



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월05일
(11) 등록번호 10-1069697
(24) 등록일자 2011년09월27일

(51) Int. Cl.

C08F 251/00 (2006.01) C08G 61/12 (2006.01)

C08B 37/00 (2006.01) G01N 33/53 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0031466

(22) 출원일자 2010년04월06일

심사청구일자 2010년04월06일

(56) 선행기술조사문헌

CHEM. COMM., 2009, 1347-1349

MACROMOLUCULES 2005

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전 유성구 궁동 220 충남대학교

(72) 발명자

이택승

대전광역시 유성구 관평동 테크노밸리6단지 운암
아파트 611-2001

김대근

대전광역시 유성구 궁동 416-4 301호

(74) 대리인

권오식, 김종관, 박창희

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김선아

(54) 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체 및 이를 이용한 형광 텍틴 센서

(57) 요약

본 발명은 술폰산염 또는 암모늄염 이온성기의 도입으로 물에 용해되는 특성을 갖는 화학센서 및 바이오센서용 당당류-수용성 초분지 공액화 고분자(water-soluble hyperbranched conjugated polymer) 복합체 및 이를 포함하는 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 말단에 당당류와 반응할 수 있는 많은 수의 수용기를 가지고 있는 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물과 당당류인 만노스(mannose)가 결합되어 있는 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체 및 이를 포함하는 센서에 관한 것이다.

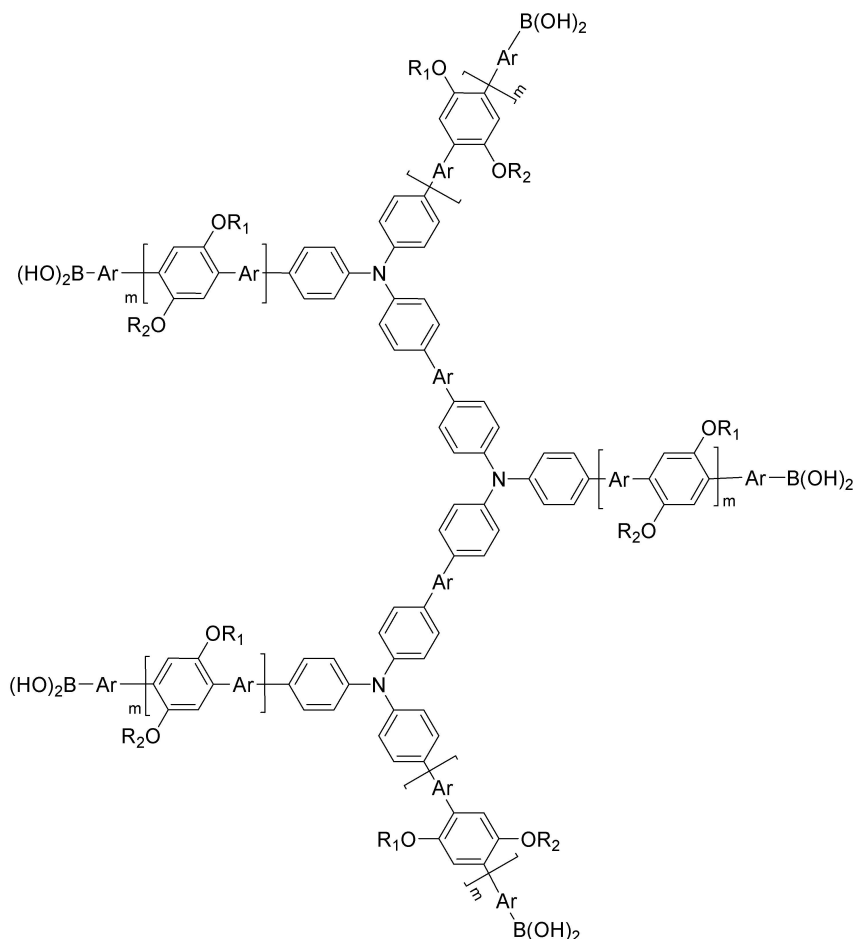
본 발명에 따른 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체는 수용성 초분지 공액화 고분자 말단에 특정 바이오물질, 특히 당당류 만노스(mannose)와 선택적으로 반응할 수 있는 다수개의 수용기(receptor)가 도입되어 만노스와의 결합을 이루어 형성된 것으로서, 수용성 초분지 공액화 고분자에 결합된 만노스에 의해 단백질, 특히 텍틴을 정량적, 정성적으로 분석하는 것이 가능하므로 진단, 의학연구, 임상실험, 화학분석 등이 널리 사용될 수 있다.

특허청구의 범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 수용성 초분자 공액화 고분자 화합물의 말단의 보론산에 만노스(mannose)가 결합된 만노스-수용성 초분자 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 술폰산, 술폰산염 또는 트리(C1-C7)알킬암모늄이 치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C1 내지 C6의 알킬기이고; m은 1 내지 30의 정수이다.]

