



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월19일

(11) 등록번호 10-2695695

(24) 등록일자 2024년08월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/78 (2006.01) G01N 1/22 (2006.01)

G01N 21/25 (2006.01) G01N 21/29 (2006.01)

G01N 21/33 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 21/783 (2013.01)

G01N 1/2273 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0029820

(22) 출원일자 2023년03월07일

심사청구일자 2023년03월07일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020210004233 A

KR1020020088470 A

KR100633421 B1

JP2005091067 A

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

권정환

서울특별시 종로구 창의문로12길 34(부암동)

구예림

서울특별시 성북구 고려대로7다길 28 (안암동1가)

모아빌 402호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 강대출

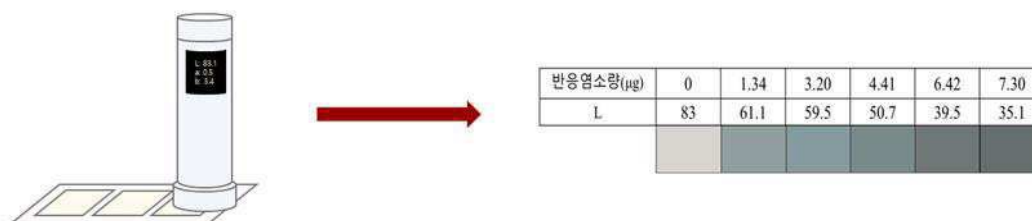
(54) 발명의 명칭 대기 중 염소 기체 노출 농도를 색도표 및 색차계를 이용하여 정량하는 방법

(57) 요약

본 발명은 대기 중 염소 기체 노출 농도를 색차계와 색도표 또는 표준 곡선을 이용하여 정량하는 방법에 관한 것이다.

본 발명은 기존 수동 샘플러를 통한 정량 방법에서 이용하던 추출 후 분석과정을 생략하여, 오직 색 변화만을 통해 염소기체의 노출량을 정량화할 수 있다. 이를 통해, 특별한 분석장비(UV-Visible spectrometer, LCMS 등)가 없는 산업 현장이나 가정에서도 비교적 저렴한 색차계를 이용하여 염소기체의 노출 농도를 확인할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 21/251 (2013.01)

G01N 21/293 (2013.01)

G01N 21/33 (2013.01)

(72) 발명자

하연정

서울특별시 마포구 토정로 167 (창전동, 해모로아
파트) 107동 1002호

김다빈

부산광역시 부산진구 가야대로 569, 102동 1703호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485018514

과제번호 2021002970002

부처명 환경부

과제관리(전문)기관명 한국환경산업기술원

연구사업명 생활화학제품안전관리기술개발사업

연구과제명 수동채취기를 이용한 제품 사용조건별 유해물질 인체 누적 노출량 측정기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 고려대학교 산학협력단

연구기간 2021.04.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

반응 염소량에 따른 색 변화를 측정하여 색도표 또는 표준 곡선을 제작하는 단계;

수동 샘플러에 시료 가스를 일정 시간 노출시킨 후, 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색도표 또는 표준 곡선과 비교하여 반응 염소량을 정량화하는 단계; 및

상기 반응 염소량 및 노출 시간을 이용하여 하기 식 1의 계산법으로 시료 가스의 평균 염소 노출 농도를 계산하는 단계를 포함하고,

상기 수동 샘플러는 기재; 및

상기 기재 상에 도핑된 o-디아니시딘(o-dianisidine)을 포함하며,

상기 색도표는 수동 샘플러를 투과하는 염소 기체에 의한 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색차계를 통해 얻는 단계;

상기 수동 샘플러를 용매에 추출하고, 분광광도계(UV-Visible spectrometer)로 측정하여 상기 수동 샘플러 내의 o-디아니시딘과 반응한 반응 염소량을 정량화하는 단계; 및

상기 정량화된 반응 염소량과 색차계를 통해 얻은 데이터를 색도표로 제작하는 단계를 통해 제작되고,

상기 색도표는 정량화된 반응 염소량에 따른 색차계로 얻은 L, A, 및 B 좌표로 표현되는 색상 이미지, 및/또는 정량화된 반응 염소량에 따른 L 값으로 구성되며,

상기 표준 곡선은 수동 샘플러를 투과하는 염소 기체에 의한 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색차계를 통해 얻는 단계;

상기 수동 샘플러를 용매에 추출하고, 분광광도계로 측정하여 상기 수동 샘플러 내의 o-디아니시딘과 반응한 반응 염소량을 정량화하는 단계; 및

상기 정량화된 반응 염소량과 색차계를 통해 얻은 L 값을 표준 곡선으로 제작하는 단계를 통해 제작되는, 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법:

<식 1>

$$\text{평균 염소 노출 농도}(\text{mg}/\text{m}^3) = \text{반응 염소량}(\mu\text{g}) / [R_s t \times 10^3]$$

상기 식 1에서, R_s 는 $0.0023 \text{ m}^3/\text{h}$ 이고, t 는 노출 시간을 나타낸다.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

기재는 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리아크릴레이트(PA), 폴리디메틸실록산/다이비닐벤젠(PDMS/DVB), 및 폴리스티렌(PS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상인 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

기재의 두께는 0.3 내지 1.0 mm이고,

기재 상에 도핑된 o-디아니시딘의 함량은 0.05 내지 0.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 인 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

o-디아니시딘은 염소 기체와 반응하여 변색되는 것인 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

