

한국산 오미자로부터 디벤조사이클로옥타디엔 계열 리그난 화합물 정성 및 정량 분석

김현웅 · 신재형 · 이민기 · 장가희 · 이성현 · 장환희 · 정석태 · 김정봉[†]

농촌진흥청 국립농업과학원

Qualitative and Quantitative Analysis of Dibenzocyclooctadiene Lignans for the Fruits of Korean “Omija” (*Schisandra chinensis*)

Heon Woong Kim, Jae Hyeong Shin, Min Ki Lee, Ga Hee Jang, Sung Hyeon Lee, Hwan Hee Jang, Seok Tae Jeong and Jung Bong Kim[†]

National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea.

ABSTRACT

Background : Dibenzocyclooctadiene lignans are secondary metabolites present abundantly in the fruits belonging to the genus *Schisandra*. According to previous studies, *Schisandra* lignans exhibit anti-inflammatory, anti-cancer and anti-diabetic properties, as well as an inhibitory effect on platelet aggregation. Therefore, establishing the Korean “Omija” (*Schisandra chinensis*) as a lignan-rich source, in addition to identifying and quantifying the lignans, is extremely valuable.

Methods and Results : Dibenzocyclooctadiene lignans were analyzed with liquid chromatography using diode array detection/mass spectrometry, from methanol extracts subsequently identified by a constructed chemical library of 50 lignans. A total of 27 components of lignan including gomisin S were identified, of which schisandrin, gomisin A, gomisin N, deoxyschisandrin, γ -schisandrin, and schisandrin C were identified as the major components in the Korean Omija, *Schisandra chinensis*. These compounds were divided into two groups, *S*-biphenyl and *R*-biphenyl based on the configurations of the stereoisomers structures with contents of 661.7 and 1350.1 mg per 100 g dry weight, respectively. The total lignan content averaged 2011.4 mg per 100 g dry weight, of which schisandrin and gomisin N comprised the majority (771.8 and 420.5 mg per 100 g dry weight respectively).

Conclusions : Lignans which are present in high quantities in the ripe fruit of *Schisandra chinensis* are important functional compounds that play a major role in the prevention and treatment of human diseases.

Key Words : *Schisandra chinensis*, Lignan, LC-MS

서 론

오미자 (*Schisandra chinensis* Baill.)는 오미자과 (Schisandraceae)에 속하는 낙엽관목인 덩굴식물로, 약 10여종이 동남아시아 지역에 주로 분포하고 있으며, 붉은 색의 과실을 생약재 및 식품원료로 이용하는 약용식물이다 (Kang *et al.*, 2014). 예로부터 강장 및 진정효과로 알려진 오미자 건조 열매는 한국, 중국, 일본의 전통약재로서 광범위하게 사용되어 왔으며 (Chang *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2005), 특히 중

국에서는 익은 열매가 ‘Wuweizi’로 불렸다. 학명에 따라 *Schisandra chinensis* Baill.는 ‘Bei-Wuweizi’로, *Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils.는 ‘Nan-Wuweizi’로 각각 명칭되었다 (Lu and Chen, 2009). 오미자 열매에 함유된 주요 기능성분은 리그난이 합성되는 과정의 중간단계 물질인 리그난 화합물로 지금까지 약 40여종 이상의 리그난 화합물이 확인되었고 (He *et al.*, 1997), 휘발성 정유성분, 색소, 유기산 등 다양한 성분이 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다 (Lu and Chen, 2009). HPLC-DAD 및 질량분석기 (Mass Spectrometry)

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-238-3701 (E-mail) jungbkim@korea.kr

Received 2015 July 30 / 1st Revised 2015 August 18 / 2nd Revised 2015 August 26 / 3rd Revised 2015 September 7 / Accepted 2015 September 8
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

를 이용하여 *S. chinensis*로부터 각각 15종, 25종의 리그난을 동정 및 정량하는데 성공하였으며 (He *et al.*, 1997; Deng *et al.*, 2008), *S. sphenanthera* 에서는 8종의 리그난에 대한 정성 및 정량 정보가 보고되었고 리그난 함량 및 분포는 종 및 재배지역에 따라 극히 다르게 나타났다고 보고되었다 (Wei *et al.*, 2010). *S. chinensis*에는 schisandrin 및 gomisin N이 주요성분으로 확인되는 반면, *S. sphenanthera*에는 γ -schisandrin 및 deoxyschisandrin이 주요성분으로 나타났다 (Deng *et al.*, 2008; Zhu *et al.*, 2007; Wei *et al.*, 2010; Yuan *et al.*, 2011).

이들 리그난 개별성분 중 주요 화합물인 gomisin A, γ -schisandrin, deoxyschisandrin, gomisin N 및 schisandrin C에 대해 high-speed counter-current chromatography (HSCCC) 분리법 등의 고순도 정제연구기법이 보고된 바 있으며 (Huang *et al.*, 2005, 2013), 개별성분에 대한 약리적 효능 연구는 최근까지 계속되고 있다. Schisandrin, gomisin N, gomisin J, schisandrin C는 염증반응 유발물질인 lipopolysaccharide (LPS) 처리에 의해 급격히 생산되는 NO 수치를 저해하는 등 항염효과를 나타냈으며 (Guo *et al.*, 2008; Oh *et al.*, 2010), pregomisin 및 gomisin N은 혈소판응집저해제로서 platelet activation factor (PAF)에 대해 아스피린보다 더 강한 활성을 나타냈다 (Kim *et al.*, 2010). 또한 deoxyschisandrin은 인간 장 상피세포 (HCT116 cells)에 있어 H₂O₂로 유도된 apoptotic cell death를 저해하여 잠재적인 항암효과를 보였으며 (Gu *et al.*, 2010), schisandrin, gomisin A, angeloylgomisin H를 함

유하고 있는 분획은 지질 및 당대사를 조절하는 유전자들의 발현 증가에 관련된 PPAR- γ 의 전사활성을 증가시켜 인슐린 저항성을 증진시킴으로서 항당뇨 효과를 나타냈다 (Kwon *et al.*, 2011). 이처럼 오미자 리그난의 주요 성분에 대한 효능은 밝혀지고 있으나, 그 외 다른 리그난에 대한 연구보고는 거의 전무한 상태이며, 한국산 오미자 열매 추출물로부터 리그난 개별성분 조성에 대한 연구 역시 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 구조 동정을 위해 개별 리그난 화합물 라이브러리 50종을 구축 하여, LC-DAD 및 MS 분석을 통해 한국산 오미자 종실에 함유되어 있는 리그난 함량 및 조성을 평가하여 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

오미자 (*Schisandra chinensis* Baill.)는 2013년 경북 문경시 농업기술센터에서 분양받은 열매를 동결건조한 후 cyclone sample mill (UDY Co., Fort Collins, CO, USA)로 2차 분쇄하여 균질화한 후 100 mesh 이하의 분말로 만들고, 이 분말 시료를 분석을 위한 시료 전처리에 사용하였다.