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 R₁ 및 R₂의 알킬기의 말단은 서로 독립적으로 술폰산, 술폰산염, 트라이메틸암모늄염, 에틸다이메틸암모늄염, 다이에틸메틸암모늄염 또는 트라이에틸암모늄염으로 치환되는 것을 특징으로 하는 만노스-수용성 초분자 공액화 고분자 복합체.

청구항 3

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-헥실인 것을 특징으로 하는 만노스-수용성 초분자 공액화 고분자 복합체.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 Ar은 페닐렌, 벤조싸이아다리아졸 또는 비스싸이에닐벤조싸이아다리아졸인 것을 특징으로 하는 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체.

청구항 5

제 1항에 있어서,

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

청구항 6

제 1항 내지 제 5항에서 선택되는 어느 한 항에 따른 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 포함하는 센서.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 센서는 화학센서 또는 바이오센서인 것을 특징으로 하는 센서.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 센서는 형광광도계를 이용한 렉틴(lectin)의 선택적 검출용인 것을 특징으로 하는 센서.

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명은 술포산염 또는 암모늄염 이온성기의 도입으로 물에 용해되는 특성을 갖는 화학센서 및 바이오센서용 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 말단에 단당류와 반응할 수 있는 많은 수의 수용기를 가지고 있어 화학센서 및 바이오센서로 이용이 가능한 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물과 이의 제조방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 화학센서 및 바이오센서용 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 및 이를 이용한 글루코스의 선택적인 검출방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

21세기에 들어오면서 사람들은 건강에 대해서 예전보다 더 많은 관심을 갖게 되었다. 그로 인하여 세계적으로 바이오센서에 대한 연구가 활발히 진행 중이고, 국내에서도 바이오센서로의 응용이 활발히 연구 중이다(Y. K. Jung, T. W. Kim, J. Kim, J. -M. Kim, H. G. Park, Adv. Funct. Mater., 18, 701, 2008). 이러한 바이오센서에 주로 쓰이는 재료는 크게 나노 입자(nano particle), 양자점(quantum dot), 수용성 공액화 고분자로 세분화할 수 있다. 하지만, 나노 입자와 양자점은 많은 연구가 진행되어져 왔음에도 불구하고, 금속과 무기재료가 주 재료로 이루어져 있기 때문에 독성으로 인한 제한을 갖고 있는 단점이 있다(C. -Y. Xhang, H. -C. Yeh, M. T Kuroki, T. -H. Wang, Nat. Mater., 4, 826, 2005). 수용성 공액화 고분자는 우리 몸의 구성 요소와 같은 유기물로 이루어져 미래의 궁극적인 응용에 있어서 높이 평가 받고 있다. 특히, 기존의 유기 공액화 고분자의 형광을 이용한 높은 감응성을 바이오센서로 이용하기 위해 수용성 유기 공액화 고분자의 발전으로 이어졌고, 이는 또한 세포 이미징(living cell imaging)등의 다른 생명공학 기술로의 응용으로 이어졌다. 수용성 공액화 고분자 역시 지용성 공액화 고분자와 동일한 p-오비탈 중첩을 갖고 있어 유사한 형광 특성을 보이며, 지용성 고분자와 함께 사용하여 다층 유기전자소자 개발에 응용할 수 있고, 물에서의 형광을 이용하여 바이오센서, 약물전달 시스템 등 바이오와 접목하여 여러 의학 분야에 응용할 수 있다.

[0003]

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 있다. 초분지 고분자는 용액 상태에서 선형 고분자가 갖는 랜덤 코일(random coil)형태를 취하지 않고 구형(globular) 형태를 취한다. 선

형 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 말단기를 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).

[0004] 단당류는 모두 최저 두 개의 하이드록시기를 가진다. 두 개의 하이드록시기는 단당류의 종류에 따라 입체적으로 다른 방향으로 구성되어 있다. 단당류 중 만노스는 인접한 두 개의 하이드록시기(1,2-diol group)가 같은 평면에 위치하고 있다. 그렇게 때문에 만노스의 하이드록시기는 보론산(boronic acid)과 반응하여 보론 에스터 결합을 형성한다(J. P. Lorand, J. O. Edwards, J. Org. Chem., 24, 769, 1959; C. Yu, V. W. - W. Yam, Chem. Commun., 1347, 2009; C. Shimpuku, R. Ozawa, A. Sasaki, F. Sato, T. Hashimote, A. Yamauchi, I. Suzuki, T. Hayashita, Chem. Commun., 1709, 2009). 수용성 상태에서 말단기에 보론산을 갖는 색소 화합물을 넣을 경우 단당류와 색소 화합물의 보론산이 결합하게 된다. 또한 단당류(mannose)와 렉틴(lectin, Concanavalin A) 단백질과는 상호 작용을 하여 결합을 하는 것으로 알려져 있다(M. D. Disney, J. Zheng, T. M. Swager, P. H. Seeberger, J. Am. Chem. Soc., 126, 13343, 2004; J. M. Casas-Solvas, E. Ortiz-Salmeron, L. Garcia-Fuentes, A. Vargas-Berenguel, Org. Biomol. Chem., 6, 4230, 2008; R. Kikkeri, I. Garcia-Rubio, P. H. Seeberger, Chem. Commun. 235, 2009).

