

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2011-0122314 (43) 공개일자 2011년11월10일
(51) Int. Cl. <i>C08G 61/12</i> (2006.01) <i>G01N 33/53</i> (2006.01) <i>C12N 15/09</i> (2006.01) <i>C09K 11/06</i> (2006.01)		(71) 출원인 충남대학교산학협력단 대전 유성구 궁동 220 충남대학교
(21) 출원번호	10-2010-0041735	(72) 발명자 이택승 대전광역시 유성구 관평동 테크노밸리6단지 운암 아파트 611-2001 김대근 대전광역시 유성구 궁동 416-4 301호
(22) 출원일자	2010년05월04일	(74) 대리인 박창희, 김종관, 권오식
심사청구일자	2010년05월04일	

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 수용성 형광 초분지 공액화 고분자 화합물과 금속 이온 복합체를 이용한 시스템의 선택적 검출 방법

(57) 요약

본 발명은 금속이온과 반응할 수 있는, 술포산염 또는 암모늄염 이온성기의 도입으로 물에 용해되는 특성을 갖는 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체 및 이의 제조방법, 상기 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 포함하는 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 화학센서 및 바이오센서로 이용이 가능한, 금속이온과 결합된 많은 수의 수용기를 가진 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체와 이의 제조방법 및 이를 포함하는 센서에 관한 것이다.

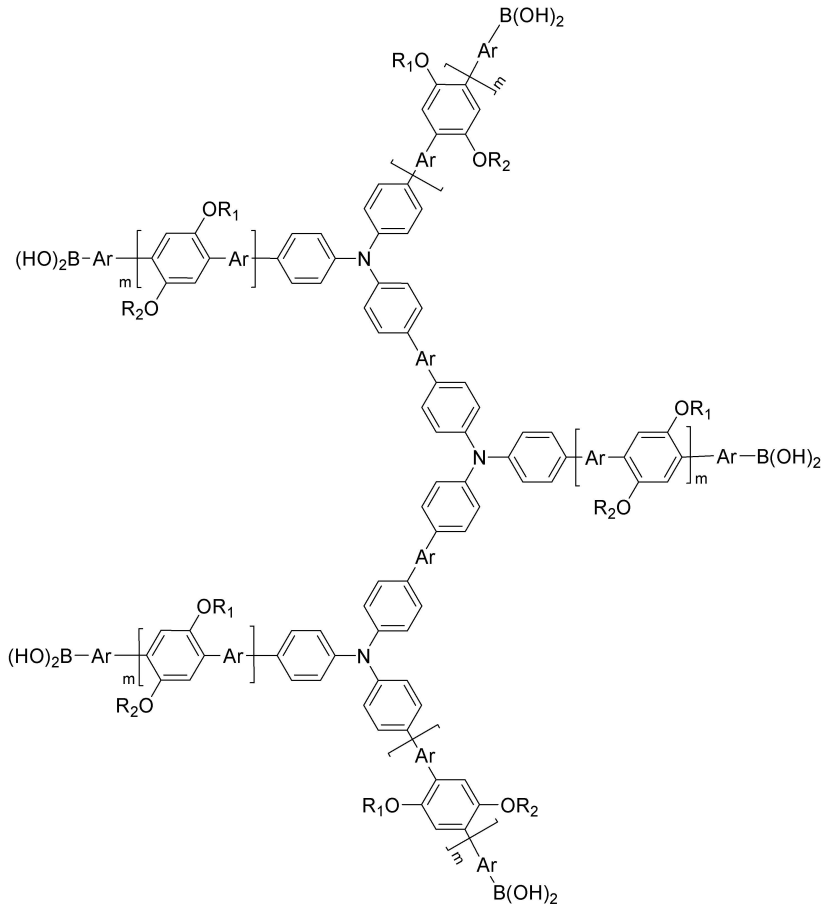
본 발명에 따른 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체는 측쇄에 특정 바이오펜질, 특히 코발트 등의 메탈 이온과 반응할 수 있는 수용기를 도입시키고, 그에 따라 코발트가 결합된 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 이용하여 시스템 등의 아미노산과 반응할 수 있는 바이오센서물질로서, 아미노산인 시스테인을 정량적, 정성적으로 분석하는 것이 가능하므로 진단, 의학연구, 임상실험, 화학분석 등이 널리 사용될 수 있다.

특허청구의 범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물의 측쇄의 술포산 또는 술포산염의 음이온기에 금속이온이 결합된 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체.

[화학식 1]



[상기 화학식 1에서, Ar은 (C6-C20)아릴렌 또는 N, O 및 S로부터 선택되는 하나 이상의 헤테로 원자를 포함하는 (C2-C12)헤테로아릴렌이고; R₁ 및 R₂는 서로 독립적으로 말단에 술포산 또는 술포산염이 치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C1 내지 C6의 알킬기이고; m은 1 내지 30의 정수이다.]

청구항 2

제 1항에 있어서,

R₁ 및 R₂의 알킬기는 서로 독립적으로, 메틸, 에틸, i-프로필, n-프로필, i-부틸, n-부틸, t-부틸, n-펜틸, i-펜틸 또는 n-헥실 중에서 선택되는 하나인 것을 특징으로 하는 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 Ar은 페닐렌, 벤조싸이아다리아졸 및 비스싸이에닐벤조싸이아다리아졸 중에서 선택되는 하나 이상인 것을 특징으로 하는 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 화학식 1의 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물은 수평균 분자량이 3,000 내지 100,000인 것을 특징으로 하는 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체.

