

플라스마를 이용한 Abietic Acid의 제거에 관한 연구

김가영, 김다슬, 김동현*
호서대학교 안전환경기술융합학과

A Study on Removal of Abietic Acid Using Plasma

Ga-Young Kim, Da-Seul Kim, Dong-Hyun Kim*
Department of Safety and Environmental Technology Convergence, Hoseo University

요약 본 연구는 전자산업 해당공정 작업자가 노출될 수 있는 천식유발물질인 Abietic acid가 플라스마 처리로 인해 제거되는 효과를 확인하고자 2019년 1월부터 11월 까지 측정 분석하였다. 솔더 와이어와 천연 Rosin을 사용하여 250℃, 300℃, 350℃ 온도에서 발생하는 공기를 2ℓ/min 유속으로 10분간 에어샘플러로 유리섬유여과지로 포집하였다. 포집한 시료의 분석은 메틸알코올로 전처리 후 HPLC로 Abietic acid를 정량 분석하였다. 그 결과 천연 Rosin, 솔더 와이어에서 모두 Abietic acid의 발생을 확인하였으며, 열처리 온도가 상승함에 따라 모두 Abietic acid 발생량 또한 증가함을 확인하였다. 천연 Rosin과 솔더 와이어 중에 천연 Rosin에서 Abietic acid의 발생량이 더 많았다. 플라스마 처리 결과 천연 Rosin에서 약 92% 이상의 제거효율을 확인하였고, 솔더 와이어에서는 Abietic acid의 Peak가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였다. 본 연구를 통해 솔더 와이어와 천연 Rosin에서 천식 유발물질인 Abietic acid가 발생하는 것을 확인 하였으며, 플라스마 처리로 Abietic acid가 제거되는 효과를 확인 할 수 있었다.

Abstract This study was measured and analyzed from January to November 2019 to confirm the effect that Abietic acid, an asthma-causing substance, which can be exposed to workers in the electronics industry, is removed by plasma treatment. The experiment was carried out using a solder wire and natural rosin. Air at temperatures of 250°C, 300°C, and 350°C was collected with a glass fiber filter paper using an air sampler for 10 minutes at a flow rate of 2ℓ/min. An analysis of the collected samples was performed by pretreatment with methyl alcohol and quantitative analysis by high performance liquid chromatography (HPLC). This procedure confirmed that abietic acid was generated in both natural rosin and solder wires, and the quantum of abietic acid increased as the treatment temperature increased. The amount of abietic acid was higher in natural rosin than solder wire. As a result of plasma treatment, a removal efficiency of about 92% or more was confirmed in natural rosin. A peak of abietic acid was not detected in the solder wire. Therefore, a removal efficiency of 100% was confirmed. This study, confirmed that abietic acid, an asthma-trigger can be generated in solder wire and natural rosin, and can be removed by plasma treatment.

Keywords : Rosin-based flux, Plasma, Abietic acid, Solder wire, Occupational asthma

본 논문은 환경부 화학물질관리협회 화학물질 안전관리 전문인력 양성과제로 수행되었음.

본 연구는 2020년도 『 호서대학교 화학물질 안전관리 전문인력 양성과제 』의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Dong-Hyun Kim(Hoseo Univ.)

email: thomasdh@naver.com

Received October 12, 2020

Revised November 2, 2020

Accepted November 6, 2020

Published November 30, 2020

1. 서론

직업성 천식은 천식을 유발하는 특정물질에 노출됨으로써 발병하는 직업성 폐질환 중 알레르기성 호흡기 직업병으로 이로 인한 근로손실 등 사회 경제적으로 큰 부담을 주게 된다는 점에서 중요하다[1].

특히 송진 플럭스 심(Colophony flux cores)이 포함된 실 땀납(wire solder)을 취급하는 솔더 작업 근로자의 직업성 천식은 1976년 Fawcett 등에 의해 보고된 이후로 지금까지, 솔더 작업 근로자들에게서 송진과 그 산화물에 의한 건강장해에 대한 많은 연구와 보고가 수행된 바 있다[1, 2].

