

## 보조용매로 변형된 초임계 이산화탄소에 의한 감초의 triterpenoid saponin(glycyrrhizin)의 추출

김현석 · 김병용\* · 임교빈<sup>1</sup>

경희대학교 생명과학부 식품공학과, <sup>1</sup>수원대학교 화학공학과

### Extraction of Triterpenoid Saponin (glycyrrhizin) from Liquorice by Co-solvent Modified Supercritical Carbon Dioxide

Hyun-Seok Kim, Byung-Yong Kim\* and Gio-Bin Lim<sup>1</sup>

Department of Food Engineering, KyungHee University

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, The University of Suwon

Effects of modifier and soaking on extraction of triterpenoid saponin (glycyrrhizin) from liquorice were examined using supercritical CO<sub>2</sub> (SC-CO<sub>2</sub>) at 50 MPa, 60°C, and flow rate of 3 mL/min, and glycyrrhizin content was analyzed by HPLC. Addition of undiluted methanol, ethanol or isopropanol as modifier to SC-CO<sub>2</sub> had little influence on extraction yield of glycyrrhizin. Soaking process using water increased the extraction yield as the sample to solvent ratio was increased. Addition of 70% methanol, ethanol or isopropanol to SC-CO<sub>2</sub> significantly increased the extraction yields, with 70% methanol resulting in the highest yield. When water at 90% (w/w) of sample weight was used for soaking, the extraction yield and rate increased, 70% ethanol-modified SC-CO<sub>2</sub> was almost equal to that obtained using 70% methanol.

**Key words:** glycyrrhizin, supercritical fluid extraction, soaking, modifier

## 서 론

용매추출법 및 증류법과 같은 전통적인 추출방법을 대체할 수 있는 환경친화적 추출기술로 각광 받고 있는 초임계 유체 추출(supercritical fluid extraction)은 추출용매로 초임계 상태의 유체를 이용하는 추출법이다. 초임계 유체 추출법의 추출용매로 이산화탄소가 가장 널리 이용되고 있는데, 이것은 이산화탄소의 임계 온도와 압력이 낮아 온화한 조건에서 추출을 수행할 수 있으며, 독성, 가연성, 추출대상물질과의 반응성 및 부식성이 없고, 쉽게 구할 수 있기 때문이다<sup>(1-2)</sup>. 이러한 초임계 이산화탄소는 커피의 카페인 제거 공정이 상업화된 이후로 식품공업에서 유지의 정제와 추출, 콜레스테롤, 천연색소 및 향미성분 등 지용성 성분의 추출에 이용되고 있다<sup>(3)</sup>.

초임계 이산화탄소에 의한 천연물로부터 생리활성성분의 추출은 최근 많은 연구의 대상이 되고 있으나, 높은 극성을 가지는 생리활성성분들에 대한 비극성 초임계 이산화탄소의

극히 적은 용해성으로 이들의 추출이 쉽지 않다. 이와 같은 제한성을 극복하기 위해 알콜류와 같은 극성의 보조용매(co-solvent 또는 modifier)를 초임계 이산화탄소에 첨가하여 이산화탄소의 극성과 용해성을 증대시킴으로써 추출효율을 증가시키기도 한다<sup>(4-5)</sup>. Floch 등<sup>(6)</sup>은 methanol을 보조용매로 사용하여 phenol 화합물을, Lin 등<sup>(7)</sup>은 70% methanol을 이산화탄소에 첨가하여 flavonoid류를, Choi 등<sup>(8)</sup>은 10% diethylamine을 포함하는 methanol과 물을 보조용매로 이용하여 alkaloid류를 추출하였다. 또한, Boo와 Byun<sup>(9)</sup>은 ethanol을 초임계 이산화탄소에 첨가하여 대두로부터 daidzein을 회수하였다. 이들 모두 초임계 이산화탄소만 사용하였을 때 추출이 되지 않거나 극히 적은 수율을 나타내던 성분들도 소량의 극성 보조용매 첨가에 의해 수율을 증가시킬 수 있다.