청구항 5

제 1항에 있어서,

금속이온은 전이금속이온인 것을 특징으로 하는 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체.

청구항 6

제 1항에 있어서,

금속이온은 코발트 이온인 것을 특징으로 하는 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체.

청구항 7

제 1항 내지 제 6항에서 선택되는 어느 한 항에 따른 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 포함하는 센서.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 센서는 형광광도계를 이용한 아미노산의 선택적 검출용인 것을 특징으로 하는 센서.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 센서는 시스테인의 선택적 검출용인 것을 특징으로 하는 센서.

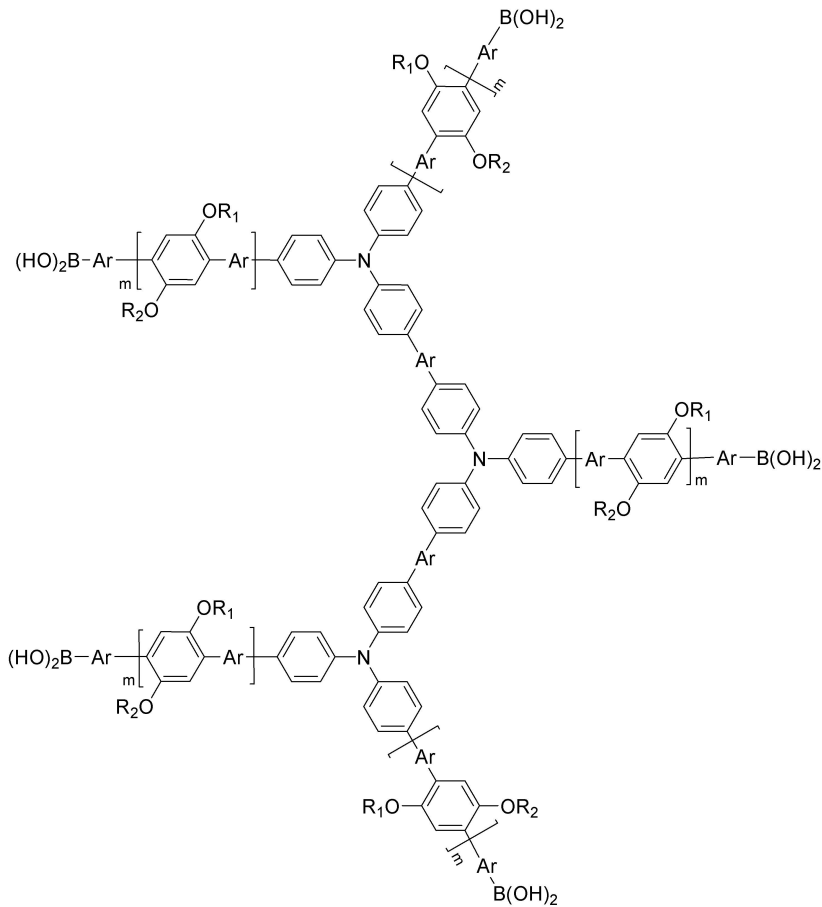
청구항 10

제 7항 내지 제 9항에 기재된 센서를 이용하는 것을 특징으로 하는 시스테인의 검출 방법.

청구항 11

하기 화학식 1의 수용성 초분지 공액화 고분자화합물을 수용액에 용해하고 이에 금속이온을 투여함으로써, 제 1항에 기재된 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 제조하는 방법.

[화학식 1]



[상기 화학식 1에서, Ar은 (C6-C20)아릴렌 또는 N, O 및 S로부터 선택되는 하나 이상의 헤테로 원자를 포함하는 (C2-C12)헤테로아릴렌이고; R₁ 및 R₂는 서로 독립적으로 말단에 술폰산 또는 술폰산염이 치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C1 내지 C6의 알킬기이고; m은 1 내지 30의 정수이다.]

청구항 12

제 11항에 있어서,

R₁ 및 R₂의 알킬기는 서로 독립적으로, 메틸, 에틸, i-프로필, n-프로필, i-부틸, n-부틸, t-부틸, n-펜틸, i-펜틸 또는 n-헥실 중에서 선택되는 하나인 것을 특징으로 하는 금속이온-수용성 초분자 공액화 고분자 복합체를 제조하는 방법.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 Ar은 페닐렌, 벤조싸이아다리아졸 및 비스싸이아닐벤조싸이아다리아졸 중에서 선택되는 하나 이상인 것을 특징으로 하는 금속이온-수용성 초분자 공액화 고분자 복합체를 제조하는 방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 술폰산 또는 술폰산염 이온성기의 도입으로 물에 용해되는 특성을 갖는 수용성 초분자 공액화 고분자 화합물을 이용하여 화학센서 및 바이오센서로의 응용에 관한 것으로, 보다 상세하게는 측쇄에 금속 이온과 반응할 수 있는 많은 수의 이온성기를 가지고 있고, 이온성기와 결합된 금속이온을 바탕으로 화학센서 및 바이오센서로 이용이 가능한 금속이온-수용성 초분자 공액화 고분자 복합체에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 화학센서 및 바이오센서용 금속이온-수용성 초분자 공액화 고분자 복합체 및 이를 이용한 아미노산, 특히 시스테인

