

## 유비철석을 함유하는 황철석 약광물의 수치 후 비소 제거효과

황 정<sup>1\*</sup> · 허순도<sup>2</sup>

<sup>1</sup>대전대학교 지구시스템공학과, <sup>2</sup>한국해양연구원 극지연구소

### The As-removal Effects of Pyrite Including Arsenopyrite after Process for Use in Medicine.

Hwang Jeong<sup>1\*</sup> and Hur Soon Do<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geo-System Engineering, Daejeon University, Daejeon 300-716, Korea

<sup>2</sup>Korea Polar Research Institute, KORDI, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

As pyrite is commonly associated with arsenopyrite, the use of pyrite including arsenopyrite for medicine requires close attention on arsenic toxicity. The toxicity was reduced by traditional processing operations include heating and quenching in vinegar. To verify the scientific effects of this process, pyrite containing many crystals of arsenopyrite was processed at temperatures from 450°C to 850°C and through as many as 5 processing cycles. Arsenopyrite completely disappeared when processed only once at 650°C while it remained even after 5 processing cycles at 450°C. Arsenic was most abundant in medicinal mineral samples processed at 450°C and sharply decreased when processed at 650°C or 850°C. And arsenic extraction test in water was carried out from the processed pyrite medicine on the assumption that pyrite medicines with the lowest As metal content would be most desirable. Arsenic were most abundant in water extracted from medicinal mineral samples processed at 450°C and sharply decreased when processed at 650°C or 850°C. But the extracted As concentrations in water exceeded drinking water standards even when processed at 850°C. Increasing temperature promoted elimination of arsenopyrite and reduction of As in medicinal minerals and the extraction solutions. But the effects of processing cycles at the same processing temperature were not clear. Heating temperature is more important than number of processing cycles for the removal of arsenic, and it is necessary to heat pyrite to over 650°C to remove it.

**Key words** : pyrite, arsenopyrite, medicinal mineral, process, toxicity

황철석은 흔히 유비철석과 밀접히 공생하여 산출되므로 유비철석을 포함하는 황철석을 약광물로 이용할 때에는 비소의 독성에 대한 세심한 주의가 필요하다. 독성을 감소시키기 위해서는 약재를 가열하여 식초에 담금질하는 전통적 초취법을 적용하여 왔다. 초취법의 과학적 효과를 검토하기 위해 유비철석을 포함하는 황철석 약재를 450°C, 650°C 그리고 850°C 각각의 온도에서 가열하여 식초에 담금질하는 과정을 5회까지 반복하였다. 약재 내 유비철석은 450°C에서 초취법을 5회 실시하여도 잔존하나, 650°C에서는 초취법을 1회 실시하면 완전히 제거된다. 450°C에서 수치된 약재에서는 비소가 상당량 함유되어 있으나, 650°C와 850°C에서 수치된 약재에서는 비소함량이 급격히 감소한다. 약재로부터 수용액으로 용출되는 비소 용출량이 가장 적은 수치조건이 가장 효과적인 수치법일 것임을 전제로 비소 용출 실험을 실시하였다. 수용액내 비소의 용출량은 450°C에서 가장 높고, 650°C와 850°C에서는 급격히 감소한다. 그러나 850°C에서 수치된 약재의 비소 용출량도 음용수 수질기준을 초과한다. 수치온도가 높을수록 유비철석의 제거가 증대되고 약재 내 비소함량과 비소 용출량이 감소하나, 수치횟수의 효과는 뚜렷하지 않다. 수치횟수 보다는 수치온도가 상대적으로 비소제거에 중요한 요인이며, 비소제거를 위해서는 650°C 이상의 온도에서 황철석을 수치하는 것이 필요하다.

**주요어** : 황철석, 유비철석, 약광물, 수치법, 독성

\*Corresponding author: jeongha@dju.ac.kr

## 1. 서 론

자연동 혹은 산골 등의 이름으로 불리는 광물성 한약재가 배합된 처방은 고혈압, 중풍증, 관절질환 및 소아의 경풍 등의 急症과 危症에 매우 신속한 치료효과를 나타내고 있어 그 활용도가 매우 높은 것으로 알려져 있다(이상인 등, 1998). 약으로 사용되는 자연동(산골)은 광물학적으로는 자연동, 동 황화광물인 황동석, 반동석, 휘동석, 동의 산화광물인 적동석, 흑동석, 그리고 동을 함유하는 황철석, 백철석 등이 사용되었던 것으로 알려져 있어(이시진, 1973), 동을 함유한 광물이 이상적인 자연동 한약재인 것으로 추정된다. 비소를 함유한 동 황화광물과 순수한 황철석은 자연동이 아닌 것으로 알려져 있으나(이시진, 1973), 역대로 자연동 약재로 황철석이 주로 사용되어 왔으며 현재는 오히려 자연동, 동 황화광물, 동 산화광물들은 자연동(산골)으로 사용되지 않은 실정이다(국윤범, 2003).