2. 기기 및 시약

전처리 과정 중에 refrigerated multi-purpose centrifuge (Hanil Science Industrial, Incheon, Korea), ultrasonic bath (Daihan Scientific, Wonju, Korea)가 추출 기기로 사용되었으며,

Table 1. Chemical library of 50 lignans by structures from fruits of *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera* on literature sources.

Name	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	Plant sources	MF ¹⁾	MW ²⁾	Reference	
<Type A> Dibenzocyclooctadiene lignan (S-biphenyl configuration)																
Gomisin N	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	-CH ₂ -	H	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₂₈ O ₆	400	Deng <i>et al.</i> , 2008 He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1979b Wang <i>et al.</i> , 2011		
Schisandrin C	-CH ₂ -		CH ₃	CH ₃	-CH ₂ -	H	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₂₄ O ₆	384	Deng <i>et al.</i> , 2008 He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1982c Wang <i>et al.</i> , 2011		
(-)-Gomisin K ₁	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	H	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₃₀ O ₆	402	Deng <i>et al.</i> , 2008 He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1980a	
Gomisin J	CH ₃	H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	H	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₂₈ O ₆	388	Deng <i>et al.</i> , 2008 He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1978 Wang <i>et al.</i> , 2011	
(-)-Gomisin L ₂	-CH ₂ -		CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	H	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₂₆ O ₆	386	He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1982a	
(-)-Gomisin L ₁	-CH ₂ -		H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₂₆ O ₆	386	He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1982a	
Gomisin U	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	β-OH	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. sphenanthera</i>	C ₂₃ H ₃₀ O ₇	418	Ikeya <i>et al.</i> , 1991	

Table 1. Continued.

Name	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	Plant sources	MF ⁽¹⁾	MW ⁽²⁾	Reference
<Type A> Dibenzocyclooctadiene lignan (S-biphenyl configuration)															
Benzoylgomisin U	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	OBen	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. sphenanthera</i>	C ₃₀ H ₃₄ O ₈	522	Ikeya et al., 1991
Gomisin S	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	α-OH	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₃₀ O ₇	418	Wang et al., 2011 Ikeya et al., 1988a
Benzoylgomisin P	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	OBen	OH	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. sphenanthera</i>	C ₃₀ H ₃₂ O ₉	536	Ikeya et al., 1990
Tigloylgomisin P	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	OTig	OH	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i> <i>S. sphenanthera</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₉	514	He et al., 1997 Ikeya et al., 1980b Ikeya et al., 1990
Angeloylgomisin P	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	OAng	OH	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i> <i>S. sphenanthera</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₉	514	He et al., 1997 Ikeya et al., 1980b Ikeya et al., 1990
Gomisin D	CH ₃	OH										<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₁₀	530	Deng et al., 2008 Ikeya et al., 1979b Wang et al., 2011 Yang et al., 2011
Gomisin E	H	CH ₃										<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₉	514	Deng et al., 2008 Ikeya et al., 1979b Wang et al., 2011 Yang et al., 2011
Epigomisin O	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	α-OH	H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i> <i>S. sphenanthera</i>	C ₂₃ H ₂₈ O ₇	416	He et al., 1997 Ikeya et al., 1979b Ikeya et al., 1991
Gomisin O	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	β-OH	H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₂₈ O ₇	416	He et al., 1997 Ikeya et al., 1979b Ikeya et al., 1991
6-O-Benzoylgomisin O	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	OBen	H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₃₀ H ₃₂ O ₈	520	
Tigloylgomisin O	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	OTig	H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. sphenanthera</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₈	498	Ikeya et al., 1991
Angeloylgomisin O	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	−CH ₂	OAng	H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₈	498	Ikeya et al., 1982b
Angeloylisogomisin O	−CH ₂		CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OAng	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₈	498	Ikeya et al., 1982b
Benzoylisogomisin O	−CH ₂		CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OBen	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₃₀ H ₃₂ O ₈	520	Ikeya et al., 1982b
Schisandrene	−CH ₂ −		CH ₃	CH ₃	−CH ₂ −	OBen	= CH ₂		H	CH ₃		<i>S. chinensis</i>	C ₂₉ H ₂₆ O ₈	502	
Benzoylgomisin Q	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OBen	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i> <i>S. sphenanthera</i>	C ₃₁ H ₃₆ O ₉	552	Ikeya et al., 1990 Wang et al., 2011
Tigloylgomisin Q	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OTig	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₉ H ₃₈ O ₉	530	Yang et al., 2011

정량을 위한 내부표준물질로서 bicyclol (Sigma, St. Louis, MO, USA)이 사용되었다. 그 밖의 HPLC 용매 methanol (MeOH), water, acetonitrile (ACN), formic acid 등은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다.

3. 시료 전처리

0.5 g의 powder 시료를 50 ml conical tube에 담아 15 ml의 MeOH 및 internal standard solution (내부표준물질; bicyclol 500 ppm) 1 ml을 넣어(Wang et al., 2008) 30°C의 초음파추출기에서 30분 동안 추출한 후, 원심분리하여 (3300 rpm, 15분, 4°C) 상층액을 취하는 과정을 3번 진행하였다. 추출물로부터 당을 포함한 불순물을 제거하기 위해 Strata C₁₈-E solid phase extraction (SPE, Phenomenex, Torrance, CA, USA) pre-

column에 MeOH 10 ml, H₂O 10 ml의 순으로 흘려주어 활성화시켜주었다. 감압 농축하여 물에 재용해된 추출총액 10 ml을 loading 후, H₂O 10 ml로 세척하여 MeOH 10 ml로 elution시켰다. 정량을 위해 용출된 리그난 여과액은 N₂ 가스로 농축한 다음, 1 ml의 MeOH로 재용해하여 리그난 동정 및 정량분석의 시료로 사용하였다.

4. 오미자 열매로부터 리그난 화합물 라이브러리 제작

개별 성분에 대한 효율적인 동정을 위해 여러 가지 인용문헌 (Table 1)으로부터 오미자 열매에 존재하는 50종의 리그난 LC-MS 라이브러리 (화합물명, 분자량, 구조, 단편이온패턴, 인용문헌 등 포함)를 직접 제작하여 사용하였다.

