

천연물을 이용한 조선시대의 염초 제조공정에 관한 연구

김준수¹⁾, 김지훈¹⁾, 장미경^{2)*}

Study on Manufacturing Process of Potassium Nitrate using the Natural Materials in Joseon Dynasty

Jun-Soo Kim, Ji-Hun Kim, Mi-Kyeng Jang

Abstract This study was performed to investigate the manufacturing process of the Yeomcho(potassium nitrate), a necessary raw material for making gunpowder using soils and ashes by our ancestor. 10 types of soils including underfloor soil and 6 kinds of ashes including mugwort ash were collected, referencing the historical record. The ionic components extracted from the soils and ashes were analyzed by ICP(inductively coupled plasma atomic emission spectrometer) and IC(ion chromatograph). Nitrate ions and potassium ions were dominantly contained in soils and ashes, respectively. In particular, nitrate ions were found in the highest levels in underfloor soil which often has much exposure to human living environments and accumulated fine organic matter. Potassium ions contained in ash was affected significantly by the type of plant and the growth environments and the measured levels were the highest in mugwort ashes. Yeomcho of 68% purity was obtained from the soil and ash mixture of 1:1 and thid purity was improved by about 14% by fractional crystallization method.

Key words Yeomcho(potassium nitrate), Ash, Soil, Gunpowder

초 록 본 연구는 조상들이 천연물인 흙과 재를 이용하여 화약원료인 염초(질산칼륨)를 만든 과정을 알아보기 위하여 역사기록을 근거로 마루밑 흙 등 10종의 흙과 썩재 등 6종의 재를 채취하여 수행되었다. 흙과 재료로부터 추출한 이온성분을 ICP와 IC로 분석한 결과 흙과 재에는 각각 질산이온과 칼륨이온이 주로 함유되어 있었으며, 특히 사람의 생활환경에 노출되고 미세한 유기물질이 축적되는 마루밑 흙에 질산이온이 제일 많이 포함되어 있었다. 재에 포함된 칼륨이온은 식물의 종류와 식물의 성장환경에 큰 영향을 받으며, 썩 재에 가장 많이 포함되어 있었다. 흙과 재의 1:1 혼합 추출액으로부터 최대 68% 순도의 염초를 얻었으며, 염초의 순도를 높이기 위하여 물질의 용해도 차이(분별결정)를 이용하여 정제한 결과 염초의 순도를 약 14% 향상시킬 수 있었다.

핵심어 염초(질산칼륨), 재, 흙, 화약

1. 서 론

2008년에 개봉한 ‘신기전’이라는 한국영화의 주요 내용은 현재의 다연장로켓과 유사한 무기를 최초로 만들어 외세의 침입을 막아내는 것으로서 로켓 제조

과정의 핵심인 화약을 제조하는 과정이 영화에서 생생하게 표현되었는데, 화약을 만드는 원료로 흙과 재 등과 같은 천연물을 사용하는 것을 알 수 있다. 그리고 2012년에 개봉한 한국영화 ‘바람과 함께 사라지다’에서도 조선시대 화약을 만드는 과정이 소개되었는데 ‘신기전’과는 달리 오줌을 끓여 정제하여 염초(질산칼륨)를 얻어 화약을 제조하였다.

국내에서 최초로 화약과 화약을 이용한 무기를 만든 최무선은 고려말기에 왜군들의 노략질을 막기 위하여 화약을 만들었으며, 화약제조에 핵심 원료인 염

¹⁾ 대전 유성고등학교 3학년 학생

²⁾ 대전 유성고등학교 교사

* 교신저자 : jmk8381@naver.com

접수일 : 2015년 6월 11일

심사 완료일 : 2015년 6월 17일

게재 승인일 : 2015년 6월 24일

초(질산칼륨)의 제조방법을 알기 위하여 각고의 노력을 기울였다고 한다. 또한 조선시대에는 흙에서 화약의 원료를 얻었는데 아무 흙이나 사용한 것이 아니고 처마 밑 흙이나 화장실 앞의 흙, 마루밑 흙, 오랜 된 창고 바닥의 흙, 길가의 흙, 사람의 오줌, 나무를 태우고 남은 재 등에서 염초(질산칼륨)를 얻었다고 한다(민병만, 2009).

조선시대에는 염초를 구하는 것이 매우 중요했기 때문에 당시 염초를 제조하는데 쓰이는 흙을 수집하는 취토군(取土軍)이란 병과가 따로 있었다고 보고되고 있다. 취토군이 할당량을 채우기 위하여 이 집 저 집을 가리지 않고 들어가서 처마 밑과 화장실 주변의 흙을 모두 채취하다 보니 집을 가진 사람이라면 누구나 취토군을 꺼렸으며 반발하는 사태가 벌어지자 화약 제조의 부흥을 위해 국왕이 ‘특별 취토령’을 선포하기도 했다고 한다(최형국, 2013).

따라서 본 연구는 우리 조상들이 화약을 만드는데 천연물인 흙과 재를 사용한 이유는 무엇이며, 자연과 주변에서 화약제조 원료(염초=질산칼륨)를 더 쉽게 많이 얻을 수 있는 다른 방법이 존재하는지 알아보기 위하여 수행하였다. 특히 선조들이 활용한 염초제조방법을 과학적으로 고찰해 보고자 하였다.

1.1 화약의 구성과 염초(질산칼륨)제조 방법

화약은 다양한 종류가 있으나 조선시대에는 오늘날 흑색화약이라고 불리는 것만 제조할 수 있었다. 흑색 화약은 염초, 숯, 유황을 75 : 15 : 10의 비율로 섞어서 제조하는 것으로 알려졌으며, 이 중에서 화약을 만들기 위해 가장 중요한 요소가 질산칼륨인 염초이다. 과거나 현재에도 탄소(숯)는 쉽게 얻을 수 있었으며, 황은 귀하기는 했으나 적은 양이 필요하고 질산칼륨보다 손쉽게 구할 수 있었다. 그러나 염초는 흙에 존재하는 질산염과 갯물(재를 물에 풀은 물)을 혼합하여

끓여서 얻게 되는데 그 양이 매우 적어 엄청난 흙이 필요했다고 한다(민병만, 2009).

고려말기 처음으로 우리나라에 화약무기를 도입한 최무선은 염초를 부뚜막과 마루 밑의 흙, 재 등으로부터 얻어내는 방법을 고안하여 화약 제조를 성공시켰다고 한다. 그러나 최무선이 쓴 최초의 화약제조법인 “화약수련법”은 전해지지 않고 그 후 “신전자취염소방”이 발간되기까지 약 250여 년 동안의 조선의 화약 제조방법은 정확히 알 수 없다고 한다(민병만, 2009).

김지남(1796)이 지은 “신전자초방”은 조선시대 화약제조방법을 잘 설명해주고 있는 책으로서 “신전자취염소방”이 발간되고 나서 60여 년 후에 발간되었다. 이 책에서는 화약제조 과정을 흙 모으기(取土), 재 받기(取灰), 섞기(交合), 물 거르기(篩水), 물 달이기(熬水), 재련(再煉)과 삼련(三煉), 풀 베기(刈草), 아교 넣기(膠水), 섞어 찜기(合製)의 10단계로 구분하여 설명하고 있는데 이 중 염초제조방법은 표 1과 같다.

특히 “신전자초방”의 염초제조법에 의하면 아무 흙이나 사용하는 것이 아니라 오래된 집 안, 부뚜막, 마루 밑, 담장 밑, 구들 밑 등의 흙과 길 위의 흙을 채취토록 하였으며, 재의 경우도 다복쭉, 곡식대(벼, 기장, 조 등), 콩깍지, 팥깍지 등을 태워서 얻도록 하였으나, 소나무 재는 사용을 금지하였다. 따라서 본 연구에서는 소나무 재의 사용을 금지한 이유를 알아보기 위해 소나무 재도 분석에 포함시켰다.

