

광물성 약재의 표준화를 위한 광물학적 연구

김선옥 연구교수¹, 김정훈 부교수², 왕수균 교수^{1,*}

1. 부경대학교
2. 부산대학교

Mineralogic studies for standardization of medicinal minerals

Seon-ok Kim¹, Jung-Hoon Kim², Sookyun Wang^{1,*}

1. Pukyong National University
2. Pusan National University

Abstract

Medicinal minerals are single or a mixture of more than one mineral or rock/fossil, which are used to treat disease. A mineral is a naturally occurring homogeneous solid with definite chemical composition and a highly ordered atomic arrangement. It is usually formed by inorganic processes. For the standardization of medicinal mineral, systematic classification, like vegetable and animal medicines, is essential. In this study, mineralogical classification was performed according to chemical, physical, and crystallographic properties for the standardization of 25 medicinal minerals. These mineralogy base data are needed to present quantitative criteria for the standardization of medicinal mineral. In addition, it is essential to study the risk assessment according to the form of heavy metals contained in medicinal minerals and the stability evaluation of medicinal minerals.

Keywords: medicinal mineral, standardization, physical property, crystallography, chemical property, X-ray diffraction

Correspondence: 왕수균(Sookyun Wang)

45, Yongso-ro, Nam-gu, Busan, Repub. of Korea

Tel: +82-51-629-6560, E-mail: sookyun@pknu.ac.kr

Received 2020-01-29, revised 2020-02-24, accepted 2020-02-24, available online 2020-02-25

doi:10.22674/KHMI-8-1-4



서론

광물성 약재(medicinal mineral)는 화학성분과 물리적 성질이 질병 치료나 건강 증진에 이용되는 단일 광물 및 암석으로서, 예로부터 한국을 비롯하여 중국, 일본의 의학 임상에서는 물론 서양의학에서도 널리 사용되고 있다^{1,2)}. 광물성 약재의 사용은 중국의 전국(戰國)시대에서 후한(後漢)시대를 걸쳐 쓰여진 《신농본초경(神農本草經)》³⁾에 최초로 기록되어 있고, 《본초강목(本草綱目)》⁴⁾에 300 여종이 수록되어 있으며, 《중약대사전》의 약재 5,676 종 중 광물성 약재가 82 종 포함되어 있다. 국내에서는 《동의보감(東醫寶鑑)》⁵⁾에 석부 55 종, 금부 33 종, 옥부 4 종 외 수부, 토부 등 총 100 여종의 광물성 약재가 수록되어 있고, 「대한약전의한약(생약)규격집」⁶⁾에는 34 종의 광물성 약재가 포함되어 있다. 특히, 자연동, 대자석 등은 임상적으로 활용도가 높고^{7,8)}, 점토광물은 위산제거제, 완화제, 흡착제와 같은 활성성분(active ingredients), 현탁제, 정제제와 같은 부형제(excipients), 마지막으로 약물전달체(drug delivery system)로도 활용되고 있다^{9,10)}.

그러나, 오랜 시간 동안 사용되어온 역사에 비해 국내에서는 광물성 약재의 용어와 정의에 대한 구체적인 기준이 없으며, 품질에 대한 표준화(규격화)가 되어 있지 않으며, 더욱이 일부 광물성 약재는 비소, 납, 구리, 수은 등과 같은 중금속을 함유하고 있어 독성과 부작용이 나타나 임상에서 더욱 더 사용을 기피하고 있는 실정이다. 또한, 2008 년 개정된 식품의약품안전청 고시 중 「생약 등의 중금속 허용 기준 및 시험방법」에는 기존에는 없던 일부 광물성 약재의 중금속 함량이 추가되었으나, 아직도 많은 광물성 약재들에 대한 규정이 설립되어 있지 않고, 위해성과 안정성에 관한 연구는 미흡한 실정이다^{11,12)}.

따라서 본 연구에서는 광물성 약재 중 25 종의 광물성 약재의 광물학적 특성에 대한 전반적인 이해를 도모하고자 국제적으로 통용되는 공식 명칭, 화학적 특성(주성분과 미량성분), 물리적 특성 및 결정학적 특성 등의 기초자료를 제시하였다. 이러한 광물학적 기초 자료는 향후 광물성 약재의 표준화에 대한 정량적 기준을 제시함에 있어 필요하여, 광물성 약재에 포함된 중금속의 체내 존재형태에 따른 위해성 평가와 광물성 약재의 안정성 평가에 대한 연구에 필수적이라 할 수 있다.

본론

본 연구에서는 25 종의 광물성 약재의 표준화를 위해 광물학적 특성을 중심으로 명칭, 화학적 특성, 물리적 특성 및 결정학적 특성을 약술하고 그에 따른 감별 요점과 품질 규격의 평가 방법론을 제안하였다.

1. 광물성 약재의 감정법과 연구방법

광물(mineral)이란 자연에서 산출되고, 무기적으로 생성된 고체이며, 일정한 화학조성과 규칙적인 결정구조를 가진 천연 물질이기 때문에, 광물성 약재의 감정 및 동정은 이론적으로나 실질적인 면에서 광물에 관한 연구에 큰 의미를 갖는다. 광물성 약재의 감정은 광물이 갖고 있는 형태적, 광학적, 구조적, 화학적 특징에 의하여 이루어지며, 특히 광물의 육안 감정법은 광물의 결정형태, 물리적 성질(색, 벽개, 비중, 투명도, 단구, 경도, 발광성, 광택, 자성, 조흔색) 등으로 광물을 감정하는 방법이다. 광물 중에는 색이나 냄새와 같이 간단한 방법으로 쉽게 감정되는 것이 있는 반면에, 광학적, 구조적, 화학적 성질을



이용하여 편광현미경, X-선 회절분석(X-ray Diffractometer), Raman 분석, IR 분석(Infra Red Spectrometer) 기기와 같은 여러 가지 분석 장비를 통해서 정확하게 알 수 있는 방법이 있다.

1) 물리적 특성

광물의 물리적 특징에는 색, 벽개, 비중, 투명도, 단구, 경도, 발광성, 광택, 자성, 조흔색, 결정형 등이 있다¹³⁾.

(1) 색(color)

광물에 있어서 색은 가장 뚜렷한 성질 중의 하나이다. 광물의 색은 가시광선 내에서 어느 파장을 흡수하고, 어느 파장을 반사하느냐에 따라 달라진다. 만일, 광물이 거의 모든 광파를 흡수하면, 그 광물은 흑색으로 보이고, 거의 모든 광파를 반사하면 백색으로 보인다. 광물이 색을 나타내는 주요인은 화학조성, 결정구조, 불순물, 물리적 효과 등이 있다. 예를 들어, 석영은 원래 무색이지만, 불순물의 함유에 따라 분홍색, 황색, 녹색, 갈색 등을 띠게 된다. Al, Na, K, Ca, Mg, Ba 이 주성분인 광물들은 일반적으로 무색이거나 옅은 색을 띤다.