[0005] 상기와 같은 만노스와 렉틴 단백질간의 결합 특성을 바탕으로 색변화에 의한 컬러센서로 단백질을 감지하려는 노력은 저분자와 고분자 물질에 의하여 많이 시도되었다. 이들은 수용액 상태에서 말단기에 보론산을 갖는 색소 화합물이 만노스의 하이드록시기와 반응하여 결합을 통해 수용기(receptor) 역할을 하게 되고, 이를 통해 렉틴과 결합하게 됨으로서 색소 화합물의 색이나 형광색의 변화를 유도하는 것으로 알려져 있다.

[0006] 일반적으로 렉틴은 세포막 당단백질이나 당지질과 결합해서, 세포를 한군데 엉키게 하거나, 분열을 하게 하고, 기능을 발휘할 수 있게 하는 효과를 미치는 물질이라고 알려져 있다. 그 결과 유해한 세균 등에 손상을 주어 체내에서 증식하는 것을 방해한다. 또한 렉틴의 작용을 받은 세포는 여러 종류의 가용성 물질을 만들어 내거나 세포를 분화시키고 면역 글로브린을 만드는 등의 방법으로 면역의 기능을 높인다.

[0007] 선형 고분자 화합물을 이용한 바이오센서는 만노스와 결합할 수 있는 보론산을 고분자의 구조적 특성상 고분자의 양말단에만 도입할 수 있기 때문에 도입되는 숫자가 제한적이며, 선형 고분자의 경우 말단기의 수가 한분자당 두 개씩이기 때문에 수용기 개수에 의존적인 감지 효율이 떨어지게 되어 고감도의 바이오센서로의 활용에 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 말단에 단당류와 반응할 수 있는 많은 수의 수용기를 가지고 있는 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물과 단당류인 만노스(mannose)가 결합되어 있는 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 상기 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 포함하여 렉틴을 선택적으로 인지하여 형광강도의 변화로서 감지 신호를 나타내는 센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

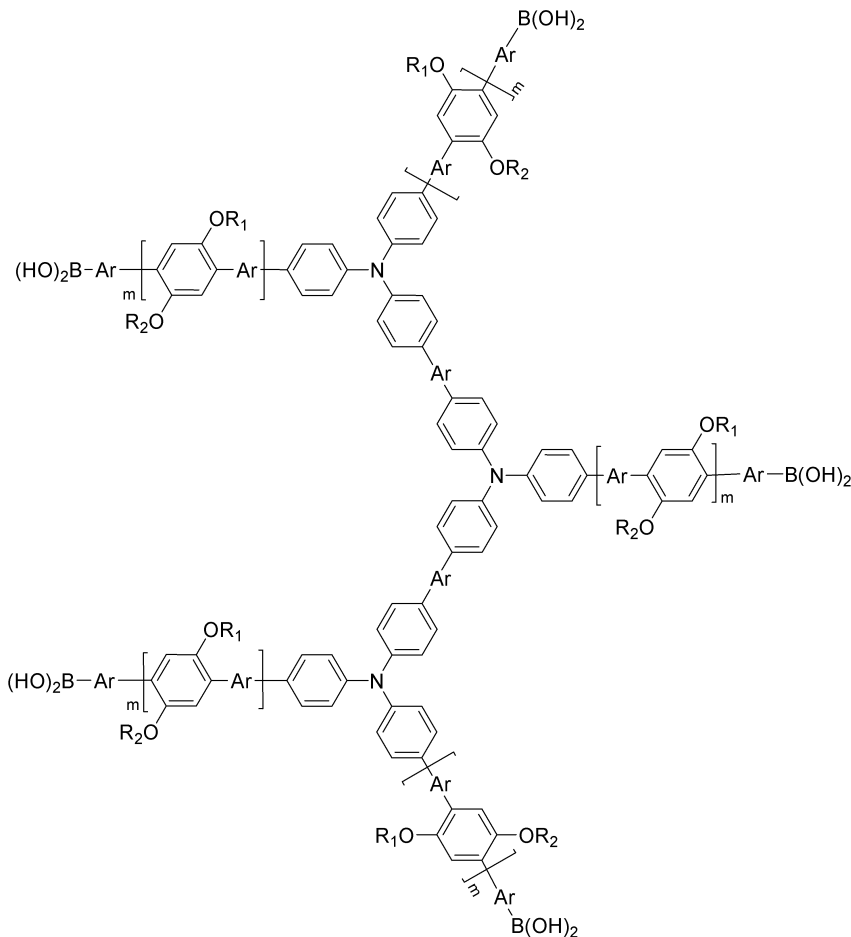
[0010] 본 발명은 술포산염 또는 암모늄염 이온성기의 도입으로 물에 용해되는 특성을 갖는 화학센서 및 바이오센서용 단당류-수용성 초분지 공액화 고분자(water-soluble hyperbranched conjugated polymer) 복합체 및 이를 포함하는 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 말단에 단당류와 반응할 수 있는 많은 수의 수용기를 가지고 있는 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물과 단당류인 만노스(mannose)가 결합되어 있는 만노스-수용성 초분지 공액