수동 샘플러는 o-디아니시딘을 용매와 혼합하여 염료 용액을 제조하는 단계; 및

상기 염료 용액에 기재를 투입하여 기재에 o-디아니시딘을 도핑하는 단계를 통해 제조되는 것인 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

용매는 톨루엔, 아세토니트릴, 아세톤, 크실렌, 디메틸설폭사이드(DMSO), 디메틸포름아마이드(DMF), 테트라히드로퓨란(THF), 벤젠, 에테르, 메탄올, 헥산, 시클로헥산, 피리딘, 아세트산, 사염화탄소, 클로로포름, 디클로로메탄, 에틸아세테이트 및 에틸벤젠으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상인 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

식 1에서 R_s 는 수동 샘플러가 시간 당 염소 기체를 채취하는 공기량을 측정하여 계산되는 것인 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 대기 중 염소 기체 노출 농도를 색차계와 색도표 또는 표준 곡선을 이용하여 정량화하는 방법에 관한

[0001]

것이다.

배경 기술

[0003] 가정 및 직장에서 살균 및 청소로 많이 쓰이는 염소계열 소독제는 그 성분이 주로 차아염소산(hypochlorous acid), 차아염소칼슘(calcium hypochlorite), 차아염소나트륨(sodium hypochlorite) 등으로 구성되어 있고, 사용시 염소 및 차아염소산(hypochlorous acid) 가스를 발생시킨다. 염소가스에 노출되면 자극 물질에 의한 천식 양상(irritant-induced asthma)인 반응성 기도 장애증후군(reactive airways dysfunction syndrome, RADS)을 일으키고 고농도의 염소기체에 노출되었을 경우 폐손상을 일으킬 수 있다.

[0004] 이와 같이, 인체에 유해한 염소 및 염소기체의 노출여부 및 농도를 확인하기 위한 종래 기술로, 미터기와 연결되는 신호선이 설치된 센서몸체에 형성되는 제1,2전극으로 이루어지는 전극부에서 격막을 통해 투과하는 염소기체에 의해 수질 내의 잔류 염소농도량을 측정하는 잔류염소 측정센서를 제시한다. 측정부의 색상 변화를 통해 내구 연한 및 교체시기를 판단할 수 있으며, 격막의 변형 방지 및 보호와 오염 상태를 확인할 수 있다. 이러한 측정센서는 격막을 사용하지 않고, 반전위 전극, 기준 전극을 이용하여 수소이온농도에 따른 측정범위의 영향을 받지 않는 효과가 있는 무격막 3전극 방식의 잔류염소 측정센서이다.

[0005] 그러나 상기 염소측정센서는 전극을 이용하여 염소 및 염소의 농도를 측정하는 것으로, 배터리 등의 구성이 필연적으로 요구되며, 그 구성 또한 복잡하고 경제적이지 못하며, 일상생활 속에서 쉽게 사용하기가 어려운 한계가 있다.

[0006] 즉, 염소계열의 소독제는 살균 및 청소 등의 목적으로 다양한 소비자 제품에 사용되고 있지만 염소계열 소독제 사용으로 인한 유해가스 노출수준을 일반 소비자들이 쉽고 간편하게 확인할 수 있으며, 이를 정량화하는 기술은 전무하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 등록특허 제10-1507331호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 대기 중 염소 기체 노출 농도를 색차계와 색도표 또는 표준 곡선을 이용하여 정량화하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 반응 염소량에 따른 색 변화를 측정하여 색도표 또는 표준 곡선을 제작하는 단계;

[0012] 수동 샘플러에 시료 가스를 일정 시간 노출시킨 후, 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색도표 또는 표준 곡선과 비교하여 반응 염소량을 정량화하는 단계; 및

[0013] 상기 반응 염소량 및 노출 시간을 이용하여 식 1의 계산법으로 시료 가스의 평균 염소 노출 농도를 계산하는 단계를 포함하는, 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명은 기존 수동 샘플러를 통한 정량방법에서 이용하던 추출 후 분석과정을 생략하여, 오직 색 변화만을 통해 염소기체의 노출량을 정량화할 수 있다. 이를 통해, 특별한 분석장비(UV-Visible spectrometer, LCMS 등)가 없는 산업 현장이나 가정에서도 비교적 가격이 저렴한 색차계를 이용하여 염소 기체의 노출 농도를 확인할 수 있다.