(2) 벽개(cleavage)

광물이 어떤 일정한 방향으로 평탄한 면을 보이면서 쪼개지는 성질을 벽개라고 한다. 벽개는 광물을 구성하고 있는 원자들의 배열 상태, 즉 결정구조의 여하에 따라 다르게 나타난다. 원자들이 층상구조를 이루고 있고, 이들 층 사이의 결합력이 약할 때 이 면이 벽개면이 된다. 운모(백운모)는 아주 얇게 잘 쪼개지는데, 이것은 운모를 구성하고 있는 원자들이 운모편 내부에서는 강하게 결합되어 있지만, 이를 횡단하는 방향에서는 약하게 결합되어 있기 때문이다. 형석(자석영)은 팔면체 모양으로, 한수석(방해석)은 능면체 모양으로 각각 쪼개진다. 벽개면은 항상 원자 밀도가 높은 면이며, 어느 결정면에 대하여 항상 평행한다. 그러나, 결정면이 잘 발달되어 있다고 해서 이에 평행한 벽개가 존재하는 것은 아니다. 예를 들어, 석영에는 결정면이 잘 발달되어 있지만, 벽개는 발달되어 있지 않다. 벽개의 존재는 광물의 결정구조에 대한 직접적인 암시이며, 현미경 아래에서 광물을 감정하는데 있어서도 중요한 성질이다. 벽개는 평탄한 면이 잘 나타나는 정도에 따라, 완전(perfect), 양호(good), 명료(distinct), 불명료(indistinct)로 구분된다.

(3) 비중(specific gravity)

동일한 체적의 물과 비교한 어떤 광물의 질량을 비교한 값으로, 물에 밀도에 대한 어떤 광물의 밀도와 의 비라고 할 수 있다. 광물의 비중은 그 광물의 구성 원소의 원자량과 이들 원소의 결합 방식, 즉 결정구조에 의하여 결정된다. 예를 들어, 아라고나이트(CaCO_3 , 원자량 40.08)의 비중은 2.95 이고, 세루사이트(PbCO_3 , 원자량 207.19)의 비중은 6.55 로 구성원소들의 종류에 따라 비중이 다르다는 것을 알 수 있다. 또한, 금홍석(TiO_2 , 패킹률 6.6)의 비중은 4.25 이고, 브루카이트(TiO_2 , 패킹률 6.4)의 비중은 4.14 로 화학조성은 같지만, 결정구조에 있어서 원자들의 충전율 즉 패킹률이 높을수록 비중이 커진다. 광물의 비중은 광물마다 달라서, 광물 감정에 있어서 중요하게 사용되는 성질이다. 비중을 정확하게 측정하기 위해서는 상당한 주의가 필요하며, 비중을 측정할 때, 광물은 가능한 한 순수해야 하며, 불순물이나 공극이 없어야 한다. 따라서, 큰 입자보다는 작은 입자가 비중 측정에 적합하다.

(4) 투명도(transparency)

광물이 빛을 통과시키는 정도를 투명도라고 하고, 투명(transparent), 반투명(translucent), 불투명(opaque)으로 나눈다. 광물성 약재 중 옹황(웅황)과 밀타승(산화납)과 같이 빛이 통과하여 광물의 윤곽이 완전히 보일 때를 투명, 빛을 통과시키기는 하지만, 그 뒤의 물체가 보이지 않는 경우를 반투명이라고 하고, 자연동(황철석), 자석(자철석)과 같이 빛이 통과하지 않는 것을 불투명(opaque)이라 정의한다.

(5) 단구(fracture)

벽개가 없는 광물의 깨진 면의 모양을 단구라고 한다. 단구에는 조개껍질과 같이 깨진 면이 매끈하지 않고 만곡되어 있는 패각상(conchoidal), 깨진 면이 평탄한 경우 평탄(even), 깨진 면에 작은 기복이 생겨서 평탄하지 않은 경우, 불평탄(uneven)이라 하며, 대부분 광물의 단구가 이에 속한다. 또한 깨진 면이 갈쭉갈쭉하게 나타나는 침상(hackly), 깨진 면이 섬유모양인 섬유상(fibrous)이 있다.

(6) 경도(hardness)

광물의 역학적인 변형에 대한 저항 정도를 나타내는 것으로, 경도(H로 표시)는 광물의 종류에 따라 다르다. 광물의 육안감정을 위해서 사용되는 경도는 굵거나 마찰에 대한 저항도를 나타낸다. 이와 같은 목적을 위해서 1812년에 Mohs가 광물의 굵힘에 대한 경도를 10 등분하고, 흔한 광물 중에서 각 경도에 알맞은 대표적인 광물을 정해 놓았다. 이를 모스의 경도계(Mohs' scale of hardness)라고 부른다. 광물의 경도를 측정하려면 반드시 신선한 면에서 측정해야 하며, 그 광물의 모스경도계가 지정한 광물과 서로 긁어보면 알 수 있다. 예를 들면, 어떤 광물이 정장석을 긁을 수 있지만, 석영은 긁히지 않는다고 하면, 그 광물은 6과 7사이의 경도를 갖는다. 만약, 모스경도계를 가지는 광물이 없는 경우 손톱(2.5), 동전(3), 칼날(5.5) 등을 사용하여 경도를 측정할 수 있다. 광물의 경도는 그 광물의 구성 원자들의 배열상태 및 구성 원자들의 종류와 밀접한 관련이 있다. 결정격자의 배열상태, 즉 결합방식에 차이에 따라 경도도 차이가 나며, 흑연과 다이아몬드는 탄소로 구성되어 있지만, 탄소원자의 배열상태의 차이 때문에 흑연과 다이아몬드는 각각 경도가 1과 10으로 두 광물간에는 경도의 차이가 난다. 서로 같은 유형의 결정구조를 가진 광물들은 구성 원자나 이온들의 크기가 작을수록, 이온의 원자기가 커질수록, 이온간의 거리가 짧을수록 광물의 경도가 커진다.

