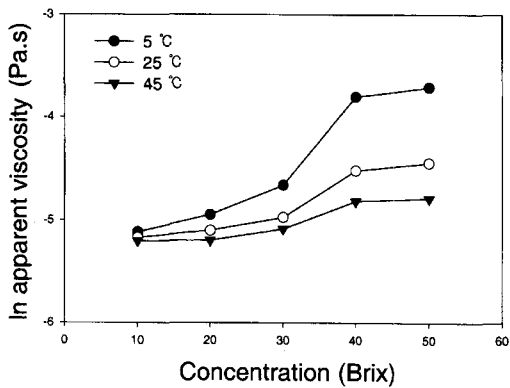
Conc. (Brix)	Temp. (°C)	Power law			Herschel-Bulkley			
		n (-)	K (Pa · s <sup>n</sup> )	r <sup>2(1)</sup>	n (-)	K (Pa · s <sup>n</sup> )	C (Pa)	r <sup>2</sup>
10	5	1.018	0.013	0.97	1.209	0.002	0.022	0.99
	25	1.049	0.014	0.98	1.255	0.001	0.012	0.99
	45	1.078	0.004	0.96	1.317	0.001	0.007	0.99
20	5	0.928	0.012	0.97	1.159	0.006	0.025	0.97
	25	0.931	0.012	0.97	1.197	0.003	0.016	0.97
	45	0.936	0.008	0.96	1.243	0.003	0.020	0.98
30	5	0.885	0.020	0.99	1.003	0.011	0.032	0.99
	25	0.915	0.011	0.98	1.027	0.005	0.019	0.98
	45	0.928	0.007	0.97	1.030	0.005	0.017	0.98
40	5	0.884	0.046	0.99	0.956	0.031	0.051	0.99
	25	0.903	0.023	0.98	0.981	0.013	0.036	0.99
	45	0.917	0.014	0.97	1.016	0.007	0.027	0.98
50	5	0.875	0.047	0.99	0.950	0.036	0.065	0.99
	25	0.897	0.019	0.98	0.979	0.013	0.057	0.99
	45	0.906	0.014	0.98	0.994	0.008	0.057	0.98

<sup>1)</sup>correlation coefficient.

**Table 5. Effect of temperature on apparent viscosity of Gastrodiae Rhizoma 50% ethanol concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>**

Conc. (Brix)	Temp. (K)	$\eta_{app}$ (Pa · s)	$E_a$ ( $\times 10^3$ J/mol · kg)	$\eta_{\infty}$ ( $\times 10^{-2}$ Pa · s)	$r^{(1)}$
10	278	0.006004	1.6289	29.620	0.99
	298	0.005696			
	318	0.005496			
20	278	0.007109	4.6117	9.601	0.99
	298	0.006098			
	318	0.005536			
30	278	0.009481	7.8898	3.041	0.95
	298	0.006943			
	318	0.006195			
40	278	0.022255	18.6699	0.065	0.96
	298	0.010926			
	318	0.008119			
50	278	0.024426	19.8513	0.043	0.97
	298	0.011741			
	318	0.008349			

<sup>1)</sup>correlation coefficient.



**Fig. 7. Effect of concentration on apparent viscosity of Gastrodiae Rhizoma 50% ethanol concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>.**

**50% 에탄올 추출농축액의 온도의존성**

50% 에탄올 농축액의 측정온도에 따른 온도 의존성을 arrhenius식을 이용하여 살펴보았다.  $\eta_{app}$ 에 대한 온도의 영향을 보기 위하여  $\ln \eta_{app}$  대  $1/T$ 을 도시한 결과는 Fig. 6,  $E_a$ 와  $\eta_{\infty}$ 를 구한 결과는 Table 5와 같다.

50% 에탄올 농축액과 열수농축액을 비교하여 보면 전체적으로 농축액의 농도가 증가할수록 흐름을 일으키는데 필요한  $E_a$ 는 열수농축액 경우  $3.340 \times 10^3$  J/mol · kg에서  $4.620 \times 10^3$  J/mol · kg로 증가하였고,  $\eta_{\infty}$ 도 농축액의 농도가 증가할수록  $0.2957 \times 10^{-2}$  Pa · s에서  $4.3257 \times 10^{-2}$  Pa · s로 증가하였다. 50% 에탄올 농축액의 경우에는 농도가 10에서 50 Brix