전자산업에서 필수적인 재료인 Rosin Flux는 솔더 공정 중에서 대기 중의 산소와 반응하여 산화하거나 수분과 반응하여 수소의 흡수를 방지하는 산화 막을 형성하며, 기판에 있는 산화물 등을 제거하고 재 산화를 방지하는 역할을 하고, 기판에 납의 고른 도포를 도와주는 역할을 한다. 이는 직·간접적으로 300℃ 이상의 고온에 노출되며, Flux의 재료로 사용되는 Rosin은 가열하게 되면 레진 산으로 분해되어 직업성 천식을 유발하는 물질로 보고된 바 있다.

이전 연구 결과에 의하면[3], 레진 산의 주요 구성성분 중 하나인 Abietic acid는 직업성 천식을 유발할 수 있는 물질이며, 피부자극의 주원인으로써 지적되었다. Abietic acid는 대기 중의 산소에도 쉽게 반응하는 특성을 가지고 있기 때문에, 로진을 사용 하는 근로자가 산화 Abietic acid의 위험에 쉽게 노출 될 수 있음을 예상할 수 있다[4].

1970년대 후반 이후 영국을 중심으로 솔더 작업 근로자의 건강장해에 대해 수많은 역학조사 및 임상연구결과에 대한 보고가 있었다[5, 6]. 이를 통해 로진에 의한 건강장해는 의학적으로 잘 정립되었으나[2], Abietic acid를 비롯한 레진 산의 노출기준은 잘 정립되지 않았다는 한계점이 있다. 독일 및 국내 고용노동부도 마찬가지로 레진 산에 관한 법적인 허용기준을 제시하지 않고 있다[7]. 결과적으로, Abietic acid를 포함한 레진산은 국내 산업안전보건법 시행규칙 별표 11의 작업환경측정대상 유해인자 190여종과 같이 관리·감독되지 않고, 화학물질에 대한 정보를 제공하는 물질안전보건자료에서도 레진 산의 위험·유해성에 대해 명확하게 정보를 제공하지 않고 있는 실정이다[8].

본 연구에서 플라스마를 이용한 처리방식은 상온·대기압에서 운전 및 제어가 가능하며 반응 활성이 높은 라디

칼들을 이용하여 유해물질을 단 시간 내에 처리가 가능하기 때문에, 장치의 크기를 줄일 수 있고, 유지관리가 편리하다는 장점을 가지고 있어 최근 유해물질 제어에 적합한 기술로 부각되고 있다.[9]

따라서 본 연구에서는 현재 국내 전자산업에서 이용되고 있는 Rosin과 솔더 와이어에서 Abietic acid의 발생량을 확인하고, 열처리 시 발생하는 Abietic acid를 플라스마에 의한 Abietic acid의 제거효율을 알아보고자 하였다. 또한 작업자가 작업 중 노출될 수 있는 천식유발물질인 Abietic acid를 플라스마를 이용한 제거되는 효과를 확인하여 근로자의 안전한 작업환경이 될 수 있는 기초자료로 활용하고 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료 및 장비

실험대상 시료는 천연 Rosin, 솔더 와이어(82Sn-36Pb-2Ag)를 선정하여 분석하였다.

실험에 사용된 크로마토그래피 분석기기는 Agilent(USA)사의 Agilent사의 1260Infinity G1311C 1260 Quat Pump VL, 1260Infinity II G7129A 1260 vial sampler, 1260Infinity G7129A 1260 DAD VL를 사용하였고, 크로마토그래피의 분석용 컬럼은 oroshell 120 EC-C18(2.7 μ m, 4.6 mm \times 100 mm) 컬럼을 사용하였다.

측정 장비로는 유량 측정기(Kemik corporation, KM-102.), 에어 샘플러(Casella Apex Pro Air Sampling Pump)를 사용하였고, 시험용 챔버를 제작한 후 하단에는 히팅 플레이트(Daihan, MaXtir 500H), 팬(T&T, MW-925H12S)를 설치해 사용하였다. 모습은 그림 1과 같다.

실험에서 사용 된 플라스마는 고전압발생기 아크코일(DM2181 고전압 발생기 3-6V 400Kv, 고전압발생기 3.7V-4.2V 15Kv) 플라스마 발생기를 제작하여 사용하였다. 모습은 그림 2와 같다.

