



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월02일
(11) 등록번호 10-2563012
(24) 등록일자 2023년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61K 9/127 (2006.01) A61K 47/38 (2006.01)
A61K 9/51 (2006.01) B82Y 5/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
A61K 9/1274 (2013.01)
A61K 47/38 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0124578
(22) 출원일자 2020년09월25일
심사청구일자 2020년09월25일
(65) 공개번호 10-2022-0041416
(43) 공개일자 2022년04월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020200075369 A
US20140335132 A1*
KR1020130066251 A
KR1020190005037 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
강원대학교산학협력단
강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)
(72) 발명자
김진철
강원도 춘천시 퇴계로 220-20, 302동 1301호(석사동, 현대아파트)
박석호
인천광역시 부평구 대정로 42, 207호(아이홈아파트)
(74) 대리인
김정현

전체 청구항 수 : 총 5 항

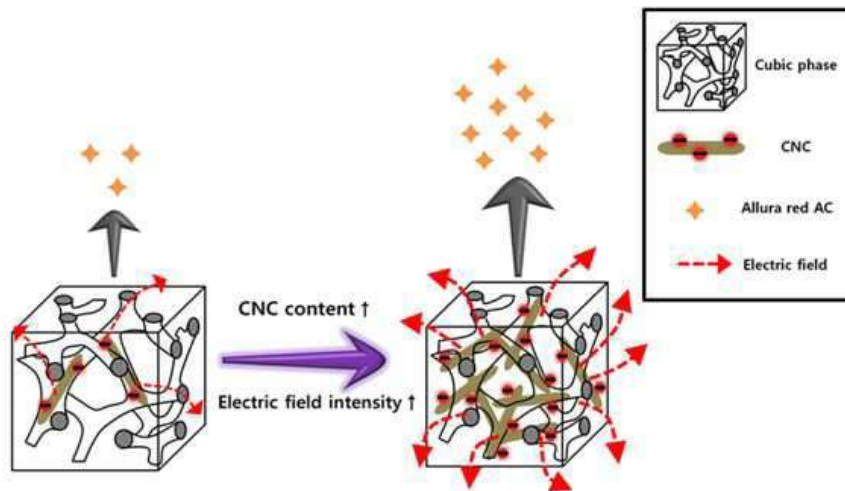
심사관 : 윤소라

(54) 발명의 명칭 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체

(57) 요약

본 발명은 셀룰로오스 나노크리스탈을 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 매트릭스에 매립시켜 나노구조체와 탑재물의 정전기적 반발력을 향상시키므로 수상 채널에 탑재된 탑재물의 방출률이 향상된 모노올레인 큐빅상 나노구조체를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 음전하를 띄는 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하여 나노구조체의 음전하 성질을 향상시키므로 수상채널에 탑재된 음전하 탑재물이 평형에 의한 방출과 함께 정전기 반발력에 의한 방출이 가능한 장점이 있다. 따라서 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 셀룰로오스 나노크리스탈이 포함되지 않은 종래의 모노올레인 큐빅상 나노구조체에 대비하여 향상된 방출률을 보이는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61K 9/5161 (2013.01)

B82Y 5/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345297677
과제번호	2018R1A6A1A03025582
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	강원대학교 산림과학연구소
기여율	1/2
과제수행기관명	강원대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1405003958
과제번호	2017029D10-1919-BA01
부처명	산림청
과제관리(전문)기관명	한국임업진흥원
연구사업명	산림생명자원소재발굴연구(R&D)
연구과제명	죽여 추출물의 국소 피부송달을 위한 큐빅상 나노구조체 개발
기여율	1/2
과제수행기관명	강원대학교산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체로서 상기 셀룰로오스 나노크리스탈이 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 매트릭스에 매립된 상태로 존재하는 것을 특징으로 하는 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 셀룰로오스 나노크리스탈은 황산염 에스테르 잔기(sulfate ester group)을 포함하는 것을 특징으로 하는 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 셀룰로오스 나노크리스탈은 직경 5 내지 30nm이며 길이 100 내지 500nm인 것을 특징으로 하는 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 셀룰로오스 나노크리스탈은 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 음전하 크기를 증가시키는 것을 특징으로 하는 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 셀룰로오스 나노크리스탈은 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 수상 채널 내부에 탑재된 음전하 탑재물에 대하여 정전기적 반발력을 증가시켜 상기 탑재물의 방출률을 향상시키는 것을 특징으로 하는 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체에 관한 것이다. 상세하게는 셀룰로오스 나노크리스탈을 이용하여 내부에 탑재된 탑재물의 방출을 조절하는 것을 특징으로 하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 모노 올레인 큐빅상(monoollein cubic phase) 나노구조체는 모노올레인 이중층(bilayer)과 상기 이중층으로 둘러싸인 수상 채널(water channel)을 포함하고 있어 약물 운반체로서 주목받고 있다. 모노 올레인(monoollein, MO)은 올레산 탄화수소 사슬을 가진 모노글리세라이드로서 글리세롤 잔기는 친수성을 가지며 탄화수소 사슬은 소수성을 가지므로 수용액에서 엔트로피적으로 자발적인 나노구조체를 형성하게 된다. MO가 적절한 양의 수용액으로

수화되면 MO 큐빅상(cubic phase) 나노구조체로 자가 응집되고 상기 MO 큐빅상 나노구조체는 내부에 결정학적으로 두께 약 3.5nm의 MO 이중층 및 상기 이중층으로 둘러싸인 직경 약 5nm의 수상 채널(water channel)의 구조를 가지게 된다. 상기 수화를 통해 제조된 MO 큐빅상 나노구조체는 수분 함량에 따라 자이로이드(gyroid)와 다이아몬드(diamond)의 두 가지 유형으로 형성된다. MO 큐빅상 나노구조체가 온도 8 내지 68℃에서 제조되어 수분함량이 25 내지 37% 상태이면 자이로이드형의 큐빅상이 되며 수분함량이 37 내지 42% 상태이면 다이아몬드형의 큐빅상이 된다.

[0004] MO 큐빅상 나노구조체는 극성 도메인과 비극성 도메인이 내부에 공존하는 구조를 가진다. 따라서 다양한 극성을 가지는 탑재물들을 수상 채널에 탑재 할 수 있는 장점이 있다. 또한 MO 큐빅상 나노구조체의 수상 채널에 온도, pH, UV, NIR 및 전기장과 같은 특정 자극에 반응하여 작용하는 화합물을 설치하게 되면 자극에 반응하여 수상 채널에 탑재된 화합물(탑재물)의 방출을 제어 할 수 있다. 예를 들어 MO 큐빅상 나노구조체의 수상 채널에 임계 용액온도를 가지는 폴리머를 고정시키게 되면 상기 MO 큐빅상 나노구조체가 임계온도에 도달하는 경우 상기 폴리머가 반응하면서 수상 채널에 탑재된 탑재물의 방출이 증가하거나 감소하는 식이다.

[0005] 셀룰로오스 나노입자는 셀룰로오스를 가수분해하여 나노화시켜 제조한 나노입자이다. 상기 셀룰로오스 나노입자는 음전하를 가지며 특히, 황산을 이용하여 셀룰로오스를 가수분해하여 제조하게 되면 셀룰로오스 나노입자의 표면에 황산염 반-에스테르 잔기(sulfate half-ester group)가 부착되어 더 큰 음전하를 가지게 된다.