[0016] 본 발명에서는 기존 수동 샘플러를 통한 정량 방법에서 이용하던 추출 공정이 생략되었으므로, 노출 이후 정량화를 즉시 진행할 수 있다. 염소 기체의 경우 급성 흡입독성을 가지고 있으므로 이는 큰 장점이 될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명에 따른 색도표 및 색차계를 사용한 염소 기체의 정량화 방법을 나타낸다.
- 도 2는 노출 시간에 따른 수동 샘플러의 사진을 나타낸다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 제작된 색도표를 나타낸다.
- 도 4는 수동 샘플러가 시간 당 대상 물질인 염소 기체를 채취하는 공기량을 나타낸다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 제작된 표준 곡선으로, 반응 염소량에 대한 L 값의 변화를 나타낸다.
- 도 6에서, (a)는 반응한 수동 샘플러의 사진, 및 수동 샘플러의 색을 색차계로 측정하여 얻은 시료 기체의 색상 이미지를 나타낸다.
- 또한, (b)는 시료 기체의 색상 이미지와 색도표를 비교한 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명의 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법을 구체적으로 설명한다.
- [0021] 본 발명의 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법은 반응 염소량에 따른 색 변화를 측정하여 색도표 또는 표준곡선을 제작하는 단계;
- [0022] 수동 샘플러에 시료 가스를 일정 시간 노출시킨 후, 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색도표 또는 표준곡선과 비교하여 반응 염소량을 정량화하는 단계; 및
- [0023] 상기 반응 염소량 및 노출 시간을 이용하여 하기 식 1의 계산법으로 시료 가스의 평균 염소 노출 농도를 계산하는 단계를 포함한다.
- [0025] <식 1>
- [0026]
$$\text{평균 염소 노출 농도}(\text{mg}/\text{m}^3) = \text{반응 염소량}(\mu\text{g}) / [R_s t \times 10^3]$$
- [0028] 상기 식 1에서, R_s 는 $0.0023 \text{ m}^3/\text{h}$ 이고, t 는 노출 시간을 나타낸다.
- [0030] 본 발명에서 수동 샘플러는 기재; 및
- [0031] 상기 기재 상에 도핑된 α -디아니시딘을 포함할 수 있다.
- [0032] 일 구체예에서, 기재는 섬유, 유리, 플라스틱 및 제지로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 하나 이상일 수 있다. 구체적으로, 상기 기재는 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리아크릴레이트(PA), 폴리디메틸실록산/다이비닐벤젠(PDMS/DVB), 및 폴리스티렌(PS) 고분자로부터 선택된 하나 이상일 수 있다. 본 발명에서는 기재로 PDMS를 사용할 수 있다. 상기 PDMS는 기체 분자가 빠르게 투과할 수 있고, 값이 저렴하고 다루기 쉬우며, 구부러지기 쉽고 투명하므로, 수동 샘플러로 용이하게 사용될 수 있다.
- [0033] 일 구체예에서, 기재의 두께는 0.3 내지 1.0 mm일 수 있다. 구체적으로, 상기 두께는 0.3 내지 0.9 mm, 0.3 내지 0.8 mm, 0.3 내지 0.7 mm, 0.3 내지 0.6 mm, 0.4 내지 1.0 mm, 0.4 내지 0.9 mm, 0.4 내지 0.8 mm, 0.4 내지 0.7 mm 또는 0.4 내지 0.6 mm일 수 있다.
- [0034] 일 구체예에서, α -디아니시딘은 산화능을 갖는 기체, 특히, 염소 기체와 반응하여 색 변화를 나타낼 수 있다. 구체적으로, 염소 기체와 반응하여 녹색계통의 색으로 발색될 수 있다. 이를 통해, 사용자는 염소 기체에 노출됨을 확인할 수 있고, 나아가 염소 기체에의 누적 노출량 및 노출 농도를 측정할 수 있다.
- [0035] 일 구체예에서, 기재 상에 도핑된 α -디아니시딘의 함량은 0.05 내지 $0.8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 일 수 있다. 구체적으로, 상기 함량은 평균 0.05 내지 $0.7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.05 내지 $0.6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.05 내지 $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.1 내지 $0.8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.1 내지 $0.7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.1 내지 $0.6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.1 내지 $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.1 내지 $0.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.2 내지 $0.8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.2 내지 $0.7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.2 내지 $0.6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.2 내지 $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.2 내지 $0.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.25 내지 $0.7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.25 내지 $0.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 0.25 내지 $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 또는 0.25 내지 $0.35 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 일 수 있다. 상기

같은 농도로 o-디아니시딘을 포함하는 경우, 결정화 현상이 생기지 않으면서도 염소 기체와 반응시 선명한 색상 발현을 나타낼 수 있다.