본 실험에서 표준물질로 사용된 Abietic acid는 75% 순도로 Alfa Aesar사에서 구입하였다. 전처리 용매로는 Methy alcohol(99.9%)를 사용하였고, 이동상은 Acetonitrile(99.8%), Water를 사용하였다. 이는 모두 HPLC급으로 Daejung 사에서 구입하였다.



Fig. 1. The schematic of chamber

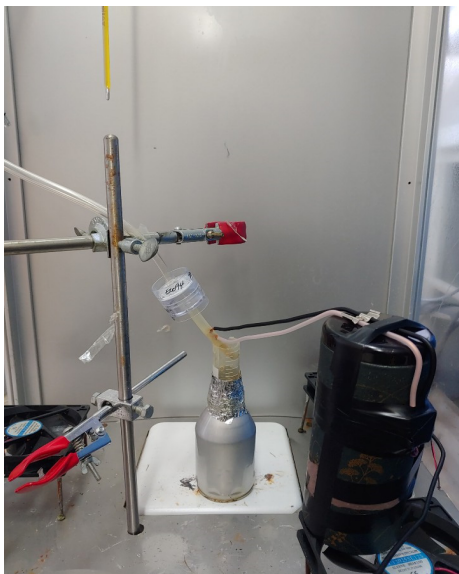


Fig. 2. The schematic of plasma generator

2.2 실험방법

실험은 시료 포집, 플라즈마 처리, 전처리, 분석의 4가지 단계로 수행하였다.

2.2.1 시료포집

Abietic acid 분석과 관련하여 국제표준실험법이 정

해져있지 않기 때문에, 본 실험에서는 OSHA Sampling and Analytical Method 58[10]의 HPLC Mobile phase와 Detector를 참고하고, Flow rate와 분석시간을 변형하여 시료를 포집하였다.

먼저, 3단 카세트에 유리섬유여과지를 장착 한 뒤, 개인 샘플러에 연결한 후 2 l/min로 유량을 조절하였다. 이 때 사용한 유리섬유여과지는 직경 37 mm, 공극 0.8 μm로 사용하였다. 3단 카세트는 챔버 내 설치한 장치 위에 바로 위치하도록 설치하였다.

개인 샘플러의 채취 유량 기록을 초기화한 다음, 히팅 플레이트를 설정 온도(250℃, 300℃, 350℃)로 준비하였다. 미량저울과 마이크로피펫을 이용하여 천연 Rosin·솔더 와이어 0.05g을 각각 담아 준비하였다. 시료를 챔버 내 히팅 플레이트에 위치시키고 밀폐한 뒤, 에어 샘플러를 2 l/min으로 바로 가동해 10분간 챔버 내 공기를 포집하였다. 10분 간 포집 후 에어 샘플러를 정지시켰다. 후드와 연결된 환기구를 연 뒤, 챔버 하단면에 위치한 팬을 가동시켜 환기시켰다.

2.2.2 플라즈마처리

플라즈마 처리 시료는 앞의 단계와 동일하게 진행하되, 10분간 챔버 내 공기를 포집하는 동안 플라즈마 발생기를 작동시켜 포집과 플라즈마 처리를 동시에 진행한다. 포집 후 환기 단계 역시 동일하게 진행하였다. 3단 카세트를 꺼내고 유량 보정기를 사용하여 다시 유량을 확인한 뒤 사용한 유리섬유여과지는 15ml 튜브에 담아 4℃ 이하에서 냉장 보관하였다. 총 채취량은 시료채취 전·후로 측정한 유량의 평균값(l/min)에 채취시간(min)을 곱하여 1m³(1000 l = 1 m³)으로 계산하였다. 유리섬유여과지에 채취 된 총 Abietic acid 함량(mg)은 표준용액을 제조하여 검량 선을 그린 뒤 계산하였다.

2.2.3 전처리 및 분석

Abietic acid의 분리와 구조를 연구한 자료[11]과 Abietic acid를 HPLC로 분석한 자료를 참고하여 전처리를 진행하였으며[12, 13], 이동상 조건을 실험에 맞게 일부 변형시켜 분석하였다. 시료의 전처리 조건은 15ml 튜브에 유리섬유여과지를 취하고 메틸알코올 10ml를 가하여 충분히 녹여낸 뒤 이를 최종 시험용액으로 하였다. 액체크로마토그래피 분석은 Table. 1의 조건으로 수행하였다. 241nm파장에서 얻은 크로마토그래피 결과로 정량하였다. 표준용액은 100mg/L의 농도로 만든 뒤 2배

씩 단계 희석하여 100, 50, 25, 12.5, 6.25mg/L 5가지 농도로 분석하여 검량선($R^2 = 0.9999$)을 작성하였다(그림 3).