화 고분자 복합체 및 이를 포함하는 단백질, 특히 렉틴 검출용 센서에 관한 것이다.

[0011] 이하 본 발명을 상세히 설명한다.

[0012] 본 발명의 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성하기 위하여 사용되는 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물은 말단에 당당류, 즉 만노스에 대한 선택성을 부여하기 위하여 수용기의 도입을 위한 작용기로 보론산을 함유하고 있으며, 또한 상기 보론산을 공액화 고분자에 다수 도입하기 위하여 초분지 구조를 구현하고 있다. 구체적으로는 하기 화학식 1로 표시되며, 분자 구조 특성상 다수의 말단 보론산을 함유하는 화학식 1의 초분지형 고분자 화합물과 감지성능을 비교하기 위한 선형 고분자 화합물을 하기 화학식 2로 표시한다.

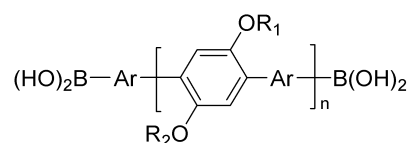
[0013] [화학식 1]



[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, 술폰산염 또는 트리(C1-C7)알킬암모늄염이 치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C1 내지 C6의 알킬기이고; m은 1 내지 30의 정수이다.]

[0016] [화학식 2]



[0017]

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

[0019] 상기 R₁ 및 R₂의 알킬기의 말단은 서로 독립적으로 술폰산, 술폰산염, 트라이메틸암모늄염, 에틸다이메틸암모늄

염, 다이에틸메틸암모늄염, 트라이에틸암모늄염으로 치환될 수 있으며, R_1 및 R_2 의 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, 벤조싸이아다리아졸 또는 비스싸이에닐벤조싸이아다리아졸로부터 선택된다.

[0020] 본 발명에 따른 화학식 1의 수용성 초분지 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] 상기 화학식 1의 아릴렌 또는 헤테로아릴렌을 주쇄에 갖는 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물은 말단에 보론산을 가지고 있어 단당류인 만노스와 쉽게 결합하고, 수용성 초분지 공액화 고분자에 결합된 만노스에 의해 단백질, 특히 렉틴을 검출하는데 유용하다. 만노스가 가지는 인접한 다이하이드록시기의 특성을 살려 수용액 상에서의 다이하이드록시기와 초분지형 고분자가 다수 함유하는 보론산이 반응하여 결합하는 것을 예상하고, 결합된 만노스와 단백질과의 상호작용으로 인하여 그에 따른 색 및 형광 변화로 단백질을 감지 할 수 있다. 특히 실시예에서 볼 수 있듯이 단백질 중 특히 렉틴을 선택적으로 감지하기 위한 용도로서 이용될 수 있다.

[0022] 반면, 화학식 2의 선형 수용성 공액화 고분자 화합물 역시 말단의 보론산을 가지고 있어 만노스와 결합하고 만노스로 인하여 단백질을 검출하는데 유용할 수 있으나, 만노스가 가지는 인접한 다이하이드록시기의 특성을 살려 수용액 상에서의 다이하이드록시기와 선형 고분자의 말단에만 존재하는 두 개의 보론산만이 반응하여 결합함으로써, 그에 따른 색 및 형광 변화로 단백질을 감지 할 수 있지만 실시예에서 볼 수 있듯이 말단기의 작용기의 개수가 제한적이기 때문에 감지 효율 및 선택성이 떨어지는 것을 알 수 있다.

발명의 효과

[0023] 이상과 같이 본 발명에 따른 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체는 만노스와 쉽게 결합할 수 있는 수용기(보론산)가 다수 도입된 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물을 포함하며 특히 만노스와 상기 고분자 화합물의 수용기(보론산)가 결합하고 있어 단백질, 특히 렉틴에 대한 선택성이 높아 화학센서 및 바이오센서로 다양하게 사용할 수 있고, 진단, 의학연구, 임상실험, 화학분석 등에 널리 사용될 수 있다.

