

## 기기분석을 이용한 한약재로서 석고의 포제법 표준화

최호영 · 김기동<sup>1,†</sup>

경희대학교 한의과대학, <sup>1</sup>상지대학교 정밀화학신소재학과

## Standardization of Gypsum Pre-Treatment Process as a Oriental Herbal Medicine using Instrumental Analysis

Hoyoung Choi and Kee D. Kim<sup>1,†</sup>

College of Oriental Medicine, Institute of Oriental Medicine, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

<sup>1</sup>Department of Fine Chemical and Advanced Materials, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

Received April 18, 2014/Revised May 9, 2014/Accepted June 13, 2014

Gypsum, oriental medicine, contains hydrated calcium sulphate [CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O] as a major compound and has been used for treating headache of common cold in Korean traditional medicine. However, the safety of gypsum can not be guaranteed because of not only its unclear origin, but also its unstandardized pre-treatment process. In the previous paper, we suggested the evaluation technique for gypsum. As a consecutive research, we established the standard pre-treatment processing methods to reduce toxicity and increase safety of Gypsum. In this research, previously confirmed authentic gypsum sample (G18) was selected and used for further experiments. The gypsum sample was heated under microwave and in furnace over various temperature and heating time. The amount of major (Ca, S) and toxic minor elements (As, Cd, Pb and Hg) in before and after pre-treatment sample were compared for the safety and efficiency evaluation. Dehydration of water in gypsum which is the literally known main purpose of processing was efficiently completed within 30 min at high temperature (over 600°C) in a furnace. The weight of Gypsum Preparatum (thermal pre-treated gypsum) was decreased nearly 20% after pre-treatment because of water elimination and this naturally increase the % contents of major elements. The amount of toxic heavy metals, As, Cd, Pb and Hg were also diminished within safe values (less than 10 µg/kg). Especially, mercury was removed completely. We suggest that furnace treatment can be a standard pre-treatment process for Gypsum.

**Key words:** gypsum, major component, toxic heavy metals, standard pre-treatment process, XRF, ICP/MS

### 1. 서 론

광물성 생약과 포제법은 독립된 학문으로 연구되어오 기보다는 본초학의 일부로서 다루어져 왔다. 예로부터 광물성 생약이 수록되어 있는 중국, 한국, 일본의 본초학 분야의 문헌을 살펴보면 중국 산해경(山海經)(BC 400~250)에는 광물성 생약 60여종이 수록되어 있고, 현존하는 최초의 본초학 전문서적인 후한(2세기)의 신농본초경(神農本草經)에는 약물 365중에 광물성 약재가 46개가 포함되어 있으며, 본초강목(本草綱目)(李時珍, 1578)에는

약물 1892종 중 수록된 광물성 생약은 375종이나 된다. 그리고 중약대사전(中藥大辭典)(1981)에는 광물성 생약 82종이 기재되어 있다. 우리나라의 한의약서인 향약집성방(鄕藥集成方)에는 하권 石部에는 약용광물이 수록되어 있는데, 광물뿐만이 아니라 암석, 흙, 쇠붙이, 녹, 물, 회 등도 포함되어 있다. 동의보감(東醫寶鑑)에는 총 112종이 수록되어 있으며, 일본 본초학 발전에 큰 공헌을 한 화한약고(和漢藥考)에는 전편에 271종, 후편에는 241종이 수록되어 있다. 이와 같이 다양한 문헌을 통해 한국을 비롯한 중국, 일본의 한의약 임상에서는 아주

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

오래전부터 다양한 광물성 약재를 사용하고 있었음을 알 수 있다. 그러나 광물성 약재가 오랜 시간동안 사용되어온 역사에 비해 그에 대한 연구는 깊이 있게 진행되지 않았으며, 약재의 유효성분 함량 및 불분명한 포제등의 문제로 독성과 부작용이 나타나 임상에서 사용을 기피하고 있는 실정이다. 그러므로 광물성 약재의 표준품 기준 설정 및 정확한 포제는 특히 안전을 담보하는데 있어 상당히 중요한 역할을 차지한다.<sup>1-4)</sup>