로 증가할 때  $E_a$ 가  $1.6289 \times 10^3$  J/mol · kg에서  $19.8513 \times 10^3$  J/mol · kg로 크게 증가하는 경향을 보였고,  $\eta_{\infty}$ 는  $29.6200 \times 10^{-4}$  Pa · s에서  $0.04324 \times 10^{-4}$  Pa · s로 크게 감소하여 열수농축액과는 다른 경향을 나타냈다. 그러나 50% 에탄올 농축액은 가용성 고형분양이 훨씬 높은데도 불구하고  $\eta_{\infty}$ 가 열수농축액에 비해 절대적인 수치로 약 1/15~1/1000 정도의 매우 작은 값을 나타내고 있어서 열수농축액 보다는 매우 작은 저분자 물질들로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

**50% 에탄올 추출농축액의 농도의존성**

50% 에탄올 농축액의  $\eta_{app}$ 에 대한 농도의 영향을 알아보기 위해 전단속도  $1000 \text{ s}^{-1}$ 에서  $\ln \eta_{app}$  대 농도를 도시한 결과는 Fig. 7, B와  $\eta_{\infty}$ 를 구한 결과는 Table 6과 같다.

50% 에탄올 농축액의 측정온도가 5°C에서 45°C로 증가함에 따라 농도의존상수인 B값이 0.0395에서 0.0122로 감소하였고 전체적으로 매우 낮은 수치를 나타내었다. B값이 0.2245~0.2199의 범위인 열수농축액 보다 농도의존성이 매우 낮은 것으로 나타났으며,  $\eta_{\infty}$ 값은 측정온도가 증가함에 따라  $0.003583 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 에서  $0.004597 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 로 증가하였지만 절대수치로는 매우 낮은 값을 나타내었다. 이는 50% 에탄올 농축액의 구성분자들이 열수 농축액보다 훨씬 저분자들로 구성되어 있음을 시사해주는 결과로 판단되었다.

**50% 에탄올 추출농축액 동적 점탄성**

50% 에탄올 농축액의 진동수(angular frequency,  $\omega$ )에 따른 저장탄성률(storage modulus,  $G'$ ), 손실탄성률(loss modulus,

**Table 6. Value of  $\eta_{\infty}$  and B of the Gastrodiae Rhizoma 50% ethanol concentrates at 1000 s<sup>-1</sup>**

Temperature (°C)	Concentration (Brix)	B	$\eta_{\infty}$ (Pa · s)	$r^{(1)}$
5	10~50	0.0395	0.003583	0.92
25	10~50	0.0203	0.004301	0.91
45	10~50	0.0122	0.004597	0.90

<sup>1)</sup>correlation coefficient.

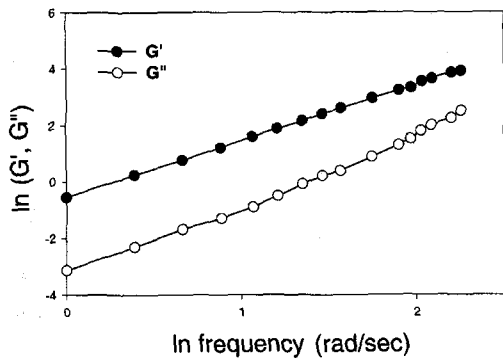


Fig. 8. ln (G', G'') vs. ln frequency (rad/sec) of *Gastrodiae Rhizoma* 50% ethanol concentrates at 25°C.

G'')의 변화는 Fig. 8과 같다.

50% 에탄올농축액은 진동수가 증가할수록 G'과 G''이 증가하여 진동수의 의존성이 높은 것으로 나타났으며, 측정된 진동수 범위내에서 G'과 G''이 서로 교차하는 교차점을 나타내지는 않았다. 또한 진동수가 증가함에 따라 G'의 증가폭이 G' 보다 커서 점성적 성질, 즉 흐름성(fluidity)이 증가하는 경향을 나타내었다. 진동수의 증가에 따라 G'의 증가폭이 G' 보다 커서 탄성적 성질을 나타내는 고분자용액의 특성을 갖는 열수농축액과는 다른 경향을 보여주었다. 탄성적 성질이 증가하는 열수농축액의 고분자용액 점탄특성과는 달리 50% 에탄올 농축액은 점성적 성질이 증가하는 저분자용액의 점탄특성을 나타내는 것으로 판단된다.