[0006] MO 큐빅상 나노구조체의 수상 채널은 MO 이중층으로 둘러싸여 형성되며 직경이 약 5nm인 나노채널에 해당한다. MO 큐빅상 나노구조체의 수상 채널에 탑재된 탑재물은 큐빅상의 외부를 둘러싸고 있는 방출 배지와의 평형을 통해 방출되는데 이때 수상 채널의 좁은 직경은 탑재물의 방출에 물리적 장애물로서 작용하게 된다. 따라서 상기 수상 채널에 특정 자극에 반응하여 작용하는 자극반응성 화합물을 설치하여 방출률을 향상시키는 것이 필요하다.

[0007] 상기 셀룰로오스 나노입자는 음전하를 가지는 성질이 있으므로 수상채널에 설치되면 음전하를 가지는 탑재물의 방출에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 상기 셀룰로오스 나노입자가 설치된 MO 큐빅상 나노구조체의 방출률을 조절하는 것은 아직 알려진바 없다.

[0008] 본 명세서에서 언급된 특허문헌 및 참고문헌은 각각의 문헌이 참조에 의해 개별적이고 명확하게 특정된 것과 동일한 정도로 본 명세서에 참조로 삽입된다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) Shah, J. C., Sadhale, Y., & Chilukuri, D. M. (2001). Adv. Drug Deliv. Rev., 47(2-3), 229-250. doi:10.1016/S0169-409X(01)00108-9

(비특허문헌 0002) Chang, C. M., & Bodmeier, R. (1998). Int. J. Pharm., 173(1-2), 51-60. doi:10.1016/S0378-5173(98)00180-X

(비특허문헌 0003) Lara, M. G., Bentley, M. V. L., & Collett, J. H. (2005). Int. J. Pharm., 293(1-2), 241-250. doi:10.1016/j.ijpharm.2005.01.008

(비특허문헌 0004) Turchiello, R. D. F., Vena, F. C. B., Maillard, P. H., Souza, C. D. S., Bentley, M. V. B. L., & Tedesco, A. C. (2003). J. Photochem. Photobiol. B, Biol., 70(1), 1-6. doi:10.1016/S1011-1344(03)00022-8

(비특허문헌 0005) Chang, C. M., & Bodmeier, R. (1997). J. Pharm. Sci., 86(6), 747-752. doi:10.1021/js960256w

(비특허문헌 0006) Nazaruk, E., Szle*?zak, M., Gorecka, E., Bilewicz, R., Osornio, Y. M., Uebelhart, P., & Landau, E. M. (2014). Langmuir., 30(5), 1383-1390. doi:10.1021/la403694e

(비특허문헌 0007) Nakano, M., Teshigawara, T., Sugita, A., Leesajakul, W., Taniguchi, A., Kamo, T., Matsuoka, H., & Handa, T. (2002). Langmuir., 18(24), 9283-9288. doi:10.1021/la026297r

(비특허문헌 0008) Qiu, H., & Caffrey, M. (2000). Biomaterials., 21(3), 223-234. doi:10.1016/S0142-

9612(99)00126-X

- (비특허문헌 0009) Drummond, C. J., & Fong, C. (1999). *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, 4(6), 449-456. doi:10.1016/S1359-0294(00)00020-0
- (비특허문헌 0010) Seddon, J. M., & Templer, R. H. (1993). *Langmuir*, 9(16), 377-401. doi:10.1098/rsta.1993.0096
- (비특허문헌 0011) Sagalowicz, L., Leser, M. E., Watzke, H. J., & Michel, M. (2006). *Trends Food Sci. Technol.*, 17(5), 204-214. doi:10.1016/j.tifs.2005.12.012
- (비특허문헌 0012) Salentinig, S., Zabara, M., Parris, P., & Amenitsch, H. (2018). *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 20(34), 21903-21909. doi:10.1039/C8CP03205J
- (비특허문헌 0013) Zeng, X., Prehm, M., Ungar, G., Tschierske, C., & Liu, F. (2016). *Angew. Chem.*, 128(29), 8464-8467. doi:10.1002/ange.201602734
- (비특허문헌 0014) Fontell, K. (1990). *Colloid. Polym. Sci.*, 268(3), 264-285. doi:10.1007/BF01490251
- (비특허문헌 0015) Angelov, B., Angelova, A., Garamus, V. M., Lebas, G., Lesieur, S., Ollivon, M., Funari, S., Willumeit, R., & Couvreur, P. (2007). *J. Am. Chem. Soc.*, 129(44), 13474-13479. doi:10.1021/ja072725
- (비특허문헌 0016) Zabara, A., Negrini, R., Onaca-Fischer, O., & Mezzenga, R. (2013). *Small*, 9(21), 3602-3609. doi:10.1002/smll.201300348
- (비특허문헌 0017) Kwon, T. K., & Kim, J. C. (2011). *Biomacromolecules*, 12(2), 466-471. doi:10.1021/bm101249e
- (비특허문헌 0018) Seo, H. J., & Kim, J. C. (2012). *J. Ind. Eng. Chem.*, 18(1), 88-91. doi:10.1016/j.jiec.2011.11.077
- (비특허문헌 0019) Nazaruk, E., Szlezak, M., Gorecka, E., Bilewicz, R., Osornio, Y. M., Uebelhart, P., & Landau, E. M. (2014). *Langmuir*, 30(5), 1383-1390. doi:10.1021/la403694e
- (비특허문헌 0020) Kwon, T. K., & Kim, J. C. (2011). *Drug. Dev. Ind. Pharm.*, 37(1), 56-61. doi:10.3109/03639045.2010.491830
- (비특허문헌 0021) Lee, M. S., & Kim, J. C. (2014). *Polym. Eng. Sci.*, 54(1), 227-233. doi:10.1002/pen.23513
- (비특허문헌 0022) Zhang, H., & Kim, J. C. (2015). *Colloids. Surf. A. Physicochem. Eng. Asp.*, 465, 59-66. doi:10.1016/j.colsurfa.2014.10.013
- (비특허문헌 0023) Park, S. H., & Kim, J. C. (2019). *J. Ind. Eng. Chem.*, 70, 226-233. doi:10.1016/j.jiec.2018.10.019
- (비특허문헌 0024) Habibi, Y., Lucia, L. A., & Rojas, O. J. (2010). *Chem. Rev.*, 110(6), 3479-3500. doi:10.1007/s10570-006-9061-4
- (비특허문헌 0025) Tang, Y., Yang, S., Zhang, N., & Zhang, J. (2014). *Cellulose*, 21(1), 335-346. doi:10.1007/s10570-013-0158-2
- (비특허문헌 0026) Abitbol, T., Kloser, E., & Gray, D. G. (2013). *Cellulose*, 20(2), 785-794. doi:10.1007/s10570-013-9871-0
- (비특허문헌 0027) Hirai, A., Inui, O., Horii, F., & Tsuji, M. (2009). *Langmuir*, 25(1), 497-502. doi:10.1021/la802947m
- (비특허문헌 0028) Kwon, K., & Kim, J. C. (2018). *J. Disper. Sci. Technol.*, 39(4), 614-622. doi:10.1080/01932691.2017.1370675
- (비특허문헌 0029) Park, D., Yoon, D. Y., & Kim, J. C. (2018). *J. Disper. Sci. Technol.*, 39(1), 18-25.