현재 한의약계 임상에서는 광물성 생약을 응용함에 있어 포제방법에 대한 특별한 기준 없이 각자의 방법대로 포제하여 사용하고 있는 실정이다. 또한 표준화된 포제법이 제시되지 않는다면 향후 한약제제업소에서의 가공에서도 품질이 제각각인 다양한 광물류 약재의 포제품이 국민 보건의 안전성을 확보되지 않은 상태로 유통되어 국민 건강에 유해할 가능성이 상당히 존재한다. 즉 최근 안전성이 확보되지 않으면서 광물성 생약이 유통되고 있고 정확한 포제에 대한 규정이 없으므로 상당히 많은 문제들이 야기된다. 한의약계가 국민의 보건 향상에 기여하고 있는 바가 크고, 국민건강의 한 부분을 책임지고 있는 만큼 광물성 생약의 포제에 대한 연구와 규정이 시급하다.

우리나라의 생약 등에 대한 중금속 허용기준에는 개별 중금속에 대한 규정은 없다. 식품의약품안전청 고시 중 생약의 추출물과 생약만을 주성분으로 하는 제제에 대한 중금속 허용 기준치는 총 중금속으로서 30 ppm 미만으로 규정하고 있으나 그 대상에서 광물성 생약이 제외되어 있다. 그러므로 광물성 약재의 포제에 의한 유해 중금속의 함량에 대한 기초 연구 또한 필요하다.<sup>5-8)</sup>

광물성 약재의 포제에 연구는 주로 중국에서 많이 이루어 졌으며, 관련 서적도 많이 출판되어 있다. 석고는 광물성 한약재 중 비교적 임상에 광범위하게 사용되고 있는 약재이다.<sup>9)</sup> 석고의 포제에 대하여 糞 등은 전자현미경으로 분석한 결과 생석고(生石膏)는 분말결정이 정제되어 있고 긴밀한 데 반하여, 단석고(煨石膏)는 규칙적이지 않으며 성기다고 보고한 바 있다.<sup>10)</sup> 汪 등(1997)은 단석고의 포제 규범으로 석고를 소괴(小塊)나 분말로 만들어 용기에 넣은 후 온도는 150°C, 시간은 20분으로 가열하여 방냉한 후 분쇄하여야 한다고 보고하였으며, 이 때의 포제품은 흰색분말이고 질이 가벼우며 분쇄하기 쉽고, 1995년 중국 약전에서 요구하는 함량의 CaSO<sub>4</sub>를 함유하고 있다고 보고하였다.<sup>11)</sup> 진(陳) 등(2006)은 석고를 microwave heating 처리를 했을 때 명단법(明煨法)으로 석고를 포제했을 때보다 결정수 제거에 효

과적이었다고 보고하였다.<sup>13)</sup>

본 연구에서는 국내의 생산 유통되는 정품 석고를 선정하여 다양한 포제방법으로 처리한 후, 포제과정과 포제 전·후의 이화학적 성분 분석을 단계적으로 측정하여 광물성 생약의 포제방법에 대한 기초 자료를 만들었다. 주 성분과 중금속 잔량의 변화에 대한 분석을 통하여, 표준 포제 방법과 포제품의 규격을 확립하였으며 안전성이 확보된 균일한 품종이 시장에 공급될 수 있도록 하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

주 원소 분석에 사용된 사용된 XRF는 Panalytical 사의 Minipal4를 사용하였으며 미량분석은 Varian 사의 ICP/MS를 사용하였고 수은 분석은 Cetac사의 Mercury analyzer-5000을 사용하였다. 전처리에 사용된 질산은 일본 Wako사의 잔류 중금속 분석용으로 사용하였다. 석고는 기존 연구에서 정품 시료로 확인된 G18 시료를 사용하여 단법(法)으로 포제하였다.<sup>7)</sup>