일반적으로 황철석은 유비철석이나 방연석과 밀접한 공생관계를 갖고 있으며 As, Pb, Zn, Sb, Co, Ni Sb 등의 독성 금속을 미량원소로 많이 함유할 수 있어(Sharp *et al.*, 1985), 황철석을 약재로 사용할 때에는 신중을 기해야 한다. 한 예로, 약재명이 방금아(方金牙)로 불리는 테난타이트(tenantite)와 같은 비소 함유 동 황화광물은 자연동(산골)과 매우 유사하지만 독이 있어 사용하면 안 된다고 하고 사용할 때는 강한 불에 약재를 가열하여야 한다고 한다(이시진, 1973). 이는 As가 유독성분이며, 가열과정을 통해 휘발성인 As 성분을 제거하는 것임을 시사한다.

중국에서 이용되고 있는 광물성 한약재는 207종이나 되나(김수진, 1996), 우리나라에서는 일부 광물종만이 한약재로 제한적으로 이용되고 있다. 이는 광물성 한약재가 식물성 한약재에 비해 독성이 강해 잘못 사용할 때의 부담이 크나 이에 대한 과학적 연구가 매우 부족하기 때문이다. 광물약의 독성성분은 중금속이 그 주된 원인으로 추정되며, 이들 독성을 제거하기 위하여 전통적으로 한의학에서는 여러 가지 약재 가공법을 적용해 왔다. 최근에는 광물성 한약재에 대한 연구가 다수 수행되고 있지만(김항목 등, 1998a; 박맹언과 김선옥, 1998; 이재영 등, 1999; 김선옥과 박맹언, 2001; 김선옥 등, 2002), 원광물약에 포함된 불순물이나 독성 성분을 제거하여 한약재로 가공하는 수치고정에 대한 실험적 연구는(서영배, 1998; 황정과 서영배, 2003) 매우 부족한 실정이다.

이 연구에서는 시중에 판매되는 황철석 약재 중 비

소광물인 유비철석이 특히 많이 포함되어 있어 비소 독성이 우려되는 황철석 약재에 대하여 전통적 수치고정을 적용하여 약재를 가공할 때의 비소광물 변화를 검토하고, 가공된 약재에 대한 용출실험을 실시하여 전통적 수치고정의 비소 제거 효과를 규명하고자 한다. 이를 통해 광물성 약재의 안정적인 응용방안을 수립하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 황철석의 산출상태 및 화학조성

이번 연구에 이용된 황철석은 서울시 소재 유만상사에서 약재로 판매하는 것으로서, 정육면체 한면의 크기가 1~2 mm로서 입자가 매우 작고 일정한 크기분포를 보이며, 선명한 금속광택을 보인다. 이들 황철석은 1~2 mm 크기의 마름모형을 가진 흑색의 판상광물을 많이 함유하는데, 이는 주로 유비철석으로 구성되어 있다(Fig. 1).

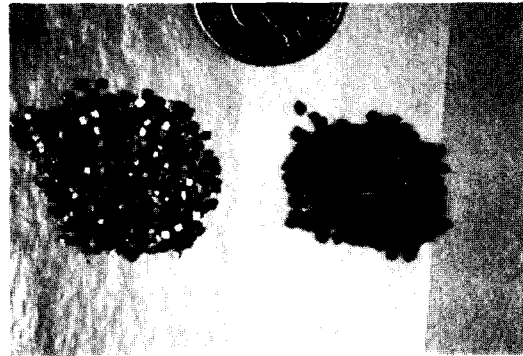


Fig. 1. The medicinal minerals were composed of pyrite (left) and arsenopyrite (right). They are of fine-grained euhedral crystals up to 2 mm across. The surface of pyrite is a brass yellow color, while the surface of arsenopyrite is dark grey color.

