



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0110601
(43) 공개일자 2009년10월22일

(51) Int. Cl.

G01N 35/00 (2006.01) G01N 31/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0036188

(22) 출원일자 2008년04월18일

심사청구일자 2008년04월18일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교내

(72) 발명자

윤주영

서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교 나노과학부

박성수

서울 강서구 화곡동 푸르지오Apt 145-1502

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이원희

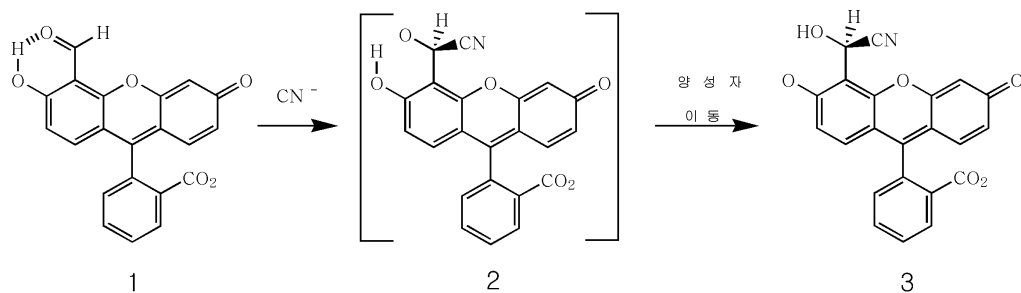
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법

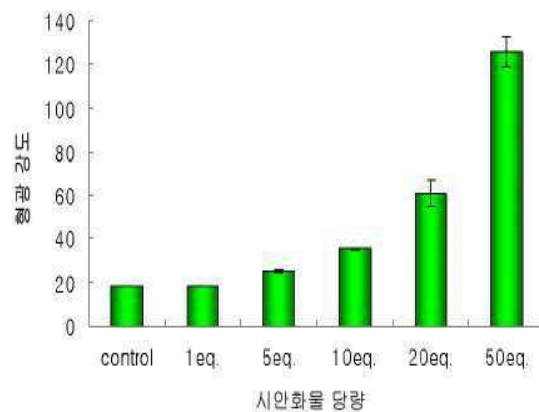
(57) 요약

본 발명은 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법에 관한 것으로, 더욱 구체적으로 하기 반응식 1에 나타난 바와 같이, 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드(Fluorescein aldehyde)와 시안화 이온이 반응하여 생성되는 화학식 3의 화합물로부터 발생하는 형광 강도 또는 색변화를 측정함으로써 수행되어 광학적 방법으로 시안화 이온을 정밀하게 검출할 수 있다:

반응식 1



대표도 - 도4



(72) 발명자

스와미 쿠네마디할리 마트하다 코트라이아

인도, 카르나타카, 라이추르-584 101 자와하르 나
가르, 7-5-104 아로히

권수경

서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교 나노과
학부

구송지

서울시 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교 나노
과학부

김하나

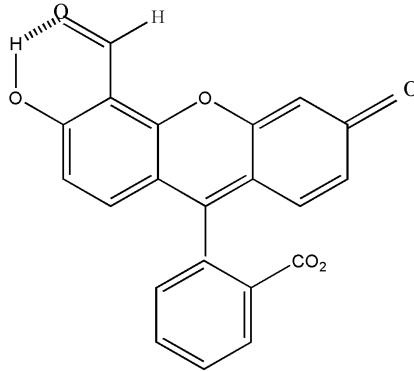
서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교 나노과
학부

특허청구의 범위

청구항 1

하기 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법:

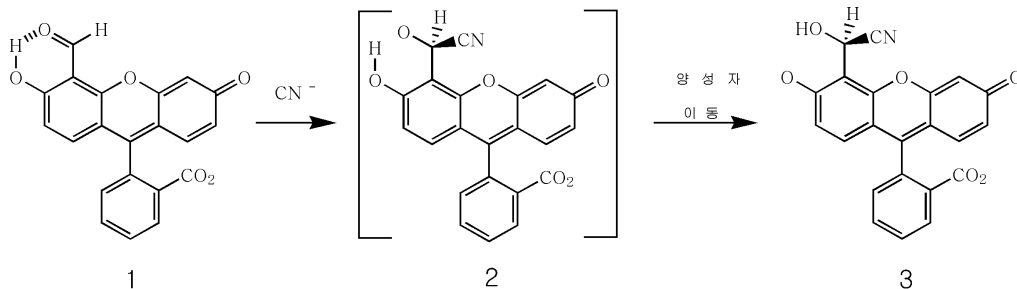
<화학식 1>



청구항 2

제1항에 있어서, 상기 시안화 이온의 검출은 하기 반응식 1에 나타난 바와 같이, 상기 플루오레세인 알데하이드와 시안화 이온이 반응하여 생성되는 화학식 3의 화합물에 의해 발생하는 형광 강도 또는 색 변화를 측정함으로써 수행되는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법:

<반응식 1>



청구항 3

제2항에 있어서, 상기 녹색 형광 강도는 시안화 이온의 농도가 증가할수록 증가하는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 색 변화는 시안화 이온의 농도가 증가할수록 색의 채도가 증가하는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 시안화 이온의 검출방법은,

미세유체채널의 시료용액 유입부에 시안화 이온을 포함하는 시료용액을 주입하는 단계(단계 1);

미세유체채널의 센서함유용액 유입부에 상기 플루오레세인 알데하이드를 함유하는 센서함유용액을 주입하는 단계(단계 2);

미세유체채널의 혼합부에서 단계 1 및 2의 용액이 혼합되어 상기 반응식 1의 반응이 수행되는 단계(단계 3);

및

검출부에서 상기 단계 3의 반응결과 발생하는 형광 강도 또는 색 변화를 측정하는 단계(단계 4);

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 미세유체채널은 시료용액 유입부, 센서함유용액 유입부, 혼합부 및 검출부로 구성되는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 단계 4의 형광 강도는 500-540 nm 범위의 파장에서 측정되는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 형광 강도는 형광 화학 정량계를 이용하여 측정하는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 시안화 이온의 검출방법은 세포 내 시안화 이온을 검출하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 시안화 이온의 검출방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로, 본 발명은 플루오레세인 알데하이드와 시안화 이온이 반응하여 생성되는 화합물로부터 발생하는 형광 강도(fluorescence intensity) 또는 색변화를 측정함으로써 수행되는 시안화 이온을 광학적 방법으로 검출하기 위한 검출방법에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 시안화물은 반응 속도가 가장 빠른 독극물 중의 하나로써 생물체나 환경에 유해한 물질이다. 일단 몸속으로 들어가면 거의 즉각적으로 신체의 산소 운반 기능을 마비시키고, 조직을 가사상태로 만들기 시작한다. 다량일 경우에는 심장 박동을 느리게 하고, 뇌에서 일어나는 전기적 활동을 멈추게 하기도 한다. 시안화 이온은 독성으로 인하여 동물에 특히 유해하며, 구토, 의식 불명을 초래하며 사망에 이르게 한다. 시안화물의 독성으로 사망을 초래하는 혈중 시안화물 농도는 약 23-26 μM 이다.

<3> 아이다호 주립대학의 Jeffrey J. Rosentreter 등은 해마다 전 세계적으로 14억 톤 가량에 달하는 시안화물이 비료와 플라스틱 제품에서부터 광산과 철강 생산에 이르기까지 다양한 산업 분야에서 중요하게 다루어지고 있다고 지적한 바 있다. 이와 같이, 다양한 산업 분야에 사용되는 시안화물은 인간의 신경 시스템에 유해하므로 음용수 관리와 조절이 이루어져야 한다. 폐수는 지속적인 관리가 필요하고 시안화물은 알칼리 염소처리법을 사용하여 제거된다. 이로 인하여 유럽의 시안화물 표준 제한 농도는 0.05 mg/L를 초과하지 않도록 규정하고 있다.

<4> 상기와 같은 이유로 시안화물의 검출 방법에 대한 많은 연구가 진행되어 오고 있고, 시안화물을 검출하기 위한 다양한 형광 및 색변화 센서들에 대한 연구가 최근 10년 동안 활발히 진행되고 있다. 가장 대표적인 예로 Zn(II)-porphyrin(Y.-H. Kim and J.-I. Hong, *Chem. Commun.* 2002, 512), Ru(II)-pyridine((a) P. Anzenbacher, Jr., D. S. Tyson, K. Jursikova and F. N. Castellano, *J. Am. Chem. Soc.* 2002, **124**, 6232; (b) C.-F. Chow, M.H.W. Lan and W.-Y. Wong, *Inorg. Chem.* 2004, **43**, 8387), 보론산 유도체((a) R.Badugu, J.R.Lakowicz and C.D.Geddes, *J. Am. Chem. Soc.* 2005, **127**, 3635; (b) J. V. Ros-Lis, R. Martinez-Manez and J. Soto, *Chem. Commun.* 2005, 5260) 및 CdSe 양자점(CdSe quantum dot)(W. J. Jin, M. T. Fernandez-Arguelles, J. M. Costa-Fernandez, R. Pereito and A. Sanz-Medel, *Chem. Commun.* 2005, 883)들과 시안화물