### 2.1. 주성분, 미량중금속 분석법

석고 시료의 주원소는 XRF로 분석하였다. XRF분석은 비파괴분석법으로 단순히 분말로 갈아 분석을 수행하므로 ICP/MS의 경우처럼 시료를 용해, 희석하지 않아 용해도와 희석에서 발생하는 분석의 오차를 제거할 수 있다. 석고의 주성분은 CaSO<sub>4</sub>이므로 Ca와 S를 주 원소로 하여 분석하였다.<sup>7)</sup> 순수한 CaSO<sub>4</sub>분말 표준물로 사용하여 XRF로 측정한 면적값을 계산에 따라 각각 Ca 23.28%, S 18.62%로 기준하고, 시료를 분석한 칼슘 및 황 원소의 면적값을 측정하여 비례식으로 농도를 결정한다.

수은을 제외한 미량원소는 XRF로 분석이 불가능하여, 오차발생을 불구하고서 ICP/MS로 분석하였다.

### 2.2. 시료의 전처리 및 표준액 제조

#### 2.2.1. ICP/MS 및 수은분석기 분석용

시료 10 g을 취해 막자사발에 넣고 분말로 고르게 분쇄한 후 600 μm 체에 걸러 균질화한다. 준비된 시료 중 0.2 g을 정확히 칭량하고 극초단파(마이크로웨이브) 전용용기에 넣고 70% 질산 12 mL를 넣는다. 용해된 시료는 GF/C 여과지로 거르고 여액에 증류수를 넣어 200 mL로 1,000배 희석하여 ICP/MS용 분석시료로 사용하였다. 이 용액 중 2.0 mL를 정확히 취해 증류수를 넣어 200 mL로 추가 100배 희석하여 ICP/MS와 수은 분석기용 시료로 사용하였다.<sup>7)</sup>

### 2.2.2. XRF용

위의 분말시료 약 10 g을 홀더에 직접 넣어 분석한다. 주  $\text{CaSO}_4$ 의 순수한 시약을 표준물질로 하여 각각 Ca와 S의 면적값을 측정하여 비례식으로 시료의 각 원소함량을 결정하였다.

### 2.3. 정도관리

주원소 분석에 사용된 XRF는 분석방법의 특성상 회수율 및 검출한계의 측정이 필요하지 않다. 단지 기기의 안정성 관리를 위해 표준시료를 시료 분석 전, 후로 이중 분석하여 그 차이가 5% 이하임을 확인하고 결과를 사용하였다. 미량원소 분석의 방법검출한계(MDL)는 7개의 증류수 시료(공시료)에 질산과 표준용액을 미량 첨가하고 시료전처리 때와 동일한 부피로 최종 희석하여 분석 후 표준편차에 99% 신뢰수준의 Student t값인 3.14를 곱하여 얻었다. 기기검출한계는 증류수를 7번 분석하여 얻은 표준편차에 3.14를 곱하여 얻었다. 회수율은 80~120% 사이로서 기준범위를 벗어나지 않음을 확인 하였다. 검정곡선은  $r^2 > 0.99$  이상임을 확인하였고 20번 분석 시 마다 표준물질(CRM)을 분석하여 오차 범위가 20% 이하임을 확인하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 공정서에 수재된 포제법

석고의 포제법에 대하여는 대한 약전(KP) 및 대한 약전의 생약규격집(KHP)에는 기재되어 있지 않다. 중국 약전(CP2005)에는 석고 품목 중 포제항에 ‘생석고: 세정하고 건조하여 부셔서 잡석을 제거하고 거친 가루로 분쇄한다.’라고 하여 기재되어 있으며, 단석고를 석고와는 다른 품목으로 규정하고 있다. 단석고의 포제법으로는 석고를 취하여 명단법에 의하여 푸석하게 굽는다고 규정하고 있다. 단석고의 성상으로 ‘이 약은 백색의 분말 혹은 푸석한 고상물이며, 표면은 옅은 홍색의 광택이 나고 불투명하다. 체적이 가볍고 질은 연하며 쉽게 부서지며 그것을 집으면 가루가 된다. 약간의 냄새가 있고 맛은 담담하다.’라고 기재하고 있으며, 석고 항목의 방법에 의하여 중금속을 검사하여 10 ppm 이하이어