과학기술이 발달한 현재에는 질산칼륨은 비료의 주 원료로 이용되고 있어 비료공장에서 주로 생산된다. 이러한 이유로 비료공장이 유사시에 화약원료 제조시 설로 이용될 수 있다. 공업적으로 염화칼륨과 질산나트륨을 반응시키면 질산칼륨을 얻을 수 있으며, 탄산칼륨이나 수산화칼륨을 질산에 녹여 제조할 수 있다. 화학반응식은 다음과 같다(양운진, 1998).

1) 염화칼륨과 질산나트륨의 반응: $KCl + NaNO_3 \rightarrow$

표 1. 신전자초방에 기록된 염초 제조방법

구분	① 섞기	② 물 거르기	③ 물 달임	④ 재련/삼련
방법	흙과 재를 혼합하는 방법. 흙과 재를 1:1로 혼합(모래가 많은 흙이면 흙을 1/10 적게 넣고 점성이 큰 흙이면 1/10 더 넣음)	염초성분을 추출하는 방법. 바닥이 뚫린 장독에 밭과 받침대를 깔고 흙과 재 혼합물을 넣고 후 물을 부어 추출	받은 물을 끓인 뒤 약한 불로 고아 반으로 졸인 후 윗물을 다른 용기에 옮겨서 바닥에 가라앉은 찌꺼기를 제거, 다시 달여서 모초를 생성	재련은 모초(1차 잔류물)에 물을 넣고 녹인 후 끓여 더러운 것을 걷어 내고 식혀 재결정, 삼련은 재련과정과 동일한 방법으로 수행

KNO_3 (염초) + NaCl

- 2) 탄산칼륨과 질산의 반응: $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_3$ (염초) + H_2CO_3
- 3) 수산화칼륨과 질산 반응: $\text{KOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3$ (염초) + H_2O
- 4) 수산화칼륨과 질산암모늄 반응: $\text{KOH} + \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3$ (염초) + NH_4OH

1.2 천연물에 질산이온과 칼륨이온의 함유에 대한 조사

염초제조를 위해 채취한 흙은 가정집의 마루밑 흙, 부엌과 부뚜막의 흙, 아궁이 흙, 기와집이나 초가집의 처마밑 흙, 마당의 흙과 사람의 왕래가 많은 길가의 흙 등이었다. 이러한 흙들의 특징은 주요 생활공간으로서 사람이 왕래가 많으며 시간이 지나면 지날수록 생활과정에서 발생한 다양한 크기의 먼지입자가 많이 축적될 수 있는 곳이다. 이러한 먼지 입자에는 탄수화물, 지방, 단백질 등의 유기물질이 축적된 상태로 존재할 수 있다. 특히 유기물(벼짚, 음식물, 오줌 등)에 포함되어 있는 유기성 질소 성분이 자연계에 노출될 경우 유래이제라는 효소에 의해 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)로 가수분해되고, 이것은 다시 호기성미생물(산소가 있는 상태에서 성장하는 미생물)에 의해 아질산성 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)와 질산산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)로 산화 분해된다(안승구 외, 1993; 배우근 외, 2002). 즉, 흙에 부착되어 있거나 먼지 등에 포함되어 있던 질소함유 유기물이 *Nitrosomonas* 속과 *Nitrobactor* 속 미생물에 의해 산화 분해되어 생성된 질산염이 흙에 축적되었을 것으로 생각된다. 그러나 이러한 과정은 장시간을 요구하기 때문에 한번 흙을 채취한 곳에서 다시 채취할 수 있을 때까지는 오랜 시간이 걸렸다고 한다(민병만, 2009).

칼륨은 식물의 성장에 필요한 다량 원소 중의 하나로서 필요량은 작물의 종류에 따라 다르지만 식물은 성장과정에서 토양 중에 존재하는 칼륨을 흡수하여 자라기 때문에 식물 내에 포함되어 있다. 따라서 식물을 태울 경우 유기물질은 연소되어 휘발되고 재만 남게 되는데 이 재에는 식물에 함유되어 있던 무기물질들이 농축되어 존재하고, 특히 다량원소인 칼륨의 양이 상대적으로 많을 것으로 생각된다. 조선시대의 기록에는 다복쑥, 벳짚, 기장짚, 피짚, 조짚 등의 곡식대를 태워 재를 만들고 재에 포함된 칼륨을 물에 용해시

켜서 수산화칼륨(KOH)를 얻은 것으로 알려졌다(민병만, 2009).

또한 우리 주변의 토양(흙)은 석영, 장석, 운모, 방해석 등 다양한 광물입자로 구성되어 있고, 일반적인 화학적 성분으로는 SiO_2 35-45%, Al_2O_3 20-35%, Fe_2O_3 5-15%, MgO 2-3%, K_2O 2-3%, Na_2O 1-2% 정도로 알려져 있다. 특히 우리 주변에서 많이 볼 수 있는 황토에 포함된 SiO_2 의 함량은 60-51wt%, Al_2O_3 는 36-26wt%, Fe_2O_3 는 10-6wt%, Na_2O 는 0.2-0.06wt%, MgO 는 1.7-0.6wt%, K_2O 는 4.6-1.3wt%, CaO 는 0.2-0.03wt%의 범위로 존재하는 것으로 알려져 있으며, 이러한 토양 성분 중 칼륨화합물이 존재하므로 특정한 흙에 칼륨의 함량이 높을 수 있다(황진연 외, 2000).

2. 실험 방법

2.1 시료 채취 및 제조

표 2는 천연물로서 채취한 흙과 재의 종류와 채취 근거를 나타낸 것으로서 과거와 현재의 환경이 크게 다르나 조선시대 기록을 근거로 가능한 유사한 환경과 조건에서 채취하였다. 따라서 흙 시료는 아산시 외암리 민속마을과 당진시 대호지면에 소재한 전통 농가주택에서 채취하였고, 재의 경우 대호방조제 간척지, 석문방조제 상류지역 그리고 대전 하기동 송림마을 인근 논외의 벳짚을 채취하여 재를 만들었다.

또한 당진군 출포리 해안가와 대전 하기동 송림마을 야산의 소나무를 채취하여 소나무재를 만들었고, 쑥 재의 경우 대전 하기동 송림마을 인근 텃밭에서 자연적으로 자란 쑥을 채취하여 만들었다. 재는 시료를 건조시킨 후 야외용 연소장치를 철 깡통으로 만들어 직접 연소시켜 얻었으며, 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

다양한 장소에서 채취한 흙 시료들은 수분을 많이 포함하고 있고 입자의 크기도 불규칙하여 휘발물질이 날아가지 않고 유기물이 열에 의해 변형되지 않도록 60℃에서 72시간 동안 건조시킨 후 데시케이터에 보관하여 수분이 제거되도록 하였다. 보관된 흙 시료는 막자사발을 이용하여 굵은 입자를 파쇄하여 20mesh (0.83mm 체눈 크기) 체로 입자를 선별하였다.