(7) 발광성(luminescence)

어떤 물질이 외부로부터 자극에너지를 흡수하여 그 에너지의 일부 또는 전부를 빛에너지로 방출하여 빛을 발하는 성질을 발광성이라고 한다. 광물에 있어서 발광현상을 일으키게 하는 자극 에너지는 열, 빛, X선, 자외선, 음극선, 마찰 등이 있다. 특히 광물이 자외선, X선 또는 음극선에 노출되는 동안 빛을 발하는 현상을 형광이라고 한다. 만일, 자극에너지를 제거한 후에도 발광이 계속되면 이를 인광이라고 한다. 그러나, 어떤 광물에서는 형광과 인광은 그 구분이 명확하지 않다. 형광과 인광은 암실에서 관찰해야 잘 나타난다. 형광은 한 광물에서도 항상 일정하게 나타나는 것은 아니다. 예를 들면, 순수한 방해석은 형광을 발하지 않지만, Ca 이외의 다른 이온들이 불순물로 함유되어 있는 경우에는 붉은색, 분홍색 또는 황색의 형광이 나타난다. 그러나, 형석은 일반적으로 청색의 형광을 보여주는데, 이것은 형석 내에 존재하는 유기물질이나 희토류 이온에서 기인한다. 광물의 형광성은 광물들을 감정하는데 있어서 유용하게 이용되며, 자외선을 발생하게 하는 장치를 자외선등(ultraviolet lamp) 또는 미네랄라이트(mineralight)라고 하며, 휴대용 장치가 고안되어 있다.



(8) 광택(luster)

광물의 표면에서 빛이 반사할 때 우리 눈에 비치는 느낌을 의미한다. 광택에는 금속광택과 비금속광택이 있다. 이 두 가지 광택의 중간에 해당하는 것을 아금속광택이라고 한다. 금속광택은 불투명광물이 보여 주는 번쩍번쩍하는 광택을 가리키며, 금속광택을 가진 광물의 조흔색은 일반적으로 짙은 흑색 계통의 색을 가진다. 예를 들면, 황철석, 자철석, 적철석 등이다. 비금속광택을 보여주는 광물들은 대체로 비금속광물이며, 일반적으로 무색이거나 옅은 색을 띠고, 조흔색도 대체로 무색이거나 옅은 색을 띤다. 비금속광택에는 금강광택, 견사광택, 유리광택, 진주광택, 지방광택, 토상광택 등이 있다.

(9) 자성(magnetism)

광물들은 자기장에 대한 반응에 따라 강자성(예, 자철석, 자황철석), 상자성(예, 휘석, 각섬석, 흑운모, 백운모 등)과 반자성(예, 형석, 석영, 방해석 등)으로 구분된다. 광물의 자성은 원자나 이온을 구성하고 있는 전자에 기인한다. 핵 주위에서 운동하고 있는 전자들은 하나의 파동으로 작용하는 전류라고 생각할 수 있고, 이 전류가 자기장을 발생시킨다. 결정을 외부적인 자기장에 놓게 되면, 원자들의 자기장이 일정한 방향으로 정돈되면서 자기운동이 일어난다.

(10) 조흔색(streak color)

광물의 분말색으로 유약을 칠하지 않은 백색 도자기인 조흔판에 긁어봄으로써 알 수 있다. 조흔판은 경도가 7 이기 때문에 이보다 경도가 높은 광물은 조흔판의 사용이 무의미하며, 경도가 낮은 광물은 유약을 칠한 조흔판에 긁어서 관찰해야 한다. 어떤 광물의 색은 다양하지만, 그 조흔색은 일정하기 때문에 조흔색은 광물 감정에 유용하게 사용되는 성질 중의 하나이다.

(11) 결정형(crystal form)

광물의 특징 중에서 가장 눈에 띄는 성질은 광물의 형태라고 할 수 있다. 광물은 종류에 따라 그 모양이 여러 가지로 나타나는데, 결정을 이루고 있는 광물의 기하학적 형태를 결정형이라고 한다. 대표적으로 석영은 육각기둥 모양, 자연동(황철석)은 정육면체 또는 오각십이면체 모양, 정장석은 기둥모양의 결정형을 이루고 있으며, 광물마다 한 가지 또는 그 이상의 독특한 결정형을 이루고 있는 것이 특징이다. 이러한 결정이나 결정 집합체들의 일반적인 모양을 정벽(habit)이라고 하는데, 정벽도 광물 종에 따라 다르게 나타나는 특징이어서, 광물을 감정하는데 있어서 중요한 특성이다. 광물성 약재인 대자석이라고 알려져 있는 적철석은 어란상과 엽상의 정벽이 나타내는데, 한약서에서는 어란상의 적철석이 효능이 있다고 알려져 있다.

2) 결정학적 특성

광물의 가장 중요한 특징은 결정을 이루고 있으며, 결정이란 구성원자나 이온들이 3차원적으로 질서 있게 배열되어 있는 내부적 규칙성이 외부로 나타나는 다면체이다. 원자나 이온은 반지름이 옹스트롬($\text{\AA}=10^{-8}\text{cm}$) 단위의 크기를 가진 작은 구로 생각할 수 있으며, 공간적으로 끊임없이 반복되어서 하나의 결정구조를 형성한다. 일반적으로 광물들은 구성원자나 이온들이 규칙적으로 배열되어 있는 결정질 상태로 산출된다¹⁴⁾.

결정을 이루는 광물은 기준축인 결정축을 설정하고, 결정축은 보통 3 개로서, a, b, c 로 나타내고,

a 축이 전후축, b 축이 좌우축, c 축이 수직축이 되도록 축을 잡는다. 축과 축이 이루는 각은 $b \wedge c = \alpha$, $a \wedge c = \beta$, $a \wedge b = \gamma$ 로 표시하고, α , β , γ 를 축각이라고 한다. 정육면체 결정에서와 같이 3 축의 길이가 같은 경우에는 전후축을 a1, 좌우축을 a2, 수직축을 a3 로 표시한다. 모든 결정들을 결정축의 상대적 길이와 축각에 의하여 6 정계로 구분한다(Table 1).