**Table 1.** MDL and recovery data of trace heavy metals in G18 sample for ICP/MS and mercury analyzer

Metals	As	Cd	Pb	Hg
MDL ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0.23	0.70	0.11	0.9
IDL ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0.058	0.080	0.054	0.9
Recovery (%)	102	83	82	85

야 하는 것으로 규정하고 있다.

석고의 포제법은 명단법과 Microwave를 이용한 단법 등이 있는데 부슬부슬할 때까지 단(煨)하는 것으로 결정수를 제거하는 목적이 있다. 석고는 분자량으로 계산 시 결정수를 제거하게 되면 이론상으로 20% 정도의 질량 감소량을 가진다. 큰 결정의 석고를 작은 결정 혹은 분말로 만든 뒤 도자기 재질의 접시에 균일하게 담아서 전기오븐 내에서 150°C 전후에서 20분 동안 구운 뒤 전기오븐을 끄고 방랭한 후 파쇄한다. 얻어진 포제품은 백색의 분말 혹은 파삭한 결정으로, 질이 가볍고 파삭하며 부서지기 쉽고, 만지면 분말로 되며, 황산칼륨의 함량이 중국약전 1995년판의 요구에 부합된다.<sup>11)</sup>

그러나, 실험실에서 microwave를 이용한 포제 방법을 예비 시행해 본 결과 20%정도 질량을 감소시키기 위해서 30분 정도의 포제시간이면 적당하나 약재를 겹치지 않게 얇게 깔아야 하는 단점이 있었다. 약재를 겹치게 하여 포제를 하게 되면 결정수를 날리는 시간이 2시간 이상으로 급격히 증가하는 경향이 있었다(Fig. 1). 또한 100°C 정도의 온도에서는 반수석고로서 결정수가 완전히 날아가지 않는다고 보고한 문헌이 있다. 그러므로 석고의 포제는 최소 350°C에서 700°C 사이에서 고려되어야 할 것으로 사료되며, 연구보고로는 650°C에서 1시간 30분 단(煨)한 것이 가장 유의성 있었다고 한다. 650°C는 전통적인 화로의 불온도와 유사하며, 본 실험에서 500~700°C의 범위의 온도 조건을 사용하였다. 또한, 석고와 포제품인 단석고와는 서로 가역적으로 변하므로 저장에 용이치 않다고 보고되어 있다.

### 3.2. 석고의 포제

3.2.1. Microwave를 이용한 입도별 질량감소량 측정  
석고의 결정수 제거를 위해 Microwave의 포제 방법을 사용하였다. 입도를 2.0~4.75 mm, 1.0~2.0 mm,

**Table 2.** Duplicate data of G18 sample analysis (% difference)

Processing	XRF(%)		ICP/MS, mercury analyzer(%)			
	Ca	S	As	Cd	Pb	Hg ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Before	0.5	0.2	4.3	4.5	4.2	4.5
After	0.6	0.2	5.0	4.3	3.6	5.7

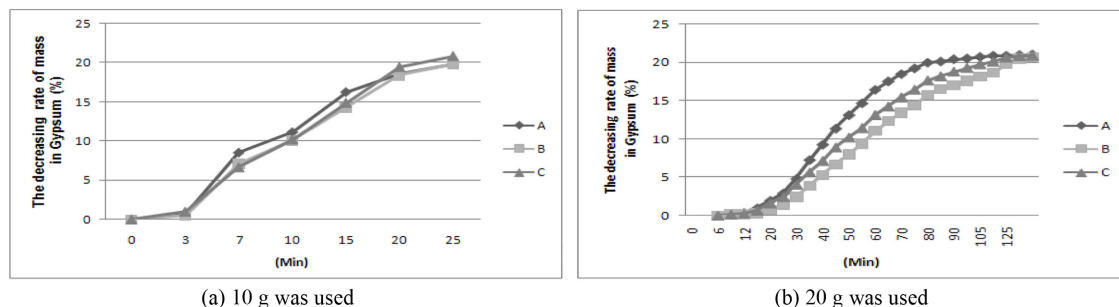


Fig. 1. The weight decreasing rate of gypsum (G18). Particle size: A; 4.75~2.0 mm, B; 2.0~1.0 mm, C; <1.0 mm.