Table 1. HPLC analysis conditions

Parameters	Instrumental conditions
Injection	2 μ l
Flow rate	0.5 ml/min
Mobile phase	Sol. A : Acetonitrile (87%) Sol. B : Water (13%) 40min
Column	Poroshell 120 EC-C18 (2.7 μ m, 4.6 mm \times 100 mm)
Column temp.	30 $^{\circ}$ C
Detector	UV / DAD (241 nm for quantitative analysis)

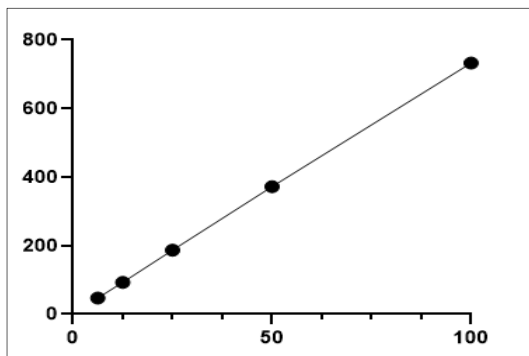


Fig. 3. Abietic acid standard(Standard sol. abietic acid, $R^2=0.9999$)

3. 결과 및 고찰

3.1 천연 Rosin과 솔더 와이어의 Abietic acid 발생량

온도 조건에 따른 천연 Rosin과 솔더 와이어의 Abietic acid 발생량을 비교하고자 250 $^{\circ}$ C, 300 $^{\circ}$ C, 350 $^{\circ}$ C로 열처리 하고 샘플러로 챔버 내부공기를 포집하였다. 이 때 발생하는 Abietic acid의 함량은 다음과 같다(표 2, 그림 4).

Table 2. The amount of abietic acid at 3 temperature conditions using pine resin, 82Sn-36Pb-2Ag wire

Temperature	Concentration of pine resin(mg/m 3) (Mean \pm S.D.)	Concentration of 82Sn-36Pb-2Ag wire(mg/m 3) (Mean \pm S.D.)
250 $^{\circ}$ C	36.7367 \pm 2.9911	0.6723 \pm 0.0432
300 $^{\circ}$ C	49.3893 \pm 0.7385	1.1232 \pm 0.0055
350 $^{\circ}$ C	58.0114 \pm 0.4767	4.3681 \pm 0.0777
Average	48.0458 \pm 1.4021	2.0545 \pm 0.0421

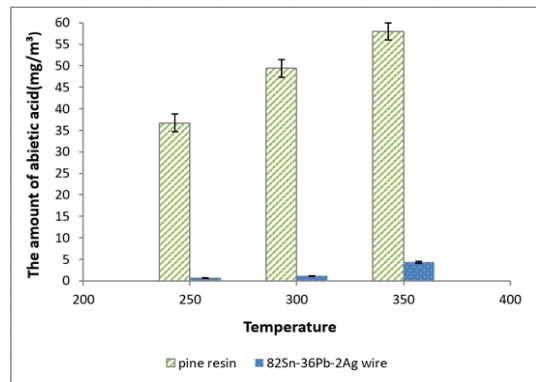


Fig. 4. The amount of abietic acid at 3 temperature conditions using pine resin, 82Sn-36Pb-2Ag wire

천연 Rosin에서는 250 $^{\circ}$ C에서 열처리 시 36.7367 \pm 1.4955mg/m 3 , 300 $^{\circ}$ C에서 49.3893 \pm 0.3692mg/m 3 , 350 $^{\circ}$ C에서 58.0114 \pm 0.2384mg/m 3 의 Abietic acid가 발생하였다. 솔더 와이어에서는 250 $^{\circ}$ C에서 열처리 시 0.6723 \pm 0.0216mg/m 3 , 300 $^{\circ}$ C에서 1.1232 \pm 0.0028 mg/m 3 , 350 $^{\circ}$ C에서 4.3681 \pm 0.0389mg/m 3 의 Abietic acid가 발생하였다. 이에 따라 천연 Rosin과 솔더 와이어에서 온도가 상승함에 따라 Abietic acid 발생량이 증가함을 확인할 수 있었다.

