

전통약탕기와 전자약탕기를 이용한 이산화황 제거효율 연구

양승희^{*}, 유석규²
¹대평고등학교, ²숙지고등학교

A study of SO₂ Removal Efficiency from Traditional Herbal Medicine Using Traditional & Electronic Medicine Boilers

Yang, Seung Hee^{1*} and Ryu, Seok Gyu²

¹Daepyeong highschool, ²Sukji highschool

요 약 본 이산화황이 잔류하는 한약재를 탕제로 달이는 방식에 따라 효율적으로 제거하는 방법을 찾기 위해 약 달이는 방식을 전통약탕기와 전자약탕기 2종류로 설정하였다. 전통약탕기로 156.4ppm을 함유하는 한약재를 1시간 달였을 때 96.7%의 제거효율을 보였으며, 2시간 달였을 때 100% 제거됨을 알 수 있었다. 전통약탕기 뚜껑을 전통한지, 일반한지, 거름종이, 일반종이를 사용하였을 경우 전통한지를 사용할 경우가 이산화황 제거효율이 가장 우수한 것으로 나타났다. 전통한지의 초기 pH는 10.03으로, 전통약탕기에 이산화황이 48ppm, 193ppm, 753ppm 및 1,506ppm 함유하는 한약재를 넣고 1시간 달인 후 pH 측정결과 9.37, 9.14, 8.9 및 8.03으로 각각 나타났다. 전자약탕기 파이롯트실험은, 전자약탕기로 1시간 약을 달일 경우 82.8%의 이산화황제거율을 보였으며, 약탕기 내부 중간부분에 전통한지, 거름종이, 활성탄, 참숯을 넣고 약을 달였을 때 73.6%, 72.8%, 73.9% 및 69.5%의 제거율을 보여 전자약탕기는 내부에 어떤 물체를 넣었을 경우 이산화황의 휘발을 방해하여 제거를 방해하는 것으로 나타났다.

Abstract The purpose of this study is to determine the most efficient method of removing sulfur dioxide from traditional herbal medicine (hanyak) by slow boiling using a traditional pipkin and an electronic slow boiler. By boiling a hanyak batch containing 156.4ppm of sulfur dioxide for one hour using a traditional pipkin, 96.7 percent of the sulfur dioxide was removed, while two hours of slow boiling removed 100 percent. Among different cover materials placed over the pipkin during the slow boiling process including the traditional Korean paper (hanji), regular hanji, filter paper and regular paper, the traditional hanji produced the best performance of sulfur dioxide removal. The initial pH level of the traditional hanji was 10.03. After one hour of slow boiling hanyak batches in a traditional pipkin covered with traditional hanji, where each batch contained sulfur dioxide of 48ppm, 193ppm, 753ppm and 1,506ppm respectively, the pH level of the hanji cover material was reduced to 9.37, 9.14, 8.9 and 8.03 in respective cases.

Our experiment using an electronic medicine slow boiler showed 82.8 percent removal of sulfur dioxide after one hour of slow boiling a hanyak batch containing 753ppm of sulfur dioxide. When hanyak batches were boiled by placing traditional hanji, filter paper, active carbon and hardwood charcoal separately in the middle area within the electronic slow boiler, the sulfur dioxide removal rate was 73.6 percent, 72.8 percent, 73.9 percent and 69.5 percent, respectively. When charcoal was added so as to remove toxic materials from the hanyak, its presence impeded the sulfur dioxide flow and thus reduced the removal efficiency contrary to our anticipation.

Key Words : sulfur dioxide, boiling pots, herbal medicine

*교신저자 : 양승희(hee1054@hanmail.net)

접수일 09년 03월 24일

수정일 09년 05월 24일

게재확정일 09년 05월 27일

1. 서론

나폴레옹 군대 장교들의 증언에 따르면 1802년 아이티섬에서 프랑스 군대가 노예들을 질식사키려고 이산화황을 사용하였다고 한 것이 이산화황을 대규모로 사용한 최초의 역사적인 사건 기록이다.[1] 현재에도 이산화황은 우리주변에서 광범위하게 사용되고 있는데 특히 한약재, 짬뽕, 엿, 농산물, 수산물의 표백제와 방부제 등으로 다양하게 사용되고 있어 우리의 건강을 심각하게 위협하는 수준에까지 이르고 있다.[2,3].