Table 1. Characteristic of crystal system

결정계	축의 길이	축각	광물 예
등축정계	$a_1 = a_2 = a_3$	$\alpha = \beta = \gamma = \angle R$	형석, 황철석
육방정계	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	$a_1 \wedge a_2 = a_1 \wedge a_3 = a_2 \wedge a_3 = 120^\circ$ $a_1 \wedge c = a_2 \wedge c = a_3 \wedge c = \angle R$	방해석, 능아연석
정방정계	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = \angle R$	밀타승
사방정계	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = \angle R$	침철석, 황
단사정계	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = \angle R \neq \beta$	석고, 질석
삼사정계	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq \angle R$	명반석

3) 기기를 활용한 광물 감정

(1) X-선 회절분석

X-선 회절 분석은 결정물질을 연구하는 가장 기본적인 좋은 방법 중 하나이다. X-선은 0.01~100Å의 파장을 가진 전자기파 스펙트럼으로, 그 중에서 파장이 짧은 범위의 X 선은 의학에서 사용되며, 파장이 긴 범위의 X 선은 광물의 연구에 사용된다. X 선을 광물에 조사하면 X 선이 격자면에서 회절되고, 이러한 회절현상을 이용하여 광물의 결정구조를 연구하고, 광물을 감정하게 된다. X-선 회절분석은 일반적으로 광물의 대칭도 측정, 격자상수 계산, 입자의 크기 측정 등에 사용되며, 시료를 분말로 만들어 유리 세관에 넣어 Debye-Scherrer 사진기의 중심에 부착시켜, 분석하는 동안 시료를 계속 회전시킨다. 회절선에 대한 분석결과를 브래그 방법으로 계산된 d 값과 그 강도로부터 그 광물의 명칭을 JCPDS (joint commission on powder diffraction standards) 회절 데이터 카드를 이용하여 알아 낼 수 있다. JCPDS 카드에는 지금까지 알려진 모든 물질에 대한 X 선 회절수치가 수록되어 있다.

X-선 회절분석의 장점은 현미경으로 감정이 불가능한 점토광물, 토양과 같은 세립질 물질의 정확한 감정이 가능하며, 단일 광물뿐만 아니라, 여러 종류의 광물 집합체의 구성광물 및 고용체에 대한 감정에도 효과적이다¹⁵⁾.

(2) Raman 분석

532 nm 또는 785 nm laser 를 사용하여 excitation 시킨 후 산란되는 빛의 파장 변화와 세기를 CCD 검출기로 측정함으로써 분자의 진동에너지 구조를 스펙트럼으로 얻을 수 있다. 특정 파장의 레이저를 시료에 조사하여 발생하는 라만산란을 이용하여 산란된 빛 중에서 Rayleigh 산란에 비해 Stokes/Anti-Stokes 산란이 얼마만큼 Shift 되었는지를 통해 해당 물질의 구조와 특성, 분자 상호간의 결합상태 등 분자구조를 알 수 있다¹⁶⁾.



(3) IR 분석

광물을 구성하는 원자나 분자는 공간 중에서 진동, 회전, 병진운동을 하고 있으며, 이에 해당하는 특정한 에너지인 적외선 범위의 전자기파를 흡수한다. 이렇게 얻어진 스펙트럼으로부터 주로 분자의 진동·회전운동에 대한 정보를 얻어 분자의 구조를 확인한다. Mid-IR 영역에서 물질을 구성하는 화학 조성을 확인하여 물질 내의 분자 또는 원자간의 진동(vibration mode) 연구, 결정 내의 폴라논(polaron) 흡수(absorption) 연구를 할 수 있다. 또한 Far-IR 영역에서 자유 전자들의 동역학 연구와 격자 내의 포논(phonon) 연구를 할 수 있다¹⁷⁾.

2. 광물성 약제의 감정법과 연구결과

원광물 25 종의 광물성 약제의 표준화를 위해 일반적 특성(국제적으로 통용되는 공식 명칭(광물명), 분류), 화학적 특성(화학식, 미량 성분), 물리적 특성(색/광택, 비중, 경도, 벽개/단구, 조흔색, 투명도), 결정학적 특성(정계, 격자상수) 및 X-선 회절분석, Raman, IR 기기를 이용한 분석 결과를 Table 2와 Table 3에 제시하였다.

Table 2. Mineralogical name and formula of the common mineral medicines

No.	약명	일반적 특성		화학적 특성		물리적 특성						결정학적 특성	
		광물명	분류	화학식	미량성분	색/광택	비중	경도	벽개/단구	조흔색	투명도	정계	격자상수
1	금몽석 (金礫石)	질석 (vermiculite)	규산염 광물	$(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Ca, Na, K	갈색, 황갈색 유리광택	2.3 -2.7	1.5 -2	{001} 완전 불평탄	녹백색	반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=5.26 Å b=9.17 Å c=28.6 Å
2	금박 (金箔)	금 (gold)	원소 광물	Au	Ag, Cu, Pd, Hg, Bi	노란색 금속광택	16 -19.3	2.5 -3	없음 침상	노란색	불투명	등축 정계 $\frac{4}{m} \frac{3}{m} \frac{2}{m}$	a=4.0786 Å
3	노감석 (爐甘石)	능아연석 (smithsonite)	탄산염 광물	ZnCO_3	Fe, Co, Cu, Mn, Ca, Cd, Mg, In	흰색, 노란색, 회백색, 초록색 유리광택	4.4 -4.5	4.5	{1011} 완전 불평탄		반투명	삼방 정계 $\frac{2}{3} \frac{2}{m}$	a=4.65 Å c=15.0 Å
4	녹반 (綠礬)	녹반 (melanterite)	황산염 광물	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Cu, Mg	초록색, 무색, 흰색 유리광택	1.89 -1.9	2	{001} 완전 패각상	흰색	반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=14.077 Å b=6.509 Å c=11.054 Å
5	대자석 (代赭石)	적철석 (hematite)	산화 광물	Fe_2O_3	Ti, Al, Mn, H_2O	적회색, 검은색, 적흑색 금속광택 토상광택	5.3	5 -6	없음 불평탄	적갈색	불투명	삼방 정계 $\frac{2}{3} \frac{2}{m}$	a=5.032 Å c=13.737 Å



No.	약명	일반적 특성		화학적 특성		물리적 특성						결정학적 특성	
		광물명	분류	화합식	미량성분	색/광택	비중	경도	벽개/단구	조흔색	투명도	정계	격자상수
6	망초 (芒硝)	미라빌라이트 (mirabilite)	황산염 광물	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-	무색, 흰색, 황백색 유리광택	1.49	1.5 -2	{100} 완전 패각상	흰색	반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=12.84 Å b=10.37 Å c=11.52 Å
7	밀타승 (密陀僧)	산화납 (litharge)	산화 광물	PbO, PbO ₂	-	붉은색 지방광택	9.14 -9.35	2	{110} 명료 불평탄	붉은색	투명	정방 정계 $\frac{4}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m}$	a=3.972 Å c=5.021 Å
8	백반 (白礬)	명반석 (alunite)	황산염 광물	$\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$	Na, Fe	흰색, 회황색, 회색, 회적색 유리광택 진주광택	2.59 -2.9	3.5 -4	{0001} 양호 불평탄	흰색	투명 반투명	삼사 정계 3m	a=6.98 Å c=17.32 Å
9	석고 (石膏)	석고 (gypsum)	황산염 광물	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	흰색, 연두색, 갈색 유리광택 진주광택	2.3	2	{010} 완전 {100} 명료 섬유상	흰색	투명 반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=5.68 Å b=15.20 Å c=6.52 Å
10	석유황 (石硫黃)	유황 (sulfur)	원소 광물	S	Se, Te	노란색, 적황색, 주황색 수지광택	2.05 -2.09	1.5 -2.5	{001}, {110} 불완전 불평탄	흰색	투명 반투명	사방 정계 $\frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m}$	a=10.47 Å b=12.87 Å c=24.49 Å