의 착화합물을 이용하는 것이다. 반면, 최근에는 플루오르화물 및 아세테이트와 같은 다른 음이온의 간섭을 최소화할 수 있는 다양한 기능기를 사용하는 시안화물의 친핵성 첨가법이 활용되고 있다. 옥사진(oxazine), 피릴륨(pyrylium), 스쿠알란(squarane), 트리플루오르아세토펜론(trifluoroacetophenone), 아실트리아젠(acyltriazene), 아크리디늄(acridinium) 및 살리실알데하이드(salicylaldehyde)에 대한 시안화물의 친핵성 첨가법에 대한 연구가 최근 수년간 보고된 바 있다. 그러나, 수용액 상태에서 이용할 수 있는 시안화물에 대한 "OFF-ON" 타입의 센서에 대한 연구결과는 거의 알려진 바 없다. 여기서, "OFF-ON" 타입의 센서라 함은 형광의 세기(또는 강도)가 낮은 상태(OFF)에서 시안화 이온을 감지하면 형광의 세기(또는 강도)가 매우 커지는 사실(ON)을 센서화시킨 타입의 센서를 의미한다.

<5> 이에, 본 발명자들은 시안화 이온을 수용액 상태에서 검출할 수 있는 "OFF-ON" 타입의 센서로서 플루오레세인 알데하이드를 사용하여, 실온에서 상기 플루오레세인 알데하이드와 시안화 이온을 반응시켜 520 nm 파장 부근에서 발생하는 형광 강도 또는 색변화를 측정하여 시안화 이온을 정밀하게 검출할 수 있는 검출방법을 알아내고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 본 발명의 목적은 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법을 제공하는데 있다.

과제 해결수단

<7> 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 "OFF-ON" 타입 센서로서 플루오레세인 알데하이드를 사용하여, 이를 시안화 이온과 반응시켜 발생하는 형광 강도 또는 색변화를 측정함으로써 시안화 이온을 정성적으로 및/또는 정량적으로 검출하는 방법을 제공한다.

효 과

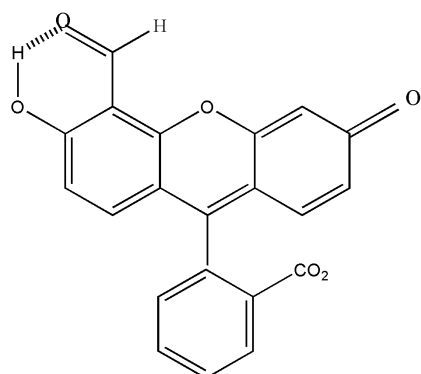
<8> 본 발명은 실온에서 상기 플루오레세인 알데하이드를 시안화 이온과 반응시켜 520 nm 파장 부근에서 발생하는 형광 강도 또는 색변화를 측정하여 광학적 방법으로 시안화 이온을 정량 및/또는 정성 분석하는데 유용하게 사용할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<9> 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

<10> 본 발명은 하기 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법을 제공한다:

화학식 1

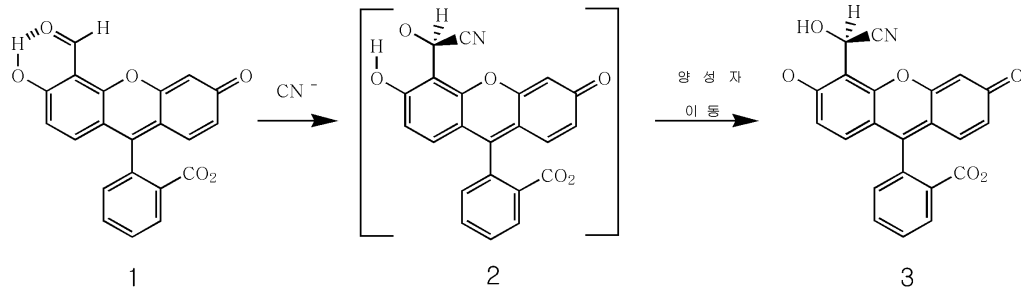


<11>

<12> 상기 플루오레세인 알데하이드는 공지된 방법에 따라 합성할 수 있다(W. Wang et al., *J. Am. Chem. Soc.* 2005, 127, 15949).