표 2. 시료종류 및 채취장소

채취 장소	시료 종류	채취 근거(가정)
당진시 대호지면 출포리 전통가정집	황토	대조시료(기준)로 사용
	앞마당 흙	사람들이 왕래가 많은 곳
	재래식화장실 앞 흙	오염성분이 질산화
	개집 앞 흙	개의 배설물, 음식물 찌꺼기가 분해
	퇴비덤 속 흙	미생물 반응이 활발하게 일어나는 곳
	퇴비장 바닥 흙	
	마루밑 흙	음식물 찌꺼기 등 먼지 축적이 많은 곳
아궁이 흙		
아산시 외암리 민속마을	초가지집 처마밑 흙	초가지붕에서 생긴 질산염이 바닥에 축적
	기와집 처마밑 흙	지붕에 쌓인 먼지가 비 등에 의해 땅에 축적
대전시 하기동	내륙지방 벼짚	식생조건에 따라 벼짚에 포함된 칼륨량의 차이
당진군 정미면 대운산리	해안가 내륙 벼짚	
당진군 대호지면 출포리	간척지 벼짚	
	해안가 소나무	
대전시 하기동	내륙지방 소나무	조선시대 사용한 것으로 알려진 다복쭉 대용
	쭉	

표 3. 추출액의 양이온과 음이온 분석 항목과 분석장치

분석대상 이온		분석장치
양이온	$K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}$	유도결합플라즈마방출분광기(ICP, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Perkin-Elmer (USA) OPTIMA 7300 DV)
	NH_4^+	이온크로마토그래프(IC, Ion Chromatograph, 881 Compact IC pro)
음이온	NO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}	

2.2 흙과 재의 성분 분석

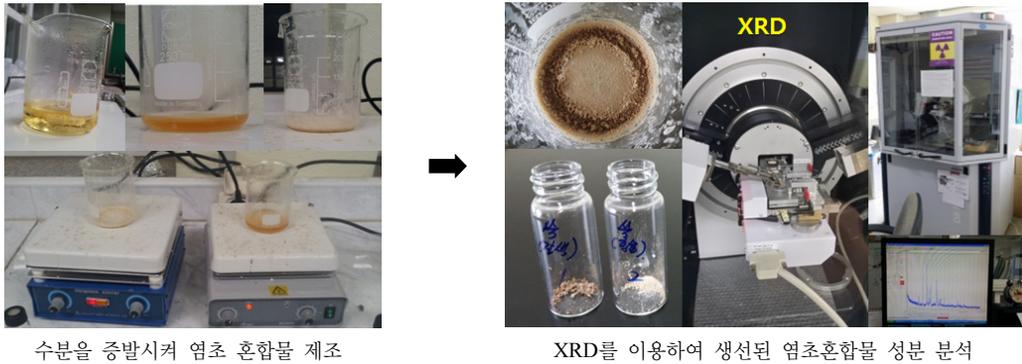
선별된 흙과 재는 질량비로 1:3(흙 또는 재:초순수)으로 혼합하여 왕복운동을 하는 shaker에 넣어 150rpm에서 6시간 흔들어서 이온성 물질들이 추출되도록 하였다. 추출액의 고액분리를 위해 우선 원심분리한 후, 0.45 μ m 여과지를 이용하여 원심분리액을 다시 진공여과하여 입자가 제거된 추출액을 얻었다. 추출과정에서 사용한 물은 이온성분이 거의 제거된 탈이온수(초순수)를 사용하였다.

고액분리가 된 흙과 재의 추출액과 오줌 질산화물에 포함된 이온성분을 분석하기 위해 전문분석기관인 충남대학교 공동실습관에 분석을 의뢰하였다. 분석한 이온과 분석장치는 표 3에 나타낸 바와 같다. 염초성분인 칼륨(K^+) 이온과 질산(NO_3^-) 이온 이외에 양이온으로 나트륨, 칼슘, 마그네슘 이온을, 음이온으로 황산과 염소 이온을 분석하였다.

2.3 염초의 제조와 분석

흙과 재를 이용하여 염초를 만들기 위해서 조선시대 사용한 “신전자초방”에 서술된 자료를 근거로 흙과 재를 1:1(15g씩)로 준비하여 초순수(탈이온수) 150ml를 넣고, shaker에서 6시간 동안 150rpm으로 이온성분의 추출 및 반응이 일어나도록 유도하였다. 혼합추출액을 원심분리와 진공여과(0.45 μ m여과지) 방법으로 고액분리하여 입자물질이 제거된 혼합추출액을 준비하였다. 본 탐구에서는 염초제조의 제한반응을 알아보기 위하여 흙 시료는 전통가정집 마루밑 흙만을 사용하였고 재 시료로는 쭉재, 해안가 소나무재, 간척지 벼짚재, 그리고 해안가 소나무재와 쭉재를 혼합한 재를 각각 사용하였다.

그림 1은 혼합추출액을 가열하여 수분을 증발시키며 염초혼합물을 제조하는 과정을 보여주고 있다. 자석 교반이 가능한 hot plate 위에 비이커를 올려놓고



수분을 증발시켜 염초 혼합물 제조

XRD를 이용하여 생성된 염초혼합물 성분 분석

그림 1. 혼합된 이온추출액을 이용한 염초제조와 성분분석.

혼합추출액을 넣은 다음 stirrer bar를 넣고, 천천히 교반시켰다. 이때 온도가 $95 \pm 5^\circ\text{C}$ 로 유지되도록 하여 수분을 증발시키면서 고체결정이 생기도록 하였다. 수분이 증발하며 끓는 현상이 발생하면 온도를 낮춰 천천히 고체상 결정물질이 생기도록 하였다.

염초의 순도를 높이기 위하여 조상들은 재련과 삼련이라는 과정을 거쳤다. 따라서 본 연구에서도 흙 혼합물(전통가정집 마루밑 흙: 아궁이 흙 = 1:2)과 재 혼합물(쑥재: 해안가 소나무재 = 1:2)의 추출액으로 만들어진 염초혼합물을 대상으로 정제과정을 수행하였다. 즉, ① 염초혼합물에 초순수 50ml를 주입 후 ② hot plate에서 수분이 절반으로 줄어들 때까지 달임 ③ 상등액 20ml를 다른 용기로 옮겨주고 ④ 잔류물은 결정물이 형성될 때까지 가열 ⑤ 다른 용기로 옮겨진 1차 상등액을 다시 가열하여 침전물이 형성될 때 ⑥ 상등액 8ml를 다시 다른 용기로 옮겨주고 ⑦ 2차 상등액과 잔류액은 계속 가열시켜 결정물을 형성시켰다.

생성된 고체물질은 염초와 그 밖의 물질을 함유하고 있는 염초혼합물로서 염초(KNO_3)의 함량은 충남대학교 공동실습관에 의뢰하여 정성분석과 정량분석을 실시하였다. 분석을 위하여 이용된 장비는 고성능 X-선회절분석기(High performance X-ray Diffractometer, Bruker AXS D8 FORCE)로서 X-선 회절 무늬가 각 결정물질에 따라 특유하게 나타나기 때문에 각 결정 무늬로 재료의 결정구조를 분석하는 장비로서 정량분석은 프로파일 피팅에 의한 RIR 분석법에 의해 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 흙과 재에 존재하는 염초제조 물질의 분포 특성

표 4는 본 연구를 위해 채취한 여러 가지 흙(10종)과 재(6종)에 포함된 양이온과 음이온 물질의 농도를 나타낸 것으로 건조된 흙 또는 재 100g당 추출된 이온 함량(mg)을 의미한다.

우선적으로 주변 환경에 거의 노출되지 않아 비교 기준물질로 활용한 황토 추출물을 분석한 결과 염초 제조에 필요한 칼륨(K^+) 이온과 질산(NO_3^-) 이온뿐만 아니라 분석대상 이온물질들이 모두 매우 낮은 농도로 포함되어 있음을 알 수 있다. 즉, 흙 자체에 염초 제조에 필요한 이온물질이 포함되어 있는 것이 아니라 흙이 먼지 등을 통해 다른 이온물질들이 부착될 수 있는 매개체로 작용한 것임을 확인 할 수 있다.