1.0 mm 이하로 나누어 실험하였다. 약재의 무게를 10.0 g과 20.0 g으로 정밀히 달아서 Microwave 상에서 시간에 따른 포제 조건을 검토하였다. 약재의 무게가 10.0 g 일 때에는 25분이 지나자 이론상의 무게 감소율(원소의 분자량으로 계산하여 이론상 21% 무게 감소)에 도달 하였으나, 약재의 무게가 20.0g일 때에는 포제 시간이 2시간 이상이 되었다. 포제 시간이 길어질수록 약재의 가장자리는 결정수가 증발하여 하얗게 광택을 잃어 가고 가운데는 물기가 어리는 현상이 나타났다. 이 실험에 의하면 석고는 질이 견고하여 결정수가 날아가기 용이하지 않으며, 특히 약재가 서로 겹쳐 있거나 약재의 양이 많아지는 경우 결정수의 증발을 서로 방해하여 더욱 오랜 시간을 포제해야 한다는 것을 알 수 있다.

이러한 실험과 기존의 연구보고를 통하여 석고의 포제는 고온에서의 단법을 이용하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

### 3.2.2. 단법(煨法)을 이용한 석고의 포제 실험

기존 연구에 석고를 단하는 온도는 650°C에서 1시간 30분이 가장 좋았으며, 단석고의 경우에는 비소가 검출되지 않았다고 보고된 바 있다.<sup>13)</sup>

이에 근거하여 입도 1.0 mm 이하의 석고 정품 시료

G18 (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)를 약 50g씩 도가니에 넣고, 온도 500°C, 600°C, 700°C에서 각각 0.5h, 1h, 1.5h 시간의 조건으로 포제를 진행하였다. 기기분석을 이용한 주원소와 미량 유해원소의 함량 비교를 위해 동일 시료를 10g 사용하여 microwave하에서도 30분간을 포제하였다. 무게 감소율 변화를 측정하기 위해 500°C와 600°C에서는 10분 간격으로 30분까지 측정하였다. 그 결과 500°C에서는 포제 시간에 따라 무게가 감소하였으나 30분 이상에서는 더 이상의 무게감소를 보이지 않았다. 600°C 이상에서는 온도와 시간에 관계없이 약 21%의 감소율을 보였다. 따라서 석고의 적절한 포제조건은 최소 500°C 이상에서 30분~1시간 동안 단하는 것임을 알 수 있으나 일반적으로 600°C에서 30분~1시간 동안 단하는 것을 추천할 수 있다.

### 3.2.3. 단법포제 후 석고의 주성분, 미량성분 및 중금속 함량 측정

포제 전후의 주성분과 중금속 함량 변화를 Table 4에 나타내었다. 포제 후 석고의 주성분인 Ca와 S의 함량을 포제 전과 비교해 보았을 때, Ca의 경우 모든 시료에서 포제 전에 비해 약 5~10% 정도 함량이 증가하였고 S의 경우 약 10~20% 정도 함량이 증가하였다. 이는 포

Table 3. The weight decreasing rate of gypsum (G18) according to the heating temperature and time

Temp. (°C)	Time (hour)	Before heating (g)	After heating (g)	Weight loss (g)	% Loss (%)
500	0.5h	50.1	39.9	10.1	20.4
	1h	50.0	39.5	10.5	21.0
	1.5h	50.0	39.1	10.9	21.8
600	0.5h	50.1	39.6	10.4	21.0
	1h	50.0	39.5	10.5	21.0
	1.5h	50.3	39.7	10.6	21.1
700	0.5h	50.3	39.7	10.6	21.1
	1h	50.2	39.6	10.6	21.1
	1.5h	50.2	39.6	10.6	21.1