약광물인 황철석과 불순물인 유비철석에 대한 주성분 및 미량성분 대한 검토를 위해 EPMA 분석을 실시하였다. EPMA 분석은 기초과학연구원 연구원에서 수행되었다. 황철석의 주성분에 대한 분석결과는 Table 1과 같다. 약재의 주 구성광물인 황철석 내 Fe 함량은 44.77-46.12 wt.%, S 함량은 52.65~53.62 wt.% 범위로서 대부분이 이상화학조성식에 가까운 화학조성을 보인다. 일부 황철석내에는 As가 최대 0.76 wt.%까지 포함되어 있다. 유비철석의 Fe 함량은 33.35~34.84 wt.%, As 함량은 43.38~45.33 wt.%, S 함량은 20.44~21.83 wt.% 범위이다. 유비철석의 Fe 함량은 이상화학조성에 가까우나 As 함량은 이상화학조성에 비해 부족하며 S는 이상

**Table 1.** Electron microprobe analysis of pyrite and arsenopyrite from medicinal minerals.

Minerals	Weight %				Atomic %		
	S	Fe	As	Total	S	Fe	As
Pyrite	52.93	45.88	0.13	98.93	66.61	33.14	0.07
	53.26	45.76	0.01	99.03	66.82	32.96	0.01
	52.65	45.80	0.76	99.21	66.34	33.13	0.41
	52.96	45.95	0.05	98.96	66.63	33.19	0.03
	53.14	45.77	0.01	98.92	66.76	33.01	0.01
	53.62	45.82	0.00	99.44	66.99	32.87	0.00
	53.05	46.12	0.03	99.20	66.64	33.26	0.02
	53.53	45.86	0.14	99.53	66.86	32.89	0.08
	53.20	45.84	0.06	99.10	66.78	33.03	0.03
	53.62	45.19	0.05	98.86	67.31	32.56	0.03
	53.50	44.84	0.04	98.37	67.45	32.46	0.02
	52.95	45.37	0.01	98.33	66.93	32.92	0.01
	53.28	45.71	0.09	99.08	66.84	32.92	0.05
	53.15	45.45	0.15	98.74	66.92	32.86	0.08
	53.10	45.51	0.02	98.63	66.93	32.93	0.01
	53.20	45.63	0.00	98.83	66.87	32.93	0.00
	53.46	45.45	0.25	99.16	66.94	32.67	0.13
	53.32	46.02	0.03	99.37	66.77	33.08	0.02
	53.16	44.93	0.05	98.14	67.26	32.64	0.03
	52.72	44.77	0.33	97.82	67.00	32.66	0.18
Arsenopyrite	21.53	34.16	43.38	99.07	35.96	32.76	31.01
	21.45	34.11	44.04	99.59	35.77	32.66	31.44
	21.83	34.84	43.57	100.23	36.01	32.99	30.76
	20.99	33.95	44.54	99.47	35.21	32.70	31.98
	19.98	34.15	45.12	99.25	33.88	33.23	32.74
	20.64	33.97	44.86	99.47	34.77	32.85	32.33
	20.44	33.35	45.07	98.86	34.68	32.48	32.72
	20.67	33.73	44.33	98.73	34.93	32.72	32.06
	20.75	33.86	44.61	99.21	34.88	32.67	32.08
	20.97	34.26	44.37	99.60	35.10	32.91	31.77
20.74	33.79	45.33	99.86	34.76	32.50	32.50	

화학조성에 비해 부화되어 있다. 이상화학조성에 비해 부족한 As 함량은 주로 저온의 열수광상에서 산출되는 생성된 유비철석에서 일반적으로 나타나는 특성으로 보고되어 있다. 황철석과 유비철석의 EPMA 분석시 검토된 Co, Ni, Sb, Bi, Pb, Hg, Mo, Cu 함량은 모두 검출한계 이하로 분석되었다.