질산칼륨의 제조에 필요한 NO_3^- 이온은 건조된 전통가정집 마루밑 흙에 4,382mg으로 매우 많이 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 이외에도 K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} 이온들도 다른 흙 시료에 비해 상대적으로 많이 포함되어 있음을 알 수 있었다.

이외에도 전통가정집 아궁이 흙, 전통가정집 개집 앞 흙, 가와집 처마밑 흙에 비교적 다양한 이온들이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 그러나 전통가정집 마당 흙이나 초가집 처마밑 흙에는 이온물질의 함량이 낮은 것으로 나타났다. 특히, 퇴비성분들의 생물학적인 반응으로 인하여 높은 농도의 NO_3^- 이온이 포함되어 있을 것으로 예상되었던 퇴비장 바닥과 속의 흙 시료엔 오히려 적은 양이 포함되어 있었다. 이러한 원인은 호기성 미생물분해에 의해서 생성된 퇴비가 저장

표 4. 흙과 재 시료 종류별 이온 분석 결과(단위: mg/g 건조시료)

시료 종류		K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
흙	황토	2.5	6.7	1.6	5.3	24.5	9.1	11.3	12.6
	전통가정집 마루밑	310.6	539.6	610.8	1491.0	351.0	1345.2	4383.2	754.3
	전통가정집 아궁이	60.1	90.4	65.7	290.0	43.8	196.2	489.0	713.0
	전통가정집 마당	6.4	13.6	2.1	10.6	0.9	13.1	30.5	11.6
	전통가정집 개집앞	54.8	60.3	27.1	163.5	2.8	85.5	402.4	137.2
	전통가정집 화장실앞	38.5	78.7	1.3	4.6	304.6	47.0	0.5	23.7
	기와집 처마밑	5.6	58.2	16.3	212.5	<0.1	46.6	347.2	366.5
	초가집 처마밑	18.1	3.7	2.4	16.3	0.8	7.7	6.6	30.7
	퇴비장 바닥	84.2	20.0	4.8	7.2	64.9	21.0	0.5	20.6
퇴비장 속	76.2	17.8	5.5	11.9	0.5	17.1	18.8	18.8	
재	벚꽃(당진군 간척지)	1341.8	2813.7	0.8	8.4	<0.1	3519.1	0.9	886.4
	벚꽃(정미면)	2544.6	104.4	0.9	4.3	<0.1	882.8	2.4	498.9
	벚꽃(대전)	176.0	24.3	1.5	38.7	<0.1	14.8	2.2	101.3
	소나무(당진군 해안가)	5440.0	120.0	<0.1	4.3	<0.1	40.2	41.9	947.3
	소나무(대전)	910.5	172.5	<0.1	91.8	<0.1	76.2	7.5	20.3
	쑥(대전)	9828.0	401.7	<0.1	21.4	<0.1	709.7	4.9	1375.4

과정에서 산소가 부족한 혐기성상태로 전환되어 질산 이온이 환원되어 없어진 것으로 판단된다(안승구 외, 1993).

앞선 표 4에서 알 수 있듯이 연구 대상인 재에서는 NH₄⁺이온이 검출되지 않았고, Mg²⁺와 NO₃⁻이온도 다른 이온들에 비해 상대적으로 적은 양이 포함되어 있었다. 반면에 K⁺와 SO₄²⁻이온이 전반적으로 많이 포함되어 있고, 식생환경에 따라 Na⁺와 Cl⁻이온의 함유량에 큰 차이를 나타냈다. 염초제조 물질인 K⁺이온이 가장 많이 함유되어 있는 것은 쑥재로서 건조한 재 100g에 9,828mg이 포함되어 있었으며, 당진군 해안가 야산에서 채취한 소나무로 만든 재에는 K⁺이온이 약 5,440mg 포함되어 있었다. 당진군 대호방조제(완공시기: 1984년) 간척지의 벚꽃으로 만든 재는 1,342mg의 K⁺이온과 염분의 주요 성분인 Na⁺와 Cl⁻이온을 각각 2,814mg과 3,519mg 함유하고 있었다. 그러나 정미면 대운산리 대운산교 옆(1995년 완공된 석문방조제의 상류지역)에서 채취한 벚꽃 재에는 K⁺이온이 2,544mg 함유되어 있었으나 다른 이온들은 소량이 포함되어 있었다. 또한 대전의 하기동 인근 논에서 채취한 벚꽃의 재에는 칼륨이온 뿐만 아니라 모든 이온들의 함유량이 적은 것으로 나타나 식생환경이 중요

함을 알 수 있다. 결과적으로 조상들이 염초제조를 위해 흙을 통해 NO₃⁻ 이온을, 재를 통해 K⁺ 이온을 얻었다는 것을 확인할 수 있었다.

3.2 식물성장 환경에 따른 염초제조 물질(K⁺ 이온)의 변화 특성

기초자료 조사를 통해 식물에 따라 무기물질의 함유량이 다르다는 것을 알 수 있었으나, 본 연구에서는 소나무와 벚꽃으로부터 얻은 재의 양이온과 음이온 성분분석을 통해 식물이 자라는 환경에 따라 동일 식물에 함유된 무기물질의 양이 어떻게 변화되는지 확인해 보았다.

표 5는 대호방조제(1984년 완공) 내의 간척지 토양 중의 양이온 농도와 본 실험을 통해 얻은 대호방조제 내의 간척지에서 재배한 벚꽃과 석문방조제(1995년 완공)의 상류지역에서 재배한 벚꽃의 재에 포함된 양이온 농도를 나타낸 것이다. 간척지 토양과 벚꽃 재의 K⁺/Na⁺의 비는 각각 0.41과 0.47로서 유사한 값을 나타내는 것으로부터 식물의 자란 토양환경에 크게 영향을 받는다는 알 수 있었다. 그러나 토양 중의 Mg²⁺와 Ca²⁺이온 성분은 식물성장에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

표 5. 대호방조제 내의 간척지 토양과 벗짚 재에서의 양이온 농도

구 분	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
대호방조제 간척지 토양(mg/100g)*	42.9	103.5	64.8	106
벗짚 재(대호방조제 간척지, mg/100g)	1,341.8	2,813.7	0.8	8.4
벗짚 재(석문방조제 상류지역 mg/100g)	2,544.6	104.4	0.9	4.3

*농촌진흥청 자료.

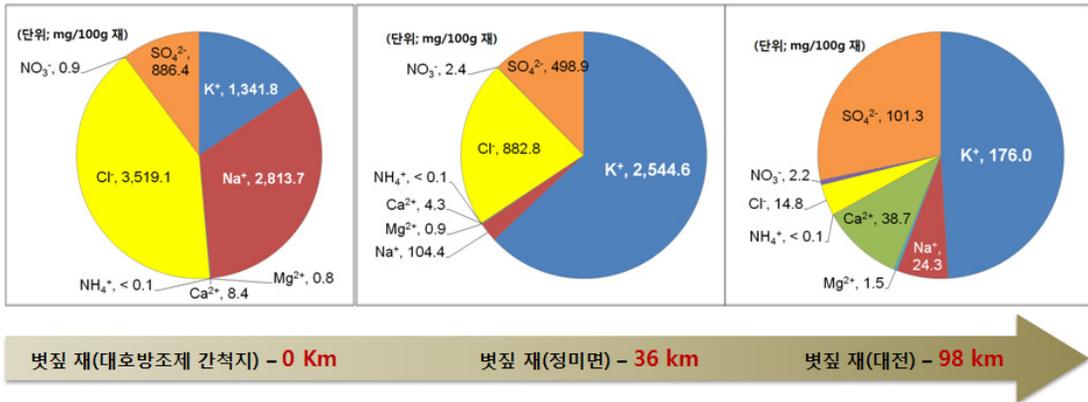


그림 2. 벗짚의 생육 환경에 따른 벗짚 재의 이온 성분 함량 변화.