한약재는 특성상 갈변이나 충해방지를 목적으로 연탄 건조나 유통훈증 등의 방법을 사용하고 유통기간에 좋은 색택을 유지하기위해 이산화황이 많이 사용되는데, 국내 생산제품보다 유통기간이 장기간 소요되는 수입한약재에서 이산화황의 사용 우려가 높다. 아황산염은 생체 내에서 빠르게 산화되어 황산염이 되며 아황산을 유리하여 위장을 쉽게 자극하므로 건강에 위해를 끼치며 특히 이 성분은 민감한 일반인 및 천식환자에게 과민성 반응을 유발하고 이는 사망을 비롯하여 기관지 수축, 두통, 복통, 구토, 현기증, 발진 등의 증상이 보고되고 있다[4,5].

현재 우리나라 한약재의 경우 가자, 갈근, 복령, 산약, 작약 등 266 품목에 대하여 이산화황 잔류기준을 30mg/kg으로 정하여 관리되고 있으나 한약재에 대한 모니터링 보고를 보면 이산화황 농도가 잔류기준을 초과하여 꾸준히 검출되고 있어 국민건강을 해치고 있다는 논란이 계속 야기되고 있다.[6-12].

본 연구는 한약재에 잔류 할 수 있는 이산화황을 효율적으로 제거 할 수 있는 최적의 방법을 모색 하고자, 전통약탕기와 전자약탕기를 이용하여 여러 가지 달이는 방식에 따라 최적의 이산화황을 제거 할 수 있는 방법을 모색하고자 효율실험을 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험에 사용된 시료는 경동시장에서 구입한 작약 시료를 구입하여 이산화황을 측정하여 이산화황이 검출되지 않은 시료를 사용하였다.

2.2 시료 이산화황 처리

3차 증류수에 희석시킨 아황산 용액에 작약을 1시간 담구어 1회 아황산을 부착시켰다. 수분이 제거될 때까지 60℃ 건조기에 건조 시킨 후 분쇄기에 갈아서 균질화한 후 이산화황을 측정 하였을 때 156.4ppm 이었으며 이를 실험재료로 사용하였다.

또한 이산화황제거에 따른 한지의 pH 변화실험에 사용한 시료는 48ppm, 192.8ppm, 753ppm, 1,506ppm 이산화황이 잔류하는 시료를 사용하였으며, 한지의 이산화황 잔류량 실험과 밀폐형전자약탕기 파이롯트실험에 사용한 시료는 753ppm의 이산화황을 함유하는 작약시료를 사용하였다.

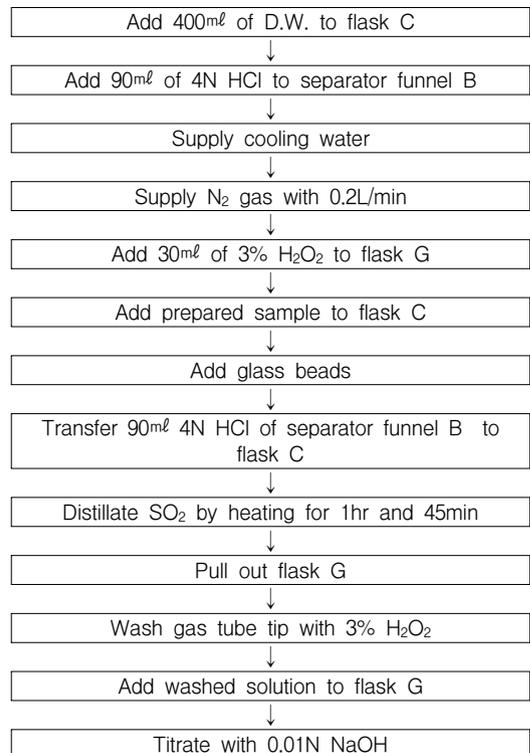
2.3 재료 및 시약

실험에 사용한 재료는 전통한지(전주공예품전시관에서 구입, 순지5뿔매), 일반한지(도배지와 대형문구점에서 구입) 거름종이(5B 100 circles, 185mm, ADVANTEC, 일본), 일반종이, 활성탄소(sigma C-5260, 100~400메쉬), 참숯, 홍삼나라 RG3 밀폐형전자약탕기, 자석교반기, 히팅 맨틀, 이산화황증류장치를 사용하였다.