한편, 사포닌은 steroid 계통과 triterpenoid 계통으로 크게 분류할 수 있으며, 대표적인 steroid 계통 사포닌은 인삼 사포닌으로 ginsenoside류로 알려져 있고, triterpenoid 계통 사포닌은 감초의 감미성분으로 알려진 glycyrrhizin이다. 이런 사포닌들은 항암성, 항진균성, 항산화성 등과 같은 많은 생리활성을 가지고 있어 식품공업이나 의약품공업에서 널리 이용되고 있다<sup>(10-12)</sup>. 그러나 사포닌을 추출·정제하기 위해서는 긴 추출시간 동안 많은 유기용매와 에너지가 소비되므로, 초임계 유체 추출법이 전통적인 추출법의 대안으로 고려될 수

\*Corresponding author : Byung-Yong Kim, Department of Food Engineering, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea  
Tel: 82-31-201-2627  
Fax: 82-31-202-0540  
E-mail: bykim@khu.ac.kr

있다. Oh와 Seok<sup>(13)</sup>은 암모니아를 초임계 유체로 사용하여 인삼 사포닌의 추출을 시도하였으나, 130°C의 높은 추출온도와 암모니아의 특성으로 인한 한계성을 나타냈으며, 또한 낮은 수율의 ginsenoside를 얻었다. Wang 등<sup>(14)</sup>도 methanol을 보조용매로 사용하였으나 낮은 추출수율을 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 순수한 초임계 이산화탄소만으로는 추출할 수 없는 감초의 triterpenoid 사포닌인 glycyrrhizin의 추출수율을 높이기 위한 방안으로 초임계 이산화탄소에 대한 보조용매의 첨가와 soaking의 효과에 대하여 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

우즈베크스탄 감초(*Glycyrrhiza glabra*)는 우즈베크스탄으로부터 직접 얻어 사용하였다. 박편상의 감초는 Warring blender (Dynamic Corp., Hartford, USA)로 분쇄한 후 표준체를 이용하여 크기별(60 mesh 이상, 30 mesh 이상부터 60 mesh 이하까지와 30 mesh 이하)로 구별하였다. 초임계 유체 추출에 이용한 추출용매는 99.995%의 고순도 이산화탄소(주)동민특수가스, 경기도)를, 보조용매, 유기용매추출 및 HPLC 분석에 사용한 용매는 모두 HPLC급(Fisher, USA)으로 구입하였다. 그밖에 ammonium glycyrrhizinate, phosphoric acid 및 propylene glycol 등은 Sigma사(USA)에서 구입하여 사용하였다.

### 초임계 유체 추출

초임계 유체 추출은 초임계 유체 추출기(SFX 3560, ISCO, Lincoln, USA)를 사용하여 시료의 크기, 보조용매들의 첨가 효과와 건조된 감초시료를 물로 soaking하였을 때 감초로부터 glycyrrhizin의 추출에 대한 효과를 예비실험으로 선정된 50 MPa 과 60°C에서 보조용매와 이산화탄소를 3 mL/min의 유속으로 일정 시간 동안 흘려주면서 조사하였다. 초임계 유체 추출장치는 초임계 유체용과 보조용매용 syringe pump (260D & 100DX, ISCO, USA), 두 pump를 통제하는 controller와 유속 조절을 위한 restrictor, 고압 chamber 및 추출물의 수집부로 구성된 본체로 되어있다(Fig. 1). 일정량의 시료를 10 mL cartridge에 넣고, 일정 추출온도의 고압 chamber에 장착한다. 액체 이산화탄소와 보조용매는 각각의 syringe pump에서 가압된 후 mixing zone에서 혼합된다. 일정 압력과 온도로 조절된 초임계 추출용매는 고압 chamber 내의 cartridge를 흐르면서 추출을 수행하고, 추출물을 포함하는 초임계 추출용매는 restrictor에서 대기압 상태로 배출된다. 배출된 추출물을 포함한 추출용매는 대기 중으로 방출되고 추출물은 수집 vial의 유기용매에 용해되어 포집된다. 포집된 추출액은 HPLC를 사용하여 분석하였다. 추출수율(mg glycyrrhizin/g liquorice, mg/g)은 건조 감초시료의 질량에 대한 추출액 내의 glycyrrhizin의 질량비로서 나타내었고, 회수율(%)은 유기용매추출법에 의한 수율에 대한 초임계 유체 추출법에 의한 수율의 비로서 계산하였다.