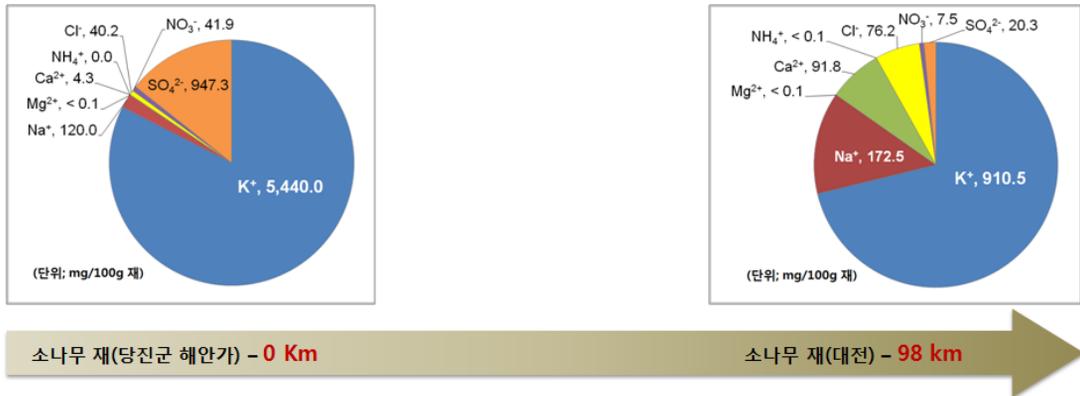


그림 3. 소나무의 생육 환경에 따른 소나무 재의 이온 성분 함량 변화.

그림 2는 생육 환경이 다른 3종류의 벗짚을 채취하여 만든 재에 포함된 이온성분의 함량을 보여주고 있는 것으로 같은 벗짚일지라도 이온별 함유량과 이온들의 함유율에 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 즉, 바닷물의 영향을 최근까지 받았거나(대호방조제 내 간척지) 아주 오래되었던 곳(정미면 대운산리 대운산고 인근의 논)에서 얻은 벗짚 재에는 바닷물의 영향을 받았을 것으로 생각되는 염소 이온(Cl⁻), 나트륨 이온(Na⁺), 황산염 이온(SO₄²⁻) 등이 많이 존재할 뿐만

아니라 염초제조 물질인 칼륨(K⁺)이온이 많이 포함되어 있는 것을 알 수 있었다. 특히 바닷물의 영향이 거의 없는 대전 하기동 인근의 논에서 채취한 벗짚의 재에서는 매우 적은 양의 K⁺ 이온이 존재하였다. 참고로 바닷물에는 나트륨과 염소이온의 존재비율이 85% 이상으로 매우 높고 이밖에 마그네슘, 황산, 칼슘, 칼륨 등이 이온들이 존재하는 것으로 알려졌다(이석우, 1996).

그림 3은 소나무의 생육 환경에 따른 소나무재의

이온성분 함량을 보여주고 있다. 앞서 언급했듯이 당진군 해안가 소나무의 재 100g에는 K^+ 이온이 5,440mg이 포함되어 있으나, 대전 하기동 인근의 야산에서 채취하여 얻은 소나무 재에는 910mg이 함유되어 있었다. 즉, 내륙지역보다 해안가에서 성장한 소나무의 재에 포함된 K^+ 이온량이 6배 정도 더 많음을 알 수 있다. 결과적으로 바닷물이나 해풍 또는 토양층의 염분함량이 높은 환경에서 자란 식물의 재에 K^+ 이온의 함량이 최소 6배 이상 높게 나타났으며, 염초제조에 이러한 식물에서 채취한 재를 사용할 경우 염초 생산량을 더 높일 수 있었을 것으로 생각된다.

3.3 흡에 존재하는 염초 제조물질의 분포 특성과 그 원인의 고찰

흡에 NO_3^- 이온의 함량이 높게 나타난 이유를 흡을 채취한 환경조건과 존재할 수 있는 과학적 근거를 토대로 표 6에 정리하여 나타내었다. 기초 조사과정에

서 살펴본 바와 같이 흡에 NO_3^- 이온이 존재하는 주요 원인은 유기물질에 포함된 유기성 질소가 미생물에 의해 분해되어 질산성 질소로 전환된 후 흡 속에 존재하기 때문이다. 그러나 미생물의 분해로 생성된 질산성 질소가 흡속 깊이 묻히게 되면 공기가 없는 혐기성 환경조건으로 변하게 되어 질산성 질소가 질소로 환원된다(안승구 외, 1998; 배우근 외, 2002). 즉, NO_3^- 이온을 얻기 위해 흡을 채취할 경우 땅의 표면에서 채취해야 농도를 높일 수 있다. 이는 조선시대의 기록에서 표면에 있는 흙만을 채취하라고 한 지침(민병만, 2009)과 일치한다.

3.4 전통방식에 의한 염초제조와 제조 특성 분석

앞서 언급했듯이 염초를 제조하기 위하여 이온성분을 추출하기 위한 ‘물 거르기’ 과정에서 얻은 물을 끓여 모초를 만든 후 재련과 삼련 과정을 거쳐 정제하였다(김지남, 1796). 본 연구에서도 과거와 유사한 방법

표 6. 다양한 흡에 염초 제조원료인 질산이온이 존재하는 원인 분석과 고찰

흡의 종류	흡이 존재하는 환경조건의 고찰	존재 가능 성분과 그 원인	확인물질 (실험결과)
기와집 처마밑 흡	비가 오면 기와에 떨어진 빗물이 기와의 표면에 쌓인 먼지 등을 쓸어 내려 처마 밑 흡에 먼지 등에 포함된 여러 가지 물질이 쌓이는 환경이 존재함.	먼지 등에 포함된 유기물의 분해 과정에서 생긴 암모니아성 질소(NH_3-N)나 질산성질소 (NO_3-N) 성분이 빗물에 씻겨 유출되어 처마 밑 흡에 존재함.	NO_3^-
초가집 처마밑 흡	기와와 같은 이유와 초가의 경우에는 벧짚이나 갈대 등으로 지붕을 만들기 때문에 유기물이 썩거나 분해되면서 발생하는 물질이 빗물에 씻겨내려 흡에 쌓이는 환경이 존재함.	유기질소의 분해과정에서 질산이온이 축적되어야 하나 먼지 입자가 초가의 벧짚에 흡착되거나 쌓이는 현상에 의해 유출되는 양이 기와집 처마밑 흡보다 낮게 함유되어 있음.	NO_3^-
화장실 앞 흡	고려와 조선시대에 화장실과 아궁이에서 발생된 재를 보관하는 창고가 가까이 있었으며, 재래식 화장실에서 분노의 청소(피내는 작업) 등으로 화장실 입구에 분노에서 기인되는 물질이 축적될 수 있는 환경임. (본 연구에서 낮은 농도로 나타난 원인) 탐구조사과정에서 전통가정집 화장실을 찾았으나 사용빈도가 매우 낮고, 화장실 입구 근처에 식물(풀)이 자라고 있어 질산이온 등이 축적되기에 적합한 환경이 아니었기 때문에 낮은 농도로 나타남.	암모니아성 질소(NH_3-N)나 질산성질소 (NO_3-N) 성분이 화장실에서 유출되어 토양 내의 다른 물질과 반응할 수 있음.(전문가 의견) ¹²⁾	낮은 농도 (실제 조사)
아궁이 & 부뚜막 흡	건조된 식물(벧짚, 잡목, 나무, 등)을 땀감으로 사용하여 아궁이에서 재가 날려 부뚜막이나 부엌바닥에 재가 흡의 표면에 쌓여 사람의 왕래로 다져져지는 환경임.	유기물 먼지의 분해 등에 의해 NO_3^- 이온과 재에는 적은 양의 칼륨 등이 포함되어 있어 이들 물질이 축적됨.	NO_3^- , 낮은 K^+ 농도
전통 가정집 개집앞 흡	개의 움직임에 의한 먼지입자 축적, 개의 음식물 흘림과 배설물에 의한 오염물질 축적 등으로 성분변화가 일어남.	개의 배설물이나 먹이 등의 유기물 분해과정에서 NO_3^- 이온의 축적됨.	NO_3^- , 낮은 농도 K^+
전통 가정집 마루밑 흡	사람의 왕래로 인한 먼지입자 축적, 마루에서 식사 등의 생활로 음식찌꺼기 날림으로 축적, 개나 고양이 등의 배설물 축적됨.	토양입자 형태의 먼지나 유기물의 분해과정에서 생성된 NO_3^- 이온의 축적됨.	NO_3^- , 낮은 농도 K^+