3.2 플라스마 처리에 따른 천연 Rosin의 abietic acid 제거효율

플라스마 처리에 따른 천연 Rosin의 Abietic acid 제거 효율을 비교하고자 공정과 같은 온도 조건인 300 ~ 350 $^{\circ}$ C와 유사한 범위인 250 $^{\circ}$ C, 300 $^{\circ}$ C, 350 $^{\circ}$ C로 열처리

와 동시에 샘플러 앞에 플라즈마 발생기를 위치시킨 뒤, 챔버 내부공기를 포집하였다. 이 때 발생하는 Abietic acid의 양은 다음과 같다(표 3, 그림 5).

Table 3. Removal efficiency of abietic acid from pine resin by plasma treatment

Temperature	Plasma	Concentration (mg/m ³) (Mean ± S.D.)	Removal efficiency(%) (Mean ± S.D.)
250℃	Not treatment	36.7367 ± 2.9911	96.2657 ± 0.0245
	Treatment	1.3733 ± 0.1297	
300℃	Not treatment	49.3893 ± 0.7385	94.6981 ± 0.1630
	Treatment	2.6161 ± 0.1218	
350℃	Not treatment	58.0114 ± 0.4767	92.6660 ± 0.0260
	Treatment	4.2543 ± 0.0048	

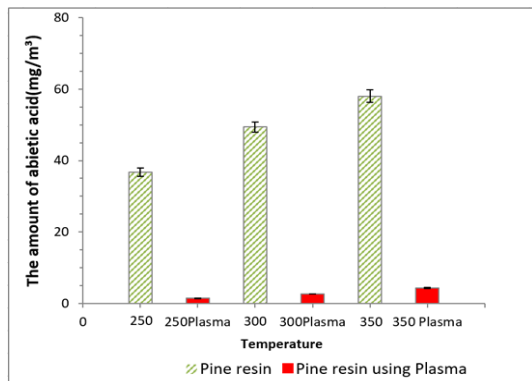


Fig. 5. Removal efficiency of abietic acid from pine resin by plasma treatment

천연 Rosin에서는 250℃에서 36.7367 ± 1.4955mg/m³, 250℃에서 플라즈마 처리 시 1.3733 ± 0.0648mg/m³로 감소하여 96.2657 ± 0.0245%의 제거효율을 확인하였고, 300℃에서 49.3893 ± 0.3692mg/m³, 300℃에서 플라즈마 처리 시 2.6161 ± 0.0609mg/m³의 Abietic acid가 발생하여 94.6981 ± 0.1630%의 제거효율을 확인하였다. 350℃에서는 58.0114 ± 0.2383mg/m³, 350℃에서 플라즈마 처리 시 4.2543 ± 0.0024mg/m³의 Abietic acid가 발생하여 92.6660 ± 0.0260%의 제거효율을 확인하였다. 이에 따라 천연 Rosin에서는 세 온도 조건 모두 92% 이상의 제거효율을 확인할 수 있었다.

3.3 플라즈마 처리에 따른 솔더 와이어의 abietic acid 제거효율

앞서 플라즈마 처리에 따른 천연 Rosin의 Abietic acid 제거 효율을 알아보기 위한 실험과정과 마찬가지로 솔더 와이어에서도 같은 실험과정으로 진행하였다. 솔더 와이어의 경우 발생하는 Abietic acid의 양은 다음과 같다(표 4, 그림 6).