### 유기용매추출

초임계 유체 추출법과 비교하기 위해 한국인삼연구원의 특허에 명시된 방법<sup>(15)</sup>으로 감초로부터 glycyrrhizin을 추

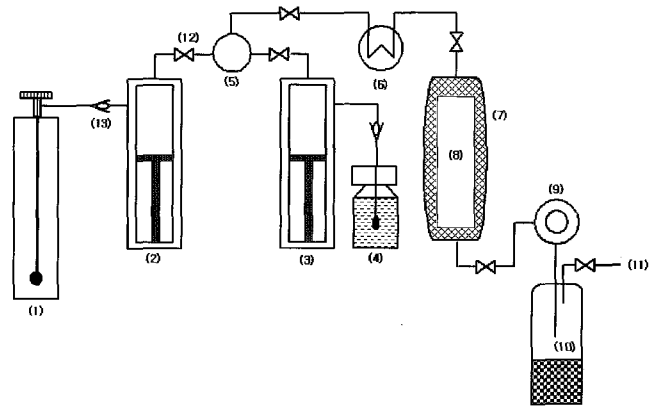


Fig. 1. Schematic flow diagram of ISCO SFX 3560 ((1) Liquid CO<sub>2</sub> storage tank, (2) syringe pump for CO<sub>2</sub>, (3) syringe pump for co-solvent, (4) co-solvent tank, (5) mixing zone, (6) pre-heating exchanger, (7) high pressure chamber, (8) extraction cartridge, (9) restrictor, (10) collection vial, (11) CO<sub>2</sub> venting, (12) valve, (13) check valve).

출하였다. 즉, 시료의 10%(w/w)에 해당하는 propylene glycol을 시료에 분무하였다. 여기에 시료의 8~10배 정도의 추출용매를 넣어 45°C에서 교반하면서 12시간동안 추출하고, 이 조작을 3회 반복하였다. 추출물은 3000 rpm에서 20 min동안 원심분리하여 상등액을 취하였고, HPLC로 추출액 내의 glycyrrhizin을 정량하였다. 추출용매로는 30% isopropanol (isopropanol : water = 30 : 70, v/v)과 40% ethanol(ethanol : water = 40 : 60, v/v)을 사용하였다.

### Glycyrrhizin 함량의 측정

Glycyrrhizin의 함량은 HPLC로 분석하였고 표준곡선으로부터 그 함량을 계산하였다. HPLC(M616LC system, Waters Co., USA)는 616 controller, 996 photodiode array detector (254 nm), 515 HPLC pump, TM 717 plus autosampler로 구성되어있다. Column은 CAPCell PAK C18 UG120 S-5 μm (4.6 mm×250 mm, Shiseido, Japan)이 사용되었고, 20 μL의 추출물과 phosphoric acid를 이용하여 pH 2.5로 조절된 이동상(water : acetonitrile = 62 : 38)은 1.2 mL/min의 유속으로 column을 흐르게 하였다.