**Table 4.** Major and minor compounds analysis of gypsum (G18) before and after pre-treatment

Temp. (°C)	Time (hour)	Ca (%)	S (%)	As (µg/kg)	Cd (µg/kg)	Pb (µg/kg)	Hg (µg/kg)
Raw smpl.		22.9	18.9	10.5	1.2	23.8	34.3
Microwave	0.5h	24.1	22.3	9.7	1.3	18.2	25.6
500	0.5h	23.7	21.4	5.3	0.8	9.7	0
	1h	24.6	22.4	1.4	0.9	8.3	0
	1.5h	24.3	22.1	3.2	1.1	10.0	0
600	0.5h	24.2	22.1	3.9	1.3	7.5	0
	1h	25.1	23.0	4.9	0.9	10.0	0
	1.5h	24.5	22.5	2.3	1.0	5.3	0
700	0.5h	23.2	21.6	2.2	1.1	7.3	0
	1h	24.5	22.1	4.4	0.9	3.2	0
	1.5h	24.9	22.6	3.4	0.9	3.0	0

제 과정에서 결정수가 제거되면서 상대적으로 주성분의 함량이 증가한 것으로 생각된다. Ca와 S의 포제 전후 함량 증가 비율이 서로 다른 부분은 현재까지의 연구결과로서는 설명이 용이하지 않다. XRF 분석 시 아마도 함수율에 따른 각 원소의 응답크기에 변화가 있는 것이 아닐까하는 추측을 할 수 있다. 이러한 주성분의 변화는 포제 온도가 높을수록, 포제 시간이 길어질수록 약간씩 증가하는 경향을 보이나 500°C에서 30분 동안 포제하는 방법의 진행과정 중 외에는 큰 변화가 없는 것을 알 수 있었다.

석고의 경우 중금속 중 포제 전후의 수은의 함량에서 차이를 보였는데 포제 전 수은은 약 34 µg/kg 정도로 검출되었으나 포제 후 전부 제거되었다. 비소, 납은 포제 후 약간 감소하였다. 카드뮴은 포제 전 시료에서 매우 낮은 농도로 검출되었으며 포제 후에도 오차범위 내에서 거의 변화가 없었다. microwave법에 의한 포제로는 단법에 의한 포제만큼의 중금속 제거가 이루어지지 않았으므로 중금속 제거 목적으로는 단법만큼 유효하지 않음을 알 수 있다.

분석결과 석고를 단법을 이용하여 포제할 경우 주성분의 함량은 증가하고, 중금속의 함량은 대체적으로 감소함을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

수화된 황화칼슘[CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O]이 주성분인 석고는 감기의 두통, 고혈압의 환약재로서 사용되어 왔다. 그러나 국내외에서 판매되는 석고는 그 기원 및 포제방법이 불확실하여 안전성에 문제를 가지고 있어왔다. 본 연구에서는 석고 포제법의 표준화를 설정하여 독성 감소 및 안전성 증대를 목적으로 하였다. 주원소의 정량은 X-ray

Fluorescence Spectrometer (XRF)로 실시하였고 미량 원소는 ICP/MS로 분석하였다. 기기분석을 이용한 표준품 확인에 의하면 시중 유통되는 시료 중 삼분의 일은 석고가 아닌 실리콘 화합물 즉 모래 성분으로 밝혀졌으므로 사용 전 정품확인이 반드시 필요하다.<sup>7)</sup>

포제의 주목적은 물의 제거와 유해 중금속의 경감으로 Microwave로 포제를 할 경우 포제 시간이 길어질수록 약제의 가장자리는 결정수가 증발하여 하얗게 광택을 잃어가고 가운데는 물기가 어리는 현상이 나타났다. 즉 석고는 질이 견고하여 결정수가 날아가기 용이하지 않으며, 특히 약제가 서로 겹쳐 있거나 사용 약제의 양이 증가하는 경우 결정수의 증발을 서로 방해하여 더욱 오랜 시간을 포제해야 한다. 이러한 실험과 기존의 연구 보고를 통하여 석고의 포제는 고온에서의 단법을 이용하는 것이 적합할 것으로 판단하였다.