시약으로 메질레드는 sigma사의 순정 1급을 사용하였고 과산화수소용액, 염산, 수산화나트륨은 Junsei사의 특급시약을 사용하였고 에탄올은 J/T Baker사의 HPLC등급을 사용하였다.

2.4 이산화황 분석

한약재 중 이산화황변화량은 모니어-윌리엄스 변법으로 그림 1과 같이 수행하였다.



[그림 1] 모니어-윌리엄스 변법에 의한 이산화황 분석

2.5 전통한지와 일반한지의 이산화황 제거율 실험

그림 2와 같이 전통약탕기에 156.4ppm의 이산화황을 부착시킨 작약 200g를 넣고 물 500ml를 넣고 1시간, 2시간, 6시간 달인 후에 식혀서 모니어-윌리엄스 방법으로 측정하였다. 전통약탕기의 경우는 핫플레이트 위에서 약이 아주 서서히 끓는 온도인 103℃에서 달이면서 식힌 후 이산화황 변화를 측정 하였다. 이 때 약을 달일 때 한지를 통과하면서 한지에 잔류하는 이산화황을 측정하기 위해 뚜껑으로 사용한 한지를 증류수에 침출시켜 한지에 잔류하는 이산화황을 측정 하였다.



[그림 2] 전통약탕기의 이산화황 제거실험

2.6 전통한지, 일반한지, 거름종이 일반종이뚜껑을 사용한 제거율 비교

이산화황이 753ppm 잔류하는 작약 200g과 물 500ml를 전통약탕기에 넣고 각각 1시간, 2시간 동안 약을 달인 후, 식혀서 모니어-윌리엄스 방법으로 이산화황 농도를 측정하였다. 이 때 전통한지의 이산화황 제거효과와 비교하기 위하여 일반한지, 거름종이, 일반종이(복사지), 뚜껑을 덮지 않은 것을 실험대조군으로 사용하였다.

2.7 전통약탕기로 이산화황 제거 실험 시 한지의 pH 변화

전통약탕기로 약을 달일 때 pH의 측정을 통한 이산화황의 휘발성과 거동성을 알아보기 위하여 이산화황 농도를 각각 753ppm, 193ppm, 48.2ppm으로 조절한 한약재를 전통약탕기에 넣고 1시간동안 달여 주었다. pH를 측정하기 위하여 한약을 달일 때 액상에 녹아 있는 이산화황이 기화하면서 통과하는 약탕기 입구부분에 지름 14cm로 잘게 자른 한지를 삽입한 후 한지에 이산화황을 흡착시켜주었다. 이렇게 이산화황이 흡착된 각각의 한지는 pH 7.15인 증류수 100ml에 넣어 혼합한 후 pH를 측정하

였다.

2.8 전자약탕기 파이롯트(공정화 전단계 소형화) 실험

전자약탕기 파이롯트실험은 그림3과 같은 홍삼나라 RG3 전자약탕기로 실험하였다. 753ppm의 이산화황을 부착시킨 작약 200g과 물 500ml를 넣고, 각각 1시간, 2시간, 4시간 동안 달인 후에 식혀서 모니어-윌리엄스 방법으로 이산화황 잔류량을 측정하였다. 그림 4는 대조군으로 약탕기 내부에 한지나 활성탄과 같은 물질을 넣지 않았고, 그림 5는 중간부분에 전통한지(2.9g), 그림 6은 거름종이를 전통한지와 같이 2.9g을, 그림 7은 활성탄소(2.9g)를 티백에 사이서 중간부분에 걸쳐 놓고, 그림 8은 150g짜리 참숯을 약탕기 중간부분에 걸쳐 놓고 약을 달이면서 실험하였다.