Table 1. Continued.

Name	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	Plant sources	MF ¹⁾	MW ²⁾	Reference	
<Type A> Dibenzocyclooctadiene lignan (S-biphenyl configuration)																
Angeloylgomisin Q	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OAng	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₉ H ₃₈ O ₉	530	Ikeya <i>et al.</i> , 1979c Yang <i>et al.</i> , 2011 He <i>et al.</i> , 1997	
Gomisin F	-CH ₂ -		CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OAng	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₉	514	Taguchi and Ikeya. 1977 Wang <i>et al.</i> , 2011 Yang <i>et al.</i> , 2011 He <i>et al.</i> , 1997	
Gomisin G	-CH ₂ -		CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OBen	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₃₀ H ₃₂ O ₉	536	Taguchi and Ikeya. 1977 Wang <i>et al.</i> , 2011 Yang <i>et al.</i> , 2011 Deng <i>et al.</i> , 2008 He <i>et al.</i> , 1997	
Schisantherin A	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃		-CH ₂ -	OBen	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₃₀ H ₃₂ O ₉	536	Ikeya <i>et al.</i> , 1990 Taguchi and Ikeya. 1977 Wang <i>et al.</i> , 2011 Yang <i>et al.</i> , 2011 He <i>et al.</i> , 1997	
Schisantherin B	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃		-CH ₂ -	OAng	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₉	514	Ikeya <i>et al.</i> , 1990 Taguchi and Ikeya. 1977 Wang <i>et al.</i> , 2011 Yang <i>et al.</i> , 2011	
Schisantherin C	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃		-CH ₂ -	OTig	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. sphenanthera</i>	C ₂₈ H ₃₄ O ₉	514	Ikeya <i>et al.</i> , 1990 Wang <i>et al.</i> , 2011 Yang <i>et al.</i> , 2011	
Schisantherin D	-CH ₂ -		CH ₃	CH ₃		-CH ₂ -	OBen	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i> <i>S. sphenanthera</i>	C ₂₉ H ₂₈ O ₉	520	Ikeya <i>et al.</i> , 1982c Ikeya <i>et al.</i> , 1990	
Schisantherin E	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃		H	OBen	CH ₃	OH	CH ₃	H	<i>S. sphenanthera</i>	C ₃₀ H ₃₄ O ₉	538	Ikeya <i>et al.</i> , 1990
Gomisin R	-CH ₂ -		CH ₃	CH ₃		-CH ₂ -	OH	H	CH ₃	CH ₃	H	<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₂₄ O ₇	400	He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1982c	
<Type A> Dibenzocyclooctadiene lignan (R-biphenyl configuration)																
Deoxyschisandrin (Schisandrin A)	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃		H	H			<i>S. chinensis</i> <i>S. sphenanthera</i>	C ₂₄ H ₃₂ O ₆	416	Deng <i>et al.</i> , 2008 He <i>et al.</i> , 1997 Ikeya <i>et al.</i> , 1979b Ikeya <i>et al.</i> , 1980a Ikeya <i>et al.</i> , 1988b Wang <i>et al.</i> , 2011 Yang <i>et al.</i> , 2011	
(+)-Gomisin K ₂	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃		H	H	H			<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₃₀ O ₆	402	Ikeya <i>et al.</i> , 1980a He <i>et al.</i> , 1997	
Schisanhenol ((+)-Gomisin K ₃)	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	CH ₃	CH ₃		H	H			<i>S. chinensis</i> / <i>S. sphenanthera</i>	C ₂₃ H ₃₀ O ₆	402	Ikeya <i>et al.</i> , 1980a Ikeya <i>et al.</i> , 1990 Wang <i>et al.</i> , 2011	

5. HPLC-DAD-ESI/MS를 이용한 개별 리그난 동정 및 정량 분석

개별 리그난을 동정 및 정량하기 위해 Luna C₁₈ (4.6 × 250 mm I.D., 5 μm; Phenomenex, Torrance, CA, USA) 역상 컬럼과 더불어 2998 photodiode array detector (PDA)를 장착한 Alliance e2695 HPLC system (Waters Co., Milford, MA, USA) 및 Micromass ZQ ESI-MS (Waters Co.,

Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 검출 파장은 210 - 400 nm (대표파장 254 nm) 에서 수행되었으며, oven 온도는 35°C, 유속은 1 ml/min이었다. 이동상은 0.1% formic acid 을 포함하는 water (이동상 A) 및 acetonitrile (이동상 B)가 사용되었으며, 상기 전처리 샘플 분석은 이동상 B의 상대적 비율을 조정하여 gradient 조건으로 수행 하였다 (0 - 12 min, 45 - 52%; 12 - 15 min, 52 - 53%; 15 - 16 min, 53 - 58%;

Table 1. Continued.

Name	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	Plant sources	MF ¹⁾	MW ²⁾	Reference
<Type A> Dibenzocyclooctadiene lignan (R-biphenyl configuration)															
γ-Schisandrin	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	-CH ₂ -	H(dl)	H					<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₂₈ O ₆	400	Deng et al., 2008 He et al., 1997 Ikeya et al., 1982a
Schisandrin B ((±)-r-Schisandrin)	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	-CH ₂ -	H	H					<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₂₈ O ₆	400	Ikeya et al., 1982a Wang et al., 2011 Yang et al., 2011
(±)-Gomisin M ₁	CH ₃	-CH ₂ -	H	CH ₃	CH ₃	H	H					<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₂₆ O ₆	386	He et al., 1997 Ikeya et al., 1982a
(+)-Gomisin M ₂	H	-CH ₂ -	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	H					<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₂₆ O ₆	386	He et al., 1997 Ikeya et al., 1982a
Schisandrin (Schisandrol A)	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	OH	H				<i>S. chinensis</i>	C ₂₄ H ₃₂ O ₇	432	He et al., 1997 Ikeya et al., 1979a Wang et al., 2011 Yang et al., 2011
Gomisin A (Schisandrol B)	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	-CH ₂ -	OH	H					<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₂₈ O ₇	416	Deng et al., 2008 He et al., 1997 Taguchi and Ikeya. 1977 Wang et al., 2011 Yang et al., 2011
Gomisin H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	CH ₃	CH ₃	OH	H				<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₃₀ O ₇	418	Ikeya et al., 1979a
Angeloylgomisin H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	Ang	CH ₃	CH ₃	OH	H				<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₆ O ₈	500	Deng et al., 2008 He et al., 1997 Ikeya et al., 1979a Wang et al., 2011 Yang et al., 2011
Tigloylgomisin H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	Tig	CH ₃	CH ₃	OH	H				<i>S. chinensis</i>	C ₂₈ H ₃₆ O ₈	500	Deng et al., 2008 He et al., 1997 Ikeya et al., 1979a Wang et al., 2011 Yang et al., 2011
Benzoylgomisin H	CH ₃	CH ₃	CH ₃	Ben	CH ₃	CH ₃	OH	H				<i>S. chinensis</i>	C ₃₀ H ₃₄ O ₈	522	Ikeya et al., 1979a Wang et al., 2011
Gomisin T	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	OH	H				<i>S. chinensis</i>	C ₂₃ H ₃₀ O ₇	418	Ikeya et al., 1988a
Isoschisandrin	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H	OH				<i>S. chinensis</i> <i>S. sphenanthera</i>	C ₂₄ H ₃₂ O ₇	432	He et al., 1997 Ikeya et al., 1988b
<Type B> 2,3-Dimethyl-1,4-diarylbutane lignan															
Pregomisin	OH	OCH ₃ OCH ₃	OH	CH ₃								<i>S. chinensis</i>	C ₂₂ H ₃₀ O ₆	390	Ikeya et al., 1978
(+)-Anwulignan	OCH ₂ O	H	H	OH								<i>S. sphenanthera</i>	C ₂₀ H ₂₄ O ₄	328	