<13> 하기 반응식 1에 나타난 바와 같이, 상기 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드는 시안화 이온과 반응하여 화학식 2의 화합물을 거쳐 양성자 이동의 결과 녹색 형광을 발광시키는 화학식 3의 화합물을 생성한다. 상기 플루오레세인 알데하이드의 시안화 이온에 대한 선택성은 수용액에서의 시안화물의 친핵성에 기인한 것으로 판단된다.

<14> <반응식 1>



<15>

<16> 본 발명에 따른 상기 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드의 형광 변화에 대한 실험에 1 및 도 1을 참조하면, 시안화 이온을 포함한 다양한 음이온들에 대해 3 μM 의 플루오레세인 알데하이드를 첨가한 경우 AcO^- 등의 음이온의 경우 비교적 작은 형광 변화를 나타내거나 거의 나타내지 않으나, 시안화 이온은 큰 폭의 형광 변화를 나타내는 것을 알 수 있다. 시안화 이온의 첨가에 따른 전체 형광 변화는 200배 이상으로 나타났다. 이로부터, 본 발명에 따른 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드는 시안화 이온과 선택적으로 반응함으로써 시안화 이온을 검출하는데 유용하게 사용할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드는 시안화 이온과 반응시 큰 폭의 형광 변화를 나타내어 시안화 이온을 정밀하게 검출할 수 있게 한다.

<17> 상기 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드와 시안화 이온이 반응하여 발생하는 형광 강도는 시안화 이온의 농도가 증가할수록 증가된다. 본 발명의 시안화 이온의 농도에 따른 형광 강도를 측정한 실험예 2 및 도 2를 참조하면, 일정량의 플루오레세인 알데하이드와 반응하는 시안화 이온의 농도가 증가할수록 형광 강도가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 도 4를 참조하면, 형광 강도는 시안화 이온의 농도에 비례하여 증가하는 것을 알 수 있다.

<18> 또한, 본 발명에 따른 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법은 플루오레세인 알데하이드와 시안화 이온을 반응시켜 발생하는 색변화를 측정하여 수행될 수 있다. 본 발명의 시안화 이온의 농도에 따른 색변화를 측정한 실험예 3 및 도 6을 참조하면, 일정량의 플루오레세인 알데하이드와 반응하는 시안화 이온의 농도가 증가할수록 색의 채도가 증가되는 것을 알 수 있다.

<19> 본 발명에 따른 검출방법은 하기와 같은 단계를 포함하는 방법으로 수행될 수 있다.

<20> 미세유체채널의 시료용액 유입부(1)에 시안화 이온을 포함하는 시료용액을 주입하는 단계(단계 1);

<21> 미세유체채널의 센서함유용액 유입부(2)에 상기 플루오레세인 알데하이드를 함유하는 센서함유용액을 주입하는 단계(단계 2);

<22> 미세유체채널의 혼합부(3)에서 상기 단계 1 및 2의 용액이 혼합되어 상기 반응식 1의 반응이 수행되는 단계(단계 3); 및

<23> 검출부(4)에서 상기 단계 3의 반응결과 생성되는 형광 강도를 측정하는 단계(단계 4).

<24> 이하, 본 발명의 검출방법을 검출에 사용되는 미세유체채널을 이용하여 구체적으로 설명한다.

<25> 본 발명의 시안화 이온의 검출방법에서 사용되는 미세유체채널은 시료용액 유입부(1), 센서함유용액 유입부(2), 혼합부(3) 및 검출부(4)로 순차적으로 구성된다(도 3의 (a) 참조).

<26> 상기 미세유체채널의 시료용액 유입부(1)는 시료 용액을 주입하는데 사용된다. 상기 센서함용액 유입부(2)는 시안화 이온과 반응을 일으켜 형광을 발생시키는 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드가 포함된 용액을 주입하는데 사용된다. 상기 유입부(1 및 2)는 주입되는 용액의 유동률을 제어할 수 있는 시린지 펌프(syringe pump)와 결합되는 것이 바람직하다.

<27> 상기 미세유체채널의 혼합부(3)는 상기 미세유체채널의 유입부(1 및 2)를 통하여 주입된 용액들이 혼합되는 구간이다. 상기 혼합부(3)는 용액들이 용이하게 혼합될 수 있도록 지그재그 형태(zigzag design)로 형성되는 것이 바람직하다. 도 3의 (b)은 각각의 미세유체채널의 유입부(1 및 2)에 노란색과 파란색의 식품 착색제 용액을 각각 주입하여 지그재그 형태로 구성된 상기 혼합부(3)를 통과하는 경우 혼합에 의해 녹색의 채도가 점차적으로 증가되는 것을 나타내는 광학 이미지이다. 도 3의 (b)에 나타난 녹색 순도의 균일성(evenness in the green colour purity)은 미세유체채널 내의 혼합 정도를 직접적으로 나타낸다.