[그림 3] 홍삼나라 RG3 약탕기 구조



[그림 4] 약탕기 중간부분에 필터를 넣지 않고 한약재를 달임



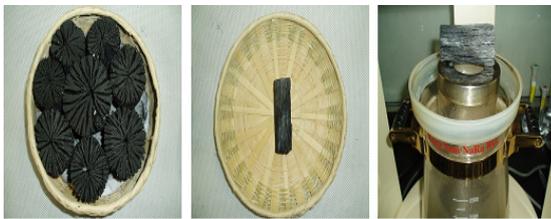
[그림 5] 약탕기 중간부분에 전통한지를 넣고 한약재를 달임



[그림 6] 약탕기 중간부분에 여과지를 놓고 한약재를 달임



[그림 7] 활성탄(2.9g)을 티백에 넣고 중간부분에 걸쳐 놓고 한약재를 달임



[그림 8] 참숯을 넣어 약탕기 중간부분에 걸쳐 놓고 한약재를 달임

3. 결과 및 고찰

3.1 전통한지와 일반한지 이산화황 제거율 비교

이산화황이 156.4ppm 잔류하는 약액 200g과 물 500ml를 전통약탕기에 넣고 약탕기 뚜껑을 일반한지와 전통한지로 덮고 1시간 약을 달인 후 식혀서 모니어-윌리엄스 방법으로 측정된 결과는 표1~2와 그림9~10과 같다.

일반한지를 뚜껑으로 하고 전통약탕기로 한약재를 1시간 달였을 경우 이산화황이 8.4ppm이 잔류하여 94.6%가 제거되었고 전통한지를 덮어서 달일 경우 5.1ppm이 잔류하여 96.7%가 잔류하였다. 2시간 동안 약을 달였을 경우 일반한지에는 3.6ppm이 잔류하여 97.7%가 제거된 반면 전통한지를 사용하였을 때 이산화황이 모두 제거됨을 알 수 있었다.

전통약탕기로 약을 달일 경우 일반한지 뚜껑과 전통한지로 뚜껑을 덮고 약을 달였을 경우와 비교해보면 156.4ppm의 이산화황이 잔류하는 한약재를 달일 경우 일반한지에 비해 전통한지가 약 2.1% 이산화황 제거효율이

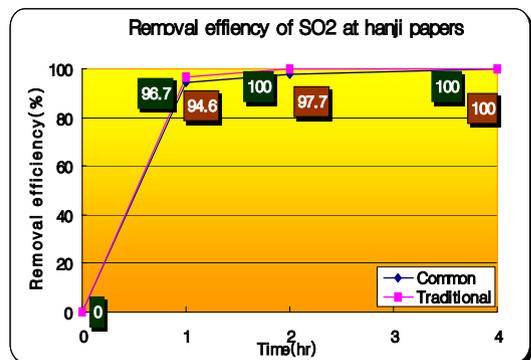
높았으며 2시간 달인 후에는 이산화황이 완전히 제거 되는 것으로 확인 되었다. 이는 이산화황과 같은 휘발성유해물질은 한지와 같은 투과성이 있는 경우 약 달이는 과정에서 모두 휘발하여 제거되는 것으로 전통한지의 고전적인 제작 방법에 의한 한지가 휘발성 유해물질 투과에 우수한 것으로 나타났다. 결론적으로 156.4ppm의 이산화황이 잔류하는 한약재를 전통약탕기와 전통한지를 사용하여 약을 달이면 2시간 이내에 이산화황이 100% 제거되었다. 이산화황과 같은 휘발성유해화합물은 전통약탕기에 전통한지 뚜껑을 사용하여 약을 달일 경우 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다.

[표 1] 전통한지와 일반한지의 이산화황 제거효율 비교

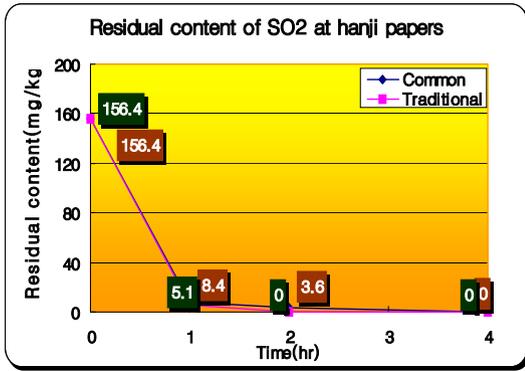
| Name | Initial conc. of SO ₂ (mg/kg) | removal efficiency(%) | | |
|-------------------------|--|-----------------------|------|-----|
| | | 1hr | 2hr | 4hr |
| Common hanji paper | 156.4 | 94.6 | 97.7 | 100 |
| Traditional hanji paper | 156.4 | 96.7 | 100 | 100 |