doi:10.1080/01932691.2017.1289848

(비특허문헌 0030) Lu, P., & Hsieh, Y. L. (2010). Carbohydr. Polym., 82(2), 329-336. doi:10.1016/j.carbpol.2010.04.073

(비특허문헌 0031) Johar, N., Ahmad, I., & Dufresne, A. (2012). Ind. Crop. Prod., 37(1), 93-99. doi:10.1016/j.indcrop.2011.12.016

(비특허문헌 0032) Lu, P., & Hsieh, Y. L. (2012). Carbohydr. Polym., 87(1), 564-573. doi:10.1016/j.carbpol.2011.08.022

(비특허문헌 0033) Azizi Samir, M. A. S., Alloin, F., Sanchez, J. Y., & Dufresne, A. (2004). Macromolecules., 37(13), 4839-4844. doi:10.1021/bm0493685

(비특허문헌 0034) Miao, C., & Hamad, W. Y. (2013). Cellulose., 20(5), 2221-2262. doi:10.1007/s10570-013-0007-3

(비특허문헌 0035) Larsson, K. F. K. K. N., Fontell, K., & Krog, N. (1980). Chem. Phys. Lipids., 27(4), 321-328. doi:10.1016/0009-3084(80)90026-2

(비특허문헌 0036) Caffrey, M. (1987). Biochemistry., 26(20), 6349-6363. doi:10.1021/bi00394a008

(비특허문헌 0037) Angelov, B., Angelova, A., Ollivon, M., Bourgaux, C., & Campitelli, A. (2003). J. Am. Chem. Soc., 125(24), 7188-7189. doi:10.1021/ja034578v

(비특허문헌 0038) Andersson, S., & Hyde, S. T. (1984). Z. Kristallogr. Cryst. Mater., 168(1-4), 1-18. doi:10.1524/zkri.1984.168.14.1

(비특허문헌 0039) Kumar, A., Negi, Y. S., Choudhary, V., & Bhardwaj, N. K. (2014). J. Mater. Phys. Chem., 2(1), 1-8. doi:10.12691/jmpc-2-1-1

(비특허문헌 0040) Kim, J. C., Lee, K. U., Shin, W. C., Lee, H. Y., Dai Kim, J., Kim, Y. C., Tae, G., Lee, K. Y., Lee, S. J., & Kim, J. D. (2004). Colloids. Surf. B. Biointerfaces

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 셀룰로오스 나노크리스탈을 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 매트릭스에 매립시켜 나노구조체와 탑재물의 정전기적 반발력을 향상시키므로 수상 채널에 탑재된 탑재물의 방출물이 향상된 모노올레인 큐빅상 나노구조체를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 본 발명의 다른 목적 및 기술적 특징은 이하의 발명의 상세한 설명, 청구의 범위 및 도면에 의해 보다 구체적으로 제시된다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명은 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체를 제공한다. 상기 셀룰로오스 나노크리스탈은 황산염 에스테르 잔기(sulfate ester group)를 포함하는 것을 특징으로 하며 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 매트릭스에 매립된 상태로 존재한다. 상기 셀룰로오스 나노크리스탈은 직경 5 내지 30nm이며 길이 100 내지 500nm인 것을 특징으로 하며 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 음전하 크기를 증가시키므로 수상 채널 내부에 탑재된 음전하 탑재물에 대하여 정전기적 반발력을 증가시켜 상기 탑재물의 방출물을 향상시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 음전하를 띄는 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하여 나노구조체의 음전하 성질을 향상시키므로 수상채널에 탑재된 음전하 탑재물이 평형에 의한 방출과 함께 정전기 반발력에 의한 방출이 가능한 장점이 있다. 따라서 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스

탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 셀룰로오스 나노크리스탈이 포함되지 않은 종래의 모노올레인 큐빅상 나노구조체에 대비하여 향상된 방출률을 보이는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체에 대한 모식도를 보여준다.
- 도 2는 본 발명의 CNC, CP(0), CP(0.5)의 투과전자현미경(TEM) 사진을 보여준다. 패널(A)는 CNC의 TEM 사진이며, 패널(B)는 CP(0)의 TEM 사진이며, 패널(C)는 CP(0.5)의 TEM 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 온도변화에 따른 CP(0) 및 CP(3)의 편광광학현미경사진을 보여준다. 패널(A)는 CP(0)의 결과를 보여주며, 패널(A)는 CP(3)의 결과를 보여준다.
- 도 4는 본 발명의 CP(0), CP(0.5), CP(1), CP(2), CP(3)의 시차 주사 열량계 분석결과를 온도분포(thermogram)로 보여준다. (a)는 CP(0)의 온도분포를 의미하고, (b)는 CP(0.5)의 온도분포를 의미하고, (c)는 CP(1)의 온도분포를 의미하고, (d)는 CP(2)의 온도분포를 의미하고, (e)는 CP(3)의 온도분포를 의미한다.
- 도 5는 본 발명의 CNC, CP(0) 및 CP(0.5)의 XPS 스펙트럼 분석결과를 보여준다. 패널 (A)는 CNC의 XPS 스펙트럼을 보여주고, 패널 (B)는 CP(0)의 XPS 스펙트럼을 보여주고, 패널 (C)는 CP(0.5)의 XPS 스펙트럼을 보여준다.
- 도 6은 본 발명의 CNC, CP(0) 및 CP(3)의 XRD 스펙트럼을 보여준다. (a)는 CNC의 XRD 스펙트럼을 보여주며, (b)는 CP(0)의 XRD 스펙트럼을 보여주며, (c)는 CP(3)의 XRD 스펙트럼을 보여준다.
- 도 7은 본 발명의 CP(0), CP(0.5), CP(1), CP(2) 및 CP(3)에 탑재된 알루미늄 레드 AC의 방출 프로파일을 보여준다. (●)은 CP(0)의 방출 프로파일을 보여주며, (○)은 CP(0.5)의 방출 프로파일을 보여주며, (▼)은 CP(1)의 방출 프로파일을 보여주며, (△)은 CP(2)의 방출 프로파일을 보여주며, (■)은 CP(3)의 방출 프로파일을 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명은 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체를 제공한다.
- [0020] 상기 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 모노올레인을 수용액상에서 자가응집시켜 제조한 것으로 모노올레인 이중층으로 둘러싸인 수상 채널이 존재하는 것을 특징으로 하며 상기 수상채널에 화합물 등을 탑재하게 되면 수용액상에서 평형에 의해 외부로 방출되는 특징을 가진다.
- [0021] 상기 셀룰로오스 나노크리스탈은 셀룰로오스를 가수분해하여 제조한 것으로 직경 5 내지 30nm이며 길이 100 내지 500nm인 것을 특징으로 한다. 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스탈은 황산을 이용하여 셀룰로오스를 가수분해하여 제조한 것으로 표면에 황산염 에스테르 잔기(sulfate ester group)가 부착되어 있어 황산염 에스테르 잔기가 부착되지 않은 셀룰로오스 나노크리스탈에 대비하여 음전하 성질이 더 강한 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 상기 셀룰로오스 나노크리스탈이 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 매트릭스에 매립된 상태로 존재하는 것을 특징으로 하며 상세하게는 상기 셀룰로오스 나노크리스탈이 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 매트릭스에 매립되되 일부 황산염 에스테르 잔기가 부착된 표면이 수상 채널에 드러나 있는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 본 발명의 셀룰로오스 나노크리스탈을 포함하는 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 상기 셀룰로오스 나노크리스탈에 의하여 모노올레인 큐빅상 나노구조체의 음전하 크기가 증가된 것을 특징으로 한다. 따라서 수상 채널의 내부에 음전하 탑재물이 탑재되면 상기 셀룰로오스 나노크리스탈에 의해 음전하 성질이 증가되었으므로 방출 배지와 평형 뿐 만 아니라 음전하 사이의 정전기적 반발력에 의하여 상기 탑재물의 방출률이 증가하는 특징이 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따르면, 음전하를 띄는 탑재물을 수상채널에 탑재하고 셀룰로오스 나노크리스탈과 모노올레인인 1:70 내지 1:500의 물비로 포함된 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 방출 배지 상에서 50분 동안 존재하는 경우 70 내지 96%의 방출률을 보여 셀룰로오스 나노크리스탈이 포함되지 않은 모노올레인 큐빅상 나노구조체에 대비하여 13 내지 55%의 방출률 향상 효과를 보이는 것으로 확인된다. 상세하게는 셀룰로오스 나노크리스탈과 모노올레인인 1:400 내지 1:500의 물비로 포함된 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 방출 배지 상에서 50분 동안 존재하는 경우 68 내지 73%의 방출률을 보이며, 셀룰로오스 나노크리스탈과 모노올레인인 1:200 내지 1:250의