의 선택적인 검출방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 우리 생활과 밀접한 관련을 맺고 있는 고분자는 기존의 플라스틱으로 인식되어 온 범용 고분자를 넘어 이제 유기발광소자(organic light emitting diode), 유기박막트랜지스터(organic thin film transistor), 유기메모리 소자(organic memory device), 화학, 바이오 센서(chemical, biosensor) 등 전자 재료 및 분석화학 등의 특정 응용 재료로 탈바꿈 되고 있다(J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackay, R. H. Friend, P. L. Burns, A. B. Holmes, Nature, 347, 539, 1990; C. D. Dimitrakopoulos, P. Malenfant, Adv. Mater., 14, 99, 2002; F. Garnier, Acc. Chem. Res., 32, 209, 1999; P. Peumans, A. Yakimov, S. R. Forrest, J. Appl. Phys., 93, 3693, 2003).
- [0003] 분석 화학에 있어 유기 공액화 고분자의 사용은 정성적인 측면과 정량적인 측면에서 발전을 가져왔다. 그 이유는 공액화 고분자의 기본적인 특성인 환경의 변화에 따른 전도성, 산화-환원 전위차, 흡수 또는 발광 스펙트럼의 민감한 변화를 가져오기 때문이다. 특히 분자 혹은 이온인식기능기를 지니는 공액화 고분자가 표적 물질을 인식하여 위의 특성 변화를 가져오면 센서로서의 응용이 가능하다. 센서로의 다양한 응용 중에서도 색변이 유도체 화합물들을 센서 및 패턴링 구현 등에 사용하는 연구가 진행 되고 있다. 최근 화학 및 바이오 분야의 응용을 위한 색변이 및 전기화학적, 또는 광 응답을 통한 이온을 인식할 수 있는 분자들에 대하여 많은 관심이 이루어지고 있는 가운데, 기존의 형광 응답 신호의 변화를 이용한 센서재료는 감지물질 응답특성에 있어서는 뛰어난 응답을 보이지만, 외부로의 형광 응답 신호를 인식하기 위하여 추가로 인식기기가 필요하므로, 최근에는 사용 목적에 맞게 인간의 눈으로 식별이 가능한 색변이 유도체 화합물들이 많이 연구 되고 있다(A. P. De silva, H. Q. N. Gunaratne, T. Gunnlaugsson, A. J. M. Huxley, C. P. McCoy, J. T. Rademacher, T. E. Rice, Chem. Rev., 97, 1515, 1997; D. Esteban-Gomez, L. Fabbrizzi, M. Licchelli, J. Org. Chem., 70, 5717, 2005).
- [0004] 초분지(hyperbranched) 고분자는 독특한 물리적, 화학적 성질로 인하여 다양한 응용 범위에서 이상적인 소재로 각광을 받고 있다. 가장 특징적인 성질은 용액이나 용융 상태에서 유사한 선형 고분자에 비하여 낮은 점성도를 갖는다는 점이다. 초분지 고분자가 갖는 분지 성질의 특성으로 이 현상을 설명할 수 있는데, 초분지 고분자는 용액 상태에서 선형 고분자가 갖는 랜덤 코일(random coil)형태를 취하지 않고 구형(globular) 형상을 취한다. 선형 고분자의 경우 일정 분자량 범위에서는 직선적으로 점성도가 증가하나, 그 한계를 넘으면 급격히 점성도가 상승하는 현상이 나타난다. 이는 고분자쇄의 엉킴(entanglement) 현상으로 설명되는데, 이러한 현상은 초분지 고분자에서는 나타나지 않는다. 그렇기 때문에 초분지 고분자는 선형 고분자에 비해 낮은 점성도를 갖는다. 이러한 초분지 고분자의 분지 특성은 각종 용매에 대한 상대적인 용해도에도 영향을 준다. 초분지 고분자는 유사한 선형 고분자에 비하여 화학적 반응성이 크고 용해도가 높다. 선형 고분자는 제한적인 수의 측쇄를 갖는 반면에, 초분지 고분자는 분지를 갖는 특성으로 인하여 분지화(degree of branching) 정도에 따라 말단기의 수가 증가하게 되어 말단기를 이용한 반응(검출 등)을 할 때 더 큰 반응성을 갖게 된다. 이러한 특징을 갖는 초분지 고분자는 공액화를 통해 센서 재료로 활용될 수 있다(J. Feng, Y. Li, M. Yang, J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. 46, 222, 2008; W. -Y. Lai, R. Xia, Q. -Y. He, P. A. Levmore, W. Huang, D. D. C. Bradley, Adv. Mater. 20, 1, 2008; R. Kikkeri, I. Garcia-Rubio, P. H. Seeberger, Chem. Commun. 235, 2009).
- [0005] 시스테인은 많은 단백질들에 소량으로나마 자연적으로 존재하는 황 함유 아미노산이다. 시스테인은 20개의 기본 아미노산 중에서 유일하게 싸이올기를 포함하고 있다. 싸이올기는 시스테인이 산화되어 시스틴(cystine)을 형성할 때 산화 환원 반응을 겪는다. 산화 환원에 관여할 수 있는 이 능력 때문에, 시스테인은 항산화 능력을 갖고 있다. 시스테인은 인간의 대사작용에 있어서 황의 주요한 근원이 된다. 그래서 시스테인은 비필수 아미노산의 분류에 속해있지만, 어린이, 노인, 그리고 특정한 대사장애나, 황의 흡수장애에 걸린 사람들에게는 필수적이다. 그리고 다음과 같은 많은 장점이 있다. 시스테인은 손톱, 피부, 머리카락의 주요 구성성분인 α-케라틴에 존재하고, 콜라겐의 구성성분이며, 피부의 탄력을 유지시켜 준다. 류마티스 관절염 치료에 효과적이며, 킬레이트 능력이 있어 체내에 금속 이온을 제거, 지방 분해와 근육 생성에 관여한다. 반대로 시스테인보다 하나의 알킬기를 더 갖고 있는 호모시스테인(homocysteine)은 농도가 높아지면 혈액 응고를 일으키고 나쁜-콜레스테롤의 산화를 일으켜 동맥에 침전되게 한다. 또한 치매, 신경관 결함, 임신 중 합병증, 염증성 장 질환, 그리고 골다공증을 유발한다. 이러한 특징을 갖는 호모시스테인 또는 시스테인을 검출하기 위하여 쿠마린을 이용한 형광턴-온에 따른 검출이 보고되었다(R. P. M. Steegerstheunissen, G. H. J. Boers, Trijbels, F. J. M. Trijbels, T. K. A. B. N. Eskes, N. Engl. J. Med., 324, 199, 1991; P. M. Ueland, S. E. Vollset, Clin. Chem., 50, 1293, 2004; K. -S. Lee, T. -K. Kim, J. H. Lee, H. -J. Kim, J. I. Hong, Chem. Commun., 6173,