Ang; Angeloyl, Tig; Tigloyl, Ben; Benzoyl.

¹⁾MF; Molecular Formula²⁾MW; Molecular Weight

16 - 24 min, 58 - 64%; 24 - 26 min, 64 - 75%; 26 - 40min, 75 - 76%; 40 - 41 min, 76 - 100%; 41 - 55 min, 100%; 55 - 57 min, 100 - 45%; 57 - 65 min, 45%). MS 분석은 electrospray ionization (ESI) source를 이용한 positive ionization mode로 진행되었으며, MS parameter로 각각 cone voltage 30 V, source 온도 120℃, desolvation 온도 350℃ 및 desolvation N₂ 가스 800 ℓ/hr이 설정되었다. 분자량 범위는 full scan 타입으로 50 - 600 m/z이었다. 개별 리그난 정량은 각각의 표준물질

을 구비하기 어려운 관계로 relative response factor (RRF)을 고려하지 않고 내부표준물질 bicyclol을 이용하여 비례식 ($a/b = x/y$)으로 계산 한 결과를 이용하였다.

결과 및 고찰

오미자 (*Schisandra chinensis* Baill.)의 리그난은 구조적 이성질체화에 따라 분리 및 동정이 상당히 까다로우며, 앞으로 발생

가능 한 물질이 수백 종으로 예상되나, 선행 연구 결과로부터 dibenzocyclooctadiene lignans 및 2,3-dimethyl-1,4-diarylbutane lignans 계열 총 50종의 리그난 화합물 정보가 구축되었다 (Table 1). 직접 제작된 오미자 리그난 화합물 라이브러리를 바탕으로 PDA detection에 따른 UV spectrum, LC-ESI/MS spectrum 등을 확인한 결과, schisandrin을 포함한 총 27종의 개별 성분의 peak가 분리 및 동정되었다 (Fig. 1). 한국산 오미자 함유 27종의 dibenzocyclooctadiene 리그난은 크게 2가지 타입의 *S*-biphenyl configuration 및 *R*-biphenyl configuration 이성질체 구조로서 구분되며, 이들은 Fig. 2 및 Table 1에서 알 수 있듯이, 복합적 대칭 특징, 이성질체특성 및 작용기 (angeloyl, tigloyl, benzoyl) 등에 따라 복잡하고 다양한 구조를 나타내고 있다.

모든 개별 리그난은 ESI source를 장착한 single quadrupole MS에서 positive ionization mode 분석시, $[M+H]^+$, $[M+Na]^+$, $[M+NH_4]^+$ 형태의 ion peak가 확인되었으며, 전체구조로부터 H_2O (m/z 18) 또는 CH_3O (m/z 31)이 잘려나가는 fragment 패턴을 확인할 수 있었다. 특히 tigloylgomisin H, tigloylgomisin Q, tigloylgomisin P, angeloylgomisin H는 모분자 이온으로부터 $C_5H_8O_2$ (tigloyl, angeloyl moieties)가 단편으로 소실되었으며, benzoylgomisin H, benzoylgomisin Q는 $C_7H_6O_2$ (benzoyl moiety)가 소실되는 패턴을 보였다. Table 2 및 Fig. 3을 보았을 때, 본 연구결과에서 제시된 리그난의 질량 단편 이온 패턴은 기존 연구 문헌 (He *et al.*, 1997; Deng *et al.*, 2008; Wei *et al.*, 2010)에서 제시한 $[M+H]^+$, $[M+Na]^+$, $[M+K]^+$, $[M+H-H_2O]^+$ 의 단순패턴보다 자세하게 나타나 이들 구조의 정확한 확인이 가능하였다.

한국산 오미자 건조 열매의 메탄올 추출물에서 분리된 개별 dibenzocyclooctadiene 리그난 함량 및 MS fragment 패턴을 나타내었다 (Table 2). 리그난 정량은 relative response factor (RRF)을 고려하지 않은 상태로 내부표준물질 bicyclol을 이용하여 수행하였으며 (Wang *et al.*, 2008), 일반적으로 과육에 포함 되었을 것으로 판단되는 당 성분의 방해를 피하기 위하여 SPE (solid phase extraction) 과정을 통해 당을 포함한 불순물을 제거하는 과정을 포함하였으며 분석 가능한 MS spectrum을 얻을 수 있었다.

오미자 함유 총 리그난 함량은 2011.4 mg/100 g (*S* 및 *R*-

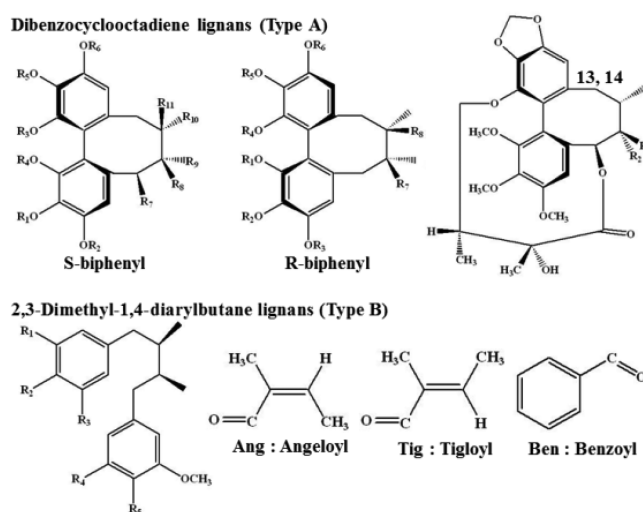


Fig. 2. Chemical structures of individual 50 lignans reported from fruits of *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera*.

