Research title: Design and synthesis of multifunctional polymer coated on magnetite nanoparticle and its applications

Abstract

Magnetite nanoparticle (MNP) has markedly been of scientific and technological interest in the present day because of its magnetically guidable and nanoscale-related properties. The potential applications of MNP include magnetic resonance imaging (MRI) enhancement, drug delivery, magnetic separation and diagnosis of biological molecules such as DNA and antibodies. It is usually stabilized either by charge repulsion of electrical surface or steric repulsion of long-chain polymeric surfactants grafted on surfaces to prevent particle aggregation. In the current work, many approaches have been presented in an attempt to coat MNP surface with multifunctional polymers using various strategies, such as physical adsorption, covalent coupling and ionic interactions. These functional polymers can be introduced onto the MNP surface either via “grafting to” or “grafting from” methods. The coating of polymers onto MNP surface can also improve biocompatibility and dispersibility in its media, and also provide a platform for incorporation of various biological functional molecules.

This report presents 6 different approaches for MNP surface modification with multifunctional polymers and/or molecules. The first topic presented a successful surface functionalization of MNP with hydrophilic azlactone copolymers via atom transfer radical polymerization (ATRP) and its use for conjugation with folic acid. The second topic illustrated the surface modification of MNP via ATRP in combination with a Click reaction to obtain the particle with positively charged surface and its use for DNA adsorption applications. The third approach explained about surface modification of MNP with poly(tert-butyl acrylate)-poly(poly(ethylene glycol) methyl ether methacrylate) copolymers synthesized via ATRP with adjustable ratio of these two monomers on the particle surface. In the fourth approach, a conventional radical polymerization was applied to form thermo-responsive poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAAm) on the MNP surface and used for temperature-triggered controlled release of a model drug. In the fifth approach, telechelic polysiloxane and disiloxane were synthesized in an attempt to control the degree of nano-aggregation of MNP in an organic

solvent. In the last approach, the synthesis and recyclable uses of silver-magnetite nanocomposite for antibacterial application were presented. It is expected that the knowledge obtained from this work will be useful for further development in advanced applications in nanoscience and nanotechnology.

Keyword: magnetite, nanoparticle, functional polymer, magnetic, application

ชื่อเรื่อง: การออกแบบและการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีฟังก์ชันหลากหลายเพื่อเคลือบพื้นผิวอนุภาคนาโนแม่เหล็กและการประยุกต์ใช้งาน

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน งานวิจัยเกี่ยวกับอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ (MNP) กำลังได้รับความสนใจในการประยุกต์ใช้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งนี้เนื่องจากการมีสมบัติการถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กภายนอกได้และสมบัติอื่นๆที่เกี่ยวกับความเป็นอนุภาคนาโน โดยการประยุกต์ใช้ที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากของอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ได้แก่ การใช้เพื่อเป็นสารขยายสัญญาณในเทคนิคการสร้างภาพด้วยแม่เหล็กเรโซแนนซ์ (MRI) การใช้เป็นสารขนส่งยา การแยกสารชีวภาพด้วยสนามแม่เหล็กและการวิเคราะห์ทางชีวโมเลกุล เช่น ดีเอ็นเอและแอนติบอดี อนุภาคนาโนแมกนีไทท์จะต้องมีการทำให้เสถียรด้วยการเคลือบด้วยสารที่ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างพื้นผิวอนุภาคที่มีประจุเหมือนกัน หรือการเคลือบอนุภาคด้วยพอลิเมอร์สายโซ่ยาวเพื่อเพิ่มความเกะกะบนพื้นผิวอนุภาคเพื่อป้องการตกตะกอนเนื่องจากการเกาะกันของอนุภาคนาโน ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอหลากหลายแนวทางในการเคลือบอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์ที่มีฟังก์ชันหลากหลายโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การดูดซับทางกายภาพ การเกิดพันธะโควาเลนต์ และการเกิดอัตรกิริยาแบบไอออนิก การเคลือบอนุภาคแมกมีไทท์ด้วยพอลิเมอร์สามารถทำได้ทั้งวิธีกราฟทู (graft to) และวิธีกราฟฟรอม (graft from) นอกจากนี้ การเคลือบอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์ยังเป็นการเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้เชิงชีวภาพ เพิ่มความสามารถในการกระจายตัวในตัวกลางและยังใช้ในการตรึงสารชีวโมเลกุลบนพื้นผิวอนุภาคได้ด้วย

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการดัดแปรพื้นผิวอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์และ/หรือโมเลกุลเล็ก จำนวน 6 แนวทาง โดยในงานวิจัยเรื่องแรกได้กล่าวถึงการดัดแปรพื้นผิวอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์ร่วมของแอซแลคโตนด้วยปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระถ่ายโอนอะตอม (ATRP) และการใช้ในการตรึงโมเลกุลของกรดโฟลิกบนพื้นผิวอนุภาค ในงานวิจัยที่สองรายงานการดัดแปรพื้นผิวอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยปฏิกิริยา ATRP ร่วมกับปฏิกิริยาคลิก (Click reaction) เพื่อให้ได้พื้นผิวของอนุภาคเป็นประจุบวกและการประยุกต์ใช้ในการดูดซับดีเอ็นเอ ในงานวิจัยที่สามได้นำเสนอการดัดแปรพื้นผิวอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยเทคนิค ATRP ของพอลิเทอทบิวทิลอะคริเลทและพอลิเอทิลีนไกลคอลเมทิลอีเทอร์เมตะคริเลท โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลระหว่างโมโนเมอร์ที่ใช้ทั้งสองชนิดในปฏิกิริยาเพื่อเคลือบบนพื้นผิวอนุภาค ในงานวิจัยที่สี่ได้รายงานการใช้ปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระเพื่อดัดแปรพื้นผิวอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิแอ็น

ไอโซโพรพิลอะคริลาไมด์ (PNIPAAm) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้และใช้ในการประยุกต์ในการกักเก็บยาต้นแบบบนพื้นผิวอนุภาคนาโน ในงานวิจัยที่ห้าได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์พอลิไซลอกเซนและไดไซลอกเซนที่หมู่ฟังก์ชันที่ปลายสายโซ่เพื่อใช้ในการควบคุมดีกรีของการเกิดการเกาะกลุ่มระดับนาโนเมตรของอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ในสารละลายอินทรีย์ ส่วนงานวิจัยสุดท้ายเป็นการสังเคราะห์นาโนคอมพอสิทระหว่างอนุภาคนาโนเงินและอนุภาคนาโนแมกนีไทท์และการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียแบบสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายรอบ ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาและการพัฒนาการดัดแปรพื้นผิวอนุภาคนาโนแมกนีไทท์เพื่อการประยุกต์ใช้งานขั้นสูงทางด้านนาโนวิทยาศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีต่อไป

คำสำคัญ : แมกนีไทท์, อนุภาคนาโน, พอลิเมอร์ที่มีฟังก์ชัน, แม่เหล็ก, การประยุกต์ใช้งาน