2008).

[0006] 상기와 같은 금속이온과 아미노산의 결합 특성을 바탕으로 색변화에 의한 컬러센서로 아미노산을 감지하려는 노력은 저분자와 고분자 물질에 의하여 많이 시도되었다. 이들은 용액 상태에서 금속이온과 반응할 수 있는 수용기(receptor)를 갖는 색소 화합물이 금속이온과 반응하여 색이나 형광색이 변하고, 다시 아미노산이 첨가됨에 따라 처음에 결합된 금속이온과 아미노산의 반응을 통해 2차적으로 색소 화합물의 색이나 형광색의 변화를 유도하는 것으로 알려져 있다. 이러한 아미노산의 감지는 대부분 물에서 행해진 것이 아니고, 유기용매 상에서 진행된 것이기 때문에, 응용성이 제한적이게 된다.

[0007] 또한 선형 고분자 화합물을 이용한 바이오센서는 물에 대한 용해도가 떨어지고, 금속 이온에 대한 반응성이 제한적이며 효율이 떨어지게 되어 고감도의 바이오센서로의 활용에 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 코발트 이온과 이온성 결합을 할 수 있는 수용성 공액화 고분자의 측쇄인 술포산, 또는 술포산염의 수를 증가시켜 화학센서 및 바이오센서로 사용하기 위한 용해도 및 민감도가 증가한 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물을 제공하고, 이와 결합된 코발트 이온과 시스테인과의 상호작용으로 인하여 고분자의 형광 변화를 통해 시스테인을 검출하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 또한 본 발명은 아미노산, 특히 시스테인만을 선택적으로 인지하여 색과 형광강도의 변화로서 감지 신호를 나타내는 화학센서 및 바이오센서로의 응용이 가능한 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물을 제공하는 것을 목적으로 한다.

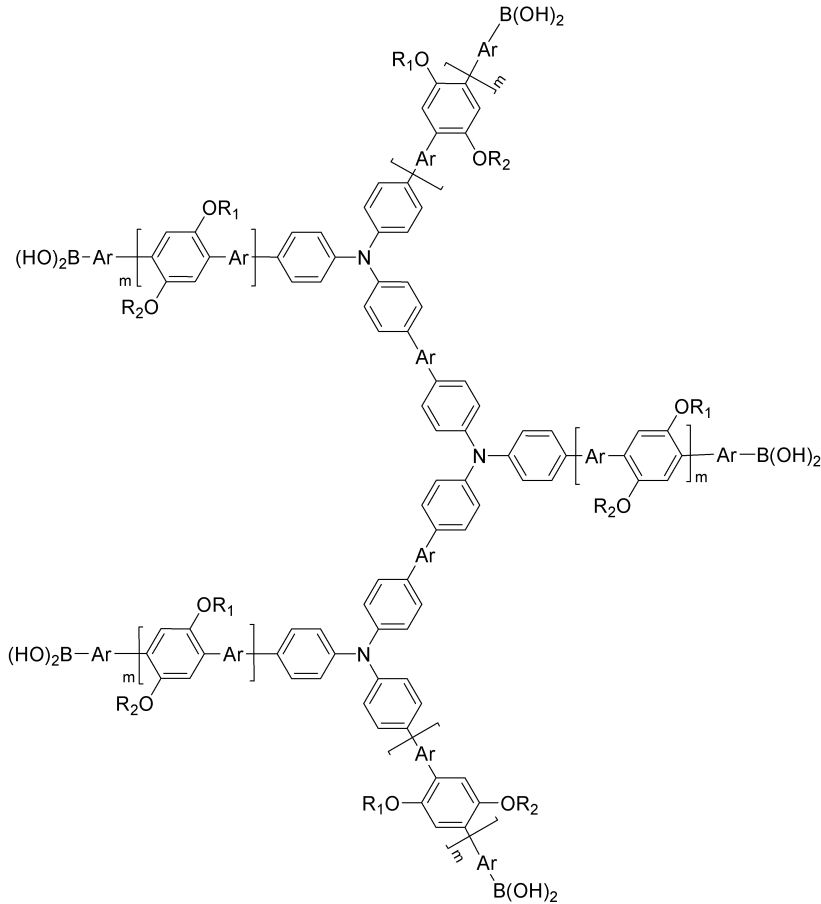
과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 술포산, 술포산염 이온성기의 도입으로 물에 용해되는 특성을 갖는 화학센서 및 바이오센서용 금속-수용성 초분지 공액화 고분자화합물 복합체 및 이를 포함하는 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 측쇄에 물에 대한 용해성을 가지며, 측쇄에 금속이온과 반응할 수 있는 많은 수의 이온성기를 가지고 있어 화학센서 및 바이오센서로 이용이 가능한, 금속-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체, 이를 포함하는 화학센서 및 이를 이용한 시스테인의 선택적인 검출방법에 관한 것이다.