Table 4. Removal efficiency of abietic acid from 82Sn-36Pb-2Ag wire by plasma treatment

Temperature	Plasma	Concentration (mg/m ³) (Mean ± S.D.)	Removal efficiency (%)
250℃	Not treatment	0.6723 ± 0.0432	100
	Treatment	0	
300℃	Not treatment	1.1232 ± 0.0055	100
	Treatment	0	
350℃	Not treatment	4.3681 ± 0.0777	100
	Treatment	0	

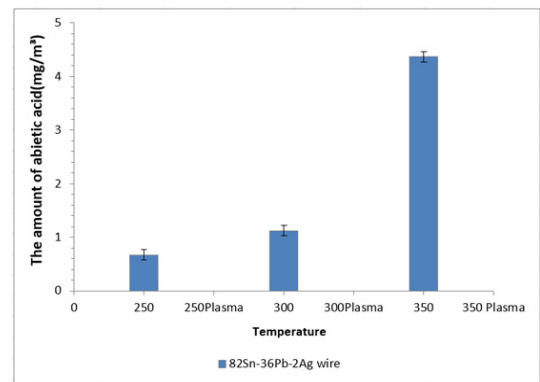


Fig. 6. Removal efficiency of abietic acid from 82Sn-36Pb-2Ag wire by plasma treatment

솔더 와이어에서는 250℃에서 0.6723 ± 0.21586mg/m³, 250℃에서 플라즈마 처리 시 Abietic acid의 피크가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였고, 300℃에서 1.1232 ± 0.0028mg/m³, 300℃에서 플라즈마 처리 시 Abietic acid의 피크가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였다. 350℃에서는 4.3681 ± 0.0389mg/m³, 350℃에서 플라즈마 처리도 마찬가지로 Abietic acid의 피크가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였다. 이에 따라 솔더 와이어에서는 세 온도 조건 모두 100%의 제거효율을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 플라스마 처리 결과 천연 Rosin에서 약 92%의 제거효율을 보여 솔더 와이어의 100%보다 낮은 결과를 보였다. 이러한 이유는 솔더 와이어의 시료 중량에는 납이 포함되어 중량 대비 천연 Rosin보다 Rosin 함량이 상대적으로 적었다. 따라서 천연 Rosin에서 시료 중 Rosin의 양이 많아 그에 따른 Abietic acid가 과량 발생량 하였기 때문에 사료된다.

지금까지 국내에서 천식유발물질인 Abietic acid에 대한 연구가 미진하였으나, 본 연구를 통하여 Abietic acid 발생이 천연 Rosin과 이를 사용하는 솔더 와이어 및 솔더링 공정에서 발생 한다는 사실을 확인 할 수 있었다. 본 연구로 솔더링 공정 근로자의 Abietic acid 노출에 대한 작업환경측정 방법의 구체적인 자료로서 향후 우리나라의 Abietic acid 작업환경측정의 기준 설정에 대한 구체적인 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

또한 근로자 노출을 줄이기 위한 작업환경개선의 공학적인 방법으로 Abietic acid의 플라스마 처리에 대한 저감 방법은 중요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 플라스마 처리 시 Abietic acid의 높은 제거효율을 확인했다. Abietic acid에 노출되는 작업환경측정에서 플라스마 처리를 적용한다면, 보다 안전한 근로환경 개선방법으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

전자산업 해당공정 작업자가 노출될 수 있는 천식유발물질인 Abietic acid가 플라스마 처리로 인해 제거되는 효과를 실험한 결과는 다음과 같다.

천연 Rosin에서는 250℃에서 36.7367 ± 1.4955mg/m³, 250℃에서 플라스마 처리 시 1.3733 ± 0.0648mg/m³로 감소하여 96.2657 ± 0.0245%의 제거효율을 확인하였고, 300℃에서 49.3893 ± 0.3692mg/m³, 300℃에서 플라스마 처리 시 2.6161 ± 0.0609mg/m³의 Abietic acid가 발생하여 94.6981 ± 0.1630%의 제거효율을 확인하였다. 350℃에서는 58.0114 ± 0.2383mg/m³, 350℃에서 플라스마 처리 시 4.2543 ± 0.0024mg/m³의 Abietic acid가 발생하여 92.6660 ± 0.0260%의 제거효율을 확인하였다.

솔더 와이어에서는 250℃에서 0.6723 ± 0.21586mg/m³, 250℃에서 플라스마 처리 시 Abietic acid의 피크가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였고, 300℃에서 1.1232 ± 0.0028mg/m³, 300℃에서 플라스마

처리 시 Abietic acid의 피크가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였다. 350℃에서는 4.3681 ± 0.0389mg/m³, 350℃에서 플라스마 처리도 마찬가지로 Abietic acid의 피크가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였다.