- <28> 상기 미세유체채널의 검출부(4)에서는 상기 혼합부(3)를 통과하면서 혼합된 용액 내에서 시안화 이온과 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드가 반응한 결과 발생된 형광 강도 또는 색변화를 측정하여 검출한다. 상기 검출부(4)는 용이한 형광 측정을 위해서 평면벽 미세유체채널(flat-wall microchannel)로 구성되는 것이 바람직하다. 상기 미세유체채널의 검출부(4)에서는 형광 화학 정량계 이용하여 500-540 nm의 파장에서 발생하는 형광 강도를 측정함으로써 시안화 이온의 존재를 검출한다. 또한, 형광 현미경을 이용하여 형광 이미지를 캡처함으로써 시안화 이온의 존재를 검출할 수 있다. 더욱 구체적으로, 형광 강도의 측정은 형광계(fluorescent spectrometer) 등의 형광 측정 기기를 사용하여 시안화 이온이 없는 시료와 시안화 이온이 존재하는 시료의 상대적인 강도(intensity)를 측정함으로써 이루어진다. 이러한 형광 강도는 측정 기기에 따라 절대값이 달라질 수 있으나, 시안화 이온이 존재할 때 형광 강도가 증가한다는 사실은 변함이 없다.
- <29> 또한, 본 발명에 따른 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법은 살아있는 세포 내의 시안화 이온을 검출하기 위해 사용될 수 있다.
- <30> 예를 들어, 살아 있는 세포와 상기 플루오레세인 알데하이드를 실온에서 배양하고, 이를 PBS로 세척하고, 테트라부틸암모늄 시안화물로 처리하여 색변화를 관찰하여 시안화 이온을 검출할 수 있다. 상기와 같이 시안화물로 처리한 세포 배양액에서는 뚜렷한 녹색 형광색이 발광되나, 시안화물로 처리하지 않는 세포 배양액에서는 아무런 색 변화가 일어나지 않는다.
- <31> 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 플루오레세인 알데하이드를 이용한 시안화 이온의 검출방법은 플루오레세인 알데하이드를 시안화 이온과 반응시켜 발생하는 형광 강도 또는 색 변화를 측정하여 정량 및/또는 정성 분석하는데 유용하게 사용될 수 있고, 실온에서 수용액 상태로 검출할 수 있다는 장점을 가진다.
- <32> 이하, 본 발명을 실시예 및 도면을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.
- <33> **<실시예 1> 본 발명의 시안화 이온의 검출방법에 따른 시안화 이온의 검출**
- <34> 미세유체채널의 유입부(1 및 2)에 10 μ M의 상기 플루오레세인 알데하이드와 1 eq., 5 eq., 10 eq., 20 eq. 및 50 eq.의 시안화물을 10 μ l의 유동물로 주입하였다. 이후 두 개의 층류는 혼합부(3)를 통과하면서 혼합되었고, 이후 검출부(4)에서 상기 용액들의 혼합에 의해 발생된 형광을 1000 ms 노출을 가진 10배 대물렌즈를 사용하여 형광 이미지를 캡처하였고, 발생된 형광 강도를 컴퓨터 프로그램(Image-J, NIH, Bethesda, MD, USA)에 의해 측정하였고 이러한 데이터는 엑셀을 사용하여 산출하여 도 4의 그래프에 나타내었고, 발생된 형광을 캡처한 형광 이미지를 도 5에 나타내었다. 도 4를 참조하면, 각기 다른 농도의 시안화물 농도가 증가할수록 형광 강도는 시안화물 농도에 비례하여 증가하는 것을 알 수 있다.
- <35> **<실시예 2> 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드를 사용한 세포 내 시안화 이온 검출**
- <36> 각각 사람의 각질 세포주, HaCaT 세포를 가슴 배양기 내의 2 mM L-글루타민(glutamine), 100 units/ml 페니실린, 100 mg/ml 스트렙토마이신(streptomycin) 및 10% 가열-불활성 소아태아혈청을 첨가한 RPMI1640에서 37°C로 배양하였다. 세포는 유리 배양용기(MatTek Corporation) 내의 배양액에서 2×10^4 의 세포밀도로 배양되었다. HaCaT 세포를 배양액 내에서 20 μ M의 플루오레세인 알데하이드와 37°C에서 한 시간 동안 배양하였다. 남아있는 플루오레세인 알데하이드를 제거하기 위해 상기 세포를 PBS로 3회 세척한 후, 배양액 내에서 20 μ M의 테트라부틸암모늄 시안화물과 함께 37°C에서 30분 동안 배양하였다. 처리한 세포를 PBS로 세척한 후, 상기 세포의 형광 이미지, DIC 이미지(Differential Interference Contrast Image) 및 통합 이미지(merged image)를 캡처하여 도 7(a), 7(b) 및 7(c)에 나타내었다.
- <37> **<실험예 1> 화학식 1의 플루오레세인 알데하이드의 시안화 음이온에 대한 선택성 측정**
- <38> CN^- , AcO^- , F^- , Cl^- , Br^- , I^- , H_2PO_4^- , NO_3^- 및 ClO_4^- 와 같은 다양한 음이온들을 아세트오니트릴-HEPES(9:1, v/v, 0.01 M pH 7.4 HEPES) 내에서 3 μ M 플루오레세인 알데하이드와 반응시켜 발생하는 형광 변화를 측정하여 도 1에 나타내었다(여기 파장: 485 nm, 여기 및 발광 슬릿 폭: 5 nm). 도 1에 나타난 바와 같이, 플루오레세인 알데하이드와 반응한 음이온들 중 시안화 이온만이 플루오레세인 알데하이드와 반응하여 큰 폭의 형광 변화를 나타냄을 알 수 있다.
- <39> **<실험예 2> 시안화 이온의 농도에 따른 형광 강도의 측정**