몰비로 포함된 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 방출 배지 상에서 50분 동안 존재하는 경우 76 내지 80%의 방출률을 보이며, 셀룰로오스 나노크리스탈과 모노올레인인 1:100 내지 1:130의 몰비로 포함된 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 방출 배지 상에서 50분 동안 존재하는 경우 83 내지 88%의 방출률을 보이며, 셀룰로오스 나노크리스탈과 모노올레인인 1:70 내지 1:80의 몰비로 포함된 모노올레인 큐빅상 나노구조체는 방출 배지 상에서 50분 동안 존재하는 경우 94 내지 96%의 방출률을 보인다.

[0025] 하기 실시예를 통하여 본 발명을 더 상세히 설명한다.

[0027] **실시예**

[0029] **1. 실험방법**

[0030] **1.1. 실험재료**

[0031] 셀룰로오스나노결정(cellulose nanocrystal, CNC)은 CelluForce(캐나다 몬트리올)에서 구입하였으며 Monoelin Monomuls 90-0 18은 ATEC Co., Ltd. (대한민국 대전)로부터 제공받았다. Phosphotungstic acid (PTA), Pluronic F127은 Sigma-Aldrich Co.(MO, USA)에서 구입하였으며 Allura red AC는 Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.(일본 도쿄)에서 구입하였다.

[0033] **1.2. CNC를 포함하는 MO 큐빅상 나노구조체**

[0034] CNC를 포함하는 MO 큐빅상 나노구조체(이하 MO 큐빅상)는 용융수화법(melt hydration method)을 이용하여 제조하였다. CNC는 0.857ml 증류수에 분산시켜 CNC 함량이 0.5, 1, 2 또는 3%(w/v)인 수성 CNC 분산액을 제조하였다.

[0035] 2g의 MO를 20ml 유리 바이알에 넣고 50℃ 수조에 담가 MO 용융물을 얻었다. 상기 제조한 수성 CNC 분산액을 MO 용융물에 조심스럽게 첨가한 후 단단히 밀봉하고, 어두운 조건의 실온에 두어 상기 수성 CNC 분산액이 상기 MO 용융물에 흡수되어 투명한 겔상(큐빅상, cubic phase)이 되도록 하였다. 이하에서 CNC 함량이 X%인 수성 CNC 분산액을 사용하여 제조된 MO 큐빅상은 CP(X)로 명명하였다.

[0036] 상기의 방법대로 제조한 MO 큐빅상은 CP(X)는 하기와 표 1 과 같다.

표 1

시료	셀룰로오스 나노크리스탈	모노올레인	몰비 (셀룰로오스 나노크리스탈:모노올레인)
CP(0)	0mg	2000mg	-
CP(0.5)	4.285mg	2000mg	1:466.7
CP(1)	8.578mg	2000mg	1:233.2
CP(2)	17.148mg	2000mg	1:116.4
CP(3)	25.71mg	2000mg	1:77.8

[0039] CNC가 포함된 MO 큐빅상의 방출실험을 위하여 하전된 염료를 탑재물로서 탑재하였다. 이를 위하여 음으로 하전된 염료인 알루라 레드(Allura red) AC를 사용하였다. 알루라 레드 AC 154.2mg을 CNC 분산액에 포함시켜 알루라 레드 AC-CNC 분산 혼합액을 제조하고 이를 MO 용융물에 수화(흡수)시켜 알루라 레드 AC가 탑재된 MO 큐빅상을 제조하였다.

[0041] **1.3. 투과전자현미경(Transmission electron microscopy)**

[0042] MO 큐빅상의 내부 구조를 확인하기 위해 상기 큐빅상을 큐보솜(cubosome)으로 미분하였다. 10ml 유리바이알에 큐빅상 덩어리 25mg과 5ml Pluronic F127 용액(0.075% (w/w))을 넣은 후 팀형 초음파 처리기(VC 505, Sonic & Materials, USA, pulse on: 30s, off: 40s)를 사용하여 10분 동안 맥동방식 (30초 동안 펄스 켜짐 및 30초 동안 꺼짐)으로 초음파 처리하였다.

[0043] 큐보솜의 음성염색을 위하여 각각의 큐보솜 현탁액에 동일한 양의 포스포 텅스텐산 용액(2%(w/v))을 혼합한 다음 실온에서 12 시간 동안 방치하였다. 상기 제조한 10µL의 각 큐보솜 현탁액을 포름바/구리코팅 그리드(200mesh, Electron Microscopy Sciences, USA)에 떨어뜨리고 1분 동안 방치하였다. 상기 그리드 주위의 남은 큐보솜 현탁액은 여과지를 사용하여 제거하고 어두운 조건의 실온에서 실내 건조하였다. 큐보솜에 대한 투과전자현미경(TEM) 분석은 투과전자현미경(LEO 912AB, OMEGA, 독일; 한국 기초 과학 연구원 (한국 춘천))을 이용하

였다.

1.4. 편광광학현미경(Polarized optical microscopy)

큐빅상을 내경 6mm, 두께 0.1mm인 O-링으로 이격된 두 개의 커버유리로 구성된 셀에 넣은 후 가열블록(HS81, Mettler Toledo, USA)에 보관하였다. 상기 가열블록을 편광광학현미경(CX31, OLYMPUS, Japan)에 올리고 가열속도 2°C/min의 조건으로 25 내지 80°C의 온도 범위에서 큐빅상의 온도에 따른 조직변화를 관찰 하였다.

1.5. 시차 주사 열량계(Differential scanning calorimetry)

큐빅상 10 내지 12mg을 알루미늄 팬에 넣고 뚜껑을 덮은 다음, 프레스를 이용하여 단단히 밀봉하였다. 상기 밀봉된 알루미늄 팬은 질소 가스 분위기 하에서 2°C/min의 가열속도로 45 내지 80°C까지 상승시키며 시차주사열량계(DSC Q2000, 미국 TA Instruments, 미국 강원 대학교 중앙 연구소)로 열스캔 하였다.