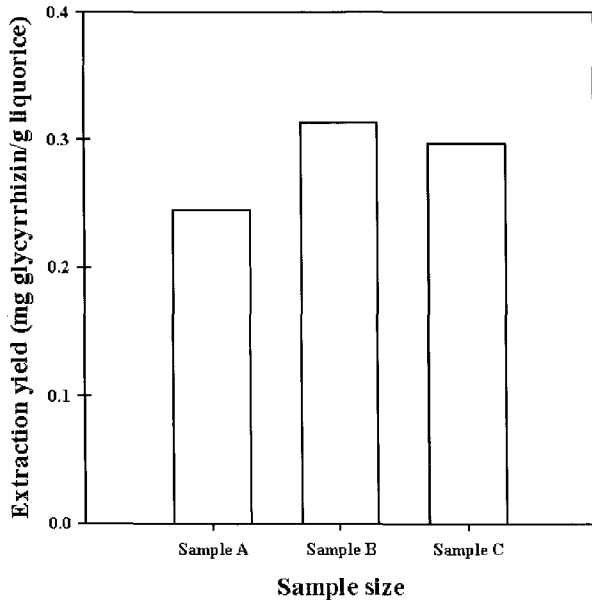
## 결과 및 고찰

### 시료추출 및 시료크기의 설정

본 연구에 사용된 감초의 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 순수한 초임계 이산화탄소만을 사용하여 감초에서 triterpenoid 사포닌(이하 glycyrrhizin)을 추출하여 보았다. 추출압력 50 MPa과 15 MPa, 추출온도 60°C에서 120 min동안 초임계 이산화탄소를 3 mL/min으로 연속적으로 흘려주면서 추출을 수행하였으며, 각각 0.16 mg/g과 0.12 mg/g의 수율을 얻었다. 이와 같은 낮은 수율은 극성 성분에 대한 비극성 초임계 이산화탄소의 극히 적은 용해성으로 극성의 glycyrrhizin을 추출할 수 없었거나, glycyrrhizin이 시료 matrix에 강하게 결합되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

**Table 1.** The proximate analysis of *Glycyrrhizina glabra*

Components	Contents (%)
Moisture	7.28 ± 0.06
Crude protein	7.64 ± 0.10
Crude fat	3.11 ± 0.06
Ash	4.47 ± 0.01



**Fig. 2.** Effect of various sample sizes on extraction of glycyrrhizin from liquorice.

Operation conditions were 50 MPa, 60°C, 3 mL/min, and 10% (v/v) of ethanol during 120 min (size A: more than 60 mesh, size B: between 30 mesh and 60 mesh, size C: less than 30 mesh).

Glycyrrhizin의 추출에 적합한 시료크기를 알아보기 위하여 60 mesh 이상(sample A), 60 mesh 이하 30 mesh 이상(sample B)과 30 mesh 이하(sample C)로 감초 시료를 분류하여 위와 같은 추출조건으로 ethanol을 보조용매로 첨가하여 추출하였고, 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 추출수율은 보조용매를 사용하지 않았을 때 보다 모든 경우에 있어 소폭 증가하였다. Sample B가 0.313 mg/g 으로 가장 높고, sample C의 경우와 큰 차이를 보이지 않았으며, sample A가 가장 낮은 수율을 나타내었다. 일반적으로 초임계 유체 추출에서 시료는 수분 함량이 적고, 분말상이며 그 크기가 작으면 작을수록 초임계 유체의 침투가 빠르고 물질이동 거리가 짧아 추출효율이 높다고 보고 되고 있으나 본 연구에서는 다른 결과를 나타내고 있다<sup>(16)</sup>. 이러한 결과는 감초 안에 glycyrrhizin의 분포하고 있는 정도의 차이인 것으로 보인다. Hayashi 등<sup>(18)</sup>은 감초의 뿌리와 포목경의 목질부(woody part)에 대부분 존재하고, 코르크층(cork layer)에는 거의 존재하지 않는다고 보고하였다. 따라서 60 mesh 이상(sample A) 크기의 시료에는 코르크층이 다른 크기의 시료들보다 많은 양을 함유하고 있기 때문에 상대적으로 낮은 추출수율을 나타낸 것으로 생각된다.

따라서 glycyrrhizin의 추출수율을 증대시킬 수 있는 방안으로 50 MPa과 60°C( $\rho = 0.93 \text{ g/cm}^3$ )의 추출압력과 온도에서

**Table 2.** Effect of various modifiers on the extraction of glycyrrhizin from liquorice

Modifier	Extraction yield (mg glycyrrhizin/g liquorice)	Recovery <sup>1)</sup> (%)
Methanol	0.389	0.96
Ethanol	0.313	0.76
Isopropanol	0.102	0.25

<sup>1)</sup>Recovery = (extraction yield by supercritical CO<sub>2</sub> extraction) / (extraction yield by 30% isopropanol) × 100

\*Operation conditions were 50 MPa, 60°C, 3 mL/min, and 6% (v/v) of modifier. The extraction time is 120 min dynamic extraction.