<40> 실온에서 $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ (9:1, v/v) 수용액 내에서 다양한 양의 시안화물과 3 μM 의 플루오레세인 알데하이드를 반응시켜 발생하는 형광 강도를 형광 화학 정량계를 사용하여 측정하여 도 2에 나타내었다(여기 파장: 485 nm, 여기 & 발광 슬릿: 1.5 nm). 도 2에 나타난 바와 같이, 형광 강도는 플루오레세인 알데하이드와 반응하는 시안화 이온의 농도가 증가할수록 증가하는 것을 알 수 있었고, 520 nm 파장 부근에서 포화지점을 나타내었다.

<41> <실험예 3> 시안화 이온의 농도에 따른 색변화 측정

<42> 5개의 비이커의 $\text{CH}_3\text{CN}-\text{H}_2\text{O}$ (9:1, v/v) 용액에 대하여 30 μM 의 상기 플루오레세인 알데하이드와 각기 다른 농도의 시안화물을 첨가하여 반응시킨 경우 각각의 비이커에서의 색변화를 나타내는 이미지를 캡처하여 도 6에 나타내었다. 도 6에서 비이커 1은 30 μM 의 상기 플루오레세인 알데하이드만 존재하는 경우, 비이커 2는 1 eq.의 시안화물을 첨가한 경우, 비이커 3은 5 eq.의 시안화물을 첨가한 경우, 비이커 4는 10 eq.의 시안화물을 첨가한 경우, 비이커 5는 50 eq.의 시안화물을 첨가한 경우를 나타낸 것이며, 이로부터 농도가 높은 시안화물이 첨가된 비이커일수록 높은 색의 채도를 나타내는 것을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

<43> 도 1은 다양한 음이온들을 첨가하여 플루오레세인 알데하이드와 반응시켜 발생된 형광 변화를 나타낸 그래프이다.

<44> 도 2는 다양한 양의 시안화물과 상기 플루오레세인 알데하이드를 반응시켜 발생하는 형광 강도를 측정한 그래프이다.

<45> 도 3의 (a)는 본 발명에 따른 시안화 이온의 검출방법에 사용되는 미세유체채널의 광학 이미지이다.

<46> 도 3의 (b)는 상기 미세유체채널의 유입부(1 및 2)에 노란색과 파란색의 식품 착색제 용액을 각각 주입하여 상기 혼합부를 통과시키는 경우 혼합에 의해 녹색의 채도가 점차적으로 증가된 것을 나타내는 광학 이미지이다.

<47> 도 4는 상기 미세유체채널의 유입부(1 및 2)에 10 μM 의 상기 플루오레세인 알데하이드와 1 eq., 5 eq., 10 eq., 20 eq. 및 50 eq.의 시안화물을 각각 10 μl 의 유동물로 주입하여 혼합한 후 발생하는 형광 강도를 측정한 그래프이다.