### 3. 수치실험

#### 3.1. 초취법 수치실험

광물성 약재 가공시 수치법의 적용은 불필요하거나 해로운 성분을 제거하여 약재의 품질을 향상시키고, 약재의 안전성을 확보하여 부작용을 없애고, 치료효과를 정확히 얻고자 하는 목적이다. 그러나 아직까지 이에

대한 구체적이고 객관적인 실험이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 황철석 약재의 가공에는 불에 태우고, 식초에 담금질 하고, 물속에서 연마, 분리하는 과정이 적절히 배합된 수치법이 적용되어 왔다. 이 중에서도 황철석을 불에 달구어 식초에 담그기를 반복한 후 가루 내어 쓰는 초취법(醋淬法)이 가장 많이 활용되고 있다(김항목 등, 1998b). 황철석이 가열되어 붉은색을 띠는 때 ‘홍투(紅透)’ 되었다고 하는데, 약재의 가열정도는 홍투될 때 까지 가열한다. 황철석의 가열온도는 450°C, 650°C, 850°C 등의 모든 온도에서 홍투되지만 450°C에서 가열하였을 때 약재의 유용성분의 함량이 가장 높고 유독성분의 함량이 가장 낮은 것으로 알려져 있다(지형준, 1998).

이번 실험에서는 450°C, 650°C, 850°C에서 전기로를

이용하여 가열된 황철석을 식초에 담금질하는 과정을 5 회 반복하였다. 가열시간은 450°C에서는 4시간, 650°C에서는 1시간 30분, 850°C에서는 1시간 30분이었다. 가열실험에서 약재의 크기가 수치효과에 많은 영향을 미칠 것으로 판단되나 실험에 이용된 황철석의 경우 세립질이면서 균질한 입도분포를 보이므로 가열실험에 그대로 이용하였다. 실험에 이용된 식초는 시판되는 현미식초가 이용되었다. 식초에 담금질할 때 원광물 약재와 식초의 양은 무게비율로 30:100을 유지하였으며, 식초에 담금질하는 시간은 30분으로 하였다. 각 단계별로 수치된 황철석 약재에 대하여 XRD 및 ICP 분석을 실시하여 광물조성 및 화학성분 변화를 추적하였다.

### 3.2. 용출실험

수치시료의 비소 제거효과를 규명하기 위해 수치된 약재에 대한 Fe와 As의 수용액내 용출실험을 실시하였다. 수용액내 용출실험은 독성성분인 As의 수용액내 용해량이 가장 적은 시료를 제조한 수치법이 가장 효과적인 수치법으로 평가될 수 있을 것임을 전제하여

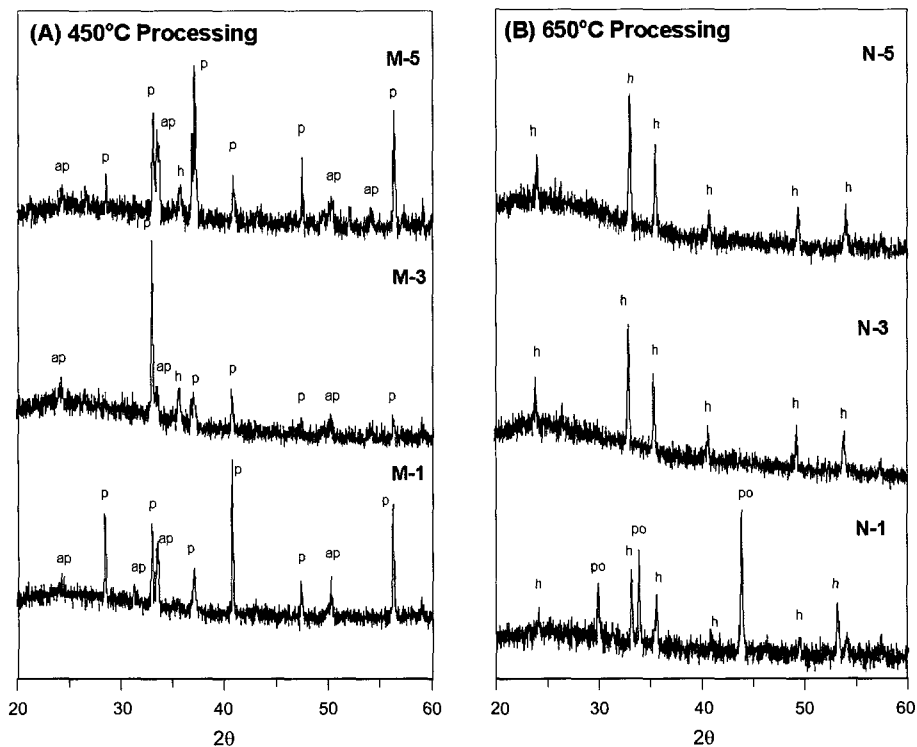
수행되었다. 황철석 약재의 경우 술이나 물에 타서 복용하는 경우도 있지만, 다른 약재와 함께 달여서 복용하는 경우도 많다. 수치약재의 용출실험은 황철석의 일반적인 복용법을 고려하여 다음과 같은 방법으로 수행하였다. 수치약재 500 mg과 증류수 150 ml를 비이커에 넣고 hot plate에서 서서히 가열한다. 물의 양이 1/2로 감소하면 해당 용액을 추출하여 0.45 µm 공극을 갖는 필터를 이용하여 고형물을 제거한 후 용액 내 Fe와 As 성분에 대한 ICP 분석을 실시하였다. ICP 분석은 한국해양연구원에서 수행되었다.