- [0036] 일 구체예에서, 수동 샘플러의 두께는 0.3 내지 1.0 mm일 수 있다. 상기와 같은 두께에서 수동 샘플러는 산화능을 갖는 기체인 염소 기체와 반응했을 때 기체 누적량에 따라 색이 변하는 특징을 가질 수 있다.
- [0037] 본 발명에서 따른 수동 샘플러는 염소 기체와 반응하여 변색될 수 있다. 구체적으로, 수동 샘플러는 염소 기체에 노출된 초기에는 녹색 계열로 색이 변하다가 노출되는 기체의 양이 늘어남에 따라 적색 계열로 색이 변할 수 있다. 본 발명에서는 색차계를 이용하여 색 변화를 측정할 수 있으며, 이를 통해 기존 수동 샘플러를 통한 정량 방법에서 이용하던 추출 후 분석과정을 생략하여, 오직 색 변화만을 통해 염소기체의 노출량을 정량화할 수 있다.
- [0038] 본 발명에서 수동 샘플러는 o-디아니시딘을 용매와 혼합하여 염료 용액을 제작하는 단계(이하, 염료 용액 제작 단계); 및
- [0039] 상기 염료 용액에 기재를 투입하여 기재에 o-디아니시딘을 도핑하는 단계(이하, o-디아니시딘 도핑 단계)를 통해 제조할 수 있다.
- [0040] 본 발명에서 염료 용액 제작 단계는 염소 기체와 반응시 산화되어 발색되는 o-디아니시딘을 용매와 혼합하여 염료 용액을 제조하는 단계이다.
- [0041] 일 구체예에서, 용매는 톨루엔, 아세토니트릴, 아세톤, 크실렌, 디메틸설폭사이드(DMSO), 디메틸포름아마이드(DMF), 테트라히드로퓨란(THF), 벤젠, 에테르, 메탄올, 헥산, 시클로헥산, 피리딘, 아세트산, 사염화탄소, 클로로포름, 디클로로메탄, 에틸아세테이트 및 에틸벤젠으로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있다.
- [0042] 일 구체예에서, 염료 용액에서 o-디아니시딘의 함량은 0.05 내지 0.8 g/L일 수 있다. 구체적으로, 상기 o-디아니시딘의 함량은 0.05 내지 0.7 g/L, 0.05 내지 0.6 g/L, 0.05 내지 0.5 g/L, 0.2 내지 0.8 g/L, 0.2 내지 0.7 g/L, 0.2 내지 0.6 g/L, 0.2 내지 0.5 g/L, 0.35 내지 0.8 g/L, 0.35 내지 0.7 g/L, 0.35 내지 0.6 g/L, 0.35 내지 0.5 g/L 또는 0.4 내지 0.55 g/L일 수 있다. 상기 함량 범위에서 결정화 현상이 생기지 않으면서도 염소 기체와 반응시 선명한 색상 발현이 나타날 수 있다.
- [0043] 본 발명에서 o-디아니시딘 도핑 단계는 염료 용액에 기재를 투입하여 기재에 o-디아니시딘을 도핑하는 단계로, 기재를 염료 용액에 담지 또는 침지하여 수행할 수 있다.
- [0044] 일 구체예에서, 상기 단계는 15 내지 40℃의 온도에서 12 내지 36 시간동안 수행할 수 있다. 구체적으로, 15 내지 40℃, 15 내지 35℃, 20 내지 30℃ 또는 20 내지 25℃의 온도에서 12 내지 30 시간, 15 내지 30 시간, 20 내지 36 시간, 20 내지 30 시간 또는 20 내지 25 시간 동안 수행할 수 있다. 상기와 같은 조건에서, 기재에 염료가 충분히 침투되어 로딩 특성이 향상되어 선명한 색 변화를 나타낼 수 있다.
- [0045] 일 구체예에서, 기재는 전술한 종류를 사용할 수 있다.
- [0046] 본 발명에서는 o-디아니시딘 도핑 단계를 수행한 후, 건조하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0047] 일 구체예에서, 건조 단계에서는 o-디아니시딘이 도핑된 기재를 염료 용액으로부터 제거 및 건조할 수 있다. 구체적으로, 상기 단계는 15 내지 50℃의 온도에서 6 내지 36 시간동안 수행할 수 있으며, 15 내지 50℃, 20 내지 45℃, 30 내지 50℃, 20 내지 30℃, 25 내지 40℃ 또는 25 내지 35℃의 온도에서 0.5 내지 3 시간, 0.5 내지 2 시간, 1 내지 3 시간 또는 1 내지 2 시간동안 수행할 수 있다. 상기와 같이 건조하는 단계를 거쳐, 용매를 효과적으로 제거할 수 있다.
- [0048] 또한, 상기 건조하는 단계 이후에 용매로 기재 표면에 남아있는 불순물을 제거하는 단계를 추가로 수행할 수 있다. 상기 용매는 메탄올, 에탄올 및 아세톤으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상을 사용할 수 있다.
- [0050] 본 발명에서는 전술한 수동 샘플러를 사용하여, 염소 기체 노출 농도를 정량화할 수 있다.
- [0051] 수동 샘플러는 반응이 일어나기 전에는 거의 투명한 색을 띠나, 염소계 살균제 사용 등으로 인해 염소 기체가 수동 샘플러에 노출되면 염소 기체 분자가 기재로 투과되어 도핑되어 있던 산화환원 염료와 산화환원 반응을 일으킨다. 상기 산화환원 반응에 의해 수동 샘플러의 색이 변화하면 노출을 색차계를 통해 정성적, 정량적으로 확인할 수 있다.
- [0052] 본 발명에서, 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법은 반응 염소량에 따른 색 변화를 측정하여 색도표 또는 표준

곡선을 제작하는 단계(이하, 색도표 또는 표준 곡선 제작 단계);