으로 전통가정집 마루밑 흙과 썩재, 소나무재(해안가), 벚짚재(간척지)를 각각 혼합하여 초순수(탈이온수)로 이온성분을 추출한 후 그 용액을 끓여서 염초를 제조하였으며, 표 7에 나타난 화학반응식에 의해 염초가 만들어진 것으로 판단된다.

즉, 마루밑 흙과 썩재 그리고 마루밑 흙과 소나무재로 염초를 만들 경우 이론적인 염초제조 화학반응식에 의하면 질산이온이 화학반응의 제한요소의 역할을 하게 된다. 반면에 마루밑 흙과 벚짚재(간척지)로 염초를 제조하는 경우에는 칼륨이온이 제한요소로 작용하게 된다. 그러나 재를 이용하여 칼륨이온은 쉽게 얻을 수 있는 반면에 흙으로 부터 질산이온을 얻는 것은 상대적으로 더 어려울 것으로 생각된다. 특히 조선시대에 질산이온을 많이 함유하고 있는 마루밑 흙이나

화장실 앞 흙 등을 채취하기 위해 취토군을 운영했다는 기록이 이러한 추론을 뒷받침하고 있다. 따라서 흙과 재를 이용하여 염초를 제조할 경우 흙이 염초 제조 화학반응의 제한요소인 것을 알 수 있다.

그림 4는 전통가정집 마루밑 흙과 썩재를 이용하여 만든 염초 혼합물의 XRD분석 결과를 보여주고 있다. 비이커에 추출용액을 넣고 끓여 수분을 증발시켜 염초 혼합물을 생성시킨 결과 비이커 바닥의 가장자리와 가운데에 각기 다른 색의 결정이 형성되었다. 분석 결과 가장자리의 염초혼합물에는 염초가 약 68% 함유되어 있으며, 가운데 하얀색 부분은 염초의 함량이 약 56% 포함되어 있어, 평균적으로 62%의 순도를 갖는 염초를 얻을 수 있었다.

썩재와 마루밑 흙의 염초제조 화학반응식에서 칼륨

표 7. 흙과 재를 이용한 염초제조 화학반응 고찰

당량(mg/meq)	K ⁺		NO ₃ ⁻		염초 제조 화학반응식(100g 기준)
	39.1		62.0		
	질량 ¹⁾	당량	질량	당량	
썩재(대전)	9828.0	251.4	4.9	0.1	K ⁺ + NO ₃ ⁻ → KNO ₃
전통가정집 마루밑 흙	310.6	7.9	4383.2	70.7	반응 참여량 ²⁾ 259.3 70.8
합계	9,829	251.4	4.9	0.1	반응량 ³⁾ 70.8 70.8 70.8 반응 전 총이온량 ⁴⁾ ; 6.64g 반응 후 염초혼합물 생성량; 3.81g (수분증발과정에서 끓어 넘쳐서 일부 손실됨)
소나무재(해안가)	5440.0	139.1	41.9	0.7	K ⁺ + NO ₃ ⁻ → KNO ₃
전통가정집 마루밑 흙	310.6	7.9	4383.2	70.7	반응 참여량 147 71.4
합계	5,440	139.1	41.9	0.7	반응량 71.4 71.4 71.4 반응 전 총이온량; 2.46g 반응 후 염초혼합물 생성량; 1.20g (수분증발과정에서 끓어 넘쳐서 일부 손실됨)
벚짚재(간척지)	1341.8	34.3	0.9	0.0	K ⁺ + NO ₃ ⁻ → KNO ₃
전통가정집 마루밑 흙	310.6	7.9	4383.2	70.7	반응 참여량 42.2 70.7
합계	1,341.8	34.3	0.9	0	반응량 42.2 42.2 42.2 반응 전 총이온량; 2.54g 반응 후 염초혼합물 생성량; 1.70g

주) ¹⁾mg/100g, ²⁾염초제조 반응을 일으키기 위해 넣은 실제 투입 당량, ³⁾염초가 생성되는 화학반응의 이론적 당량(제한요인으로 작용하는 이온 기준), ⁴⁾염초를 제조하기 위해 사용한 15g흙과 15g재에 포함된 이온물질의 총량.

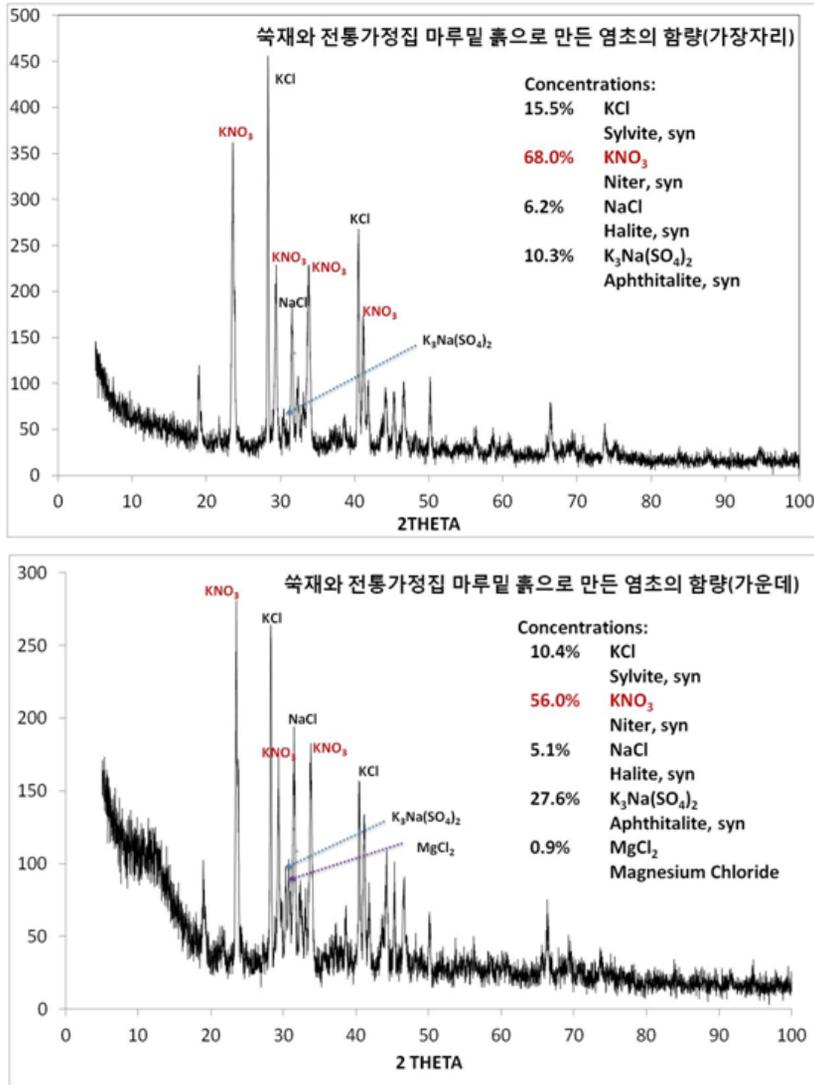


그림 4. 전통가정집 마루밑 흙과 썩재를 이용하여 만든 염초 혼합물에 포함된 성분과 함량(위: 비이커 가장자리 염초 혼합물, 아래: 비이커 중앙 염초 혼합물).