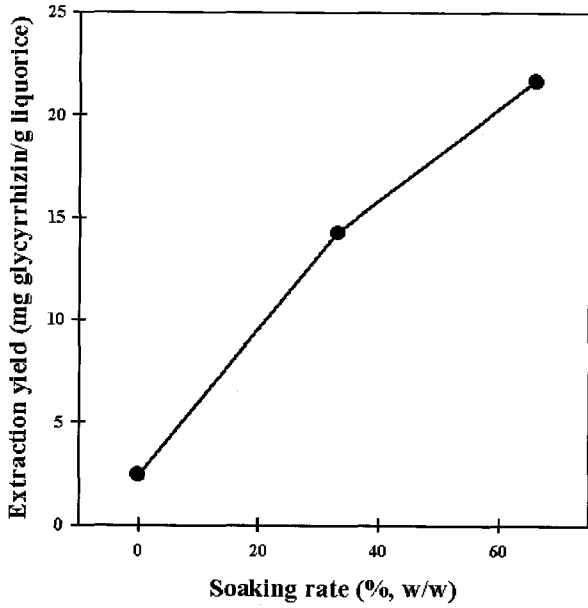
\*When glycyrrhizin from liquorice was extracted using 30% isopropanol and 40% ethanol, extraction yields are 40.71 mg/g and 38.44 mg/g, respectively.

보조용매들의 첨가에 대한 효과와 시료의 soaking에 대한 효과를 조사하였다. 한편, 초임계 유체 추출법과 비교하기 위해 30% isopropanol과 40% ethanol을 추출용매로 하여 감초로부터 glycyrrhizin을 추출하였고, 40.71(±0.02) mg/g과 38.44(±0.34) mg/g의 수율을 얻었다.