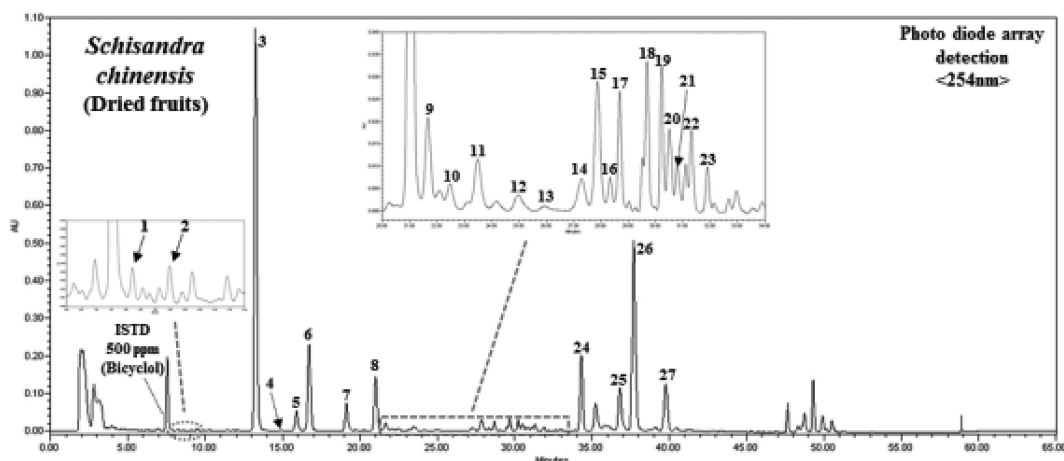


Fig. 1. HPLC chromatogram of 27 dibenzocyclooctadiene lignans from a methanol extract of *Schisandra chinensis* (Omija) fruits. 1; gomisin S, 2; isoschisandrin, 3; schisandrin, 4; gomisin D, 5; gomisin J, 6; gomisin A, 7; tigloylgomisin H, 8; angeloylgomisin H, 9; benzoylgomisin H, 10; benzoylgomisin Q, 11; tigloylgomisin Q, 12; gomisin G, 13; tigloylgomisin P, 14; (+)-gomisin K₂, 15; (-)-gomisin K₁, 16; schisantherin A, 17; schisantherin B, 18; schisanhenol, 19; (+)-gomisin M₂, 20; (±)-gomisin M₁, 21; gomisin E, 22; (-)-gomisin L₁, 23; (-)-gomisin L₂, 24; deoxyschisandrin, 25; γ-schisandrin, 26; gomisin N, 27; schisandrin C.

Table 2. MS spectrometric data and amounts of 27 lignans from an methanol extract of *Schisandra chinensis* (Omija) fruits.

Peak No.	Dibenzocyclooctadiene lignans	Types	Fragment ions (m/z)	Schisandra Fruits (mg/100 g DW)
1	Gomisin S	S	419[M+H] ⁺ , 401[M+H-H ₂ O] ⁺ , 369[M+H-H ₂ O-CH ₃ O] ⁺	2.5 ± 0.1
2	Isoschisandrin	R	433[M+H] ⁺ , 415[M+H-H ₂ O] ⁺	1.9 ± 0.2
3	Schisandrin (Schisandrol A)	R	455[M+Na] ⁺ , 450[M+NH ₄] ⁺ , 433[M+H] ⁺ , 415[M+H-H ₂ O] ⁺	771.8 ± 4.0
4	Gomisin D	S	553[M+Na] ⁺ , 548[M+NH ₄] ⁺ , 531[M+H] ⁺ , 485[M+H-CH ₂ O ₂] ⁺ , 401[M+H-C ₆ H ₁₀ O ₃] ⁺	1.3 ± 0.1
5	Gomisin J	S	389[M+H] ⁺ , 358[M+H-CH ₃ O] ⁺	38.5 ± 0.7
6	Gomisin A (Schisandrol B)	R	439[M+Na] ⁺ , 434[M+NH ₄] ⁺ , 417[M+H] ⁺ , 399[M+H-H ₂ O] ⁺ , 369[M+H-H ₂ O-CH ₃ O] ⁺	172.5 ± 1.8
7	Tigloylgomisin H	R	523[M+Na] ⁺ , 518[M+NH ₄] ⁺ , 501[M+H] ⁺ , 483[M+H-H ₂ O] ⁺ , 401[M+H-C ₅ H ₈ O ₂] ⁺	50.1 ± 0.4
8	Angeloylgomisin H	R	523[M+Na] ⁺ , 518[M+NH ₄] ⁺ , 501[M+H] ⁺ , 483[M+H-H ₂ O] ⁺ , 401[M+H-C ₅ H ₈ O ₂] ⁺	108.6 ± 1.0
9	Benzoylgomisin H	R	545[M+Na] ⁺ , 523[M+H] ⁺ , 505[M+H-H ₂ O] ⁺ , 401[M+H-C ₇ H ₆ O ₂] ⁺	17.0 ± 0.2
10	Benzoylgomisin Q	S	575[M+Na] ⁺ , 553[M+H] ⁺ , 431[M+H-C ₇ H ₆ O ₂] ⁺ , 387[M+H-C ₇ H ₆ O ₂ -C ₂ H ₄ O] ⁺	5.0 ± 0.1
11	Tigloylgomisin Q	S	553[M+Na] ⁺ , 531[M+H] ⁺ , 431[M+H-C ₅ H ₈ O ₂] ⁺	11.5 ± 0.3
12	Gomisin G	S	559[M+Na] ⁺ , 554[M+NH ₄] ⁺ , 537[M+H] ⁺ , 415[M+H-C ₇ H ₆ O ₂] ⁺ , 371[M+H-C ₇ H ₆ O ₂ -C ₂ H ₄ O] ⁺	4.5 ± 0.1
13	Tigloylgomisin P	S	537[M+Na] ⁺ , 515[M+H] ⁺ , 415[M+H-C ₅ H ₈ O ₂] ⁺	0.9 ± 0.0
14	(+)-Gomisin K ₂	R	425[M+Na] ⁺ , 420[M+NH ₄] ⁺ , 403[M+H] ⁺ , 385[M+H-H ₂ O] ⁺	8.0 ± 0.1
15	(-)-Gomisin K ₁	S	425[M+Na] ⁺ , 420[M+NH ₄] ⁺ , 403[M+H] ⁺	23.9 ± 0.2
16	Schisantherin A (Gomisin C)	S	559[M+Na] ⁺ , 554[M+NH ₄] ⁺ , 537[M+H] ⁺ , 415[M+H-C ₇ H ₆ O ₂] ⁺ , 371[M+H-C ₇ H ₆ O ₂ -C ₂ H ₄ O] ⁺	4.7 ± 0.0
17	Schisantherin B (Gomisin B)	S	537[M+Na] ⁺ , 532[M+NH ₄] ⁺ , 515[M+H] ⁺ , 415[M+H-C ₅ H ₈ O ₂] ⁺ , 371[M+H-C ₅ H ₈ O ₂ -C ₂ H ₄ O] ⁺	14.4 ± 0.1
18	Schisanhenol ((+)-Gomisin K ₃)	R	425[M+Na] ⁺ , 403[M+H] ⁺ , 385[M+H-H ₂ O] ⁺ , 370[M+H-H ₂ O-CH ₃] ⁺	18.2 ± 0.1
19	(+)-Gomisin M ₂	R	409[M+Na] ⁺ , 387[M+H] ⁺	15.5 ± 0.1
20	(±)-Gomisin M ₁	R	409[M+Na] ⁺ , 387[M+H] ⁺	11.9 ± 0.0
21	Gomisin E	S	537[M+Na] ⁺ , 532[M+NH ₄] ⁺ , 515[M+H] ⁺ , 469[M+H-CH ₂ O ₂] ⁺ , 385[M+H-C ₆ H ₁₀ O ₃] ⁺	6.7 ± 0.1
22	(-)-Gomisin L ₁	S	409[M+Na] ⁺ , 387[M+H] ⁺	10.0 ± 0.1
23	(-)-Gomisin L ₂	S	409[M+Na] ⁺ , 387[M+H] ⁺	5.5 ± 0.0
24	Deoxyschisandrin (Schisandrin A)	R	439[M+Na] ⁺ , 434[M+NH ₄] ⁺ , 417[M+H] ⁺	138.8 ± 0.6
25	γ-Schisandrin	R	423[M+Na] ⁺ , 418[M+NH ₄] ⁺ , 401[M+H] ⁺ , 371[M+H-CH ₃ O] ⁺	95.8 ± 1.5
26	Gomisin N	S	423[M+Na] ⁺ , 418[M+NH ₄] ⁺ , 401[M+H] ⁺ , 371[M+H-CH ₃ O] ⁺ , 331[M+H-C ₅ H ₁₀] ⁺	420.5 ± 2.9
27	Schisandrin C	S	385[M+H] ⁺ , 355[M+H-CH ₃ O] ⁺	111.8 ± 1.1
Total				2011.4 ± 12.1