[0024] 또한 본 발명에 따른 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체는 손님 분자 등의 조절에 의하여 응답성, 안정성, 선택성 등의 센서 기능에 부합되는 물성을 갖고 있어 분자인식형 센서에 적용될 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 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

[0027] 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 0.037 g (0.154 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.

[0028] 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.

[0029] **[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

[0030] 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 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 12,400이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 **B**를 얻었다.

[0031] ¹H NMR (300 MHz, D₂O) 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.

[0032] **[제조예 3] 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 C**(화학식 1, R₁=R₂=-CH₂CH₂CH₂N(CH₃)₃, Ar=1,4-페닐렌, R₃=-B(OH)₂)의 제조

[0033] 1,4-비스(3-브로모프로폭시)-2,5-다이브로모벤젠 0.414 g (0.812 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.17 g (1.08 mmol)과 트리스(4-브로모페닐)아민 0.065 g (0.135 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.057 g (0.053 mmol)을 습기가 제거된 9 mL의 톨루엔과 4.5 mL의 2M Na₂CO₃의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 48시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 200 mL의 메탄올에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하고 얻어진 고체를 아세톤 200 mL에 수세한 후 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 THF 10 mL에 녹인 후 -78 °C로 냉각시킨 후 트라이메틸아민 4 mL를 천천히 넣어주었다. 반응용액의 온도를 상온으로 승온시킨 후 6시간동안 교반한 후 아세톤 200 mL에 부어 석출하였다. 석출된 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 11,000이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 **C**를 얻었다.

[0034] ¹H NMR (300 MHz, D₂O) δ=8.1~7.3(2H, 방향족), 7.2~6.7(2H, 방향족), 4.1(4H, 알킬기), 3.8~3.2(6H, 알킬기), 2.9(4H, 알킬기), 1.7(4H, 알킬기) ppm.

[0035] **[제조예 4] 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 D**(화학식 1, R₁=R₂=-CH₂CH₂CH₂N(CH₃)₃, Ar=4,7-벤조사이아다리아졸, R₃=-B(OH)₂)의 제조

[0036] 1,4-비스(3-브로모프로폭시)-2,5-다이브로모벤젠 0.414 g (0.812 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.2 g (1.23 mmol)과 트리스(4-브로모페닐)아민 0.065 g (0.135 mmol)과 4,7-다이브로모-2,1,3-벤조사이아다리아졸 0.024 g (0.0812 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.072 g (0.062 mmol)을 습기가 제거된 15 mL의 톨루엔과 4.5 mL의 2M Na₂CO₃의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 48시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 200 mL의 메탄올에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하고 얻어진 고체를 아세톤 200 mL에 수세한 후 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 THF 10 mL에 녹인 후 -78 °C로 냉각시킨 후 트라이메틸아민 4 mL를 천천히 넣어주었다. 반응용액의 온도를 상온으로 승온시킨 후 6시간동안 교반한 후 아세톤 200 mL에 부어 석출하였다. 석출된 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 11,000이상인 수용성 초분지 공액화 고분자 화합물 **C**를 얻었다.

[0037] ¹H NMR (300 MHz, D₂O) δ=8.1~7.6(2H, 방향족), 7.2~6.6(2H, 방향족), 4.3(4H, 알킬기), 3.8~3.3(6H, 알킬기), 2.8(4H, 알킬기), 1.8(4H, 알킬기) ppm.

[0038] **[비교제조예 1] 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 E**(화학식 2, R₁=R₂=-CH₂CH₂CH₂CH₂S(=O)₂OH, Ar=1,4-페닐렌, R₃=-B(OH)₂)의 제조

[0039] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술포산 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 Na₂CO₃의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 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 **E**를 얻었다.