- [0053] 수동 샘플러에 시료 가스를 일정 시간 노출시킨 후, 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색도표 또는 표준 곡선과 비교하여 반응 염소량을 정량화하는 단계(이하, 반응 염소량 정량화 단계); 및
- [0054] 상기 반응 염소량 및 노출 시간을 이용하여 식 1의 계산법으로 시료 가스의 평균 염소 노출 농도를 계산하는 단계(이하, 평균 염소 노출 농도 계산 단계)를 포함한다.
- [0055] 본 발명에서는 염소 기체 노출 정도를 쉽게 확인하고 누적 노출량을 쉽게 정량할 수 있도록, 수동 샘플러의 색 변화를 관찰 후 기체 노출량을 대략적으로 정량할 수 있는 색차계를 이용한 노출 농도 산정 방법을 제공할 수 있다.
- [0056] 본 발명에서 색도표 또는 표준 곡선 제작 단계는 반응 염소량에 따른 색 변화를 측정하여 색도표 또는 표준 곡선을 제작하는 단계이다.
- [0057] 본 발명에서 색도표는 수동 샘플러를 투과하는 염소 기체에 의한 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색차계를 통해 얻는 단계;
- [0058] 상기 수동 샘플러를 용매에 추출하고 분광광도계로 측정하여, 상기 수동 샘플러 내의 염료와 반응한 반응 염소량을 정량화하는 단계; 및
- [0059] 상기 정량화된 반응 염소량과 색차계를 통해 얻은 데이터를 색도표로 제작하는 단계를 통해 제조될 수 있다.
- [0060] 일 구체예에서, 색차계는 즉시 색을 측정할 수 있다. 상기 색차계는 수동 샘플러의 색 좌표를 CIE LAB 색공간에 대해 나타낼 수 있으며, 색은 L, A, B의 세 좌표로 나타나게 된다. 수동 샘플러의 노출량은 L(명도) 값과 상관 관계를 보이므로, 본 발명에서는 특히, L 값을 통해 반응 염소량을 정량화할 수 있다.
- [0061] 일 구체예에서, 색차계로 시중에서 시판되는 제품을 제한없이 이용할 수 있으며, 예를 들어, 본 발명의 실시예에서는 3NH 디지털 컬러 휴대용 색차계 CR1을 이용할 수 있다.
- [0062] 일 구체예에서, 색차계의 사용을 통해 다양한 조건(예를 들어, 노출 시간 변화 및 누적 노출량)에 따라 달라지는 수동 샘플러의 다양한 색상에 대한 데이터를 얻을 수 있다.
- [0063] 일 구체예에서, 반응 염소량은 수동 샘플러를 추출 용매에 담지하는 단계; 및 추출 용매로 추출된 염료양을 측정하여 반응 염소량을 계산하는 단계를 통해 측정할 수 있다.
- [0064] 수동 샘플러를 추출 용매에 담지하는 단계는 추출 용매에 수동 샘플러를 상온(20 내지 25℃)에서 12 내지 72 시간동안 담지하여 수행할 수 있다. 구체적으로, 추출 용매에 염소 기체에 일정 시간 노출된 수동 샘플러를 상온에서 12 내지 48 시간 또는 12 내지 72 시간동안 담지하여 수행할 수 있다. 상기 추출 용매는 이소프로필 알코올 일 수 있다.
- [0065] 또한, 반응 염소량을 계산하는 단계는 상온에서 자외선/가시광선 분광분석기(UV/VIS Spectrophotometer)를 이용하여 수행할 수 있다. 이를 통해 반응 염소량을 정량적으로 확인할 수 있다.
- [0066] 그리고, 정량화된 반응 염소량과 색차계를 통해 얻은 데이터를 조합하여 색도표를 제작할 수 있다.
- [0067] 일 구체예에서, 색도표는 반응 염소량에 따른 LAB 값을 활용하여 다양한 구성으로 제작될 수 있다.
- [0068] 먼저, 색도표는 L, A, B 값을 활용하여 색상 이미지로 구현할 수 있다.
- [0069] 또는, 염소 노출량은 L 값과 상관관계를 나타내므로, 색도표는 명도 값인 L 값의 색상 이미지로 구현할 수 있다.
- [0070] 또는, 색도표는 반응 염소량에 따른 L 값으로 나타낼 수 있다.
- [0071] 또는, 수동 샘플러의 사진을 직접 사용하여 색상 이미지로 나타낼 수 있다.
- [0072] 일 구체예에서, 색도표는 반응 염소량에 따른 L 값 및 상기 L 값의 색상 이미지로 구성될 수 있다.
- [0073] 염소 기체의 노출은 청소 및 작업현장 등의 다양한 환경에서 일어날 수 있으며, 그에 따라 노출 농도 범위와 노출 시간이 달라질 수 있다. 이러한 유연성에 대응하기 위해, 본 발명에서는 색도표를 통해 각 L 값과 색상에 대응하는 대략적인 반응 염소량을 제시할 수 있다. 이러한 색도표를 통해, 각각 다양한 노출 농도와 노출 시간을 가진 사용자가 본인의 사용 환경에 맞게 평균 염소 노출 농도를 계산할 수 있으며, 개인별 노출 농도를 예측할

수 있다.