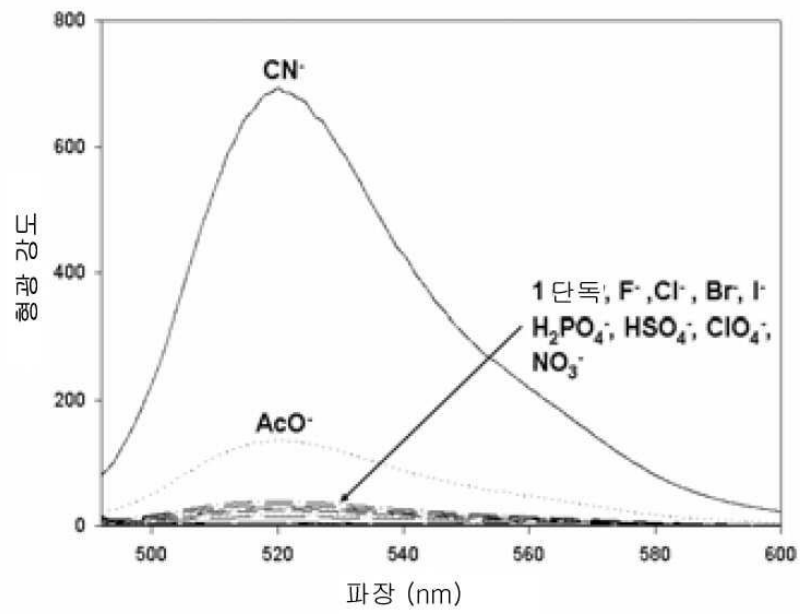
<48> 도 5는 상기 미세유체채널의 유입부(1 및 2)에 10 μM 의 상기 플루오레세인 알데하이드와 1 eq., 5 eq., 10 eq., 20 eq. 및 50 eq.의 시안화물을 각각 10 μl 의 유동물로 주입하여 혼합한 후 발생하는 형광을 캡처한 형광 이미지이다.

<49> 도 6은 5개의 비이커에 30 μM 의 상기 플루오레세인 알데하이드와 각기 다른 농도의 시안화물을 첨가하여 반응시킨 경우에 발생하는 각각의 비이커에서의 색변화를 나타내는 이미지이다.

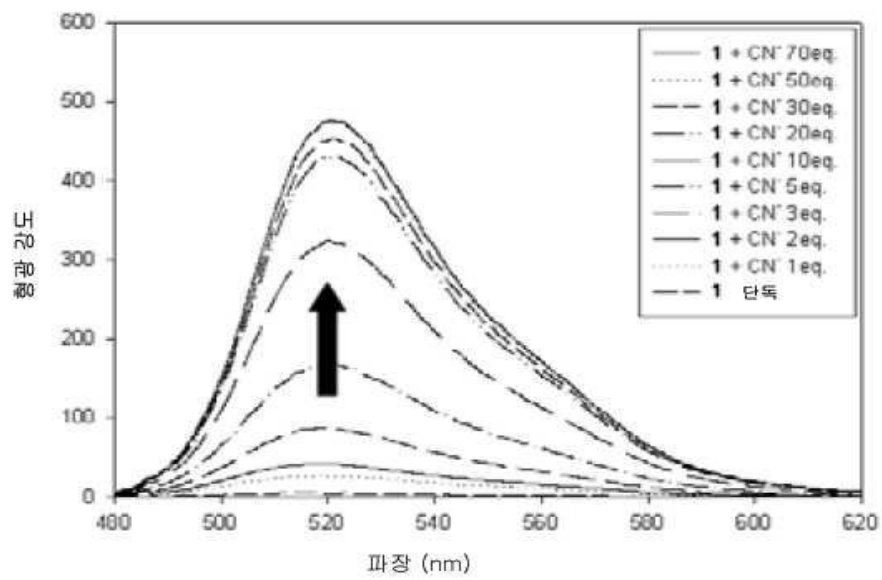
<50> 도 7의 (a), (b) 및 (c)도는 각각 사람의 각질 세포주, HaCaT 세포를 20 μM 의 상기 플루오레세인 알데하이드와 37°C에서 한 시간 동안 배양한 후, PBS로 세척하고, 20 μM 의 테트라부틸암모늄 시안화물로 처리한 경우의 HaCaT 세포의 형광 이미지, DIC 이미지(Differential Interference Contrast Image) 및 통합 이미지(merged image)이다.