- [0040] ^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.
- [0041] **[비교제조예 2] 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 F**(화학식 2, $\text{R}_1=\text{R}_2=-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{S}(=\text{O})_2\text{OH}$, $\text{Ar}=4,7\text{-벤조싸이아다리아졸}$, $\text{R}_3=-\text{B}(\text{OH})_2$)의 제조
- [0042] 1,4-다이브로모벤젠-2,5-비스-4-부톡시술폰산 0.5 g (0.925 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 °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 초분자 공액화 고분자 화합물 B를 얻었다.
- [0043] ^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.
- [0044] **[비교제조예 3] 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 G**(화학식 2, $\text{R}_1=\text{R}_2=-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3$, $\text{Ar}=1,4\text{-페닐렌}$, $\text{R}_3=-\text{B}(\text{OH})_2$)의 제조
- [0045] 1,4-비스(3-브로모프로폭시)-2,5-다이브로모벤젠 0.414 g (0.812 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.36 g (1.08 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.057 g (0.053 mmol)을 습기가 제거된 9 mL의 톨루엔과 4.5 mL의 2M Na_2CO_3 의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 48시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 200 mL의 메탄올에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하고 얻어진 고체를 아세톤 200mL에 수세한 후 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 THF 10 mL에 녹인 후 -78 °C로 냉각시킨 후 트라이메틸아민 4 mL를 천천히 넣어주었다. 반응용액의 온도를 상온으로 승온시킨 후 6시간동안 교반한 후 아세톤 200 mL에 부어 석출하였다. 석출된 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 12,000이상인 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 G를 얻었다.
- [0046] ^1H NMR (300 MHz, D_2O) δ = 7.8~6.6(4H, 방향족), 4.1~3.7(4H, 알킬기), 3.8~3.2(6H, 알킬기), 2.7(4H, 알킬기), 1.6(4H, 알킬기) ppm.
- [0047] **[비교제조예 4] 수용성 선형 공액화 고분자 화합물 H**(화학식 2, $\text{R}_1=\text{R}_2=-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3$, $\text{Ar}=4,7\text{-벤조싸이아다리아졸}$, $\text{R}_3=-\text{B}(\text{OH})_2$)의 제조
- [0048] 1,4-비스(3-브로모프로폭시)-2,5-다이브로모벤젠 0.414 g (0.812 mmol)과 1,4-벤젠다이보론산 0.177 g (1.07 mmol)과 4,7-다이브로모-2,1,3-벤조싸이아다리아졸 0.024 g (0.0812 mmol), 그리고 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 촉매 0.062 g (0.054 mmol)을 습기가 제거된 15 mL의 톨루엔과 4.5 mL의 2M Na_2CO_3 의 혼합용액에 용해시키고 90 °C에서 48시간동안 환류하였다. 반응 후 상온으로 냉각하고 200 mL의 메탄올에 부어 결정을 석출시킨 다음 석출물을 여과하고 얻어진 고체를 아세톤 200 mL에 수세한 후 여과하였다. 여과하여 얻어진 고체를 THF 10 mL에 녹인 후 -78 °C로 냉각시킨 후 트라이메틸아민 4 mL를 천천히 넣어주었다. 반응용액의 온도를 상온으로 승온시킨 후 6시간동안 교반한 후 아세톤 200 mL에 부어 석출하였다. 석출된 고체를 3차 증류수에 녹인 후 삼투막을 이용한 여과로 분자량이 11,000이상인 수용성 초분자 공액화 고분자 화합물 H를 얻었다.
- [0049] ^1H NMR (300 MHz, D_2O) δ = 8.2~7.8(2H, 방향족), 7.6~6.8(2H, 방향족), 4.4~4.2(4H, 알킬기), 3.8~3.4(6H, 알킬기), 2.6(4H, 알킬기), 1.7(4H, 알킬기) ppm.

[0050] [실시예 1] 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 렉틴 센서로의 성능 평가

[0051] 제조예 1과 비교제조예 1에 의하여 제조된 음이온성 고분자 화합물들(화합물 A 및 E)의 렉틴에 대한 생화학적 검출 능력을 비교 확인하기 위해 상기 고분자 화합물들을 0.006 몰농도 소듐염포스페이트 완충용액(pH 7.4)에 녹여 각각 1.0×10^{-5} 몰농도의 고분자 용액으로 맞추었다. 여기에 인접한 위치에 다이하이드록시기를 갖는 단당류인 만노스를 2.0×10^{-4} 몰농도로 첨가하여 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시킨 후 형광 변화를 관찰하고, 5.0×10^{-7} 몰농도의 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)을 첨가하여 각각의 형광 변화를 형광광도계를 이용하여 관찰하였다.

[0052] 그 결과, 제조예 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 A 및 비교제조예 1의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물 E는 만노스 및 렉틴이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0053] 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시키기 위하여 만노스를 첨가함에 따라 첨가 전 음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자의 형광에 비하여 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 제조예 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 9.3% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물과 만노스가 결합하였다는 것을 확인하였다.

[0054] 상기 형성된 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체에 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 강도의 변화가 있음을 관측할 수 있었다. 특히 렉틴의 경우는 다른 단백질 첨가했을 경우와는 다르게 형광이 크게 증가하는 바와 같이, 렉틴 첨가 전후 다른 형광강도를 보이는 현상을 볼 수 있었다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(화합물 A, 제조예 1) 복합체의 경우 라이조자임의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 6.6% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 99.9% 감소하였다. 렉틴의 경우에는 렉틴을 첨가하였을 때 416 nm의 청색 형광이 68.2% 증가하여 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 다르게 렉틴 첨가 전의 복합체의 형광보다 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다.

[0055] 반면, 비교제조예 1의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 E의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 6.3% 감소하였다. 상기 형성된 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(비교제조예 1, 화합물 E) 복합체에 라이조자임을 첨가한 경우 416 nm에서의 청색형광이 3.2% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 96.1% 감소하였다. 렉틴의 경우에도 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 마찬가지로 렉틴 첨가 전의 고분자의 형광보다 약간 증가하는 8.2% 증가를 관찰하였다.