No.	약명	일반적 특성		화학적 특성		물리적 특성						결정학적 특성	
		광물명	분류	화합식	미량성분	색/광택	비중	경도	벽개/단구	조흔색	투명도	정계	격자상수
11	석종유 (石鐘乳)	종유석 (stalactite)	탄산염 광물	CaCO ₃	Mn, Fe, Zn, Co, Ba, Sr, Pb, Mg, Cu, Al, Ni, V	흰색, 무색, 노란색, 갈색 유리광택 수지광택	2.71	3	{1011} 완전 패각상	흰색	투명 반투명	삼방 정계 $\frac{2}{3} \frac{2}{m}$	a=4.989Å c=17.064Å
12	양기석 (陽起石)	양기석 (actinolite)	규산염 광물	Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	Mn, Al, Na, K, Ti	녹색, 녹회색, 검은색 유리광택 건사광택	2.98 -3.1	5 -6	{110} 완전 다편상	흰색	투명 반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=9.891Å b=18.2Å c=5.31Å
13	우여량 (禹餘糧)	침철석 (goethite)	수산화 광물	2Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	Mn	갈색, 황갈색, 적갈색 금광광택 건사광택	3.3 -4.3	5 -5.5	{010} 완전 불평탄	황갈색	불투명	사방 정계 $\frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m}$	a=4.608Å b=9.956Å c=3.0215Å
14	운모 (雲母)	백운모 (muscovite)	규산염 광물	KAl ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂	Cr, Li, Fe, V, Mn, Na, Cs, Rb, Ca, Mg	흰색, 무색, 은백색 유리광택 진주광택	2.77 -2.88	2 -2.5	{001} 완전 운모상	흰색	투명 반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=5.186Å b=8.952Å c=10.12Å
15	웅황 (雄黃)	웅황 (realgar)	황화 광물	AsS	-	암적색, 주황색 수지광택 지방광택	3.56	1.5 -2	{010} 양호 불평탄	주황색 빨간색	투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=9.325Å b=13.571Å c=6.587Å



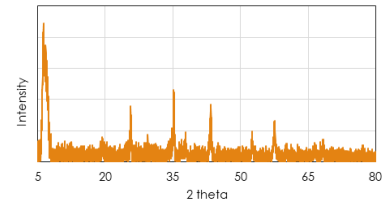
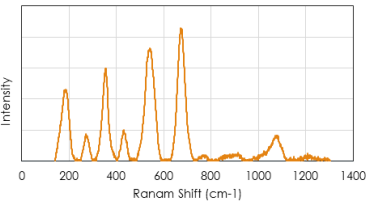
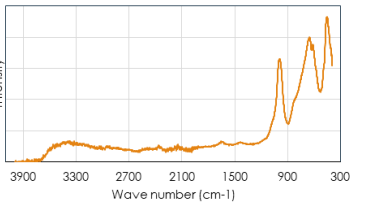
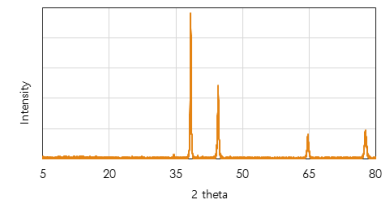
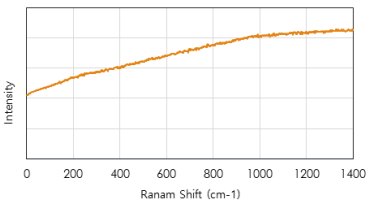
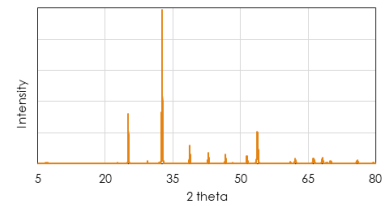
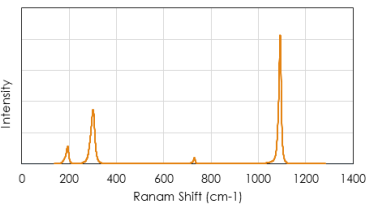
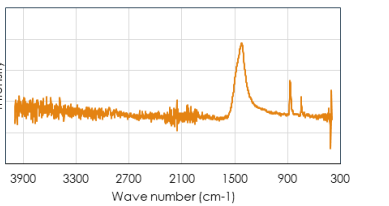
No.	약명	일반적 특성		화학적 특성		물리적 특성						결정학적 특성	
		광물명	분류	화합식	미량성분	색/광택	비중	경도	벽개/단구	조흔색	투명도	정계	격자상수
16	자석 (磁石)	자철석 (magnetite)	산화광물	Fe ₃ O ₄	Mg, Zn, Mn, Ni, Cr, Ti, V, Al	회백색, 검은색 금속광택	5.1 -5.2	5.5 -6.5	없음 불평탄	검은색	불투명	등축 정계 $\frac{4}{m} \frac{3}{m} \frac{2}{m}$	a=8.397 Å
17	자석영 (紫石英)	형석 (fluorite)	할로젠광물	CaF ₂	Y, Ce, Si, Al, Fe, Mg, Eu, Sm	보라색, 노란색, 초록색, 무색 유리광택	3.01 -3.25	4	{111} 완전 불평탄	흰색	투명 반투명	등축 정계 $\frac{4}{m} \frac{3}{m} \frac{2}{m}$	a=5.4626 Å
18	자연동 (自然銅)	황철석 (pyrite)	황화광물	FeS ₂	Ni, Co, As, Cu, Zn, Ag, Au, Tl, Se, V	열은 황동색 금속광택	5 -5.02	6 -6.5	{100}, {110} 불명료 패각상	녹흑색	불투명	등축 정계 $\frac{2}{m} \frac{3}{m}$	a=5.417 Å
19	자황 (雌黃)	자황 (orpiment)	황화광물	As ₂ S ₃	Hg, Ge, Sb	주황색, 담황색 진주광택	3.49	1.5 -2	{010} 완전 불평탄	연노란 색	투명 반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=11.475 Å b=9.577 Å c=4.256 Å
20	적석지 (赤石脂)	할로이사이트 (halloysite)	규산염광물	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Ti, Ca, Na, K, Fe, Cr, Mg, Ni	흰색, 황백색, 황갈색 토상광택	2.55 -2.65	1 -2	없음 아패각상	흰색	반투명 불투명	단사 정계 m	a=5.14 Å b=8.9 Å c=7.214 Å
21	주사 (朱砂)	진사 (cinnabar)	황화광물	HgS	-	붉은색, 주홍색 금속광택	8.1	2 -2.5	{1010} 완전 불평탄	적갈색 주홍색	투명 반투명	삼방 정계 32	a=4.145 Å c=9.496 Å