## 4. 결 과

### 4.1. 광물조성 변화

상당량의 유비철석 입자와 혼합되어 있는 황철석 약재에 대하여 초췌법을 5회까지 반복하였을 때 나타나는 광물학적 변화특성을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 450°C에서 4시간 가열한 후 식초에 1회 담금질한 경우는 황철석과 유비철석 이외에 새로운 광물상



**Fig. 2.** X-ray diffraction pattern showing the phase change of pyrite including arsenopyrite. A) The oxidation of pyrite to hematite was promoted by increasing repetitions, but some pyrite and arsenopyrite remained even after 5 processing cycles at 450°C. B) Complete phase change of pyrite to pyrrhotite occurred and arsenopyrite completely disappeared after only one processing cycle at 650°C. Pyrrhotite was completely oxidized to hematite by 3 processing cycles at 650°C. 1, 2, 3 is number of processing cycles. p; pyrite, h; hematite, po; pyrrhotite, ap; arsenopyrite.

의 변화는 없었다. 이 과정을 3회 반복한 후에는 황철석과 유비철석의 양이 감소하고 적철석의 생성이 많아졌다. 특히 황철석에 비해 유비철석의 감소가 뚜렷하다. 이 과정을 5회 반복하였을 때 주 구성광물은 황철석, 유비철석, 적철석이며 황철석과 유비철석은 완전히 제거되지 않고 여전히 잔존한다(Fig. 2-A). 둘째, 650°C에서 1시간 30분 가열한 후 식초에 1회 담금질한 경우는 황철석의 대부분은 자류철석으로 일부는 소량의 적철석으로 변화되었으며, 유비철석은 나타나지 않는다. 이 과정을 3회 이상 반복한 후에는 모두 적철석으로 변화되었다(Fig. 2-B). 셋째, 850°C에서 1시간 30분 가열한 후 식초에 담금질하는 초수법을 5회까지 적용한 결과 650°C에서의 경우와 동일한 결과를 얻었다. 그러나 850°C에서 식초에 1회 담금질했을 때의 변화는 650°C의 경우에 비해 자류철석의 생성에 비해 적철석의 생성이 많다. 이상의 광물상 변화를 종합하면 유비철석의 경우 450°C에서 수처된 약재에서는 5회에 걸친 수치과정 반복에도 불구하고 약재내 잔존하나 650°C와 850°C에서는 1회 수처된 약재에서도 유비철석이 나타나지 않는다. 따라서 황철석은 산화환경의 가열실험에서는 자류철석으로 변화되고 자류철석이 계속 가열되면 적철석으로 변화되며, 유비철석은 650°C 이상의 가열에서 효과적으로 제거됨이 확인된다.

4.2. 비소 함량 변화

4.2.1. 약재

가공된 약재 내 As 함량은 Fig. 3과 같다. As는 450°C에서 수처된 약재에서 20~22%까지 검출되나 650°C에서 수처된 약재에서는 185~440 ppm, 그리고 850°C에서 가공된 약재에서는 137~179 ppm으로 그 함량이 감소된다(Fig. 3). 수치온도 증가에 따라 As함량은 감소하며, 특히 650°C 이상에서 가공된 약재에서

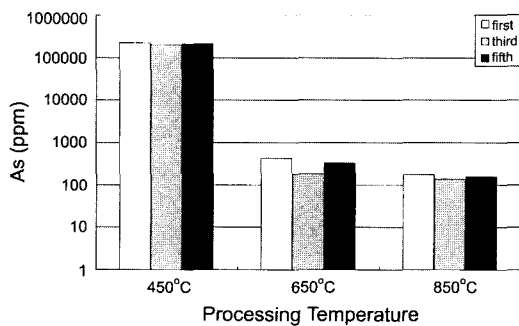


Fig. 3. Variations of As content in medicinal mineral in relation to processing temperature and number of repetitions. (first, third, fifth: number of processing cycle).