[0056] [실시예 2] 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 렉틴 센서로의 성능 평가

[0057] 제조예 2과 비교제조예 2에 의하여 제조된 음이온성 고분자 화합물들(화합물 B 및 F)의 렉틴에 대한 생화학적 검출 능력을 비교 확인하기 위해 상기 고분자 화합물들을 0.006 몰농도 소듐염포스페이트 완충용액(pH 7.4)에 녹여 각각 1.0×10^{-5} 몰농도의 고분자 용액으로 맞추었다. 여기에 인접한 위치에 다이하이드록시기를 갖는 단당류인 만노스를 2.0×10^{-4} 몰농도로 첨가하여 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시킨 후 형광 변화를 관찰하고, 5.0×10^{-7} 몰농도의 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)을 첨가하여 각각의 형광 변화를 형광광도계를 이용하여 관찰하였다.

[0058] 그 결과, 제조예 2의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 B 및 비교제조예 2의 음이온성 선형 공액화 고분자 화합물 F는 만노스 및 렉틴이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0059] 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시키기 위하여 만노스를 첨가함에 따라 첨가 전 음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자의 형광에 비하여 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 제조예 2의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 418 nm에서의 청색 형광이 11.2% 감소하였다. 이를 바탕으로 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물과 만노스가 결합하였다는 것을 확인하였다.

[0060] 상기 형성된 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체에 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)

이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 강도의 변화가 있음을 관측할 수 있었다. 특히 렉틴의 경우는 다른 단백질 첨가했을 경우와는 다르게 형광이 크게 증가하는 바와 같이, 렉틴 첨가 전후 다른 형광강도를 보이는 현상을 볼 수 있었다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(화합물 B, 제조예 2) 복합체의 경우 라이조자임의 첨가에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 7.1% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 99.9% 감소하였다. 렉틴의 경우에는 렉틴을 첨가하였을 때 418 nm의 청색 형광이 71.2% 증가하여 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 다르게 렉틴 첨가 전의 복합체의 형광보다 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다.

[0061] 반면, 비교제조예 2의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 F의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 6.1% 감소하였다. 상기 형성된 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(비교제조예 2, 화합물 F) 복합체에 라이조자임을 첨가한 경우 418 nm에서의 청색형광이 2.7% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 418 nm에서의 청색 형광이 95.8% 감소하였다. 렉틴의 경우에도 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 마찬가지로 렉틴 첨가 전의 고분자의 형광보다 약간 증가하는 8.6% 증가를 관찰하였다.

[0062] [실시예 3] 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 렉틴 센서로의 성능 평가

[0063] 제조예 3과 비교제조예 3에 의하여 제조된 양이온성 고분자 화합물들(화합물 C 및 G)의 렉틴에 대한 생화학적 검출 능력을 비교 확인하기 위해 상기 고분자 화합물들을 0.006 몰농도 소듐염포스페이트 완충용액(pH 7.4)에 녹여 각각 1.0×10^{-5} 몰농도의 고분자 용액으로 맞추었다. 여기에 인접한 위치에 다이하이드록시기를 갖는 단당류인 만노스를 2.0×10^{-4} 몰농도로 첨가하여 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시킨 후 형광 변화를 관찰하고, 5.0×10^{-7} 몰농도의 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)을 첨가하여 각각의 형광 변화를 형광광도계를 이용하여 관찰하였다.

[0064] 그 결과, 제조예 3의 양이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 C 및 비교제조예 3의 양이온성 선형 공액화 고분자 화합물 G은 만노스 및 렉틴이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0065] 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시키기 위하여 만노스를 첨가함에 따라 첨가 전 양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자의 형광에 비하여 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 제조예 3의 음이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 8.9% 감소하였다. 이를 바탕으로 양이온성 초분지 공액화 고분자 화합물과 만노스가 결합하였다는 것을 확인하였다.

[0066] 상기 형성된 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체에 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 강도의 변화가 있음을 관측할 수 있었다. 특히 렉틴의 경우는 다른 단백질 첨가했을 경우와는 다르게 형광이 크게 증가하는 바와 같이, 렉틴 첨가 전후 다른 형광강도를 보이는 현상을 볼 수 있었다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(화합물 C, 제조예 3) 복합체의 경우 라이조자임의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 7.1% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 99.2% 감소하였다. 렉틴의 경우에는 렉틴을 첨가하였을 때 416 nm의 청색 형광이 62.7% 증가하여 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 다르게 렉틴 첨가 전의 복합체의 형광보다 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다.

[0067] 반면, 비교제조예 3의 양이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 G의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 7.1% 감소하였다. 상기 형성된 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(비교제조예 3, 화합물 G) 복합체에 라이조자임을 첨가한 경우 416 nm에서의 청색형광이 4.1% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 98.1% 감소하였다. 렉틴의 경우에도 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 마찬가지로 렉틴 첨가 전의 고분자의 형광보다 약간 증가하는 9.1% 증가를 관찰하였다.