1.6. X선 광전자 분광법(X-ray photoelectron spectroscopy, XPS)

CP(0)와 CP(3)에 대하여 CNC의 특징적인 원자인 황이 포함되어있는지 확인하기 위하여 상기 큐빅상을 동결건조하고 XPS 분광 광도계(K Alpha+, Thermo VG, UK; 강원대학교 중앙연구소)를 이용하여 분석하였다. MaKa(1253.6eV) 무색 X-선을 큐보솜에 조사했으며, 스폿크기 30 내지 400 μm, 단계크기 5μm, 에너지 14KeV, 총 전력 300W의 조건으로 수행하였으며 검출한계 0.5 내지 1.0%, 최종 진공 5x10⁻⁸ mbar미만의 조건으로 수행하였다. C1s 피크(285eV)는 다른 원자전자의 결합에너지를 보정하기 위한 레퍼런스로 사용하였다.

1.7. X선-회절분석(X-ray diffraction, XRD)

CNC, CP(0), CP(3)의 결정구조분석은 XRD 회절계(X' Pert PROMPD, PANalytical, Netherland; in the Central Laboratory of Kangwon National University) 및 이를 위한 프로토콜에 따라 수행되었다. Cu Kα1 방사선 (λ =1.5506 Å)과 Cu Kα2 방사선 (λ=1.5444 Å)을 X선 소스(source)로 사용했으며 Kα2/Kα1의 비율은 0.5로 하였다. 상기 XRD는 2θ 범위 5 내지 90°, 발산 슬릿 1.52nm, 발전기전압 40kV, 스캔범위 5 및 스캔단계크기 0.0131303의 조건으로 수행하였다.

1.8. 큐빅상의 탈재물 방출

20ml 바이알에 큐빅상과 방출 배지로서 5ml 증류수를 넣은 후 어두운 조건의 진탕배양기(JSSI-100C, JSR, Korea)에서 40rpm의 교반속도로 부드럽게 혼합하였다. 시간에 따라 방출 배지를 취한 후 UV 분광광도계 (7315 UV/Visible Spectrophotometer, JENWAY, UK)를 이용하여 504nm에서 알루라 레드 AC의 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 검량선(504nm에서의 흡광도 Vs. 알려진 염료의 농도(mg/ml))을 사용하여 염료의 양으로 산출하였으며 방출량(%)은 로딩된 염료의 초기 양을 기준으로 방출된 염료의 양을 백분율로 계산하여 산출하였다.

2. 결과 및 토의

2.1. 투과전자현미경 분석결과

도 2는 본 발명의 CNC, CP(0), CP(0.5)의 투과전자현미경(TEM) 사진을 보여준다. 패널(A)는 CNC의 TEM 사진이며, 패널(B)는 CP(0)의 TEM 사진이며, 패널(C)는 CP(0.5)의 TEM 사진이다.

TEM 분석결과 CNC는 바늘모양인 것으로 확인된다(도 2의 패널 (A) 참조). 상기 CNC는 셀룰로오스 사슬묶음으로 구성된 결정체로서 주로 무정형 셀룰로오스 영역이 산가수분해 되어 제조되는 것으로 알려져 있다. 상기 셀룰로오스 사슬은 수소결합을 통해 서로 결합된다. 따라서 상기 CNC는 견고한 바늘 모양을 형성하는 것으로 판단되며 종횡비 1 내지 100, 직경 2 내지 30nm 및 길이 100 내지 900nm인 것으로 확인된다.

TEM 분석결과 CP(0)는 흰색 곡선의 주위로 검은색 곡선이 위치하는 것이 확인된다(도 2의 패널 (B) 참조). 큐빅상의 수상 채널에는 수용성 중금속 이온인 텅스텐 이온이 포함된다. 이에 반하여 MO 이중층에는 상기 수용성 중금속 이온인 텅스텐 이온이 거의 포함되지 않는다. 따라서 상기 수상 채널은 중금속 이온에 의해 전자빔이 산란되어 검은색 곡선으로 확인되는 반면 상기 MO 이중층은 전자빔이 통과하게 되므로 흰색 곡선이 나타나게 되는 것이다.

TEM 분석결과 CP(0.5)은 CNC를 포함하는 것으로 확인 되었으며 MO 큐빅상은 CNC의 길이 방향을 따라 존재하는 것이 확인 되었다(도 2의 패널 (C) 참조). MO 큐빅상이 CNC의 길이 방향을 따라 존재하는 이유 MO와 셀룰로오스 사이의 수소결합에 따른 것으로 판단된다. MO 큐빅상의 주성분인 MO는 모노클리세라이드의 일종으로 머리에 두 개의 수산기를 가지고 있으며 CNC는 셀룰로오스 사슬의 묶음으로 표면에 수산기가 포함되어 있다. 상기 CNC의

셀룰로오스는 β-1,4-linked 글루코오스 잔기로 구성된 다당류이다. 상기 글루코오스 잔기의 C2에 있는 하이드록실기는 C3의 하이드록실기와 수소 결합을 하고 있으므로 상기 C2와 C3는 MO의 글리세롤 잔기와 수소결합을 거의 하지 않는다. 이에 반하여 상기 글루코오스 잔기의 C6에 있는 수소기는 내부 수소결합에 관여하지 않으므로 MO의 글리세롤 잔기와 수소결합이 가능하다. 결론적으로 글루코오스 잔기의 C6와 MO의 글리세롤 잔기가 수소결합을 하게 되므로 상기 MO 큐빅상은 상기 CNC의 길이 방향을 따라 존재하게 되는 것이다.

[0065] 상기 TEM 분석 결과는 CNC가 MO 큐빅상에 혼화되고 수소결합을 통해 결합되는 기작을 설명해 준다. CP(1), CP(2) 및 CP(3)과 같이 더 높은 함량의 CNC를 가진 다른 큐빅상에 대하여 구조를 분석한 결과 모두 거의 동일한 구조를 가지는 것으로 확인되었다. 따라서 CNC는 MO 큐빅상의 구조를 파괴하지 않는 수준에서 MO 큐빅상에 혼화되어 포함되는 것으로 판단된다. 추가적으로 MO 큐빅상은 수용액에서 엔트로피에 의해 형성되는 일종의 자가조립(self-assembly) 공정으로 제조된다. 양친매성 분자는 표면활성이 있으며 MO 이중층으로 삽입될 수 있기 때문에 MO 입방상의 구조를 변경시켜 이를 파괴할 수 있다. 그러나 CNC는 초분자(supramolecular) 결정으로서 표면활성이 없으며 MO 이중층으로 삽입되지 않기 때문에 MO 입방상의 패킹상태에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

[0067] **2.2. 편광광학현미경 분석결과**

[0068] 도 3은 본 발명의 온도변화에 따른 CP(0) 및 CP(3)의 편광광학현미경사진을 보여준다. 패널(A)는 CP(0)의 결과를 보여주며, 패널(A)는 CP(3)의 결과를 보여준다.