이온이 질산이온보다 당량비로 3.66배가 많이 반응에 참여하였으나 질산이온이 제한요소이기 때문에 염초 생성반응에 일부만 참여하고 남은 칼륨이온이 다른 이온들과 반응하여 KCl과, K₃Na(SO₄)₂ 등이 생성되었으며, NaCl도 생성된 것을 알 수 있다.

해안가 소나무재와 전통 가정집 마루밑 흙을 1:1로 혼합하여 염초를 제조할 경우 표 8에서 알 수 있듯이 49.6% 순도의 염초를 얻을 수 있었으며, 썩재 혼합물과 달리 CaSO₄와 K₂O가 생성되었다. 반면에 칼륨이

온이 반응의 제한요소로 작용한 간척지 벚짚재와 전통 가정집 마루밑 흙으로 제조한 염초혼합물질에서는 염초가 21.1%만이 함유되어 있고 부산물로 NaNO₃가 생성되었으며, 특히 간척지 벚짚의 특성상 NaCl이 66% 이상 생성되었다(표 8). 이러한 분석결과로 부터 염초의 제조반응에서 질산이온과 칼륨이온의 반응당량이 낮아지면 순도가 낮아지는 것을 알 수 있다.

전통 가정집 마루밑 흙과 썩재 그리고 소나무재(해안가)로부터 만든 염초혼합물은 실험과정의 오차로

표 8. 가정집 마루밑 흙과 소나무 또는 벗짚 추출물을 이용한 염초혼합물 특성

흙 시료	재 시료	염초 혼합물 성분(%)				
		KNO ₃	NaCl	CaSO ₄	K ₂ O	NaNO ₃
가정집 마루밑	해안가 소나무	49.6	20.8	17.3	12.3	-
	간척지 벗짚	21.1	66.4	-	-	12.5

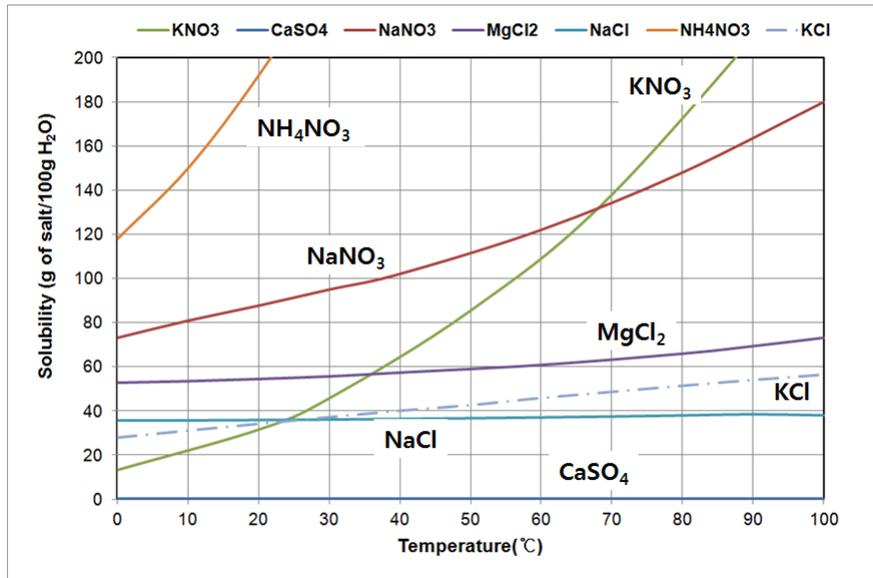


그림 5. 오줌과 염초화합물에 존재 가능한 무기물들의 용해도 곡선.

정확하게 측정하지 못하였으나, 정확하게 측정된 마루밑 흙과 벗짚재(간척지)로 만든 염초혼합물의 양은 1.7g이었고, 순도는 21.1%로 0.36g의 염초를 얻었다. 이는 이론적인 계산에 의해 생산할 수 있는 염초의 양이 0.64g인 것과 비교하면, 실험을 통해서 실제로 약 56%를 얻을 수 있는 것을 확인하였다.

3.5 염초의 순도를 높이기 위한 정련과정에 대한 고찰

흙과 재를 이용하여 염초를 만드는 경우 이온추출액을 끓여서 처음으로 얻는 염초혼합물은 염초의 순도가 화약을 제조하기에 충분하기 못하므로 순도를 높이는 정제과정을 거쳐야한다. 조선시대에 조상들은 염초혼합물에서 포함된 다양한 무기물질의 용해도를 이용하여 정제하였다.

그림 5는 염초혼합물에 존재할 수 있는 여러 가지 무기물질의 용해도 곡선을 Wikipedia에서 제공하는 용해도 표를 이용하여 그린 것이다. 조선시대에는 1차 염

초혼합물을 물에 다시 용해시켜 100°C 정도에서 끓여 물의 양을 줄이면서 높은 온도에서 용해도가 높은 염초(질산칼륨)는 녹이고 불순물은 침전물로 전환시켜 액체와 고체를 분리하는 분별결정방법으로 정제를 하였다. 따라서 본 연구에서는 이러한 정제과정을 검토해보고자 혼합 흙(마루밑 흙 : 아궁이 흙 = 2 : 1)과 혼합재(소나무재 : 썩재 = 2 : 1)로 염초혼합물을 만들어 표 9와 같은 정제과정을 거쳤다. 즉 두 번의 정련과정을 통해서 염초혼합물의 순도가 41.8%에서 55.6%로 높아졌다. 그러나 혼합물을 초순수에 녹이고, 물을 증발시키면서 결정물질이 존재하는 잔류액과 상등액을 분리할 경우 상등액의 양이 매우 적어 분리하기 쉽지 않아서 큰 폭으로 순도를 높이기가 매우 어려웠다.

만약 혼합물의 양이 많은 경우에는 물의 분리가 다소 쉬울 것으로 생각되며, 용해도 차이를 이용하여 쉽게 순도를 높일 수 있을 것으로 판단된다. 정제과정에서 발생하는 잔류물질은 다른 잔류물질과 다시 혼합

표 9. 흙 혼합물과 재 혼합물의 이온추출물을 이용한 염초 정제과정 및 물질 수치분석

시료명/설명		KNO ₃ (%)	혼합물(g)	KNO ₃ 량(g)	비교
염초혼합물	정련하지 않은 염초(모초)	41.8	6.216	2.598	정제과정의KNO ₃ 량 물질수지 = 2.545/2.598 = 0.98
1차 잔류액 결정	1차 정련후 잔류액을 끓여서 만든 결정물질	47.2	1.582	0.747	
2차 잔류액 결정	2차 정련후 잔류액을 끓여서 만든 결정물질	39.8	1.668	0.664	
2차 상등액 결정(염초)	2차 정련과정에서 얻은 상등액을 끓여서 만든 결정물질	55.6	2.041	1.135	

하여 재정련할 경우 염초를 추가로 얻을 수 있다.