[표 2] 전통한지와 일반한지의 이산화황 잔존량 비교

| Name | Initial conc. of SO ₂ (mg/kg) | residual content(mg/kg) | | | |
|---|--|-------------------------|------|------|-----|
| | | 0hr | 1hr | 2hr | 4hr |
| Common hanji paper (Common hanji paper) | 156.4 | 156.4 | 8.4 | 3.6 | 0 |
| | 156.4 | 0 | 0.47 | 0.71 | 1.1 |
| Traditional hanji paper (Traditional hanji paper) | 156.4 | 156.4 | 5.1 | 0 | 0 |
| | 156.4 | 0 | 1.1 | 0.9 | 0.7 |



[그림 9] 전통한지와 일반한지의 이산화황 제거효율 비교



[그림 10] 전통한지와 일반한지의 이산화황 잔존량 비교

3.2 전통약탕기로 약을 달일 때 한지의 이산화황 잔류량

전통약탕기에 이산화황이 검출된 한약재를 넣어 753ppm 농도로 맞춘 후 약을 달였을 때 이산화황의 뚜껑을 통해서 외부로 유출될 것으로 가정하여 1시간 약을 달인 후 한지뚜껑에 묻어 있는 이산화황의 농도를 측정된 결과 표 3~4와 그림 11과 같다. 전통한지의 경우는 2시간 만에 이산화황이 100% 제거되었다.

1시간 약을 달였을 경우 전통한지는 98.9% 제거율을 보여 가장 제거효과가 높은 것으로 나타났다. 일반한지는 전통한지보다 3.5% 떨어지는 95.4%의 제거효율을 보였고, 거름종이는 95.4%, 일반종이인 복사지를 사용하였을 때 93.2%로 가장 제거효율이 낮은 것으로 나타났다.

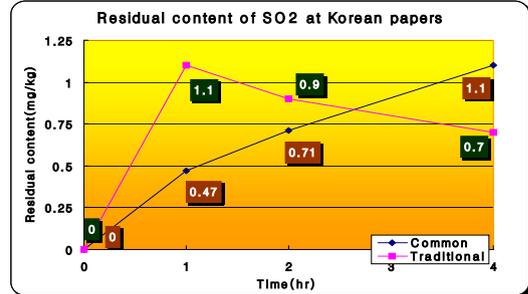
[표 3] 전통약탕기 덮개종이류에 따른 이산화황 제거율 비교

| Name | Initial conc. of SO ₂ (mg/kg) | removal efficiency(%) | |
|-------------------------------|--|-----------------------|------|
| | | 1hr | 2hr |
| Traditional hanji paper (THP) | 753 | 98.9 | 100 |
| Common hanji paper (CHP) | 753 | 95.4 | 97.1 |
| Filter paper (FP) | 753 | 95.4 | 97.7 |
| General paper (GP) | 753 | 93.2 | 95.6 |
| No paper (NP) | 753 | 95.0 | 98.1 |

[표 4] 전통약탕기 덮개종이류에 따른 이산화황 제거율 비교

| Name | Initial conc. of SO ₂ (mg/kg) | residual content(mg/kg) | |
|-------------------------------|--|-------------------------|------|
| | | 1hr | 2hr |
| Traditional hanji paper (THP) | 753 | 8.3 | 0 |
| Common hanji paper (CHP) | 753 | 36.9 | 21.8 |
| Filter paper (FP) | 753 | 34.6 | 17.3 |
| General paper (GP) | 753 | 51.2 | 33.1 |
| No paper (NP) | 753 | 37.7 | 14.3 |

1시간 약을 달인 후 일반한지의 뚜껑에는 0.56ppm의 농도를 함유하고 있었으며 전통한지의 경우 1.2ppm으로 일반한지에 묻어있어 일반한지보다 이산화황의 농도가 약간 높았다.