요 약

천마식품가공시 기초자료로 활용될 수 있는 천마 추출농축액의 리올로지 특성을 조사하였다. 천마의 열수 및 50% 에탄올 추출물은 각각 5, 10, 15 및 20 Brix와 10, 20, 30, 40 및 50 Brix로 농축하여 제조하였다. 열수 및 50% 에탄올 농축액의 정상유동특성과 동적점탄성을 조사하였다. Power law model로 구한 n에 의하면 모든 열수 농축액들은 전형적인 의가소성(n = 0.484~0.802)유체의 흐름특성을 보였고, 50% 에탄올 농축액들은 뉴튼유체(n = 0.875~1.078)에 가까운 흐름특성을 나타내었다. 열수 및 50% 에탄올 농축액의 η<sub>app</sub>는 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. Herschel-Bulkley model에 의한 열수 및 50% 에탄올 농축액의 C는 각각 0.030~1.255 Pa와 0.007~0.065 Pa이었다. η<sub>app</sub>에 대한 온도 및 농도의 영향은 arrhenius식으로 해석하였다. 열수 및 50% 에탄올 농축액의 E<sub>a</sub>는 농도가 증가함에 따라 각각 3.340~4.620 × 10<sup>3</sup> J/mol · kg과 1.6289~18.6699 × 10<sup>3</sup> J/mol · kg의 범위로 나타났다. 진동수(angular frequency, ω)가 증가할수록 저장탄성률(storage modulus, G')과 손실탄성률(loss modulus,

G'')은 일반적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 50% 에탄올 농축액의 경우 모든 진동수에서 G'이 G''보다 높게 나타나 전형적인 저분자용액의 흐름특성을 보였다. 그러나 열수농축액의 경우 G''이 G'보다 높았고 0.5 rad/sec에서 교차점을 형성하였으며 전형적인 고분자 용액의 흐름특성을 나타내었다.

문 헌

1. Society of Oriental Medicine. The Modern Oriental Medicine, pp. 446-447. Hakchang-Sa, Seoul (1993)
2. Ku, B.H. Experimental studies on the pharmaceutical effects of *Gastrodiae elata*. M.S. Thesis, Kyung-Hee Univ., Seoul (1991)
3. Huang, J.H. Comparison studies on pharmacological properties of injection *Gastrodia elata*, gastrodin-free fraction and gastrodin. *Chung-Kuo-Hsueh-Ko-Hsueh-Yuan-Hsueh-Pao* 11: 147-152 (1989)
4. Huang, Z.L. Recent developments in pharmacological study and clinical application of *Gastrodia elata* in China. *Chung-Hsi-I-Chieh-Ho-Tsa-Chih* 5: 251-258 (1985)
5. Wu, H.Q., Xie, L., Jin, X.N., Ge, Q., Jin, H. and Liu, G.Q. The effect of vanillin on the fully amygdala-kindled seizures in the rat. *Yao-Hsueh-Hsueh-Pao* 24: 482-489 (1989)
6. Paik, Y.S., Song, J.K., Yoon, C.H., Chung, K.S. and Yun-Choi, H.S. Anti-platelet and anti-thrombotic effects of *Gastrodia elata*. *Korean J. Pharmacogn.* 26: 385-389 (1995)
7. Kim, E.J., Ji, G.E. and Kang, Y.H. Effects of *Gastrodia Rhizoma* extracts on global coronary circulation in rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 213-220 (1994)
8. Chung, H.S. and Ji, G.E. Composition and functionality of *Chonma*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 213-220 (1994)
9. Lee, B.Y., Yang, Y.M. and Han, C.K. Analysis of aroma pattern of *Gastrodia Rhizoma* by the drying conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 13-17 (2002)
10. Lee, B.Y., Choi, H.S. and Hwang, J.B. Analysis of food components of *Gastrodia Rhizoma* and changes in several characteristic at the various drying conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 37-42 (2002)
11. Rao, M.A. and Antheswarm, R.C. Rheology of fluid in food processing. *Food Technol.* 36: 116-121 (1982)
12. Vitali, A.A. and Rao, M.A. Flow properties of low-pulp concentration. *J. Food Sci.* 49: 882-888 (1984)
13. Hassan, B.H. and Hobani, A.I. Flow Properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *J. Food Eng.* 35: 459-470 (1998)
14. Constenla, D.T., Lozano, J.E. and Crapiste, G.H. Thermophysical properties of clarified juice as a function of concentration and temperature. *J. Food Sci.* 54: 663-668 (1989)
15. Yoo, B.S. Rheological properties of ginseng extracts. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 633-637 (2001)
16. Lee, B.Y., Lee, Y.C., Kim, H.M., Kim, C.J. and Park, M.H. Rheological properties of gelatinized yam starch solution. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 619-622 (1992)
17. Han, J.S. Changes of dynamic viscoelastic properties of oxidized corn starch suspensions during heating and cooling. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 231-237 (2002)
18. Choi, H.D., Kim, K.T., Hong, H.D., Lee, B.Y. and Kim, S.S. Rheological Properties of Pear Juice Concentrates. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 845-851 (1995)

(2002년 12월 13일 접수; 2003년 2월 12일 채택)