이에 근거하여 석고 정품 시료를 약 50 g씩 도가니에 넣고, 온도 500°C, 600°C, 700°C에서 각각 0.5h, 1h, 1.5h 시간의 조건으로 포제를 진행하였다. 그 결과 500°C에서는 0.5h까지는 포제 시간에 따라 무게 감소율이 증가하였고, 600°C 이상에서는 온도와 시간에 관계없이 약 21%의 감소율을 보였다. 따라서 석고의 적절한 포제 조건은 600°C 이상에서 30분~1시간 동안 단하는 것임을 알 수 있다.

포제 후 석고의 무게는 탈수로 인해 약 20%의 감소가 이루어졌으며 중금속 중 특히 수은은 포제 전후의 함량에서 차이를 보였는데 포제 전 수은은 약 34 µg/kg으로 상당히 높았으나 포제 후 전부 제거되었다. 비소, 납, 카드뮴은 포제 전 시료에서 대단히 낮은 함량을 보였다. 포제 후에는 비소와 납에서 약간의 함량 저하가 보였고 카드뮴은 의미있는 감소가 보이지 않았으나, 총체적으로 비소, 납 그리고 카드뮴 모두 10 µg/kg 이내의 안전한

수준으로 감소하였다. 분석결과, 석고를 단법을 이용하여 포제할 경우 주성분의 함량은 증가하고, 중금속의 함량은 감소하므로 포제 후 약물의 효과와 안전성이 증대된다는 것을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 2013년도 상지대학교 교내연구비로 수행하였으며 이에 감사한다.

### 참고문헌

1. 강병수, 서부일, 최호영, “한약포제와 임상응용”, **2003**, 606-609, 영림사.
2. 김기영, 송호준, “한약포제학”, **1999**, 395-396, 고려의학.
3. 식품의약품안전처, “대한 약전 제 9개정”, **2007**, 1058.
4. 식품의약품안전처, “대한 약전 외 생약(한약) 규격집”, **2011**, 202.
5. 노병규, 송호준, “중금속을 함유한 한약의 본초학적 고찰”, *대한본초학회지*, **1990**, 5(1), 57-124.
6. 서부일, 노재환, 변성희, “우리나라 한약전 편찬의 기초 작업을 위한 각국 약전의 광물성 한약재 기원 탐색”, *동서의학*, **1999**, 24(3), 43-56.
7. 김기동, “ICP/OES와 XRF를 이용한 석고의 주원소 분석 및 미량 독성원소 분석”, *한국환경분석학회지*, **2009**, 12(1), 1-5.
8. 서부일, 변성희, “남북한에서 이용되는 한약재의 기원과 한약명에 관한 연구(II)”, *제한동의학술원논문집*, **1998**, 3(1), 146-170.
9. 오황, “동의보감 중 석고가 주약으로 배오된 방제의 활용에 대한 고찰”, *상지대학교논문집*, **2007**, 31-35.
10. 冀宏伯, 李清泉, “白礬炮制方法的改進”, *時珍國藥研究*, **1997**, 12(3), 34-36.
11. 汪風芹, 李迎丞, 趙永德, “石膏炮制方法的改進”, *時珍國藥研究*, **1997**, 8(3), 257-261.
12. 陳建偉, 李凡, 劉元芬, 張之磊, “生, 煨石膏的掃描電鏡觀察”, *中南藥學*, **2006**, 4(4), 253-255.
13. 高錦, 陳建偉, 劉元芬, 李祥, “石膏炮制工藝研究”, *中成藥*, **2007**, 29(2), 247-249.