플라스마 처리 결과 천연 Rosin에서 약 92% 이상의 제거효율을 확인하였고, 솔더 와이어에서는 Abietic acid의 Peak가 검출되지 않아 100%의 제거효율을 확인하였다. 모든 샘플에서 플라스마 처리 시 Abietic acid의 높은 제거효율을 확인하였다.

본 연구로 솔더 와이어 사용 작업장 및 Rosin을 이용한 솔더링 공정 근로자의 Abietic acid 노출에 대한 작업환경측정 방법의 구체적인 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 Abietic acid에 노출되는 작업환경측정에서 플라스마 처리를 적용한다면, 보다 안전한 근로환경 개선방법으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] Sung soo Oh. "Fifteen-year incidence and causative agent of occupational asthma in Korea : data from compensation, surveillance, case-report.", Seoul National University (2009).
- [2] Yu, Jay Young, et al. "Ocular, respiratory and skin symptoms among solderers employed in printed circuit board assembly units." Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine 13.4 (2001): 423-435.
DOI: <https://doi.org/10.35371/kjoem.2001.13.4.423>
- [3] Wahlberg, Jan E. "Abietic acid and colophony." Contact Dermatitis 4.1 (1978): 55-55.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1978.tb03724.x>
- [4] Karlberg, Ann-Therése. "Pure abietic acid is not allergenic." Contact dermatitis 21.4 (1989): 282-284.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1989.tb03219.x>
- [5] Burge, P. S., et al. "Respiratory disease in workers exposed to solder flux fumes containing colophony (pine resin)." Clinical & Experimental Allergy 8.1 (1978): 1-14.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1978.tb00441.x>
- [6] Burge, P. SHERWOOD, et al. "Occupational asthma in an electronics factory." Thorax 34.1 (1979): 13-18.
DOI: <https://doi.org/10.1136/thx.34.1.13>
- [7] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. "Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices." American Conference of Governmental Industrial Hygienists, (1995).

[8] Ministry of Employment and Labor, Annex 11 to the Enforcement Rule of the Industrial Safety and Health Act(2019)

[9] Kim, J. C. "Trends and control technologies of volatile organic compound. Journal of Korean Society for Atmospheric Environment", 22(6), 743-757. (2006).

[10] Smith, Philip A., et al. "Sampling and analysis of airborne resin acids and solvent-soluble material derived from heated colophony (rosin) flux: a method to quantify exposure to sensitizing compounds." NUMBER OF PAGES WHICH Do 111 (1996): 225-238. DOI: [https://doi.org/10.1016/0300-483x\(96\)03379-3](https://doi.org/10.1016/0300-483x(96)03379-3)

[11] He, Yi, et al. "Isolation and structural elucidation of abietic acid as the main adulterant in an herbal drug for the treatment of psoriasis." Journal of pharmaceutical and biomedical analysis 66 (2012): 345-348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2012.03.007>

[12] Hroboňová, K., et al. "HPLC determination and MS identification of dehydroabietic acid and abietic acid in propolis." Journal of liquid chromatography & related technologies 28.11 (2005): 1725-1735.

[13] Mitani, K., et al. "Analysis of abietic acid and dehydroabietic acid in food samples by in-tube solid-phase microextraction coupled with liquid chromatography-mass spectrometry." Journal of chromatography A 1146.1 (2007): 61-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.01.118>

김 가 영(Ga-Young Kim)

[준회원]



- 2018년 2월 : 호서대학교 식품공학 (식품공학학사)
- 2020년 2월 : 호서대학교 안전환경기술융합학과 석사(안전환경기술융합학과 석사)

<관심분야>

일반독성, 환경독성

김 다 슬(Da-Seul Kim)

[준회원]



- 2016년 2월 : 나사렛대학교 심리재활학과 (심리재활학학사)
- 2020년 8월 ~ 현재 : 호서대학교 안전환경기술융합학과 대학원생

<관심분야>

일반독성, 환경독성

김 동 현(Dong-Hyun Kim)

[정회원]



- 1992년 8월 : 충남대학교 보건대학원 (환경보건학석사)
- 2004년 8월 ~ 현재 : 호서대학교 대학원 (공학박사)

<관심분야>

환경독성, 환경위해성평가, GLP SDS