[0069] 도 3의 결과에 따르면 CP(0)은 72.3°C미만에서 어떠한 패턴도 없이 표면이 깨끗한 것이 관찰되며 72.3°C 이상의 온도에서 패턴이 확인 되었다. 큐빅상은 광학적으로 등방성을 가지나 특정 온도로 이상으로 가열하게 되면 큐빅-육면체 상전이(cubic-to-hexagonal phase transition)가 일어난다. 육면체상(hexagonal phase)은 큐빅상과 달리 비등방성을 가지며 편광 조사시 복굴절을 나타낸다. 또 3의 결과에서 확인된 패턴은 육면체상의 복굴절에 의한 것으로 판단된다. 결론적으로 CP(0)의 큐빅-육면체 상전이 온도는 72.3°C인 것으로 판단된다(도 3의 패널(A) 참조). CP(3)의 복굴절이 관찰되는 큐빅-육면체 상전이 온도는 CP(0)의 큐빅-육면체 상전이 온도보다 약 2°C 낮은 70.3°C인 것으로 확인된다(도 3의 패널(B) 참조).

[0070] 상기에서 설명한 바와 같이, CNC를 포함하는 MO 큐빅상은 MO 분자와 CNC가 수소결합을 하므로 이중층을 형성하는 MO 분자 사이의 수소결합은 감소하게 된다. 상기 수소결합의 감소는 MO 큐빅상과 CNC가 혼화될 때 위상전이 온도가 낮아지는 이유를 설명해 준다. 추가적으로 CP(0.5), CP(1) 및 CP(2)에 대한 편광광학현미경 사진을 분석한 결과 이들의 상전이 온도는 각각 72°C, 71.7°C, 및 71°C인 것으로 확인되었다. 상기 결과는 MO 큐빅상의 CNC 함량이 증가하게 되면 큐빅상의 상전이 온도가 감소한다는 것을 의미한다.

[0072] **2.3. 시차 주사 열량계 분석결과**

[0073] 도 4는 본 발명의 CP(0), CP(0.5), CP(1), CP(2), CP(3)의 시차 주사 열량계 분석결과를 온도분포(thermogram)로 보여준다. (a)는 CP(0)의 온도분포를 의미하고, (b)는 CP(0.5)의 온도분포를 의미하고, (c)는 CP(1)의 온도분포를 의미하고, (d)는 CP(2)의 온도분포를 의미하고, (e)는 CP(3)의 온도분포를 의미한다.

[0074] 시차주사열량계 분석결과 상기 편광광학현미경 분석결과와 같이 MO 큐빅상의 CNC 함량이 증가함에 따라 큐빅상의 상전이 온도가 감소한다는 것을 확인하였다. MO 큐빅상은 큐빅-육면체 상전리로 인한 흡열 피크를 보이는 것으로 확인되었으며 CP(0), CP(0.5), CP(1), CP(2), 및 CP(3)의 상전이 온도는 각각 72.7°C, 72.5°C, 69.8°C, 69.7°C, 및 69.3°C인 것으로 확인되었다. 결과적으로 상기 CNC는 MO 큐빅상의 구조에 영향을 주지 않으면서 혼화되어 흡수되는 장점이 있으나 CNC의 하이드록실 그룹이 MO 분자와 수소 결합을 형성하게 되므로 MO 큐빅상의 상전이 온도를 낮추게 되는 것으로 판단된다.

[0076] **2.4. X선 광전자 분광법 분석결과**

[0077] 도 5는 본 발명의 CNC, CP(0) 및 CP(0.5)의 XPS 스펙트럼 분석결과를 보여준다. 패널 (A)는 CNC의 XPS 스펙트럼을 보여주고, 패널 (B)는 CP(0)의 XPS 스펙트럼을 보여주고, 패널 (C)는 CP(0.5)의 XPS 스펙트럼을 보여준다.

[0078] CNC의 XPS 결과에 따르면 황에 의한 신호인 S2p가 169eV의 결합에너지 주변에서 확인된다(도 5의 패널 (A) 참조). CNC는 비정질 셀룰로오스 영역을 산가수분해하여 제조한다. 특히 CNC를 황산가수분해를 통하여 제조하게 되면 CNC 표면에 황산염 반-에스테르 잔기(sulfate half-ester group)가 부착되어 남게 된다. 본 발명의 CNC는 황산가수분해를 통하여 제조한 것이다. 따라서 상기 CNC의 XPS 스펙트럼에서 확인되는 S2p신호는 황산염 반-에스테르 잔기에서 비롯된 것으로 판단된다.