[0011] 이하 본 발명을 상세히 설명한다.

[0012] 본 발명의 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성하기 위해 사용되는 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물은 금속이온과 이온성 결합을 할 수 있는 술포산 또는 술포산염을 공액화 고분자 측쇄에 다수 도입하기 위하여 초분지 구조를 구현하고, 상기 수용성 공액화 고분자의 측쇄에 도입된 술포산 또는 술포산염이 고분자의 물에 대한 용해성과 금속 이온에 대한 반응성을 부여하기 위한 작용기로 존재하는 것을 특징으로 하며, 하기 화학식 1로 표시된다.

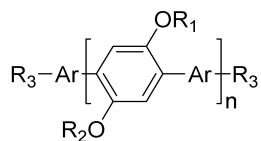
[0013] [화학식 1]



[0014]

[0015] [상기 화학식 1에서, Ar은 (C6-C20)아릴렌 또는 N, O 및 S로부터 선택되는 하나 이상의 헤테로 원자를 포함하는 (C2-C12)헤테로아릴렌이고; R₁ 및 R₂는 서로 독립적으로 말단에 술폰산 또는 술폰산염이 치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C1 내지 C6의 알킬기이고; m은 1 내지 30의 정수이다.]

[0016] [화학식 2]



[0017]

[0018] [상기 화학식 2에서, R₁, R₂, Ar 및 R₃는 상기 화학식 1에서의 정의와 동일하고, n은 5 내지 199의 정수이다.]

[0019] 상기 R₁ 및 R₂의 알킬기의 말단은 서로 독립적으로 술폰산 또는 술폰산염으로 치환될 수 있으며, R₁ 및 R₂의 알킬기는 서로 독립적으로 메틸, 에틸, i-프로필, n-프로필, i-부틸, n-부틸, t-부틸, n-펜틸, i-펜틸 또는 n-헥실로부터 선택되어지며, 상기 Ar은 페닐렌 또는 벤조싸이아다리아졸 또는 비스싸이에닐벤조싸이아다리아졸로부터 선택된다.

[0020] 본 발명에 따른 화학식 1의 수용성 초분자 공액화 고분자 화합물의 분자량은 원칙적으로 제한이 없으나, 수평균 분자량(Mn)으로 3,000 내지 100,000이 바람직하고, 그 용도에 요구되는 특성에 따라 그 범위를 적절히 조절하여 사용할 수 있다.

[0021] 본 발명에서 사용한 수용성 초분자 공액화 고분자는 본 발명자에 의하여 출원된 고분자이며(대한민국 특허 출원 번호 10-2010-0003084), 술폰산 또는 술폰산염이 측쇄에 도입되어 있어서 금속이온과 결합이 가능한 특징을

갖도록 한다.

[0022] 본 발명에 따른 아틸렌 또는 헤테로아틸렌을 주쇄에 갖는 상기 화학식 1의 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물은 술폰산 또는 술폰산염이 측쇄에 도입되어 있어서 금속이온과 결합이 가능하여 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성하고, 상기 복합체내 금속이온과 아미노산과의 상호작용을 이용하여 아미노산을 검출하는데 유용하다. 아미노산이 가지는 아민기와 카복실산기 또는 싸이올기의 특성을 살려 수용액 상에서 아민기와 카복실산기 또는 싸이올기가 이미 형성된 초분지형 공액화 고분자와 금속이온 복합체의 안정성을 저해할 것을 예상하고, 상기 금속이온과 아미노산과의 상호작용으로 인하여 금속 이온-초분지 고분자 복합체가 분해되며, 그에 따른 고분자복합체의 색 및 형광 변화로 아미노산을 감지 할 수 있다. 특히 실시예에서 볼 수 있듯이, 시스테인을 선택적으로 감지하기 위한 용도로서 이용될 수 있다.

[0023] 반면, 화학식 2의 선형 수용성 공액화 고분자 화합물 역시 측쇄의 술폰산 또는 술폰산염과 반응하여 금속이온이 결합하여 금속이온-고분자 복합체를 형성하고, 이 금속이온과 아미노산과의 반응을 이용하여 아미노산을 검출하는데 유용할 수 있으나, 선형 고분자의 측쇄에 존재하는 술폰산 또는 술폰산염의 개수가 제한적이기 때문에 금속 이온과의 이온성 결합의 수가 적어서 아래 실시예에서 볼 수 있듯이 용해성이 낮고 감지 효율 및 선택성이 떨어지는 것을 알 수 있다.

발명의 효과

[0024] 이상과 같이 본 발명에 따른 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체 즉, 아미노산(시스테인)과 쉽게 결합할 수 있는 수용기(술폰산)가 다수 도입된 금속이온-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체는 특정 바이오품질에 대한 인지 물질로 사용할 수 있으며, 특히 금속이온(코발트 이온)과 결합했을 때에 아미노산(시스테인)에 대한 선택성이 높아서 화학센서 및 바이오센서로 다양하게 사용할 수 있고, 진단, 의학연구, 임상실험, 화학분석 등에 널리 사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예는 예시적인 목적일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0026] [제조예] 수용성 공액화 고분자 화합물의 제조

[0027] [제조예 1] 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 A (화학식 1, $R_1=R_2=-CH_2CH_2CH_2CH_2S(=O)_2OH$, $Ar=1,4$ -페닐렌, $R_3=-B(OH)_2$)의 제조

[0028] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술폰산 0.5 g (0.925 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.204 g (1.232 mmol)과 트리스(4-브로모페닐)아민 0.074 g (0.308 mmol), , 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.067 g (0.06 mmol)을 습기가 제거된 15 mL의 DMF와 8 mL의 2M Na_2CO_3 의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 40시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 아세톤에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 12,400이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 A를 얻었다.