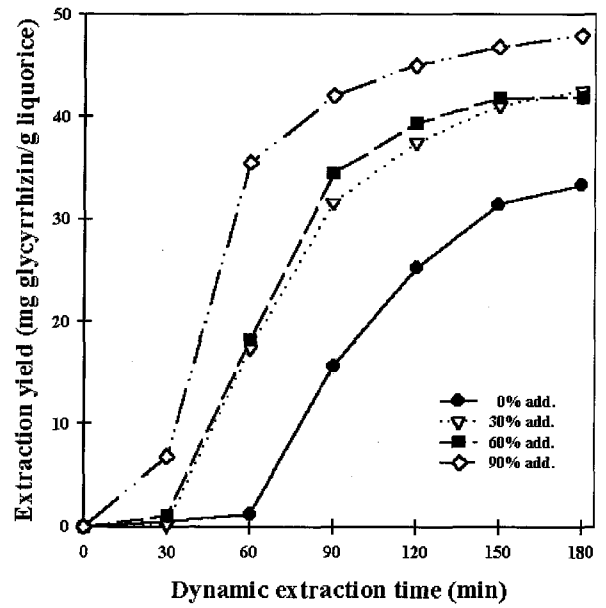
**보조용매 및 시료 soaking의 추출효과**

순수한 초임계 이산화탄소만으로는 glycyrrhizin을 거의 추출할 수 없었으므로, methanol, ethanol과 isopropanol을 보조용매로 사용하여 glycyrrhizin의 추출에 미치는 영향을 알아 보았고, 결과를 Table 2에 나타내었다. 일반적으로 초임계 유체 추출에서 보조용매의 사용은 초임계 이산화탄소의 극성을 증가시켜 목적 성분의 용해성을 향상시키며, 작은 극성의 보조용매 분자들은 시료조직에 존재하는 active binding 부분에서 목적 성분과 시료조직에 경쟁적으로 결합하려는 성질을 나타냄으로써 목적 성분의 탈착 속도를 증가시킬 뿐만 아니라 시료의 구조를 파괴시켜 목적 성분의 추출을 가속화시킴으로써 극성 성분의 추출효율을 증가시킨다고 알려져 있다<sup>(16)</sup>. Methanol을 사용하였을 때 수율이 0.393 mg/g(회수율 0.96%)로 가장 높았으며, ethanol은 0.313 mg/g(회수율 0.77%), isopropanol은 0.102 mg/g(회수율 0.25%)의 수율을 보였다. Suh 등<sup>(17)</sup>은 다양한 보조용매가 첨가된 초임계 이산화탄소를 이용하여 주목 수피로부터 극성이 높은 taxol의 추출을 시도하였고, ethanol보다 극성이 큰 methanol을 보조용매로 첨가하였을 때 가장 높은 수율을 얻었다고 보고하였다. 이는 ethanol보다 methanol을 보조용매로 사용하였을 때 더 높은 수율을 얻은 본 연구의 결과와 유사하다. 그러나 보조용매 첨가는 glycyrrhizin의 수율을 소폭 증가시켰으나 추출수율 증대에 큰 영향을 미치지 않았다.

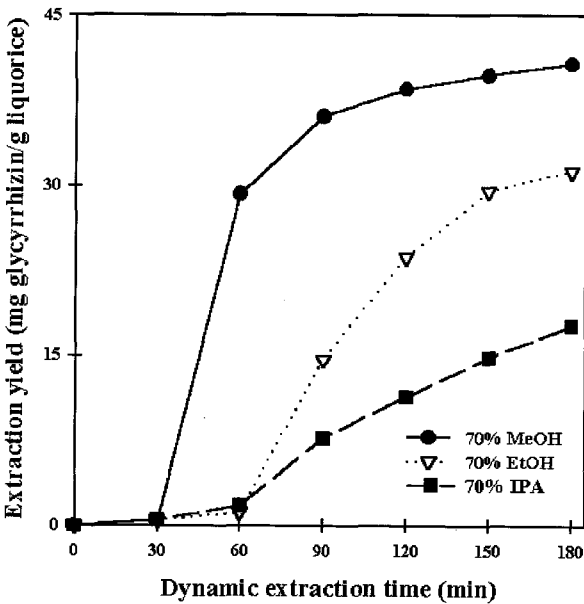
Glycyrrhizin 추출수율을 증대시키기 위해, 감초 시료에 대해 33%(w/w)와 66%(w/w) 비율의 물로 감초 시료를 soaking하여 추출을 수행하였다. 이때 methanol보다 극성을 증가시키기 위하여 90% methanol을 보조용매로 초임계 이산화탄소에 대해 10%(v/v) 첨가하였으며 감초시료가 충분히 젖도록 30 min간 정지추출시간(static extraction time) 후에 120 min 동안 추출을 수행하였고, 그 효과는 Fig. 3에 제시하였다. 감초 시료에 대한 soaking 용매의 사용 비율이 증가함에 따라



**Fig. 3.** Effect of soaking with various soaking rates on extraction of glycyrrhizin from liquorice. Operation conditions were 50 MPa, 60°C, 3 mL/min, and 10% (v/v) of 90% methanol. The extraction time was 30 min static extraction followed by 120 min dynamic extraction.



**Fig. 5.** Changes in the extraction yield of glycyrrhizin with dynamic extraction time from various soaking rate. Operation conditions were 50 MPa, 60°C, 3 mL/min and 10% (v/v) of 70% ethanol. The extraction time was 15 min static extraction followed by 180 min dynamic extraction.



**Fig. 4.** Changes in the extraction yield of glycyrrhizin with dynamic extraction time from various 70% alcohols as a modifier. Operation conditions were 50 MPa, 60°C, 3 mL/min and 10% (v/v) of modifier. The extraction time was 15 min static extraction followed by 180 min dynamic extraction.

추출수율은 증가하였고, 최고 21.68 mg/g(회수율 53.25%)까지 수율을 상승시켰다. Fahmy 등<sup>(19)</sup>은 보조용매 내의 물이나 시료에 직접 첨가된 물에 의해 시료가 swelling 될수록 추출수율이 증가하고, 물은 좋은 swelling agent로서 역할을 한다고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서 사용된 soaking 용매는 감

초 시료를 swelling시켜 추출수율을 증가시킨 것으로 사료된다.