Results was expressed as the means ± SD (n = 3). S; S-biphenyl, R; R-biphenyl. The content of individual lignans was calculated by internal standard, bicyclol, relatively.

biphenyl 계열 각각 661.7 및 1350.1 mg/100 g DW)으로, 건조열매 중 약 2%를 차지하여 주요 기능성분임을 재확인할 수 있었다. 이는 참깨 (*Sesamum indicum* L.) 종자 함유 리그난인 세사민 및 세사몰린 총량 (한국 9개 지역; 164-982 mg/100 g DW, 평균 621 mg/100 g DW)보다 약 3배 이상 높은

함량을 나타냈으며 (Lee *et al.*, 2008), 태국 58 계통 (평균 217 mg/100 g DW) 보다 약 10배 가까이 높게 나타났다 (Rangkadilok *et al.*, 2010). 본 연구결과를 중국 12개 지역에서 수집된 *S. chinensis* 시료가 15종 리그난에 대해 1192.2-3641.3 (평균 2038.6) mg/100 g DW의 총 함량 분포를 나타낸

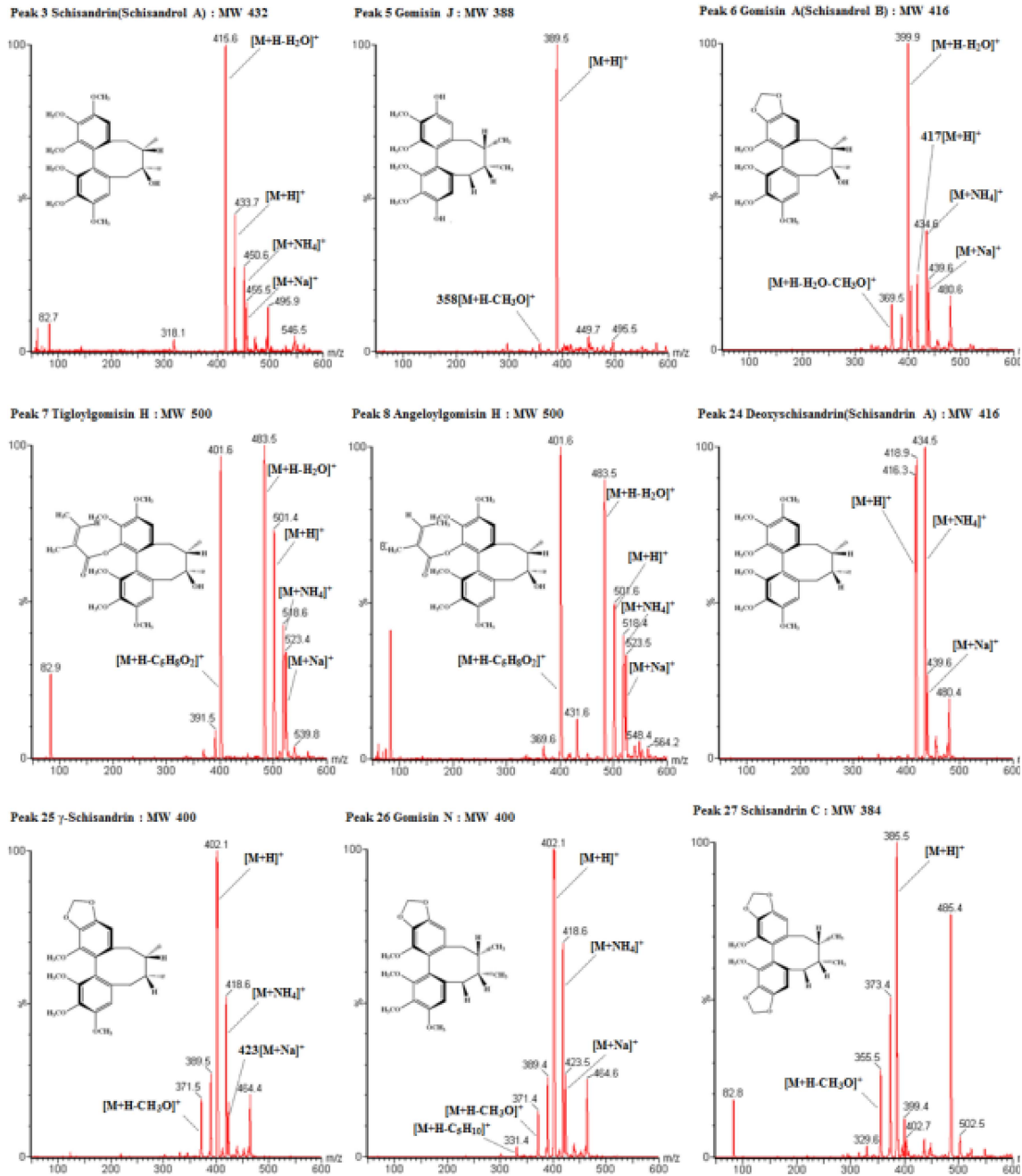


Fig. 3. MS spectra of major lignans detected from a methanol extract of *Schisandra chinensis* (Omija) fruits.

결과와 비슷했으며 (Deng *et al.*, 2008), 중국 3개 지역에서 수집된 *S. sphenanthera* 시료 (8종 리그난; 1346, 1907, 2225 mg/100 g DW) 보다는 약간 높은 함량을 나타내었다 (Yuan *et al.*, 2011). 분리된 27종의 리그난 중 schisandrin, gomisin J, gomisin A, tigloylgomisin H, angeloylgomisin H, deoxyschisandrin, γ-schisandrin, gomisin N, schisandrin C의 총 9종이 주요성분으로 확인되었다. 특히 schisandrin은

711.8 mg/100 g DW으로 가장 높은 함량을 나타내어, 총 리그난 함량 중 약 30% (*R*-biphenyl 계열 함량 중 약 50%)를 차지하였다. 그 다음으로 gomisin N이 420.5 mg/100 g DW으로 높은 함량을 나타내어 전체 함량의 약 20% (*S*-biphenyl 계열 함량 중 약 60%)를 차지하였다 (Table 2). 기존의 연구 결과에서도 *S. chinensis*에서는 schisandrin, gomisin A, gomisin N, schisandrin C이 주요 리그난 성분으로 나타나 본

연구결과와 비슷한 패턴을 나타냈다 (He *et al.*, 1997; Deng *et al.*, 2008; Zhu *et al.*, 2007; Lu and Chen, 2009). 반면에 *S. sphenanthera*에서는 deoxyschisandrin 및 γ -schisandrin이 가장 높은 함량을 나타내는 것으로 보고되었다 (Yuan *et al.*, 2011; Zhu *et al.*, 2007; Lu and Chen, 2009).

최근 이들 주요 리그난 개별성분에 대해 고순도 정제 연구가 진행되고 있다. 잘 알려진 schisandrin을 제외하고 deoxyschisandrin, γ -schisandrin은 high speed counter current chromatography (HSCCC) 분리법을 통해 순도 95% 이상으로 고순도 정제되었으며 (Huang *et al.*, 2005), gomisins A, gomisins N 등 5종은 column 분획 및 supercritical antisolvent (SAS) 침전법을 이용하여 회수율 및 순도가 증진되었다 (Huang *et al.*, 2013). 그리고 개별 리그난 화합물에 대해 항염 효과 (Guo *et al.*, 2008; Oh *et al.*, 2010), 혈소판응집 저해 효과 (Kim *et al.*, 2010), 항암효과 (Gu *et al.*, 2010), 인슐린저항성 증진의 당노개선효과 (Kwon *et al.*, 2011) 등 주요 성분들이 정제되면서 관련 효능 메커니즘이 밝혀지고 있다.

대칭구조, 이성질체 등의 특성에 따라 생리활성 정도가 다르게 나타날 것으로 사료되어, 차후 이들의 구조에 따른 다양한 효능 평가 및 비교 확인이 필요하며, dibenzocyclooctadiene 리그난이 오미자 함유 주요 기능성분일 뿐만 아니라 뛰어난 약리 효능을 가진 화합물로서 재조명 받아야 할 것이다. 이로써 농가소득 증대 및 기능성식품, 의약 등의 제조를 통해 고부가가치화 실현이 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 기관고유사업 ‘농식품자원 유래 플라보노이드 소재탐색 및 DB구축(과제번호: PJ010056)’의 지원을 받아 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Chang GT, Kang SK, Kim JH, Chung KH, Chang YC and Kim CH. (2005). Inhibitory effect of the Korean herbal medicine, Dae-Jo-Whan, on platelet activating factor induced platelet aggregation. *Journal of Ethnopharmacology*. 102:430-439.
- Deng X, Chen X, Cheng W, Shen Z and Bi K. (2008). Simultaneous LC-MS quantification of 15 lignans in *Schisandra chinensis*(Turcz.) Baill fruit. *Chromatographia*. 67:559-566.
- Gu BH, Minh NV, Lee SH, Lim SW, Lee YM, Lee KS and Kim DK. (2010). Deoxyschisandrin inhibits H₂O₂ induced apoptotic cell death in intestinal epithelial cells through nuclear factor κ B. *International Journal of Molecular Medicine*. 26:401-406.
- Guo LY, Hung TM, Bae KH, Shin EM, Zhou HY, Hong YN, Kang SS, Kim HP and Kim YS. (2008). Anti-inflammatory effects of schisandrin isolated from the fruit of *Schisandra chinensis* Baill. *European Journal of Pharmacology*. 591:293-299.