그 함량이 현저히 감소하는데 이는 650°C 이상의 가열 실험에서 확인된 유비철석의 제거와 관련이 깊다. 수치정도에 따른 황철석 내 비소 함량 변화는 수치횟수보다는 수치온도와 상대적으로 더 큰 관련성을 갖는 것으로 보인다.

4.2.2. 식초

황철석 약재 가공시 이용된 담금질 식초 내 Fe와 As의 용출량은 Fig. 4와 같다. Fe는 450°C에서 수처된 약재의 담금질 식초에서 738~1196 ppm까지 검출되나 650°C와 850°C의 식초에서는 각각 4.6~9.2 ppm, 4.5~12.6 ppm으로 그 함량이 급격히 감소된다. As는 450°C에서 수처된 약재의 담금질 식초에서 78~175 ppm까지 검출되나 650°C와 850°C의 식초에서는 각각 2.0~3.3 ppm, 2.5~3.8 ppm으로 그 함량이 급격히 감소된다. 수치온도가 450°C에서 850°C로 증가함에 따라 담금질 식초 내 Fe, As 함량은 급격히 감소하며, 이들 원소의 식초 내 함량변화는 수치횟수보다는 수치온도와 상대적으로 더 큰 관련성을 갖는 것으로 보인다.

4.2.3. 수용액

황철석 약재의 수용액 내 Fe와 As의 용출량은 Fig. 5와 같다. Fe는 450°C에서 수처된 약재의 수용액 용출

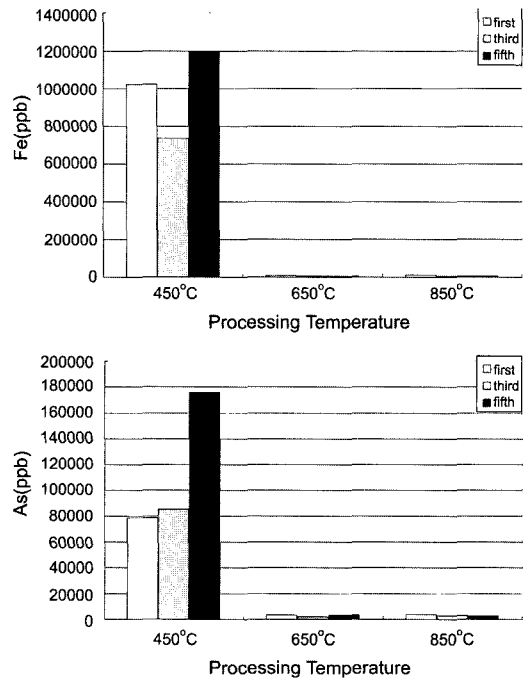


Fig. 4. Variations of Fe and As content extracted in vinegar from processed medicinal mineral with relation to processing temperature and number of repetitions.(first, third, fifth: number of processing cycle).

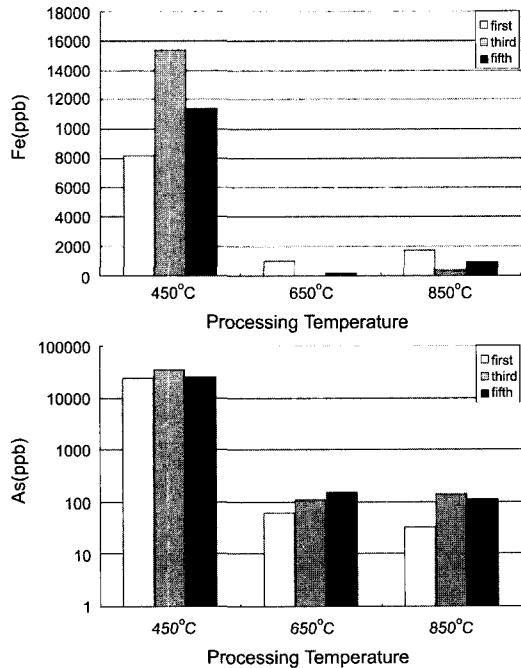


Fig. 5. Variations of Fe and As content extracted in water from processed medicinal mineral with relation to processing temperature and number of repetitions. (first, third, fifth: number of processing cycle).