보조용매나 soaking 용매로 물의 사용이 효과적이라는 것이 밝혀짐에 따라 시료의 soaking 없이 보조용매 내의 물의 함량을 증가시켜 glycyrrhizin을 추출하여 보았다. 즉, 70% 농도로 제조된 methanol, ethanol과 isopropanol을 보조용매로서 초임계 이산화탄소에 대해 10%(v/v)를 첨가하여 연속추출시간(dynamic extraction time)에 따른 glycyrrhizin의 추출수율의 변화를 조사하였고, 결과는 Fig. 4에 제시하였다. 70% isopropanol을 제외하고는 70% methanol과 ethanol의 첨가는 지금까지의 추출수율보다 더 높은 수율을 나타내었다. 특히 70% methanol을 초임계 이산화탄소에 첨가하여 추출한 경우에는 70% ethanol을 첨가하였을 때 보다 추출수율을 30% 이상 상승시켰으며, 유기용매추출법에 의한 수율보다 더 높은 수율을 얻었다. 이는 70% methanol을 보조용매로 초임계 이산화탄소에 첨가하여 flavonoid를 추출하였을 때 methanol을 보조용매로 사용하였을 때보다 추출수율을 2배 이상 증가시킬 수 있었다고 보고한 Lin 등<sup>(7)</sup>과 유사한 결과이다.

초임계 이산화탄소에 70% methanol을 첨가한 경우에는 유기용매추출보다 추출수율이 더 높지만 glycyrrhizin을 식품공업이나 의약품공업에 적용하기 위해서는 methanol보다 독성이 적은 ethanol을 보조용매로 사용하는 것이 타당하다. 그러나 70% ethanol은 70% methanol을 보조용매로 사용하였을 때보다 낮은 수율을 나타내었으며, 추출속도에 있어서도 더 늦게 추출되었다. 따라서 시료의 soaking을 병행하면서 70% ethanol을 보조용매로 첨가하여 그 효과를 알아보았다. 추출 조건은 상기와 같은 방법으로 추출을 하였으며, soaking 용매인 물의 첨가율은 감초 시료 무게에 대하여 30~90%(w/w)의 범위로 soaking 하였고, 그 결과는 Fig. 5에 나타내었다. Soaking 용매의 사용량이 증가하면서 추출속도와 추출수율은

증가하였으며, 90%(w/w)의 soaking 용매로 시료를 soaking 하였을 때 추출수율은 70% methanol의 추출수율과 거의 동일한 수준까지 상승하였다. 그러나 30%(w/w)와 60%(w/w)의 soaking 용매로 soaking한 경우에는 soaking을 하지 않은 경우보다 추출속도나 수율면에서 상승하였지만 두 처리군 사이에는 차이를 나타내지 아니하였다.

## 요 약

초임계 유체 추출법에 의해 감초의 triterpenoid saponin (glycyrrhizin)을 추출하기 위해 50 MPa, 60°C와 3 mL/min의 조건에서 보조용매와 soaking의 효과를 알아보았다. 순수한 초임계 이산화탄소만을 이용하여 추출한 결과 감초의 glycyrrhizin은 거의 추출되지 않았다. 99.9% methanol, ethanol과 isopropanol을 보조용매로 초임계 이산화탄소에 첨가하여 추출한 경우, 추출수율의 상승에는 큰 영향을 미치지 아니하였다. 시료를 물로 soaking하여 90% methanol을 보조용매로 사용하여 초임계 이산화탄소에 의해 추출한 경우, soaking 용매의 사용량이 증가할수록 추출수율은 증가하였고, 최고 21.68 mg/g(회수율 53.25%)의 수율을 보여주었다. 한편, 시료의 soaking 없이 70% methanol을 보조용매로 사용하였을 때는 유기용매추출법에 의한 수율보다 더 높은 수율을 나타내었고, 시료를 물로 soaking하여 70% ethanol을 보조용매로 초임계 이산화탄소에 첨가하여 추출하였을 때, 추출수율과 추출속도는 상승하였고, 시료의 90%(w/w)에 해당하는 물로 시료를 soaking한 경우 70% methanol을 보조용매로 사용하였을 때와 거의 동일한 추출수율을 얻을 수 있었다.