- [0074] 또는, 본 발명에서 표준 곡선은 수동 샘플러를 통과하는 염소 기체에 의한 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색차계를 통해 얻는 단계;
- [0075] 상기 수동 샘플러를 용매에 추출하고 분광광도계로 측정하여, 상기 수동 샘플러 내의 염료와 반응한 반응 염소량을 정량화하는 단계; 및
- [0076] 상기 정량화된 반응 염소량과 색차계를 통해 얻은 L 값을 표준 곡선으로 제작하는 단계를 통해 제조될 수 있다.
- [0077] 일 구체예에서, 색차계로 얻은 데이터를 색상 이미지로 변환하지 않고, 반응 염소량과 L 값의 관계를 나타내는 표준 곡선을 제작하여, 이를 통해 시료 가스 중의 반응 염소량을 정량할 수 있다.
- [0078] 본 발명에서 반응 염소량 정량화 단계는 수동 샘플러에 시료 가스를 일정 시간 노출시킨 후, 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색도표 또는 표준 곡선과 비교하여 반응 염소량을 정량화하는 단계이다.
- [0079] 일 구체예에서, 시료 가스에 의해 색 변화를 나타내는 수동 샘플러의 색을 색도표의 색상 이미지와 비교하여 반응 염소량을 확인할 수 있다.
- [0080] 또는, 상기 수동 샘플러의 색을 색차계로 측정한 후 이를 색상 이미지(시료 가스에 의한 색상 이미지)로 얻고, 상기 색상 이미지를 색도표의 색상 이미지와 비교하여 반응 염소량을 확인할 수 있다. 이때, 시료 가스에 의한 색상 이미지는 L, A, B 값이 적용된 색상 이미지일 수 있으며, 또는 L 값에 대한 색상 이미지일 수 있다. 색상 이미지의 비교는 가장 밝기가 가까운(경계가 불분명한) 색상 이미지를 찾아 해당하는 반응 염소량을 이용할 수 있다.
- [0081] 또는, 색차계에 의해 측정된 상기 수동 샘플러의 L 값을 색도표의 L 값과 비교하는 방식으로, 반응 염소량을 확인할 수 있다. 이때, 수동 샘플러의 L 값과 가장 비슷한 색도표의 L 값을 사용할 수 있다.
- [0082] 또는, 색차계에 의해 측정된 상기 수동 샘플러의 L 값을 표준 곡선의 L 값에 대입하여, 반응 염소량을 확인할 수 있다.
- [0083] 이를 통해, 시료 가스의 누적 반응 염소량을 확인할 수 있다.
- [0084] 또한, 본 발명에서 평균 염소 노출 농도 계산 단계는 반응 염소량 및 노출 시간을 이용하여 식 1의 계산법으로 평균 염소 노출 농도를 계산하는 단계이다.
- [0085] 일반적으로 기체에 대한 노출평가 또는 위해성 평가는 개인의 노출 공기 농도를 바탕으로 이루어진다. 따라서, 본 발명에서는 반응 염소량을 공기 중 노출 농도로 변환하여, 개인의 염소 노출에 대한 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0087] 본 발명에서 식 1은 다음과 같다.
- [0089] <식 1>
- [0090]
$$\text{평균 염소 노출 농도}(\text{mg}/\text{m}^3) = \text{반응 염소량}(\mu\text{g}) / [\text{R}_s \times \text{t} \times 10^3]$$
- [0092] 상기 식 1에서, R_s 는 $0.0023\text{m}^3/\text{h}$ 이고, t는 노출 시간을 나타낸다.
- [0093] 일 구체예에서, R_s 는 샘플링레이트로, 시간 당 염소 기체를 채취하는 공기량이다. 상기 샘플링레이트는 액티브 샘플러의 펌프 속도(pumping rate)에 상응하는 값이다. 이러한 샘플링레이트는 정해진 공기중에서 측정된 값일 수 있다. 상기 샘플링레이트는 시료 기체의 평균 염소 노출 농도를 계산하는데 활용될 수 있다.
- [0095] 이하 본 발명에 따르는 실시예 등을 통해 본 발명을 보다 상세히 설명하나, 본 발명의 범위가 하기 제시된 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0097] **실시예**
- [0098] **실시예 1. 수동 샘플러 제작**
- [0099] 염료로 o-디아니시딘을 사용하고, 기체로 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS)을 사용하며, 용매로 톨루엔을 사용하였다.

[0100] 7.65 mg의 o-디아니시딘을 15 mL의 톨루엔에 용해시켜 염료 용액을 제조한 후(o-디아니시딘 농도: 0.5 g/L), 상기 염료 용액에 0.55 mm 두께의 PDMS 기재(1.5 cm × 1.5 cm)를 상온에서 24 시간동안 침지시켰다. PDMS 기재를 염료 용액에서 꺼낸 후 20 내지 30℃의 온도에서 1 내지 2 시간 동안 건조하여 톨루엔을 완전히 증발시켜 수동 샘플러를 제조하였다.

[0102] **실시예 2. 샘플링레이트 측정**

[0103] 염소계 살균소독제(유한락스) 30 mL를 바닥에 뿌려 염소 기체를 발생시킨 챔버에 수동 샘플러를 설치하고, 0, 5, 10, 15, 20, 30 및 40 분 간격으로 꺼내었다.

[0104] 이를 이소프로필알코올 10 mL에 추출하고, UV-Visible spectrometer로 분석하여 수동 샘플러 내 반응 염료량을 통해 반응한 염소의 양을 계산하였다. 또한 실제 챔버 내 염소 기체의 실시간 농도는 PTR-MS로 측정하였다.

[0105] 수동 샘플러 내에서 o-dianisidine과 반응하는 염소 기체의 질량이 시간(t)당 선형적으로 증가한다고 가정하여, 샘플링레이트(R_s)를 하기 식 2와 같이 계산하였다.

[0107] <식 2>

$$EV(\text{공기의 등가부피})(m^3) = \frac{\text{수동성 샘플러내 염료와 반응한 염소기체량}(mol)}{\text{실제 챔버 내 염소 기체의 농도}(mol\ m^{-3})} = R_s \cdot t$$

[0108]

[0110] **실시예 3. 색도표 제작**

[0111] 염소계 살균소독제(유한락스) 30 mL를 바닥에 뿌려 염소 기체를 발생시킨 챔버에 수동 샘플러를 설치하고, 0, 5, 10, 15, 20, 30 및 40 분 간격으로 꺼내었다.

[0112] 각 0분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 40분 간격으로 각 수동 샘플러를 색차계(CR1 컬러리더기, 3nh)로 측정하여 CIE LAB 좌표로 색상 데이터를 얻었다. 총 세 개의 수동 샘플러의 평균 L, A, B 값을 CMYK 로 변환한 후, 어도비 일러스트레이터 프로그램으로 각 반응 염소량에 대한 수동 샘플러의 색상 이미지를 얻었다.