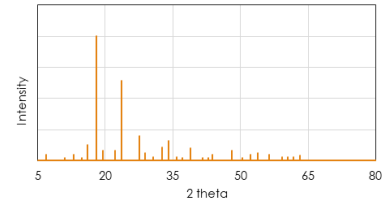
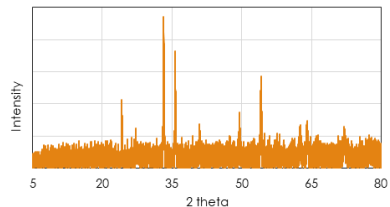
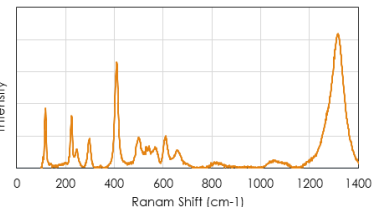
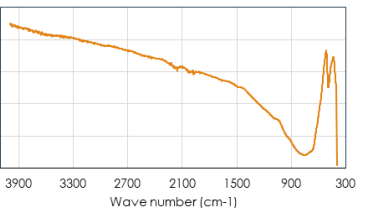
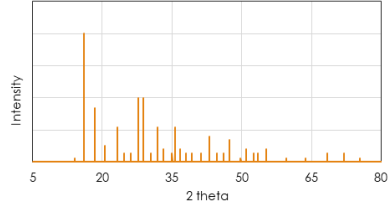
No.	약명	일반적 특성		화학적 특성		물리적 특성						결정학적 특성	
		광물명	분류	화학식	미량성분	색/광택	비중	경도	벽개/단구	조흔색	투명도	정계	격자상수
22	한수석 (寒水石)	방해석 (calcite)	탄산염 광물	CaCO ₃	Mn, Fe, Zn, Co, Ba, Sr, Pb, Mg, Cu, Al, Ni, V	흰색, 무색, 노란색, 갈색 유리광택 수지광택	2.71	3	{1011} 완전 패각상	흰색	투명 반투명	삼방 정계 $\frac{2}{3} \frac{2}{m}$	a=4.989Å c=17.064Å
23	해부석 (海浮石)	부석 (pumice)	규산염 광물	다공질 구조를 가진 화산 생성물	-	흰색, 담갈색 토상광택	0.25 -0.30	6	완전 평탄	흰색 녹백색	불투명	-	-
24	현정석 (玄精石)	석고 (gypsum)	황산염 광물	CaSO ₄ ·2H ₂ O	-	흰색, 연두색, 갈색 유리광택 진주광택	2.3	2	{010} 완전 {100} 명료 섬유상	흰색	투명 반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=5.679Å b=15.202Å c=6.522Å
25	활석 (滑石)	활석 (talc)	규산염 광물	Mg ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Ni, Fe, Al, Ca, Na	흰색, 무색, 회색 유리광택 진주광택	2.7 -2.8	1	{011} 완전 불평탄	흰색	반투명	단사 정계 $\frac{2}{m}$	a=5.29Å b=9.173Å c=9.46Å



Table 3. Results of XRD, Raman, IR analysis of the common mineral medicines

No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
1	금몽석 (金礫石)	질석 (vermiculite)			
2	금박 (金箔)	금 (gold)			-
3	노감석 (爐甘石)	앙아연석 (smithsonite)			

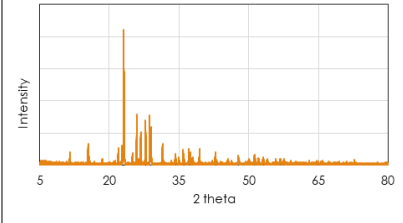
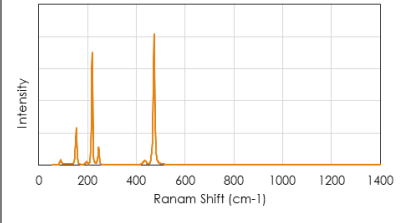
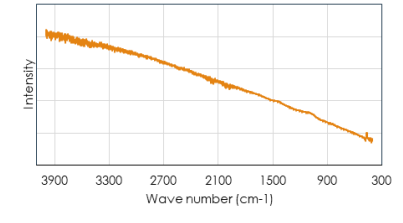
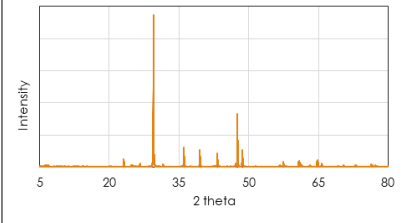
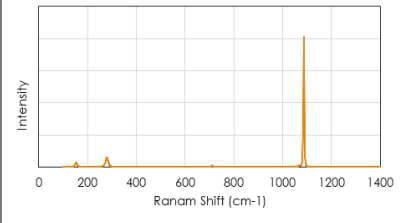
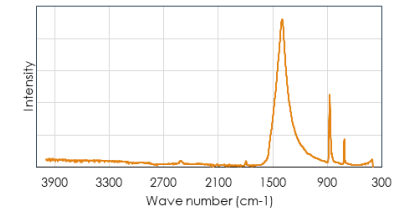
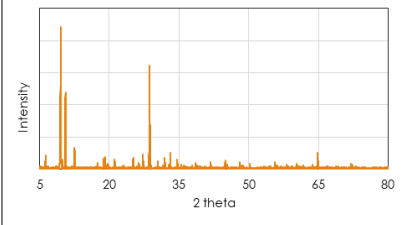
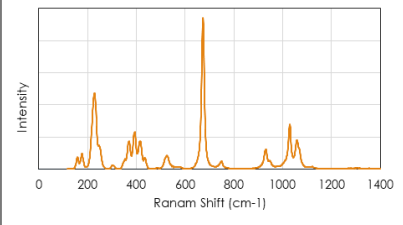
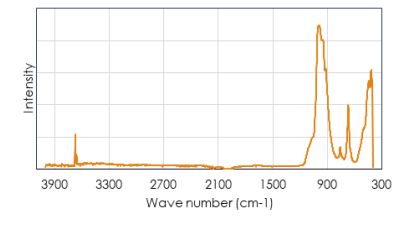