량이 8.1~15.3 ppm까지 검출되나 650°C와 850°C에서 수처된 약재의 수용액내 용출량은 각각 19~947 ppb, 380~1733 ppb로 급격히 감소한다. As는 450°C에서 수처된 약재의 수용액 용출량이 23~34 ppm까지 검출되나 650°C와 850°C에서 수처된 약재의 수용액내 용출량은 각각 61~149 ppb, 33~138 ppb로 급격히 감소한다. 수처정도에 따른 수용액 내 용출되는 Fe와 As 함량 변화는 수처횟수보다는 수처온도와 상대적으로 더 큰 관련성을 갖는 것으로 보인다.

이상에서 약재 내 As함량과 식초와 수용액 내 Fe, As 용출함량은 450°C 수처에서 그 함량이 가장 높고, 이보다 높은 온도에서 수처된 약재에서는 그 함량이 격감하며, 수처횟수보다는 수처온도와 상대적으로 더 큰 관련성을 갖는 공통적인 경향을 보인다.

## 5. 고 찰

황철석 원광물을 가열하면 황철석이 자(磁)황철석으로 변화하고 비소와 유황이 소실되고 분쇄되기 쉬워지며, 황철석을 식초에 담금질하게 되면 초산철로 바뀌어

유효성분의 용출이 용이하게 되어 치료효과를 나타내기 쉽게 된다고 한다(김항목 등, 1998b). 수처실험 결과 산화환경에서의 황철석 가열은 자류철석으로 상변화가 유도되고 계속 가열되면 적철석으로 변화되며, 유비철석은 650°C 이상의 가열실험에서 완전히 제거됨이 확인된다. 식초에 담금질하는 효과는 급냉에 따른 약재 내 균열의 증가와 균열부위를 중심으로 황철석의 적철석에로의 산화를 촉진하는 효과가 있는 것으로 판단된다. 또한 식초에 용출된 원소들의 함량은 수용액에 용출된 원소 함량보다 매우 높아서, 각각의 최대 용출량을 기준으로 Fe는 242배, As는 117배에 달한다. 따라서 황철석 약재를 고온에서 가열하고 식초에 담금질을 반복하는 초취법은 독성원소인 비소의 제거효과에도 기여하는 것으로 판단된다.

가열된 황철석의 수용액 내 용출량은 가열온도와 시간이 증가함에 따라 용출량이 증가하다가 450°C에 이르면 최고의 용출량에 달한다. 이후 가열온도가 600°C 이상이 되면 오히려 감소한다고 한다(鄭虎占 등, 1998). 실험결과 약재 내 As함량과 식초와 수용액 내 Fe, As 용출함량은 450°C의 수처에서 최대이며 이보다 높은 온도에서 수처된 약재에서는 그 함량이 격감하는 경향을 보인다. 이는 450°C 수처에서는 황철석과 유비철석이 잔존하나 650°C 이상의 수처에서는 황철석이 적철석으로 완전히 변화되고 유비철석이 완전히 분해되는 광물상 변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

황철석 약재를 다른 약재와 함께 중탕하여 복용하는 경우 황철석 약재로부터 수용액에 용출될 수 있는 As와 같은 독성 원소는 650°C 이상의 온도에서 수처된 시료에서는 그 용출량이 급속히 감소한다. 따라서 수용액내 As의 용출함량을 음용수 수질기준과 근사한 값으로 크게 감소시키기 위해서는 650°C 이상의 온도에서 약재가 수처되어야 할 것으로 판단된다. 650°C 이상의 온도에서 수처된 시료의 수용액내 As의 용출량도 음용수 수질기준(환경부, 1995)인 50 ppb를 초과하거나 이에 근사한 값을 보이고 있어 유비철석이 포함되거나 황철석 내 비소함량이 높은 약재의 경우 그 이용에 신중을 기해야 할 것으로 판단된다. 그러나 황철석 약재 내 Cu와 Fe는 인체 조혈에 중요한 성분이며 (김항목 등, 1998b), 미량으로 존재하는 Cu, Ni, As가 진균을 억제하는 작용이 있어(關洪全, 1994) 이들 성분의 적절한 함량이 약리효과에 큰 영향을 미칠 것으로 추정된다. 따라서 황철석 약재의 안정적 응용을 위한 수처방

법 정립을 위해서는 약효성분과 그 유용 함량에 대한 연구가 전제되어야 한다.