- [0079] CP(0)의 XPS 분석결과에 따르면, CP(0)은 결합 에너지의 전체 범위에서 황에 의한 신호(S2p)가 발견되지 않았다(도 5의 패널 (B) 참조).
- [0080] 이에 반하여 CP(0.5)는 XPS 분석결과에서 S2p신호(169eV)가 발견되었다(도 5의 패널 (C) 참조). 이는 CP(0.5)에 CNC가 포함되어 있으며 상기 CNC의 표면에 황산염 반-에스테르 잔기가 남아 있다는 것을 의미한다.
- [0081] 상기 CNC의 표면은 친수성 특성이 있으며 그 표면에는 황산염 반-에스테르 잔기가 부착되어 있으므로 극성 환경에서 잘 호환된다. 따라서 상기 CNC가 MO 큐빅상의 수상채널과 유사한 크기라면 수상 채널의 내부에 위치하게 될 것이다. 그러나 본 발명의 CNC는 직경 5 내지 30nm이며 길이 100 내지 500nm의 크기로서 수상 채널(직경 5nm) 보다 더 큰 크기를 가지고 있다. 따라서 상기 CNC는 수상 채널의 내부에 위치하지 않고 MO 큐빅상 매트릭스에 매립된 상태로 존재하게 된다(도 2의 패널(C) 참조).
- [0083] **2.5. X선-회절분석 결과**
- [0084] 도 6은 본 발명의 CNC, CP(0) 및 CP(3)의 XRD 스펙트럼을 보여준다. (a)는 CNC의 XRD 스펙트럼을 보여주며, (b)는 CP(0)의 XRD 스펙트럼을 보여주며, (c)는 CP(3)의 XRD 스펙트럼을 보여준다.
- [0085] CNC의 XRD 스펙트럼의 경우 셀룰로오스 결정구조의 (110)평면, (200)평면 및 (004)평면에 각각 $2\theta=14.7^\circ$, $2\theta=22.5^\circ$ 및 $2\theta=34.6^\circ$ 에서 회절피크가 관찰되었다. CP(0)의 XRD 스펙트럼의 경우 $2\theta=19.6^\circ$ 에서 회절피크가 관찰되는데 이는 MO 큐빅상이 결정상태임을 의미한다. 실제로 동일한 조건에서 준비된 MO 큐빅상은 small angle-XRD 측정에서 전형적인 XRD 패턴을 나타내는 것으로 확인된다. CP(3)의 XRD 스펙트럼의 경우 CNC의 특정 피크($2\theta=22.5^\circ$ 및 $2\theta=34.6^\circ$)에서 MO 큐빅상의 특정 피크($2\theta=19.6^\circ$)가 발견되는 것으로 보아 상기 CNC가 큐빅상에 포함되었다는 것을 알 수 있다.
- [0086] 참고로 CP(3)의 $2\theta=19.6^\circ$ 의 피크는 크기가 더 작은 각도(즉, 왼쪽)로 확장되었기 때문에 CNC의 피크인 $2\theta=14.7^\circ$ 에서 큐빅상의 특정 피크인 $2\theta=19.6^\circ$ 와 겹쳐 보이는 것으로 판단된다.
- [0088] **2.6. 큐빅상의 탑재물 방출 분석결과**
- [0089] 도 7은 본 발명의 CP(0), CP(0.5), CP(1), CP(2) 및 CP(3)에 탑재된 알루라 레드 AC의 방출 프로파일을 보여준다. (●)은 CP(0)의 방출 프로파일을 보여주며, (○)은 CP(0.5)의 방출 프로파일을 보여주며, (▼)은 CP(1)의 방출 프로파일을 보여주며, (△)은 CP(2)의 방출 프로파일을 보여주며, (■)은 CP(0)의 방출 프로파일을 보여준다. 알루라 레드 AC의 검량곡선은 $y=23.6x-0.0036(R^2=1)$ 으로 표현되었으며, 여기서 x는 염료농도(mg/ml)이고 y는 504nm에서 염료용액의 흡광도이다.
- [0090] 분석결과 알루라 레드 AC의 방출은 포화곡선을 따라 증가하는 것이 확인 되었으며 방출프로파일은 1차원 방출 프로파일과 유사하였다. 즉, 처음 6시간 동안은 빠른 방출속도를 보이는 반면 다음 48시간 동안은 방출속도가 느려졌으며 그 이후에는 방출이 확인되지 않았다.
- [0091] MO 큐빅상은 수상 채널과 이중층이 큐빅상 전체에 걸쳐 나노스케일로 고르게 분포되어 있으므로 모놀리식(monolithic) 구조인 것으로 판단된다. MO 큐빅상의 탑재물 방출은 큐빅상의 주위에 위치하는 방출 배지와 평행에 의해 이루어지며 방출 배지와 큐빅상의 경계면 거리가 짧은 경우 투과성이 더 높기 때문에 빠르게 방출된다. 어떠한 매질을 통과하는 용액의 투과성은 KD/L 로 정의할 수 있으며 여기서 K는 분할 계수, D는 확산계수, L은 확산경로의 길이를 의미한다. 본 발명의 MO 큐빅상 시스템에서 상기 알루라 레드 AC는 용질에 해당하며, MO 큐빅상은 매질에 해당하여, K는 큐빅상과 방출매질 사이의 분배계수를 의미하며, L은 큐빅상과 방출 배지의 경계면 확산 경로(거리)를 의미한다. 큐빅상의 외부에 탑재된 염료의 경우 방출 배지와 큐빅상의 경계면 거리가 짧아 확산 경로의 거리가 짧아지므로 빠르게 방출되며, 큐빅상의 내부에 탑재된 염료는 방출 배지와 큐빅상의 경계면 거리가 길어 확산 경로의 거리로 길어지므로 방출이 천천히 일어나게 된다. 도 7의 결과에 따르면 시간이 경과함에 따라 방출속도가 느려지는 것이 확인된다. 이러한 결과는 큐빅상의 외부에 탑재된 염료가 빠르게 방출된 반면 큐빅상의 내부에 탑재된 염료는 느리게 방출되었기 때문으로 판단된다.
- [0092] 도 7의 결과에 따르면 본 발명의 MO 큐빅상의 방출 평형(release equilibrium)은 48시간 후에 이루어진다. 탑재된 염료의 K값은 큐빅상에 탑재된 염료와 방출 배지로 방출된 염료 사이의 평형 농도를 사용하여 계산하였다. 계산결과 CP(0), CP(0.5), CP(1), CP(2), 및 CP(3)의 K값은 각각 0.6, 0.33, 0.25, 0.23, 및 0.09인 것으로 확인되었다. 상기 계산 결과는 본 발명의 MO 큐빅상에 CNC가 더 많이 포함 될수록 염료가 방출이 더 용이하다는 것을 의미한다. 또한 상기 결과는 MO 큐빅상에서 하전된 염료의 전위 에너지가 CNC 함량에 비례하여 증가한다는 것을 의미하며 K값이 CNC 함량에 크게 의존한다는 것을 의미한다.

[0093] 도 7의 결과에 따르면 본 발명의 방출량은 CNC의 함량에 비례하여 증가한다. 예를 들어 본 발명의 CP(0), CP(0.5), CP(1), CP(2), 및 CP(3)에 탑재된 알루라 레드 AC의 최대 방출량(%)는 각각 62.2%, 70.9%, 77.9%, 85.2%, 및 95.5%인 것으로 확인 되었다. CNC는 그 표면에 황산염 반-에스터 잔기가 부착되어 있으므로 전기적으로 음전하를 가지고 있다. 따라서 상기 CNC는 MO 큐빅상 전체의 전하를 음전하 방향으로 이동시킬 뿐 아니라 매트릭스에 매립된 상태로 수상 채널로 드러나게 된다. 이러한 CNC에 의한 전하 변화는 MO 큐빅상의 내부의 음전하 성질을 증가시키게 되고 음전하의 성질을 가지는 탑재물인 알루라 레드 AC는 전기적 반발력에 의해 큐빅상의 외부로 더 강하게 방출된다. 전기장에 위치하는 하전된 입자에 대하여 작용된 힘은 전기장의 세기에 비례하게 된다. 따라서 하전된 염료에 가해지는 반발력은 큐빅상의 전기장을 형성하는 CNC의 함량에 비례하게 되며 이는 CNC의 함량이 증가함에 따라 하전된 염료의 방출량(%) 또한 증가하게 되는 원인이 된다.

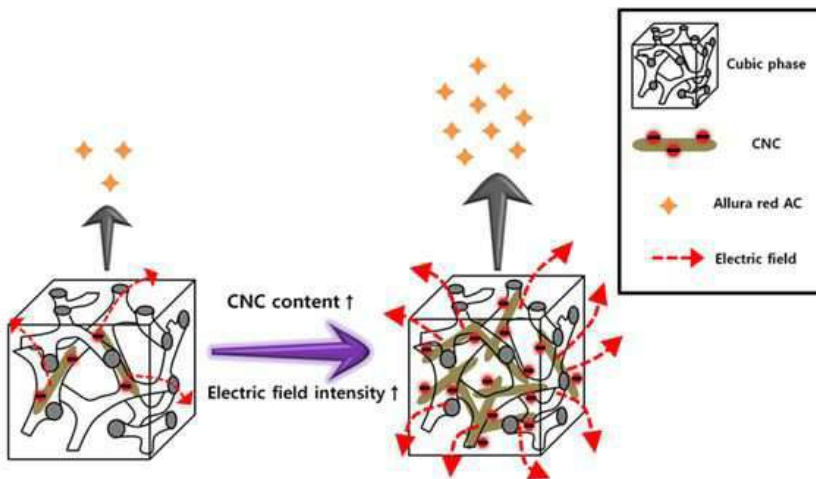
[0095] 4. 결론

[0096] 본 발명의 CNC를 포함하는 MO 큐빅상은 용융 수화 방법에 의해 제조되었으며 상기 CNC는 황산가수분해 방법으로 제조되며 MO 큐빅상의 나노구조를 손상시키지 않으면서 큐빅상 단계에서 혼화가 가능하다. MO 큐빅상의 CNC 함량이 0에서 3%(w/w)로 증가하는 경우 큐빅상의 상전이 온도는 약 72℃에서 70℃로 감소하는 것이 확인되었다. 음전하 탑재물(예를 들어, 알루라 레드 AC)은 CNC의 함량을 증가시켜 음전하를 더 강하게 하면 그 방출량이 증가하게 된다. 따라서 MO 큐빅상에 CNC를 포함시키면 MO 큐빅상으로부터 방출되는 탑재물이 원하는 방출특성에 맞도록 상기 CNC의 함량을 조절하게 되면 탑재물의 방출속도와 방출기간을 세밀하게 조절 가능할 것으로 판단된다.