[0029] 1H NMR (300 MHz, D_2O) δ =7.7~6.6(8H, 방향족), 4.2~3.7(6H, 알킬기), 3.2~ 2.8(6H, 알킬기), 2.1~1.6(12H, 알킬기) ppm

[0030] [제조예 2] 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 B(화학식 1, $R_1=R_2=-CH_2CH_2CH_2CH_2S(=O)_2OH$, $Ar=4,7$ -벤조싸이아다리아졸, $R_3=-B(OH)_2$)의 제조

[0031] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술폰산 0.5 g (0.925 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.233 g (1.406 mmol)과 트리스(4-브로모페닐)아민 0.037 g (0.154 mmol)과 4,7-다이브로모-2,1,3-벤조싸이아다리아졸 0.027 g (0.0925 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.081 g (0.07 mmol)을 습기가 제거된 18 mL의 THF와 8 mL의 2M Na_2CO_3 의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 40시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 아세톤에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투

막을 이용한 여과로 분자량이 12,400이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 **B**를 얻었다.

[0032] ^1H NMR (300 MHz, D_2O) δ =8.1~6.8(8H, 방향족), 4.1~3.8(6H, 알킬기), 3.3~ 2.8(6H, 알킬기), 2.3~1.8(12H, 알킬기) ppm.

[0033] **[제조예 3] 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 C**(화학식 1, $\text{R}_1=\text{R}_2=-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{S}(=\text{O})_2\text{OH}$, $\text{Ar}=4,7\text{-비스싸이에닐}$ 벤조싸이아다리아졸, $\text{R}_3=-\text{B}(\text{OH})_2$)의 제조

[0034] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술폰산 0.3 g (0.555 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.122 g (0.74 mmol)과 트리스(4-브로모페닐)아민 0.044 g (0.185 mmol), 4,7-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)벤조-2,1,3-싸이아다리아졸 0.021 g (0.056 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.067 g (0.06 mmol)을 습기가 제거된 15 mL의 DMF와 8 mL의 2M Na_2CO_3 의 혼합용액에 용해시키고 90 $^\circ\text{C}$ 에서 40시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 아세톤에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 12,400이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 **C**를 얻었다.

[0035] ^1H NMR (300 MHz, D_2O) δ =8.1~7.3(3.1H, 방향족), 7.2~6.7(2H, 방향족), 4.0(2.8H, 알킬기), 3.0(3H, 알킬기), 2.0~1.5(5H, 알킬기) ppm.

[0036] **[비교제조예 1] 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 D** (화학식 2, $\text{R}_1=\text{R}_2=-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{S}(=\text{O})_2\text{OH}$, $\text{Ar}=1,4\text{-페닐렌}$, $\text{R}_3=-\text{B}(\text{OH})_2$)의 제조

[0037] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술폰산 0.5 g (0.825 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.183 g (1.11 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.065 g (0.06 mmol)을 습기가 제거된 30 mL의 THF와 18 mL의 2M Na_2CO_3 의 혼합용액에 용해시키고 90 $^\circ\text{C}$ 에서 48시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 아세톤에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 10,000이상인 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 **D**를 얻었다.

[0038] ^1H NMR (300 MHz, D_2O) δ =7.7~6.8(8H, 방향족), 4.2~3.7(6H, 알킬기), 3.2~ 2.8(6H, 알킬기), 2.1~1.6(12H, 알킬기) ppm.

[0039] **[비교제조예 2] 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 E**(화학식 2, $\text{R}_1=\text{R}_2=-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{S}(=\text{O})_2\text{OH}$, $\text{Ar}=4,7\text{-벤조싸이아다리아졸}$, $\text{R}_3=-\text{B}(\text{OH})_2$)의 제조

[0040] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술폰산 0.5 g (0.825 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.202 g (1.22 mmol)과 4,7-다이브로모-2,1,3-벤조싸이아다리아졸 0.027 g (0.0925 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.07 g (0.061 mmol)을 습기가 제거된 18 mL의 THF와 8 mL의 2M Na_2CO_3 의 혼합용액에 용해시키고 90 $^\circ\text{C}$ 에서 40시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 아세톤에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 12,400이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 **E**를 얻었다.

[0041] ^1H NMR (300 MHz, D_2O) δ =8.0~6.8(8H, 방향족), 4.2~3.6(6H, 알킬기), 3.4~ 2.7(6H, 알킬기), 2.3~1.8(12H, 알킬기) ppm.

[0042] **[비교제조예 3] 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 F**(화학식 2, $\text{R}_1=\text{R}_2=-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{S}(=\text{O})_2\text{OH}$, $\text{Ar}=4,7\text{-비스싸이에닐}$ 벤조싸이아다리아졸, $\text{R}_3=-\text{B}(\text{OH})_2$)의 제조

[0043] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술폰산 0.3 g (0.555 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.131 g (0.79 mmol)

과 4,7-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)벤조-2,1,3-싸이아다디아졸 0.021 g (0.056 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.045 g (0.04 mmol)을 습기가 제거된 15 mL의 DMF와 8 mL의 2M Na₂CO₃의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 40시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 아세톤에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 12,400 이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 **F**를 얻었다.