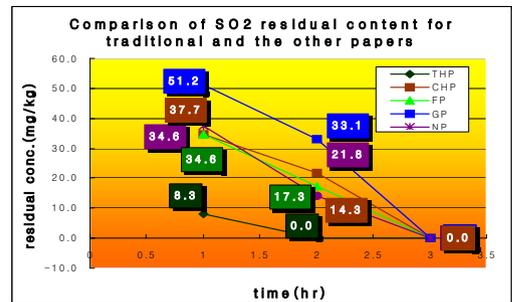


[그림 11] 전통한지와 일반한지 덮개에 따른 이산화황 잔존량 비교

한지뚜껑에 잔류하는 이산화황을 측정된 결과 일반한지가 1시간 약을 달였을 때 0.47ppm 잔존 하였으며, 2시간은 0.71ppm, 4시간은 1.1ppm 잔존하였으며, 전통한지는 1시간 후에 1.1ppm, 2시간은 0.9ppm, 4시간은 0.7ppm 잔류하였다. 이 결과로 보아 일반한지보다 전통한지가 단 시간 내에 조금 더 많은 양의 이산화황이 투과 되었음을 추측하여 볼 수 있었다.

3.3 전통한지, 일반한지, 거름종이, 일반종이 뚜껑 제거율 비교

이산화황이 753ppm 잔류하는 약액 200g을 전통약탕기에 넣고 물 500ml를 넣고 1시간, 2시간 약을 달인 후 식혀서 모니터-윌리엄스 방법으로 측정하였다. 이 때 전통한지의 이산화황 제거효과를 비교하기 위해 전통한지, 일반한지, 거름종이와 일반종이(복사지) 그리고 뚜껑을 덮지 않은 상태로 실험 하였다. 실험결과는 표 3~4와 그림 12와 같다.



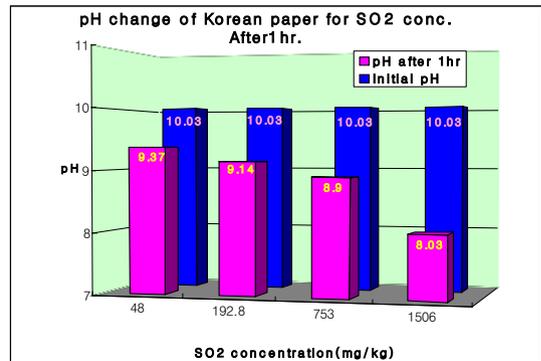
[그림 12] 전통약탕기 덮개종이류(필터)에 따른 이산화황 잔존량 비교(THP : 전통한지, CHP : 일반한지, FP : 여과지, GP:일반복사용지, NP:덮개를 덮지 않음)

전통한지는 휘발성유해물질의 투과도가 제일 좋은 것으로 나타났으나, 일반한지는 뚜껑을 하지 않는 경우보다 휘발성유해물질이 더 많이 잔존하는 것으로 나타났다. 이는 전통방식과 일반한지 만드는 차이로, 뚜껑을 하지 않은 경우 공기의 흐름을 차단하지 않기 때문에 자유롭게 이산화황이 휘발 하였을 것으로 추측 되었으며, 일반한지 종이의 경우 종이의 조직이 휘발성물질을 외부로 자유롭게 이동 하지 못하게 공기의 흐름이 차단되어 뚜껑을 사용하지 않는 경우보다 휘발된 양이 적은 것으로 나타났다. 반면, 전통한지는 휘발성유해물질은 외부로 휘발되고 유용성물질은 뚜껑의 내외부의 온도차에 의해 뚜껑 내부에 이슬로 맺혀 다시 약탕기 안으로 떨어짐을 반복하면서 냉각탑 역할을 한 것으로 추측되었다.

3.4 이산화황 제거에 따른 한지의 pH 변화

전통약탕기로 약을 달일 때 과연 이산화황이 휘발되면서 어떻게 이동하는지 거동을 알아보기 위하여 전통약탕기 안에 이산화황농도를 48ppm, 193ppm, 1,506ppm의 농도에 맞도록 이산화황이 검출된 한약재를 물로 희석하여 1시간동안 한약재를 달인 후 한약을 달일 때 액상에 녹아 있는 이산화황이 기화하면서 통과하는 입구부분, 즉 지름 14cm의 한지부위를 원형으로 자른 후 pH 7.15인 증류수 100ml에서 섞어서 pH를 측정한 결과 그림 13과 같다. 이 실험은 이산화황이 들어 있지 않은 한약재를 동시에 달이면서 한지 pH를 측정하여 보정한 결과로 약을 달이기 전 한지의 pH는 10.03이었으나 초기 농도 48ppm에서 1시간 달인 후 한지는 pH 9.37로 변했으며, 193ppm 농도에서는 pH 9.14, 753ppm 농도에서는 pH 8.9 그리고 1506ppm 농도에서는 pH 8.3이었다. 결과적으로 이산화황 농도가 높아질수록 한지의 pH는 염기성에서 중성방향으로 이동함을 알 수 있었다.