[0068] [실시예 4] 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 렉틴 센서로의 성능 평가

[0069] 제조예 4와 비교제조예 4에 의하여 제조된 양이온성 고분자 화합물들(화합물 D 및 H)의 렉틴에 대한 생화학적

검출 능력을 비교 확인하기 위해 상기 고분자 화합물들을 0.006 몰농도 소듐포스페이트 완충용액(pH 7.4)에 녹여 각각 1.0×10^{-5} 몰농도의 고분자 용액으로 맞추었다. 여기에 인접한 위치에 다이하이드록시기를 갖는 단당류인 만노스를 2.0×10^{-4} 몰농도로 첨가하여 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시킨 후 형광 변화를 관찰하고, 5.0×10^{-7} 몰농도의 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)을 첨가하여 각각의 형광 변화를 형광광도계를 이용하여 관찰하였다.

[0070] 그 결과, 제조예 4의 양이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 D 및 비교제조예 4의 양이온성 선형 공액화 고분자 화합물 H는 만노스 및 렉틴이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 변화를 나타냄을 관측할 수 있었다.

[0071] 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체를 형성시키기 위하여 만노스를 첨가함에 따라 첨가 전 양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자의 형광에 비하여 형광이 감소한다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 제조예 4의 양이온성 초분지 공액화 고분자 화합물의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 416 nm에서의 청색 형광이 7.9% 감소하였다. 이를 바탕으로 양이온성 초분지 공액화 고분자 화합물과 만노스가 결합하였다는 것을 확인하였다.

[0072] 상기 형성된 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체에 단백질(렉틴, 라이조자임, 싸이토크롬 c)이 첨가됨에 따라 각각 다른 형광 강도의 변화가 있음을 관측할 수 있었다. 특히 렉틴의 경우는 다른 단백질 첨가했을 경우와는 다르게 형광이 크게 증가하는 바와 같이, 렉틴 첨가 전후 다른 형광강도를 보이는 현상을 볼 수 있었다. 형광 광도계에 의한 형광을 측정한 결과, 만노스-음이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(화합물 D, 제조예 4) 복합체의 경우 라이조자임의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 9.1% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 416 nm에서의 청색형광이 99.4% 감소하였다. 렉틴의 경우에는 렉틴을 첨가하였을 때 416 nm의 청색 형광이 68.1% 증가하여 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 다르게 렉틴 첨가 전의 복합체의 형광보다 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다.

[0073] 반면, 비교제조예 4의 양이온성 초분지 공액화 고분자 화합물 H의 경우 만노스의 첨가로 인한 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자 복합체의 형성에 의하여 418 nm에서의 청색형광이 7.4% 감소하였다. 상기 형성된 만노스-양이온성 수용성 초분지 공액화 고분자(비교제조예 3, 화합물 G) 복합체에 라이조자임을 첨가한 경우 418 nm에서의 청색형광이 6.1% 증가하였으며, 싸이토크롬 c의 첨가에 의하여 418 nm에서의 청색 형광이 98.4% 감소하였다. 렉틴의 경우에도 라이조자임과 싸이토크롬 c의 두 경우와 마찬가지로 렉틴 첨가 전의 고분자의 형광보다 약간 증가하는 9.8% 증가를 관찰하였다.

[0074] 상기 실시예 1, 2, 3 및 4의 결과로 보아 제조된 고분자 화합물은 만노스의 첨가에 따라 형광의 감소가 나타나고, 만노스와의 결합으로 인하여 형성된 만노스-수용성 초분지 공액화 고분자 복합체는 첨가되는 단백질의 종류에 따라 형광의 증감이 달라져 선택적인 바이오센서로 이용될 수 있음을 확인할 수 있었으나, 말단에 제한적인 수의 보론산을 갖는 선형 고분자(비교제조예 1, 2, 3 및 4에서 제조된 화합물 E, F, G 및 H)의 경우 감도가 낮고 선택적으로 렉틴을 감지하지 못하였다. 반면, 말단기에 보론산이 다수 포함되어 있는 초분지 고분자(제조예 1, 2, 3 및 4에서 제조된 화합물 A, B, C 및 D)의 경우 렉틴을 선택적으로 감지하여 형광이 큰 폭으로 증가되었다. 이를 바탕으로 제조된 고분자 화합물 중 제조예 1 및 3에서 제조된 바와 같이 말단기의 비율이 높은 초분지 공액화 고분자가 만노스와 결합하여 복합체를 형성하고, 형성된 복합체의 만노스는 렉틴을 선택적으로 감지하는 반면, 비교제조예 1 및 3에서 제조된 선형 공액화 고분자는 상대적으로 말단기의 수가 제한적이어서 만노스와의 복합체를 형성한다 하더라도 만노스의 수가 적어 선택성이 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다.