- He XG, Lian LZ and Lin LZ. (1997). Analysis of lignan constituents from *Schisandra chinensis* by liquid chromatography-electrospray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 757:81-87.
- Huang T, Shen P and Shen Y. (2005). Preparative separation and purification of deoxyschisandrin and γ -schisandrin from *Schisandra chinensis*(Turcz.) Baill by high-speed counter-current chromatography. *Journal of Chromatography A*. 1066:239-242.
- Huang TL, Lin JCT, Chyau CC, Lin KL and Chang CMJ. (2013). Purification of lignans from *Schisandra chinensis* fruit by using column fractionation and supercritical antisolvent precipitation. *Journal of Chromatography A*. 1282:27-37.
- Ikeya Y, Taguchi H and Yosioka I. (1978). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. The structures of two new lignans, pre-gomisin and gomisin. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 26:682-684.
- Ikeya Y, Taguchi H, Yosioka I and Kobayashi H. (1979a). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. III. The structures of four new lignans, gomisin H and its derivatives, angeloyl-, tigloyl- and benzoyl-gomisin H. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 27:1576-1582.
- Ikeya Y, Taguchi H, Yosioka I and Kobayashi H. (1979b). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. V. The structures of four new lignans, gomisin N, gomisin O, epigomisin O and gomisin E, and transformation of gomisin N to deangeloylgomisin B. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 27:2695-2709.
- Ikeya Y, Taguchi H and Yosioka I. (1979c). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. The cleavage of the methylenedioxy moiety with lead tetraacetate in benzene, and the structure of angeloylgomisin Q. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 27:2536-2538.
- Ikeya Y, Taguchi H and Yosioka I. (1980a). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. VII. The structures of three new lignans, (-)-gomisin K₁ and (+)-gomisins K₂ and K₃. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 28:2422-2427.
- Ikeya Y, Taguchi H, Yosioka I and Kobayashi H. (1980b). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. VIII. The structures of two new lignans, tigloylgomisin P and angeloylgomisin P. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 28:3357-3361.
- Ikeya Y, Taguchi H and Yosioka I. (1982a). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. VII. The structures of γ -schisandrin and four new lignans, (-)-gomisin L₁ and L₂, ($\pm$)-gomisins M₁ and (+)-gomisin M₂. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 30:132-139.
- Ikeya Y, Ookawa N, Taguchi H and Yosioka I. (1982b). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. XI. The structures of three new lignans, angeloylgomisin O, and angeloyl- and benzoylisogomisin O. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 30:3202-3206.
- Ikeya Y, Taguchi H and Yosioka I. (1982c). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. XII. Isolation and structures of new lignans, gomisin R, the absolute structures of wuweizisu C and isolation of schisantherin D. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 30:3207-3211.
- Ikeya Y, Kanatani H, Hakozaiki M, Taguchi H and Mitsuhashi H. (1988a). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. XV. Isolation and structure determination of two new lignans,