[0044] ¹H NMR (300 MHz, D₂O) δ=8.1~7.3(3.1H, 방향족), 7.2~6.7(2H, 방향족), 4.1(2.8H, 알킬기), 3.2(3H, 알킬기), 2.2~1.6(5H, 알킬기) ppm.

[0045] [실시예] 시스테인 센서로의 성능 평가

[0046] [실시예 1] 음이온성 고분자의 시스테인 센서로의 성능 평가 I

[0047] 제조예 1과 비교제조예 1에 의하여 제조된 음이온성 고분자 화합물들의 시스테인에 대한 생화학적 검출 능력을 비교 확인하기 위해 상기 고분자 화합물들을 0.006 몰농도 소듐염포스페이트 완충용액(pH 7.4)에 녹여 각각 2.0 × 10⁻⁵ 몰농도로 맞추었다. 여기에 코발트 이온 2.5 × 10⁻⁴ 몰농도를 첨가하여 용액의 색 및 형광색 변화와 아미노산(시스테인) 8.75 × 10⁻⁴ 몰농도를 첨가하여 용액의 색 및 형광색 변화를 Uv-vis 분광기와 형광광도계를 이용하여 관찰하였다. 그 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 및 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물이 실험한 코발트 이온과 시스테인이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0048] 제조예1에 의한, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자의 경우, 코발트 이온이 첨가됨에 따라 첨가 전 고분자의 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 코발트 이온의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 29.6% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물과 코발트 이온이 결합하였다는 것을 확인하였다.

[0049] 코발트 이온과 결합한 음이온성 초분지 공액화 고분자 복합체에 아미노산이 첨가됨에 따라 각각 다른 색 및 형광색의 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다. 특히 시스테인의 경우는 시스테인 첨가 전 고분자-코발트 이온 복합체의 가시광선의 흡수 및 형광이 증가하는 바와 같이 시스테인 첨가 전과 후에 다른 색과 형광강도를 보이는 현상을 볼 수 있었다.

[0050] Uv-vis 분광기에 의한 색의 변화를 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 352 nm에서의 흡수가 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개 아미노산의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 흡수보다 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 352 nm의 흡수가 362.9% 증가하였다.

[0051] 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 형광보다 크게 감소하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 416 nm의 청색 형광이 75.8% 감소하였다.

[0052] 반면, 비교제조예1에 의한, 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자의 경우, 코발트 이온이 첨가됨에 따라 첨가 전 고분자의 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 2의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 코발트 이온의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 22.9% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물과 코발트 이온이 결합하였다는 것을 확인하였다. 마찬가지로 코발트 이온과 결합한 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물에 아미노산이 첨가됨에 따라 각각 다른 색 및 형광색의 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0053] 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물-코발트 이온 복합체의 경우 Uv-vis 분광기에 의한 색의 변화를 측정한 결과, 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세

린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 352 nm에서의 흡수가 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개 아미노산의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 흡수보다 약간 증가하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 352 nm의 흡수가 162.9% 증가하였다.

[0054] 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 2의 음이온성 공액화 고분자 화합물-코발트 이온 복합체의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자의 형광보다 약간 더 감소하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 416 nm의 청색 형광이 45.2% 감소하였다.

[실시예 2] 음이온성 고분자의 시스테인 센서로의 성능 평가 II

[0056] 제조예 2와 비교제조예 2에 의하여 제조된 음이온성 고분자 화합물들의 시스테인에 대한 생화학적 검출 능력을 비교 확인하기 위해 상기 고분자 화합물들을 0.006 몰농도 소듐오포스페이트 완충용액(pH 7.4)에 녹여 각각 2.0×10^{-5} 몰농도로 맞추었다. 여기에 코발트 이온 2.5×10^{-4} 몰농도를 첨가하여 용액의 색 및 형광색 변화와 아미노산(시스테인) 8.75×10^{-4} 몰농도를 첨가하여 용액의 색 및 형광색 변화를 Uv-vis 분광기와 형광광도계를 이용하여 관찰하였다. 그 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 및 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물이 실험한 코발트 이온과 시스테인이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0057] 제조예 2에 의한, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자의 경우, 코발트 이온이 첨가됨에 따라 첨가 전 고분자의 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 코발트 이온의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 28.4% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물과 코발트 이온이 결합하였다는 것을 확인하였다.

[0058] 코발트 이온과 결합한 음이온성 초분지 공액화 고분자 복합체에 아미노산이 첨가됨에 따라 각각 다른 색 및 형광색의 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다. 특히 시스테인의 경우는 시스테인 첨가 전 고분자-코발트 이온 복합체의 가시광선의 흡수 및 형광이 증가하는 바와 같이 시스테인 첨가 전과 후에 다른 색과 형광강도를 보이는 현상을 볼 수 있었다.

[0059] Uv-vis 분광기에 의한 색의 변화를 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 352 nm에서의 흡수가 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개 아미노산의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 흡수보다 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 352 nm의 흡수가 364.1% 증가하였다.

[0060] 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 형광보다 크게 감소하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 416 nm의 청색 형광이 73.8% 감소하였다.