[0114] 본 발명에서 도 2는 염소 기체의 노출 시간에 따른 수동 샘플러의 사진을 나타낸다.

[0115] 상기 도 2에 나타난 바와 같이, 염소 기체는 수동 샘플러와 반응하여 색 변화를 나타내며, 노출 시간에 따라 상기 색에 차이를 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0117] 그 다음, 수동 샘플러를 이소프로필알코올 10 mL에 추출하고, UV-Visible spectrometer로 분석하여 수동 샘플러 내 반응 염료량을 통해 반응한 염소의 양을 계산(정량화)하였다.

[0118] 최종적으로, 시간대 별로 얻은 색상데이터와 반응염소량이 서로 잘 구분되는 데이터들을 종합하여 색도표를 제작하였다.

[0119] 상기 색도표는 도 3과 같이 제작될 수 있다.

[0121] 도 4는 수동 샘플러가 시간 당 대상 물질인 염소 기체를 채취하는 공기량, 즉, 샘플링레이트를 나타낸다.

[0122] 샘플링레이트는 시간당 대상 물질을 채취하는 공기량으로, 액티브 샘플러의 펌프 속도에 상응하는 값이다.

[0123] UV-Visible spectrometer로 분석하여 계산한 수동 샘플러 내 염료와 반응한 염소량과, PTR-MS를 통해 실시간으로 분석된 염소 기체 농도를 통해, 식 2의 식으로 샘플링레이트를 확인할 수 있다.

[0124] 또한, 샘플링레이트는 시료 기체의 평균 염소 노출 농도를 계산하는데 활용될 수 있다.

[0126] 또한, 도 5는 반응 염소량에 따른 색도계로 측정된 L 값의 변화를 나타낸다.

[0127] 구체적으로, 도 5는 표준 곡선으로, 각 시간대(0, 5, 10, 15, 20 및 30 분)별로 측정된 수동 샘플러를 추출 과정에서 계산된 반응 염소량과 색도계로 측정된 L(명도) 값으로 나타낸 그래프이다. 상기 표준 곡선을 사용하여 수동 샘플러에서 계산된 반응 염소량에 따른 L(명도) 값의 변화를 확인할 수 있다.

[0129] **실험예 3. 시료 기체의 염소 노출 농도 측정**

[0130] 본 발명에서 도 1은 색도표 및 색차계를 사용한 염소 기체의 정량화 방법을 나타낸다.

[0131] 염소계 살균소독제(유한락스) 30 mL를 챔버 바닥에 뿌리고, 수동 샘플러를 35 분간 노출시켰다.

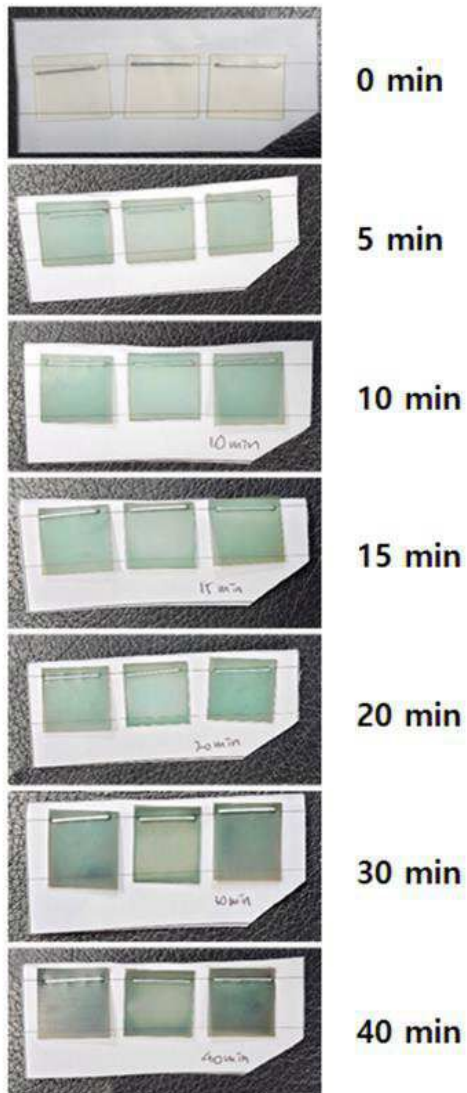
- [0132] 상기 수동 샘플러의 색 변화를 색차계로 측정하였으며, 상기 색차계로 측정한 색을 실시예 2에서 제작한 색도표와 비교하였다.
- [0133] 한편, 챔버 내 염소 기체의 실제 농도는 PTR-MS를 이용하여 실시간으로 측정하였다. 본 실험예에서, 실제 반응 염소량은 $1.8 \mu\text{g}$ 이며, L 값은 61.9이다.
- [0135] 본 발명에서 도 6의 (a)는 반응한 수동 샘플러의 사진, 및 수동 샘플러의 색을 색차계로 측정하여 얻은 시료 기체의 색상 이미지를 나타낸다.
- [0136] 그리고 도 6의 (b)는 시료 기체의 색상 이미지와 색도표를 비교한 결과를 나타낸다.
- [0137] 상기 도면에 나타난 바와 같이, 시료 기체의 색상 이미지와 유사한 이미지는 L 값이 61.1인 색상 이미지인 것을 확인할 수 있다.
- [0138] 이에 따라, 색도표로부터 얻은 시료 기체의 반응 염소량은 $1.34 \mu\text{g}$ 으로, 실제값인 $1.8 \mu\text{g}$ 과 유사한 결과를 나타내었다.
- [0140] 또한, 색도표로부터 얻은 반응 염소량을 이용하여, 식 1에 따라 평균 염소 노출 농도를 계산한 결과, 시료 기체의 평균 염소 노출 농도는 1 mg/m^3 으로, PTR-MS로 확인한 실제 평균 농도인 0.95 mg/m^3 과 유사한 것을 확인할 수 있다.
- [0141] 이를 통해 본 발명의 염소 기체 노출 농도의 정량화 방법의 정확성을 확인할 수 있다.
- [0143] 즉, 본 발명에 따른 정량화 방법은 기존 수동 샘플러를 통한 정량 방법에서 이용하던 추출 후 분석과정을 생략하여, 오직 색 변화만을 통해 염소 기체의 노출량을 정량화할 수 있다.