- gomisin S and gomisin T. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 36:3974-3979.
- Ikeya Y, Taguchi H, Mitsuhashi H, Takeda S, Kase Y and Aburada M.** (1988b). A lignan from *Schizandra chinensis*. Phytochemistry. 27:569-573.
- Ikeya Y, Miki E, Okada M, Mitsuhashi H and Chai JG.** (1990). Benzoylgomisin Q and benzoylgomisin P, two new lignans from *Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 38:1408-1411.
- Ikeya Y, Sugama K, Okada M and Mitsuhashi H.** (1991). Two lignans from *Schisandra sphenanthera*. Phytochemistry. 30:975-980.
- Kang MG, Kim YH, Im AR, Nam BS, Chae SW and Lee MY.** (2014). Antidepressant-like effects of *Schisandra chinensis* Baillon water extract on animal model induced by chronic mild stress. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:196-202.
- Kim MG, Lee CH and Lee HS.** (2010). Anti-platelet aggregation activity of lignans isolated from *Schisandra chinensis* fruits. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 53:740-745.
- Kwon DY, Kim DS, Yang HJ and Park SM.** (2011). The lignan-rich fractions of Fructus Schisandrae improve insulin sensitivity via the PPAR- γ pathways in *in vitro* and *in vivo* studies. Journal of Ethnopharmacology. 135:455-462.
- Lee JH, Beak IY, Ko JM, Shim KB, Kang NS, Kim HT, Kang CH, Park KY, Park KH and Ha TJ.** (2008). Correlation of lignan contents with protein and oil contents in the seeds of *Sesamum indicum* L. Journal of Applied Biological Chemistry. 51:20-27.
- Lu Y and Chen DF.** (2009). Analysis of *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera*. Journal of Chromatography A. 1216:1980-1990.
- Oh SY, Kim YH, Bae DS, Um BH, Pan CH, Kim CY, Lee HJ and Lee JK.** (2010). Anti-inflammatory effects of gomisin N, gomisin J, schisandrin C isolated from the fruit of *Schisandra chinensis*. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 74:285-291.
- Rangkadilok N, Pholphana N, Mahidol C, Wongyai W, Saengsooksree K, Nookabkaew S and Satayavivad J.** (2010). Variation of sesamin, sesamolin and tocopherols in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds and oil products in Thailand. Food Chemistry. 122:724-730.
- Taguchi H and Ikeya Y.** (1977). The constituents of *Schizandra chinensis* Baill. The structures of two new lignans, gomisin F and G, and the absolute structures of gomisin A, B, and C. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 25:364-366.
- Wang BL, Hu JP, Tan W, Sheng L, Chen H and Li Y.** (2008). Simultaneous quantification of four active schisandra lignans from a traditional Chinese medicine *Schisandra chinensis* (Wuweizi) in rat plasma using liquid chromatography/mass spectrometry. Journal of Chromatography B. 865:114-120.
- Wang YH, Qiu C, Wang DW, Hu ZF, Yu BY and Zhu DN.** (2011). Identification of multiple constituents in the traditional Chinese medicine formula Sheng-Mai San and rat plasma after oral administration by HPLC-DAD-MS/MS. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 54:1110-1127.
- Wei H, Sun L, Tai Z, Gao S, Xu W and Chen W.** (2010). A simple and sensitive HPLC method for the simultaneous determination of eight bioactive components and fingerprint analysis of *Schisandra sphenanthera*. Analytica Chimica Acta. 662:97-104.
- Yang JM, Ip PSP, Yeung JHK and Che CT.** (2011). HPLC-MS analysis of *Schisandra* lignans and their metabolites in Caco-2 cell monolayer and rat everted gut sac models and in rat plasma. Acta Pharmaceutica Sinica B. 1:46-55.
- Yuan G, Liu Y, Li T, Wang Y, Sheng Y and Guan M.** (2011). Simultaneous and rapid determination of main lignans in different parts of *Schisandra sphenanthera* by micellar electrokinetic capillary chromatography. Molecules. 16:3713-3722.
- Zhu M, Chen XS and Wang KX.** (2007). Variation of the lignan content of *Schisandra chinensis*(Turcz.) Baill. and *Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils. Chromatographia. 66:125-128.