## 문 헌

- Rizvi, S.S.H., Benado, A.L., Zollweg, J.A. and Daniels, J.A. Supercritical fluid extraction: fundamental principles and modeling methods. *Food Technol.* June: 55-65 (1986)
- Chester, T.L., Pinkston, J.D. and Raynie, D.E. Supercritical fluid chromatography and extraction. *Anal. Chem.* 68: 487-514 (1996)
- Palmer, M.V. and Ting, S.S.T. Applications for supercritical fluid technology in food processing. *Food Chem.* 52: 345-352 (1995)
- Lang, Q. and Wai, C.M. Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies-a practical review. *Talanta* 53: 771-782 (2001)
- William, K.M., Dulcie, A.M. and Mark, W.R. Analytical supercritical fluid extraction of natural products. *Phytochem. Anal.* 7: 1-15 (1996)
- Floch, F.L., Tena, M.T., Rios, A. and Valcarcel, M. Supercritical fluid extraction of phenol compounds from olive leaves. *Talanta* 46: 1123-1130 (1998)
- Lin, M.C., Tsai, M.J. and Wen, K.C. Supercritical fluid extraction of flavonoids from *Scutellariae Radix*. *J. Chromatogr. A* 830: 387-395 (1999)
- Choi, Y.H., Kim, J., Kim, Y.C. and Yoo, K.P. Selective extraction of ephedrine from *Ephedra sinica* using mixtures of CO<sub>2</sub>, diethylamine, and methanol. *Chromatographia* 50: 187-193 (1999)
- Boo, S.J. and Byun, S.Y. Ethanol modified supercritical CO<sub>2</sub> extraction of daidzein from soybean. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 16: 95-98 (2001)
- Hwang, W.I. and Oh, S.K. A study on the anticancer activities of lipid soluble ginseng extract and ginseng saponin derivatives against some cancer cells. *Korean J. Ginseng Sci.* 8: 153-166 (1984)
- Chung, W.T., Lee, S.H., Cha, M.S. and Sung, N.S. Biological activities in roots of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. *Korean J. Medicinal Crop. Sci.* 9: 45-54 (2001)
- Fenwick, G.R. Licorice, *Glycyrrhiza glabra* L.-composition, uses and analysis. *Food Chem.* 38: 119-143 (1990)
- Oh, S.O. and Seok, H.Y. Extraction of ginseng saponins in supercritical ammonia fluids. *J. Korean Chem. Soc.* 34: 663-672 (1990)
- Wang, H.C., Chen, C.R. and Chang, C.J. Carbon dioxide extraction of ginseng root hair oil and ginsenosides. *Food Chem.* 72: 505-509 (2001)
- Park, M.G. Preparation to liquorice extract used the addition of flavour in tobaccos. KR patent 10-0217000 (1999)
- Charlotta, T., Jerry, W.K. and Lennart, M. Supercritical fluid extraction and chromatography for fat-soluble vitamin analysis. *J. Chromatogr. A* 936: 215-237 (2001)
- Suh, J.H., Cho, B.K., Byun, S.Y., and Kim, K.H. Studies on the supercritical fluid extraction of taxol from yew tree. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 11: 71-76 (1996)
- Hayashi, H., Fukui, H. and Tabata, M. Distribution pattern of saponins in different organs of *Glycyrrhiza glabra*. *Planta Med.* 59: 351-353 (1993)
- Fahmy, T.M., Paulaitis, M.E., Johnson, D.M., and McNally, M.E.P. Modifier effects in the supercritical fluid extraction of solutes from clay, soil, and plant materials. *Anal. Chem.* 65: 1462-1469 (1993)

(2002년 9월 26일 접수; 2002년 11월 29일 채택)