이러한 결과로 이산화황이 약탕기내에 잔류되는 이산화황이 휘발하면서 한지를 통과하게 되며 통과하는 동안에 한지의 초기 pH가 10.03인 염기성 상태에서 산성을 띄는 이산화황과 반응하여 pH가 중성 쪽으로 변하는 것을 알 수 있었다. 이 실험에서 중요한 의의는 이산화황이 한지를 통과 한다는 사실을 입증하였으며 이로 인하여 한지의 pH가 이산화황에 의해 변한다는 사실도 알 수 있었다



[그림 13] 이산화황 농도에 따른 한지의 pH 변화

3.5 전자약탕기 이산화황 제거효율 파이롯트 실험 결과

우리 전통한지는 이산화황 제거 효과가 뛰어난 점을 고려하여 산업형 공정화 전 단계 실험인 파이롯트 실험을 하였다. 그림 3의 홍삼나라 RG3 밀폐형전자약탕기는 약탕기 중간 입구부분이 다른 약탕기에 비해 면적이 커서 파이롯트 실험에 적합한 전자약탕기로 선정하였다.

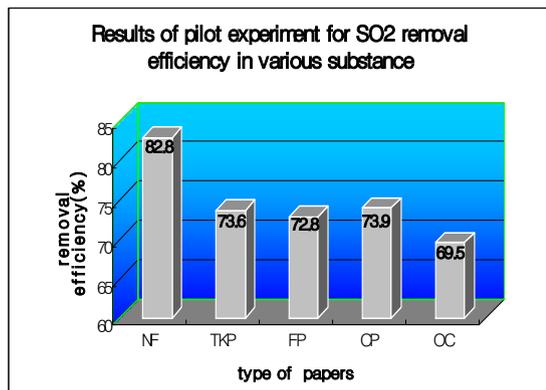
그림 5, 6과 같이 약탕기 내의 중간부분에 한지와 거름종이를 각각 덮고 실험하였다. 이산화황의 농도는 753ppm으로 하였으며, 그림 4는 약탕기 내에 아무런 필터장치 없이 제품 그대로 약을 1시간 달였다. 그림 5~7은 전통한지, 거름종이, 활성탄을 거름종이 기준인 약 2.9g을 동일하게 약탕기 중간부위에 넣고 약을 달였다. 활성탄의 경우는 티백종이에 싸서 비이커에 담은 후 약탕기 중간부분에 놓고 이산화황의 제거율을 측정 하였다. 불순물과 위해물질 흡수에 뛰어난 참숯은 그림 8과 같이 약 150g 정도의 것으로 약탕기 내에 두고 약을 달이는 동안 얼마만큼 이산화황을 흡수 하는지 관찰한 결과는 표 5, 6과 그림 14와 같다.

[표 5] 전자약탕기 중간부분 물질종류(필터)에 따른 이산화황 제거율

| Various type of material | Initial conc. of SO ₂ (mg/kg) | removal efficiency(%) after 1hr |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| No filter(NF) | 753 | 82.8 |
| Traditional hanji paper(THP) | 753 | 73.6 |
| Filter paper(FP) | 753 | 72.8 |
| Charcoal powder(CP) | 753 | 73.9 |
| Oak tree charcoal, solid type(OC) | 753 | 69.5 |

[표 6] 전자약탕기 중간부분 물질종류(필터)에 따른 이산화황 잔존량

| Various type of material | Initial conc of SO ₂ (mg/kg) | residual content(mg/kg) after 1hr |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Not filter(NF) | 753 | 125.1 |
| Traditional hanji paper(THP) | 753 | 198.8 |
| Filter paper(FP) | 753 | 204.8 |
| Charcoal powder(CP) | 753 | 196.5 |
| Oak tree charcoal, solid type(OC) | 753 | 229.7 |



[그림 14] 전자약탕기 중간부분 물질종류(필터)에 따른 이산화황 제거율(NF:필터 없음, THP,TKP:전통한지, FP:일반한지, CP:활성탄, OC:참숯)

밀폐형전자약탕기 내에 전통한지, 거름종이, 활성탄분말을 넣어 이산화황 제거율은 각각 73.6%, 72.8%, 73.9%로 나타났다. 이 3가지의 실험방식은 이산화황의 제거율에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 아무것도 넣지 않고 밀폐형약탕기 자체로 실험한 결과는 82.8%로 약탕기 내부에 다른 물질을 넣은 것보다도 오히려 약 10% 정도 제거효율이 높은 것으로 나타났다.