No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
4	녹반 (綠礬)	녹반 (melanterite)		-	-
5	대자석 (代赭石)	적철석 (hematite)			
6	망초 (芒硝)	미라빌라이트 (mirabilite)		-	-

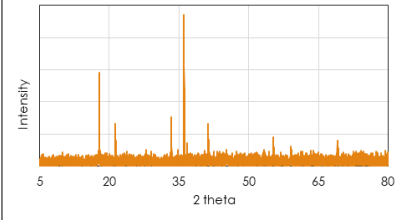
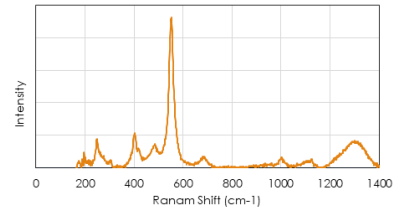
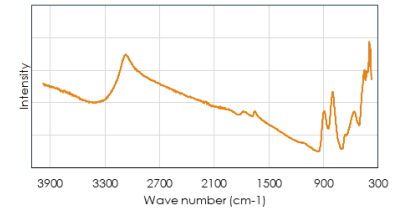
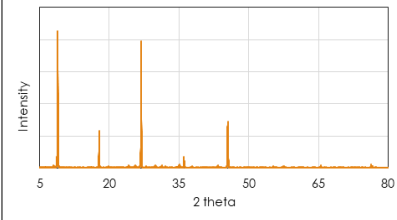
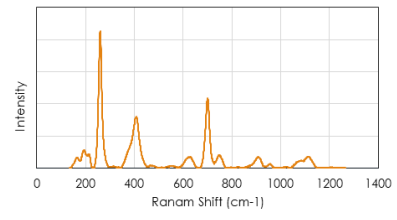
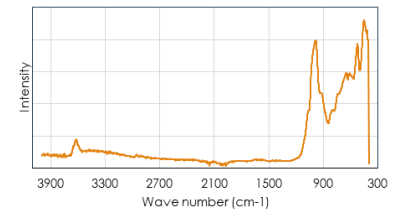
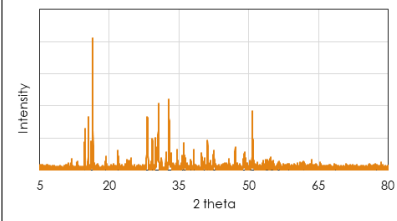
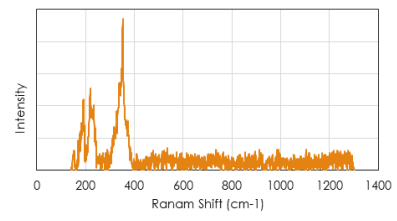


No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
7	밀타승 (密陀僧)	산화납 (litharge)			-
8	백반 (白礬)	명반석 (alunite)			-
9	석고 (石膏) 현정석 (女精石)	석고 (gypsum)			

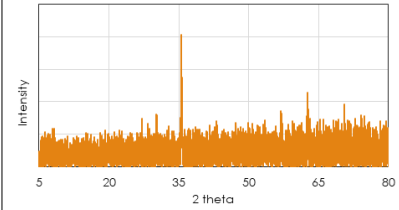
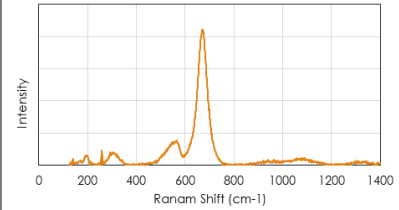
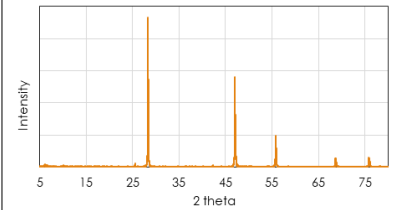
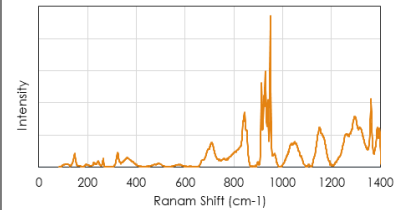
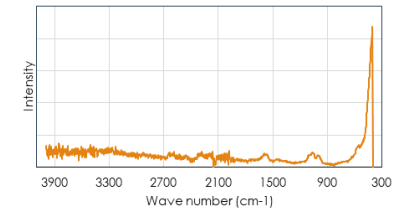
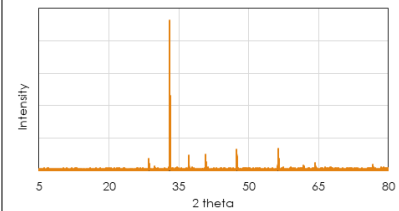
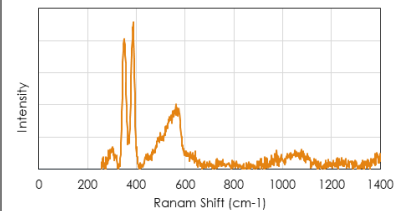
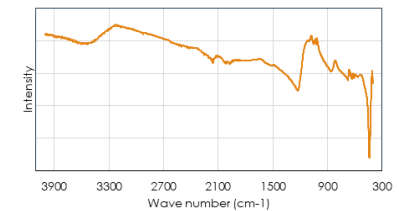


No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
10	석유황 (石硫黃)	유황 (sulfur)			
11	석종유 (石鐘乳) 한수석 (寒水石)	종유석 (stalactite) 방해석 (calcite)			
12	양기석 (陽起石)	양기석 (actinolite)			

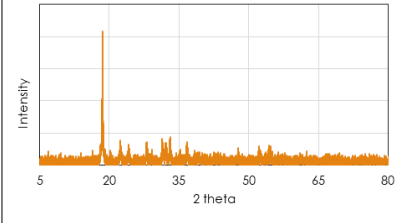
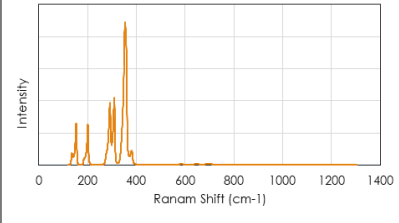
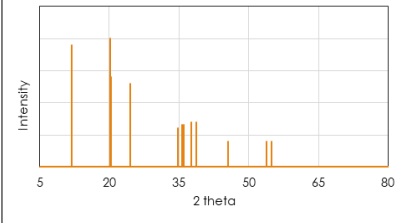
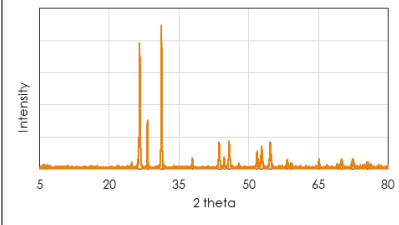
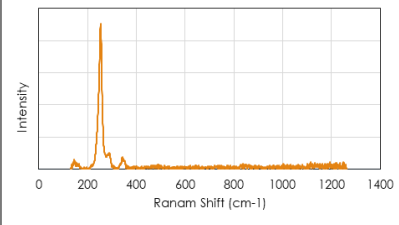
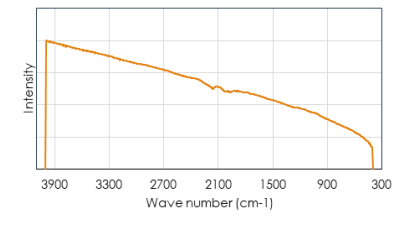