도면

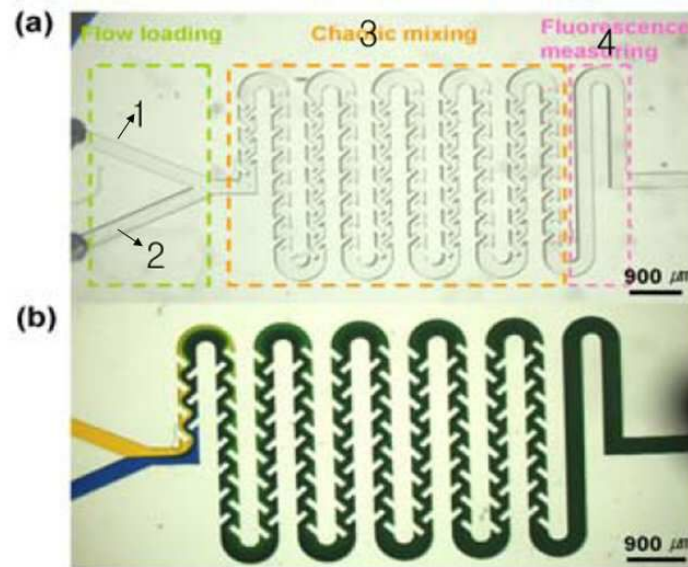
도면1



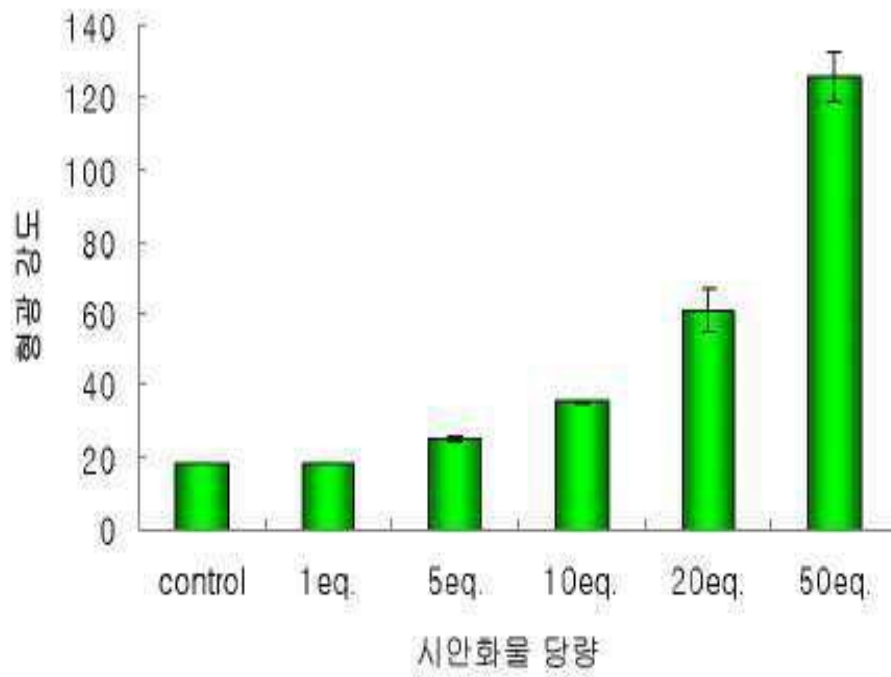
도면2



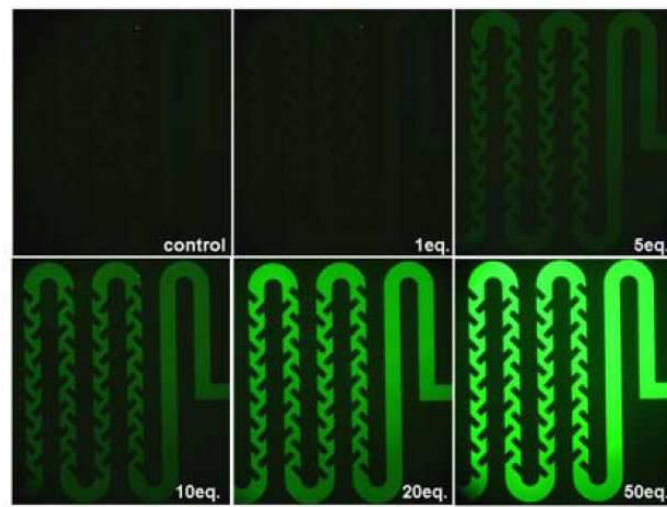
도면3



도면4



도면5



도면6



도면7