[0061] 반면, 비교제조예 2에 의한, 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자의 경우, 코발트 이온이 첨가됨에 따라 첨가 전 고분자의 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 2의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 코발트 이온의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 22.9% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물과 코발트 이온이 결합하였다는 것을 확인하였다. 마찬가지로 코발트 이온과 결합한 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물에 아미노산이 첨가됨에 따라 각각 다른 색 및 형광색의 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0062] 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물-코발트 이온 복합체의 경우 Uv-vis 분광기에 의한 색의 변화를 측정한 결과, 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세

린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 352 nm에서의 흡수가 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개 아미노산의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 흡수보다 약간 증가하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 352 nm의 흡수가 161.6% 증가하였다.

[0063] 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 2의 음이온성 공액화 고분자 화합물-코발트 이온 복합체의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자의 형광보다 약간 더 감소하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 418 nm의 청색 형광이 44.2% 감소하였다.

[실시예 3] 음이온성 고분자의 시스테인 센서로의 성능 평가 III

[0065] 제조예 3와 비교제조예 3에 의하여 제조된 음이온성 고분자 화합물들의 시스테인에 대한 생화학적 검출 능력을 비교 확인하기 위해 상기 고분자 화합물들을 0.006 몰농도 소듐오포스페이트 완충용액(pH 7.4)에 녹여 각각 2.0×10^{-5} 몰농도로 맞추었다. 여기에 코발트 이온 2.5×10^{-4} 몰농도를 첨가하여 용액의 색 및 형광색 변화와 아미노산(시스테인) 8.75×10^{-4} 몰농도를 첨가하여 용액의 색 및 형광색 변화를 Uv-vis 분광기와 형광광도계를 이용하여 관찰하였다. 그 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 및 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물이 실험한 코발트 이온과 시스테인이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0066] 제조예 3에 의한, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자의 경우, 코발트 이온이 첨가됨에 따라 첨가 전 고분자의 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 코발트 이온의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 27.6% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물과 코발트 이온이 결합하였다는 것을 확인하였다.

[0067] 코발트 이온과 결합한 음이온성 초분지 공액화 고분자 복합체에 아미노산이 첨가됨에 따라 각각 다른 색 및 형광색의 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다. 특히 시스테인의 경우는 시스테인 첨가 전 고분자-코발트 이온 복합체의 가시광선의 흡수 및 형광이 증가하는 바와 같이 시스테인 첨가 전과 후에 다른 색과 형광강도를 보이는 현상을 볼 수 있었다.

[0068] Uv-vis 분광기에 의한 색의 변화를 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 353 nm에서의 흡수가 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개 아미노산의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 흡수보다 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 353 nm의 흡수가 359.9% 증가하였다.

[0069] 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 형광보다 크게 감소하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 418 nm의 청색 형광이 71.1% 감소하였다.

[0070] 반면, 비교제조예 3에 의한, 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자의 경우, 코발트 이온이 첨가됨에 따라 첨가 전 고분자의 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 2의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 코발트 이온의 첨가에 의하여 418 nm에서의 청색 형광이 21.3% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물과 코발트 이온이 결합하였다는 것을 확인하였다. 마찬가지로 코발트 이온과 결합한 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물에 아미노산이 첨가됨에 따라 각각 다른 색 및 형광색의 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0071] 화학식 2의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물-코발트 이온 복합체의 경우 Uv-vis 분광기에 의한 색의 변화를 측정한 결과, 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세

린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 353 nm에서의 흡수가 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개 아미노산의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자-코발트 이온 복합체의 흡수보다 약간 증가하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 353 nm의 흡수가 164.1% 증가하였다.

[0072] 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 화학식 2의 음이온성 공액화 고분자 화합물-코발트 이온 복합체의 경우 라이신, 알라닌, 티로신, 글리신, 루신, 트립토판, 아스파라긴, 발린, 아스파르트산, 아르지닌, 세린, 아이소루신, 트레오닌, 메싸이오닌, 클루타민, 페닐알라닌, 글루탐산, 히스티딘의 첨가에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 변화가 없었다. 시스테인의 경우에는 앞의 18개의 경우와 다르게 시스테인 첨가 전의 고분자의 형광보다 약간 더 감소하는 것을 볼 수 있었다. 시스테인을 첨가하였을 때 418 nm의 청색 형광이 41.1% 감소하였다.

[0073] 상기 실시예 1, 2, 3의 결과로 보아, 제조된 고분자 화합물은 코발트 이온의 첨가에 따라 형광의 감소가 나타나고, 추가로 첨가되는 아미노산의 종류에 따라 흡수 및 형광의 증감이 달라지는 선택적인 바이오센서로 이용될 수 있음을 확인할 수 있었으나, 용해성이 떨어지고 측쇄에 제한적인 수의 술포산을 갖는 선형 고분자(비교제조에 1, 2, 3)의 경우, 선택적으로 시스테인을 감지하지만 형광강도가 비교적 적게 감소되어 민감도가 낮은 결과가 도출 되었다. 반면, 측쇄에 술포산이 다수 포함되어 있는 초분지 고분자(제조에 1, 2, 3)의 경우 시스테인을 선택적이고 효율적으로 감지하여 흡수가 큰 폭으로 증가하고 형광이 큰 폭으로 감소되었다.

[0074] 이를 바탕으로 고분자 화합물 중 화학식 1과 같이 측쇄에 이온성기의 함유 비율이 높은 초분지 공액화 고분자가 선택적으로 아미노산(시스테인)을 감지하는 반면, 화학식 2와 같은 선형 공액화 고분자는 상대적으로 용해성이 떨어지고 측쇄인 술포산 또는 술포산염의 수가 제한적이어서 효율성이 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다.