## 6. 결 론

황철석 약제 중 비소광물인 유비철석이 특히 많이 포함되어 있어 비소 독성이 우려되는 황철석 약제에 대하여 초취법 수치실험을 적용한 결과 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

1. 광물조성 변화; 황철석을 가열하면 적철석으로 변화되며 수치온도가 높을수록 황철석의 적철석 변화는 증대된다. 유비철석은 650°C 이상의 온도에서 가열되면 효과적으로 제거된다.

2. 비소함량 변화; 약제 내 As함량과 식초와 수용액 내 Fe, As 용출함량은 450°C 수치에서 그 함량이 가장 높고, 650°C 보다 높은 온도에서 수치된 약제에서는 그 함량이 격감한다.

3. 수치효과; 수치효과는 수치횟수보다는 수치온도에 더 많은 영향을 받으며, As와 같은 독성 원소의 수용액 내 용출량을 음용수 수질기준 가까이 감소시키기 위해서는 650°C 이상의 온도에서 수치가 필요하다.

4. 비소함량이 높은 약제의 경우 그 이용에 신중을 기해야 하며, 약제의 안정적 응용을 위한 수치방법 제안을 위해서는 약효성분과 그 유용 함량에 대한 연구가 필요하다.

## 사 사

이 연구는 한국과학재단 목적기초연구(No. R05-2000-000-00085) 지원으로 수행되었으며, 관련 기관에 감사를 표한다.

## 참고문헌

- 국유법 (2003) 자연동(산골)의 품질표준화 및 포제 전후의 성분비교. 대한본초학회지, 18권, p. 21-31.
- 김수진 (1996) 광물과학. 도서출판 우성, 433p.
- 김선옥, 박맹언 (2001) 광물생약 산골(자연동)의 체내반응과 존재형태: 집골치료 효율성에 대한 검토. 대한자연환경지질학회 춘계학술발표 논문요약, p. 12-15.
- 김선옥, 박맹언, 정윤필 (2002) 광물성 한약으로 이용되는 양기석, 연옥, 음기석의 분광학적 및 자기적 특성. 자원환경지질, 34권, p. 317-323.
- 김항목, 엄수학, 이미려 (1998a) 한국 용골에 대한 생약품질 표준 연구. 대한지질학회 추계학술발표 논문요약집, p. 7-8.
- 김항목, 오양효, 최우식, 정해영, 이재영 편역 (1998b) 동 의광물학. 부산대학교 출판부.
- 박맹언, 김선옥 (1998) 가상 채액성분에 대한 광물약의 반응모델링; 위액 주사반응과 수온차물의 농도. 대한지질학회 추계학술발표 논문요약집, p. 58-59.
- 서영배 (1998) 수증 광물성 한약재의 수치에 관한 연구. 한국한의학연구원 연구보고서, 3p.
- 이상인, 안덕균, 신민교, 노승현, 이영중, 김선희 편역 (1998) 한약입상응용. 도서출판 성보사.
- 이시진 (1973) 자연동 도해 본초강목. 고문사, 서울, p. 272-273.
- 이재영, 황덕환, 이인호 (1999) 약광물로서의 활용을 위한 활석에 대한 환경지화학적연구. 자원환경지질학회지, 32권, p. 599-609.
- 關洪奎 (1994) 自然銅抗真菌活性的實驗研究. 中藥 藥理與臨床, 第六卷, p. 20-22.
- 鄭虎占, 董澤宏, 余靖 主編 (1998) 中藥現代研究與應用 (第六卷), 學苑出版社, 北京, p. 5433-5435.
- 지형준 (1998) 대한약전 및 대한약전의 한약규격주해. 한국메디칼인텍스사, 서울, 511p.
- 환경부 (1995) 먹는 물 수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙. 환경부령 제95호.
- 황정, 서영배 (2003) 황철석 한약재의 초취법 수치효과. 대한본초학회지, 18권 2호, p. 27-35.
- Sharp, Z.D., Essene, E.J., and Kelly, W.C. (1985) A re-examination of the arsenopyrite geothermometer; Pressure conditions and applications to natural assemblages. Canadian Mineralogist, v. 23, p. 517-534.

2003년 7월 23일 원고접수, 2003년 9월 15일 게재승인.