또한 칼륨이 제한요소로 작용하는 경우, NaNO₃와 같은 불순물이 발생하며, 정제과정에서 NaNO₃와 KNO₃의 용해도가 고온(70°C 이상)에서 둘 다 높아 분리가 어렵기 때문에 KNO₃의 순도를 높이기 어려움을 알 수 있다.

3.6 조선시대 염초 제조에 소나무재의 사용금지 이유의 과학적 고찰

고려시대에 이어 조선시대에도 소나무를 마음대로 베어갈 수 없었고 특히 일정구역을 정해 금송(禁松)조치를 취하여 나라에서 필요할 경우 베어다 사용하였으며, 소나무 관리를 소홀히 하거나 함부로 베다가 적발되면 처벌을 받았다고 한다. 그 이유는 소나무로 어선이나 군함을 만들거나 궁궐의 각종 공사에 소요되는 재목을 원활히 충당하고자 하였기 때문이었다. 또한 세종30년(1448)에는 전국 300개의 지방을 지정하여 소나무가 무성한 곳은 벌채를 금지시키고 소나무가 없는 곳은 감사로 하여금 전담관리를 두어 소나무를 심고 그 고을의 수령이나 만호로 하여금 가꾸도록 하였다. 정조대에는 전국 282개소의 산을 벌채를 금지하는 산으로, 293개소의 솔밭을 출입금지구역으로 지정하여 산림의 보호에 힘썼다. 덕분에 전 국토의 많은 면적이 울창한 숲을 이루었는데, 특히 압록강이나 두만강유역과 도서지방에는 수목이 울창하였다고 한다(국립수목원, 2013).

한편 신전자초방에는 칼륨이온을 얻기 위한 방법으로 다복쑥이나 곡식대(벚짚, 기장짚, 피짚, 조짚 등)가 가장 좋고, 잡초나 잡목은 그 다음이고, 소나무는 쓰지 못하게 했다. 또 정재를 위해 물을 끓이는 연료로 이것들을 쓰면 두 가지 일을 한 번에 할 수 있으므로

생산의 능률화를 강조하고 있다.

앞선 표 3에서 알 수 있듯이 쑥재에 가장 많은 칼륨이 포함되어 있으나, 해안가 소나무재에도 칼륨의 양이 많이 포함되어 있었다. 또한 해풍이나 바닷물의 영향이 아주 낮은 내륙지방의 소나무재에서도 내륙에서 성장한 벚짚재보다 5.2배 더 많이 포함되어 있었다.

우리 조상들은 염초 정제과정에서 필요한 펄겔이나 칼륨이온이 다른 곡식대보다 많이 포함된 소나무를 주변에서 손쉽게 확보할 수 있었으나, 소나무를 사용하지 못하게 한 것은 유용성이 큰 소나무의 고갈을 염려하고 산림보호 정책으로 산이 민둥산이 되는 것을 방지하기 위한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 조상들이 천연물인 흙과 재를 이용하여 화약원료인 염초를 만든 과정을 알아보기 위하여 10종의 흙과 6종의 재를 채취하여 수행되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 흙과 재에서 추출한 이온성분 분석결과 흙에는 질산이온이, 재에는 칼륨이온이 주로 함유되어 있는 것으로 나타나 전통적인 화약제조의 핵심물질인 염초(KNO₃)를 제조하기 위하여 필요한 칼륨이온은 재에서, 질산이온은 흙에 얻었음을 알 수 있다. 이때 흙은 다양한 이온성분이 부착될 수 있는 매개체로서 마루밧 흙과 같이 사람의 생활환경에 노출되어 있고 미세한 유기물질이 축적될 수 있는 환경에 존재하는 흙일수록 질산이온이 많이 포함되어 있다.
- 2) 대부분의 재에는 칼륨이온이 가장 높은 농도로 존재하나 그 함량은 식물의 성장환경에 따라 큰 영

향을 받는다. 즉, 동일한 식물의 경우 바다의 영향을 받는 지역(간척지, 해안가)에서 성장한 식물들의 재에 칼륨이온이 풍부하게 포함되어 있다. 특히, 조상들이 소나무의 대안으로 사용한 쑥 재에는 가장 높은 농도의 칼륨이온이 포함되어 있다.

- 3) 염초제조를 위해 사용된 흙과 재의 종류에 따라 제조된 염초의 순도가 다르며 불순물의 종류도 달라 염초제조방법을 표준화하기가 어려우나, 순도를 높이기 위해서는 재보다는 질산이온을 많이 포함한 흙의 선정이 더 중요하다.
- 4) 흙과 재의 1:1 혼합 추출액으로 최대 68% 순도의 염초를 얻었으며, 분별결정법에 의해 순도를 약 14% 향상시켰다. 즉, 조상들은 염초의 순도를 높이기 위하여 물질의 용해도 차이(분별결정)를 이용하여 정제하였다. 칼륨이온과 질산이온의 총 반응당량이 낮아지면 제조된 염초의 순도가 낮아지고 불순물로 인하여 정제가 어렵고, 특히 염초와 용해도가 유사하거나 높은 NaNO_3 등이 정제과정을 어렵게 만든다.
- 5) 오늘날과 같은 화학분석기기가 없는 상태에서도 수많은 시행착오를 통해 염초제조에 적합한 흙과 재를 찾아내고, 현대과학을 통해서도 어려운 천연물(흙, 재 등)로부터의 염초 제조과정을 표준화하여 그 내용을 기술한 과학서적으로 발간하였음을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 제60회 전국과학전람회 출품을 위하여 대전광역시 교육청의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 국립수목원 편저, 2013, 국역 유산기(산림정책과 산림문화 역사성 규명을 위한), 한국학술정보.
2. 국립수목원 편저, 2013, 조선왕조실록 산림관련기사, 한국학술정보.
3. 김준수, 김지훈, 2014, 흙과 재, 오줌을 이용한 전통 화약제조 방법의 재현과 과학적 원리의 탐구, 제60회 전국과학전람회 출품작(학생부)-작품번호 1237 (화학 부문 특상 수상작).
4. 김지남, 1796(정조20), 신전자초방언해 요약본, 디지털 한글박물관(http://www.hangeulmuseum.org/sub/information/bookData/detail.jsp?d_code=00277).
5. 농촌진흥청, 농업과학과 자료(<http://blog.daum.net/viny9364>).
6. 민병만, 2009, 한국의 화학역사, 아이워크북, pp. 95-304.
7. 배우근, 배재호, 양지원, 2002, 생물환경공학, 동화기술, pp. 507-567.
8. 안승구, 권오섭, 박성주, 신윤근, 안태영, 환경미생물학, 신광문화사, pp. 263-269, 1993.
9. 양운진, 1996, 수질화학, 신광문화사, pp. 205-349.
10. 이석우, 1996, 물리해양학통론, 집문당, pp. 25-30.
11. 최형국, 2013, 최형국의 무예 이야기(조선시대 화약 제조), 동아일보(<http://news.donga.com/3/all/20130523/55353859/1>).
12. 황진연, 장명익, 김준식, 조원모, 안병석, 강수원, 2000, 우리나라 황토(풍화토)의 구성광물 및 화학성분, 한국광물학회지, Vol. 13, No. 3, pp. 147-163.
13. Wikipedia, Solubility table, http://en.wikipedia.org/wiki/Solubility_table.



김 준 수
대전 유성고등학교 3학년 학생

Tel: 042-826-9722
E-mail: john97kim@gmail.com



김 지 훈
대전 유성고등학교 3학년 학생

Tel: 042-826-9722
E-mail: kjh3853030@naver.com



장 미 경
대전 유성고등학교 교사

Tel: 042-824-0267
E-mail: jmk8381@naver.com