도면

도면1



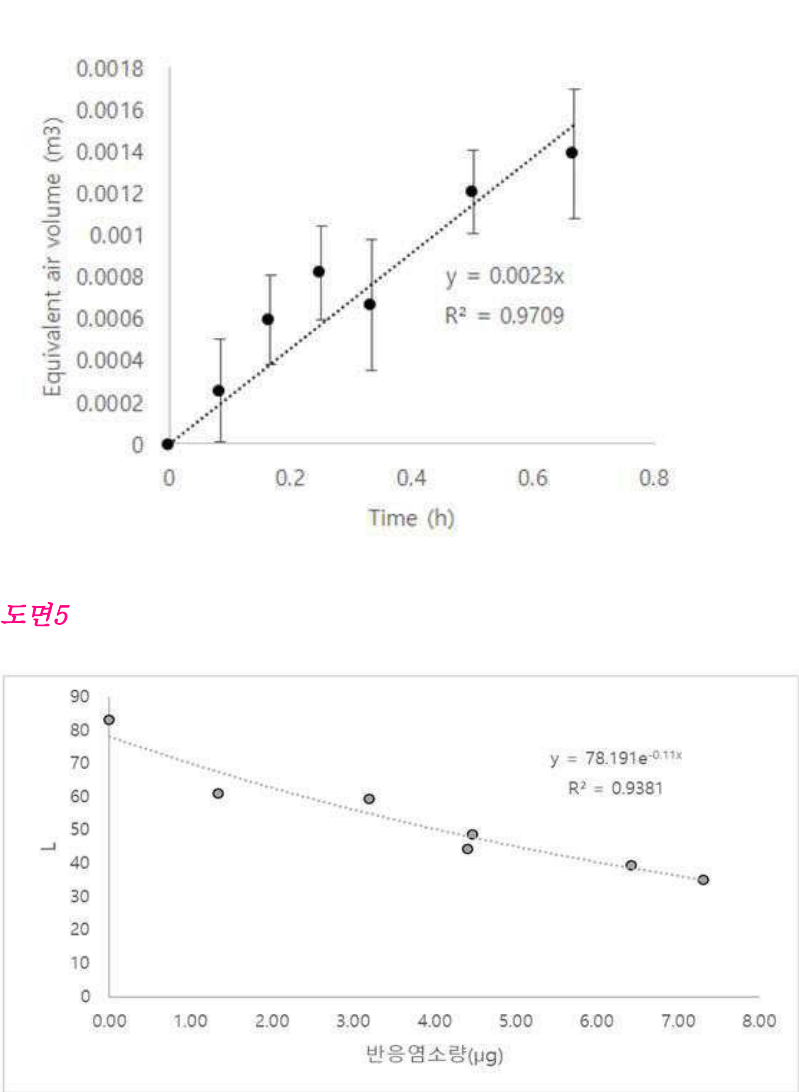
도면2



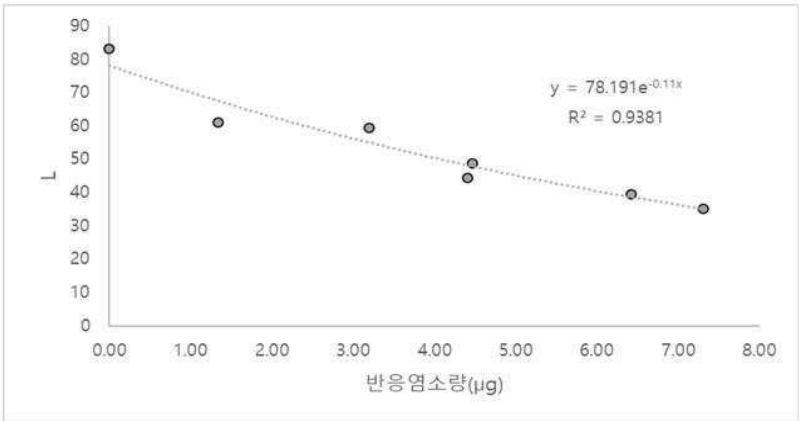
도면3

Reacted Chlorine mass (μg)	0	1.34	3.20	4.41	6.42	7.30
L	83	61.1	59.5	50.7	39.5	35.1

도면4



도면5



도면6a

반응한 수동 샘플러 사진	반응한 수동 샘플러의 색자계로 얻은 색상이미지

도면6b