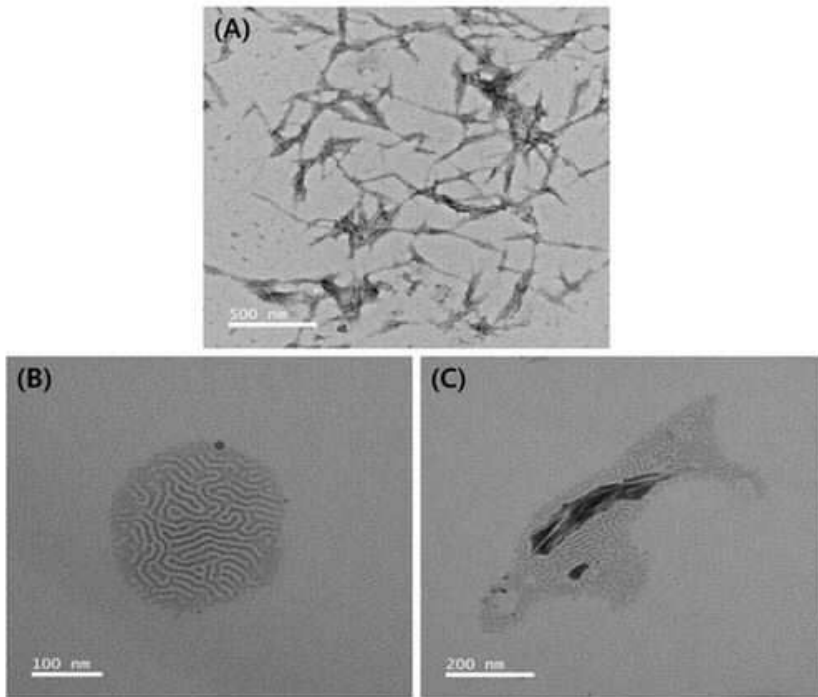
[0097] 본 명세서에서 설명된 구체적인 실시예는 본 발명의 바람직한 구현에 또는 예시를 대표하는 의미이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 않는다. 본 발명의 변형과 다른 용도가 본 명세서 특허청구범위에 기재된 발명의 범위로부터 벗어나지 않는다는 것은 당업자에게 명백하다.

도면

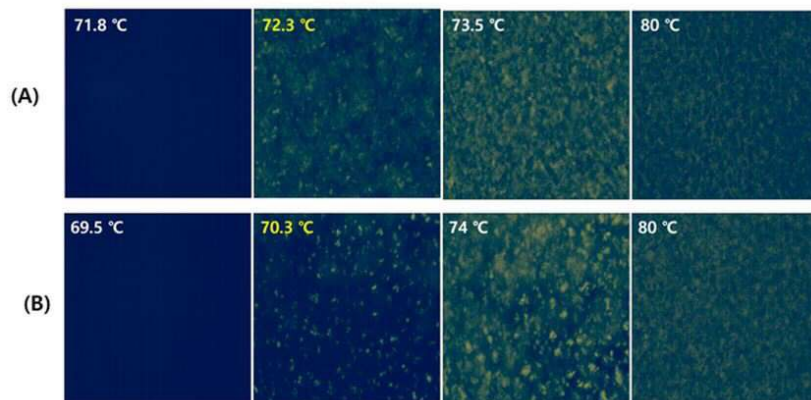
도면1



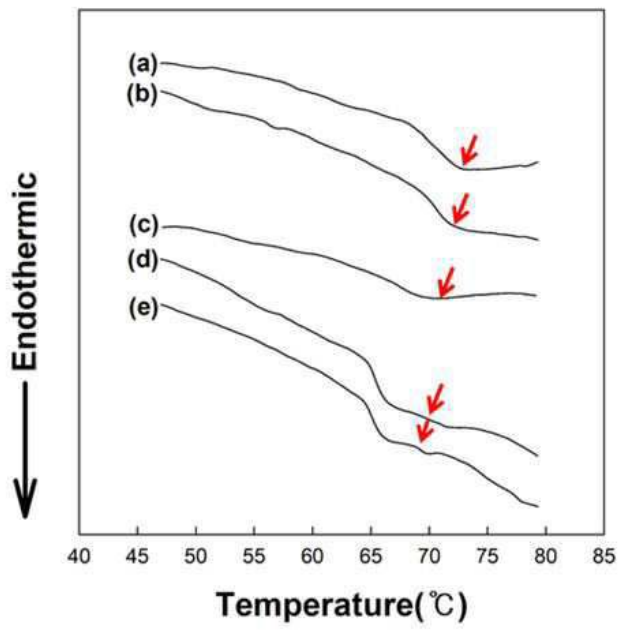
도면2



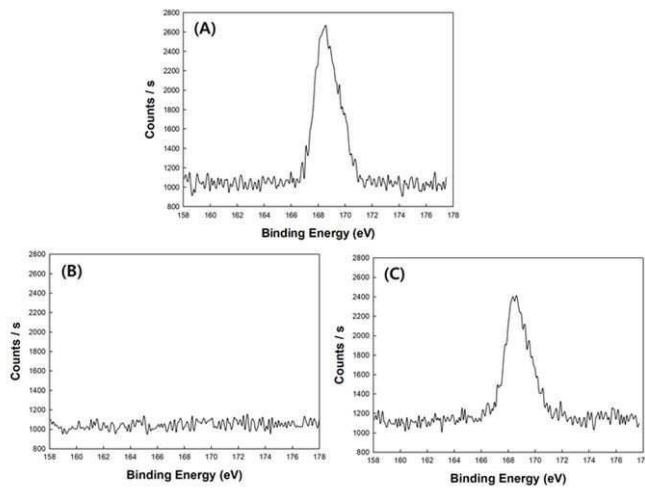
도면3



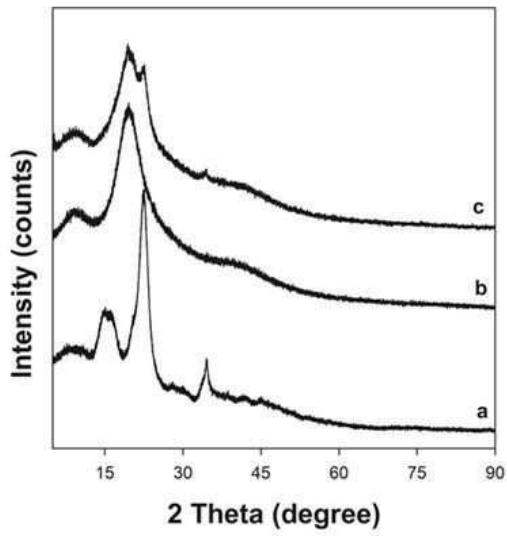
도면4



도면5



도면6



도면7