전자약탕기 내에 불순물 흡수 및 제거에 뛰어난 참나무 숯 150g 짜리를 약탕기 안에 넣어 실험한 경우도 약탕기 내에 아무것도 넣지 않고 실험한 것보다 약 13% 정도 효율이 떨어지는 것으로 나타났으며, 전통한지, 거름종이, 활성탄분말을 넣은 것보다도 효율이 약3% 이상 좋지 않았다. 이 결과는 이산화황과 같은 휘발성유해화합물은 밀폐형약탕기 내에서는 어떠한 흡수력과 투과력이 뛰어난 물체에도 이산화황을 제거 하는 변수가 되지 못함을 알 수 있었다. 일정한 크기의 숯은 오히려 밀폐된 공간 안에서 일정한 면적을 차지하고 공기에 순환을 방해하여

제거 효율을 떨어뜨리는 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] 중앙일보. 2005. 11. 30.
- [2] 박나영, 윤혜정, 전대훈 등 : 국내 유통 나무 젓가락 중 이산화황 이행량에 관한 연구. 한국식품위생안전성학회. 23(3). 218~221. 2008.
- [3] 문운섭 : 울산 지역에서 2001년 이후 이산화황(SO₂)의 고농도 사례분석과 저감 정책 방안의 검토. 한국환경과학회지 17(4), 423~437. 2008.
- [4] 허성규, 차운엽, 김유진 등 : 모 한방병원 한약재내 중금속과 이산화황 함량 및 잔류농약 분석 연구. 동의생리병리학회지 22(4), 948~953. 2008.
- [5] 서창섭, 황대선, 이준경 등 : 전탕 전과 후의 중금속, 잔류농약 및 잔류이산화황의 농도변화. 대한본초학회지 23(4). 51~58. 2008.
- [6] 생약의 잔류이산화황 검사기준 및 시험방법 : 식품의약품안전청고시 제2008-3호.
- [7] 오창환, 성동원, 육창수 등 : 건조방법에 따른 한약재 중 이산화황 잔류량 및 지표성분 변화. 생약학회지. 38(4). 299~304. 2007.
- [8] 신영민, 김재이, 김우성 등 : 국내 유통중인 한약재에서 이산화황 잔류량에 대한 연구. 동의 생리병리학회지. 21(4). 1039~1044. 2007.
- [9] 강길진, 오금순, 김형일 등 : 생약중의 천연유래 이산화황 함유량 및 그 출처. 한국식품과학회지Vol.33. No.514~520. 2001.
- [10] 김희연, 이영자, 홍기영 등 : 식품 중 천연 유래 이산화황함유량에 관한 연구. 한국식품과학회지. 32(3). 544~549. 2000.
- [11] 김충모, 송병준, 나환식 : 생약재에 함유된 이산화황 함유량 조사. 한국식품영양과학회지. 29(3), 375~379. 2000.
- [12] 최윤수, 김종국 : 한약재 가운데 SO₂로서의 잔류표백제에 관한 조사 연구. 한국위생학회지. 5(2).71~77. 1999.
- [13] 정소영, 김일영, 김성단 등 : 산중류-HPLC법과 모니어 윌리엄스변법을 이용한 절임류 중의 이산화황 함량 분석. 한국식품과학회지 35(6), 1028-1032. 2003.

양 승 희(Yang Seung Hee)

[정회원]



- 2000년 2월 : 단국대학교 과학교육과 주
- 2005년 3월 ~ 2006년 2월 : 경기도 과학교육원 과학동아리활동 집필 위원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 교육과정 특성화학교 운영 유공교원
- 2009년 1월 ~ 현재 : 전국연합 학력평가 출제위원, 대평고 근무

<관심분야>
화학

유 석 규(Ryu Seok Gyu)

[준회원]



- 2007년 2월 : 수원속지중학교 졸업
- 2007년 3월 ~ 현재 : 수원속지 고등학교 재학

<관심분야>
전자정보통신, 생명공학