No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
13	우여량 (禹餘糧)	침철석 (goethite)			
14	운모 (雲母)	백운모 (muscovite)			
15	응황 (雄黃)	응황 (realgar)			-

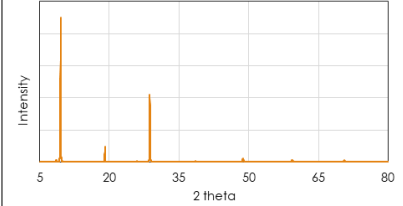
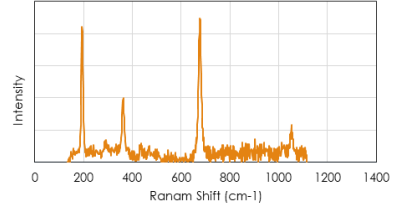
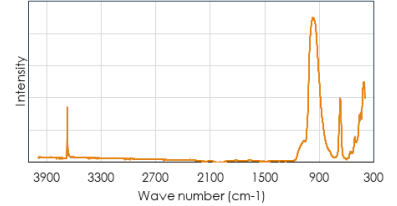


No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
16	자석 (磁石)	자철석 (magnetite)			-
17	자석영 (紫石英)	형석 (fluorite)			
18	자연동 (自然銅)	황철석 (pyrite)			



No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
19	자황 (雌黃)	자황 (orpiment)			-
20	적석지 (赤石脂)	할로이사이트 (halloysite)		-	-
21	주사 (朱砂)	진사 (cinnabar)			



No.	약명	광물명	XRD	Raman (wavelength 532nm)	IR (wavelength 532nm)
25	활석 (滑石)	활석 (talc)			



결론

광물성 약제의 표준화를 위해서는 식물성 및 동물성 약제와 마찬가지로 체계적인 분류가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 25 종의 광물성 약제의 표준화를 위해 화학적 특성, 물리적 특성 및 결정학적 특성에 따라 광물학적으로 분류하였다. 광물성 약제(광물약)는 단일 광물 혹은 광물의 복합체로 주성분 또는 미량성분의 약리성을 이용하는 천연물질로서, 미량성분의 차이는 산지의 지질특성, 기후 및 지표 조건에 따라 달라지며, 수반광물과 법제 방법에 따라 유효성분과 유해성분이 달라질 수 있다. 그러므로, 차후 광물성 약제의 품질 검정기준의 표준화 및 유해 중금속 원소의 허용한계에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 한다.

감사의 글

이 논문은 2016 학년도 부경대학교 연구년[Ⅱ] 교수 지원사업(C-D-2016-0852)에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kim, S.O.. Mineral Medicine in the Body : Reaction path and Speciation modeling to identify effective ingredients and its application for new medicines. Ph. D. Thesis, Pukyong National University. 2002:156.
2. Kim, S.O. and Park, M.E.. Standardization Studies for the Oriental Mineral Medicine. *Econ. Environ. Geol.* 2015;48(3):187-94.
3. 李時珍. 本草綱目. 明, 1590. 本草綱目(交点本), 上冊. 중국:人民衛生出版社. 1982:780.
4. 徐大椿. 神農本草經百種錄. 清, 1736. 徐靈胎醫學全書. 중국:中國中醫藥出版社. 1998:50.
5. Heo, J. Donguibogam. Seoul:Namsandang. 2007:410.
6. 식품의약품안전처. 대한약전외한약(생약)규격집. 식품의약품안전처고시 제 2019-72 호. 2019.
7. Sung, H.K., Kim, J.H., and Min, S.Y. A Case Report of Delayed Healing in Femoral Shaft Fractured Child. *J. Korean Oriental Pediatrics.* 2011;25(1):63-71.
8. Jung, J.H., Choi, Y.H., Kim, T.H., and Kim, B.K. Research Trends of Traditional Chinese Medicine Containing Haematitum in the Neuropsychiatric Clinical Scene. *J of Oriental Neuropsychiatry* 2014;25(4):401-10.
9. Jin, S.E., Lee, J.I. and Hwang, S.J.. Case study of pharmaceutical Ingredients Derived from Clay Minerals. *Econ. Environ. Geol.* 2015;8(3):221-9.
10. Carretero, M.I. and Pozo, M. Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry: Part I. Excipients and medical applications. *Applied Clay Science.* 2009;46:73-80.
11. Kim, S.O. and Park, M.E.. A study for Medical Mineral Reaction Controls on Artificial Body Fluid Composition : Gastric Juice-Cinnabar Reaction and Concentration of Mercury Complex. *J. Miner. Soc. Korea.* 1999;12:43-53.

12. Kim, S.O., Park, M.E. and Jung, Y.P.. Spectroscopic and Magnetic Properties of Yanggiseok, Yeonok and Eumgiseok used as Mineral Medicine. *Econ. Environ. Geol.*, 2002;35(4):317-23.
13. Dexter Perkins. *Mineralogy*. 3rd Edition. USA:Pearson, 2015:44-62.
14. Cornelis Klein and Cornelius S. Hurlbut. *Manual of Mineralogy*. 21st Edition. USA:John Wiley & Sons Inc.1998:275-88.
15. Pawlaski, G.A.. Quantitative determination of mineral content of geological samples by X-ray diffraction. *Am. Mineral.*, 1985;70:663-7.
16. Haskin, L.A. et. al. Raman Spectroscopy for Mineral Identification and Quantification for in situ Planetary Surface Analysis: A Point Count Method. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. 1997;102(E8):19,293-19,306.
17. Farmer, V.C.. *The Infrared Spectra of Minerals*. 1st Edition. London:Mineralogical Society.1974:219.

© The Author(s) 2020, khmi.or.kr

