

P-P27

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลสำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต

สุภาวดี เกื้อนสุข และวิษณุ ธงไชย*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

*Corresponding author, email; wisanuthongchai@hotmail.com

บทคัดย่อ

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลสำหรับแยกฟอสเฟต ซึ่งทำได้โดยสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลด้วยวิธีโฟโตพอลิเมอร์ไรเซชัน ภายใต้แสงยูวีที่มีความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร ได้ทำการการศึกษาอัตราการดูดซับของฟอสเฟตในแต่ละสูตรของอัตราส่วนต่างๆ พบว่า ใช้ไบฟีนิล ฟอสเฟตเป็นโมเลกุลต้นแบบ สไตรีนเป็นมอนอเมอร์ ตัวทำละลายผสมระหว่าง 1-โดเดกานอล และอะซิโตนไตรลตัวเชื่อมระหว่างโมเลกุล เป็นเอทิลีนไกลคอล ไดเมทาไครเลท และ 2,2-ไดเมทิลโทกซี-2-ฟีนิลอะเซโทฟีโนน เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา ได้ประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับฟอสเฟตจากตัวอย่างน้ำโซดาและวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทโฟโตเมตรี พบว่าเครื่องดื่มโซดามีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 1.52 มิลลิกรัม (mg%) และ 1.49 มิลลิกรัม (mg%) จากโซดาเยื่อหุ้มซีเอส และยี่ห้อซี ตามลำดับ วิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้ความจำเพาะเจาะจงในการแยกฟอสเฟตได้ดีอีกวิธีหนึ่ง

คำสำคัญ: ฟอสเฟต, พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล, เครื่องดื่มโซดา

SYNTHESIS OF MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER FOR DETERMINATION OF PHOSPHATE

Supawadee Theansuk and Wisanu Thongchai*

Faculty of Science and Technology Pibulsongkram Rajabhat University

*Corresponding author, email; wisanuthongchai@hotmail.com

Abstract

Synthesis of molecular imprinted polymer for separation of phosphate was investigated. The synthesis of molecular imprinted polymer was photo polymerization method by penetration of the UV light at a wavelength of 365 nm. The absorption of phosphate in the formulation of various ratios was found to be using biphenyls phosphate as molecular template, styrene as monomer, a solvent mixture of 1-dodecanol and acetonitrile as porogen, ethylene glycol dimethacrylate as cross linker and 2,2-dimethoxy-2-phenylacetophenone as initiator. The method was applied to an adsorbent for phosphate of soda water and analysis of phosphate by UV-Visible spectrophotometric method. The averages of phosphate content were found to be 1.52 milligrams (mg%) and 1.49 milligrams (mg%) of soda drinking brand CH and brand C respectively. This method can be applied specifically to separate phosphate in soda drinking water.

Keywords: phosphate, molecular imprinted polymer, soda drinking water

บทนำ

ฟอสฟอรัสที่พบในน้ำธรรมชาติ และในน้ำที่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต คอนเดนส์ฟอสเฟต (ในรูปของ pyro, meta และ ortho-phosphate) หรืออยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟตในน้ำที่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟอสเฟตในรูปที่ละลายน้ำได้ หรืออยู่ในรูปที่เป็นสารแขวนลอย หรืออยู่ในร่างกายสิ่งมีชีวิต น้ำที่มาจากการซักผ้า หรือการทำความสะอาดอื่นๆ ที่ใช้ผงซักฟอก จะพบว่าฟอสเฟตอยู่มาก เพราะฟอสเฟตเป็น building block ของผงซักฟอก ฟอสเฟตใช้ในกระบวนการควบคุมการตกตะกอนใน boilers นอกจากนั้นแล้ว สารประกอบออร์โธฟอสเฟตยังใช้มากในการกลีกรวมคือใช้เป็นปุ๋ย ซึ่งจะถูกละลายไปในแม่น้ำลำคลองเมื่อมีฝนตกทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย เนื่องจากน้ำมีฟอสเฟตมากเกินไปเรียกว่า eutrophication ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดในแหล่งน้ำธรรมชาติ สำหรับอินทรีย์ฟอสเฟตนั้นเกิดจากกระบวนการทางชีววิทยา มักพบในน้ำที่สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำ ได้แก่ ออร์โธฟอสเฟต อนินทรีย์ฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟต โรคพิษสารฟอสฟอรัสอินทรีย์เกิดขึ้นหลังจากได้รับสารฟอสฟอรัสอินทรีย์ เข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินอาหารเกิดจากการดื่มหรือกินสารพิษโดยอุบัติเหตุหรือโดยตั้งใจ ทางระบบการหายใจ โดยการหายใจละออง หมอกหรือควัน โดยที่สารฟอสฟอรัสอินทรีย์มีฤทธิ์ปฏิกิริยา เป็นตัวยับยั้งเอสเทอร์เอส จึงอาจทำให้เกิดอาการพิษ ได้เป็น 3 ช่วง (triphasic) ด้วยกัน ช่วงแรกเกิดจากการกระตุ้นระบบประสาทอย่างรุนแรงด้วยอะซิติลโคลีนที่ค้างอยู่ในบริเวณรอยต่อเชื่อมประสาท เป็นระยะ acute cholinergic crisis เมื่ออาการระยะแรกสงบลงแล้ว ผู้ป่วยบางรายอาจเกิดอาการขึ้น อีกเรียกว่า intermediate syndrome มักเกิดขึ้น 24-96 ชั่วโมงหลังได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย หลังจากนั้นอีกหลายสัปดาห์ก็อาจเกิดอาการของโรคประสาทส่วนรอบหลายแห่ง (delayed polyneuropathy) ผู้ที่ได้รับสัมผัสสารพิษต่อเนื่องเป็นเวลานานก็อาจเกิดผลร้ายเรื้อรังทางพฤติกรรมประสาท (chronic neurobehavioral effects)

พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล (molecular imprinting polymer, MIP) เป็นแม่โครโมเลกุลที่มีความจำเพาะเจาะจงสูงกับแม่แบบ เทคนิคในการลอกแบบโมเลกุลเริ่มโดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Wulff (1972) พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล มีข้อดีคือสามารถเลือกความจำเพาะกับโมเลกุลได้ และการเตรียมไม่ยุ่งยาก Molecular Imprinting จึงเป็นเทคนิค ที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มี cavity ที่เฉพาะเจาะจงกับโมเลกุลของสารต้นแบบทำให้พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล ในกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล จะเริ่มจากการคัดเลือกฟังก์ชันมอนอเมอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยากับ โมเลกุลต้นแบบ จากนั้นเป็นขั้นตอนของการจัดเรียงตัวของโมเลกุลฟังก์ชันมอนอเมอร์ล้อมรอบโมเลกุลต้นแบบ แล้วจึงเป็นกระบวนการ polymerization โดยมี cross-linker เป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลเนื่องจาก cross-linker เป็นส่วนที่ทำให้เกิดโครงร่างของพอลิเมอร์และเป็นตัวกำหนดความแข็ง (rigid) ของพอลิเมอร์ด้วยเช่นเดียวกัน ขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล ก็คือการสกัดแยกโมเลกุลต้นแบบเพื่อให้เหลือเพียง cavity ของต้นแบบเท่านั้น ภายในพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลและในสภาวะที่เหมาะสม cavity ของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลจะมีความสามารถในการจดจำ ขนาด รูปร่างและการจัดเรียงตัวของหมู่ฟังก์ชันของต้นแบบ และสามารถจับกับโมเลกุลต้นแบบ (และอนุพันธ์) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและจำเพาะเจาะจง

มีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกและวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต เช่น Andrew J. Hall และคณะ (2005) ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลสำหรับแยกฟอสเฟตและฟอสโฟเนตเอสเทอร์ โดยใช้มอนอเมอร์คือ 1,3-diaryllurea และตรวจสอบคุณสมบัติของพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี Jun Haginaka และคณะ (2012) ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลต้นแบบ diphenyl phosphate (DPP) และ 1-naphthyl phosphate (1-NAPP) โดยใช้ 4-vinylpyridine เป็นมอนอเมอร์ dimethacrylate เป็นตัวเชื่อมระหว่างโมเลกุล และมี cyclohexanol หรือ 1-hexanol เป็นตัวทำละลาย และใช้เทคนิค HPLC โดยใช้เฟสเคลื่อนที่คือ ฟอสเฟตเป็นบัฟเฟอร์ และอะซิโตนไทลล์ สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตจาก นมวัว และ Wasin Wongwilai และคณะ (2005) ได้พัฒนาระบบโฟลอินเจกชัน-แอมเพอโรเมตรี และโฟลอินเจกชันแอมเพอโรเมตรีแบบอินวาวส์คอลัมน์ ซึ่งถูกบรรจุด้วยไอออนแลกเปลี่ยนเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟตปริมาณน้อยการตรวจวัดขึ้นกับการปฏิกิริยารีดักชันทางเคมีไฟฟ้าของออร์โธฟอสเฟตกับกรดโมลิบดีก ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานคาร์บอน ที่ 220 มิลลิโวลต์ เทียบกับขั้วไฟฟ้าอ้างอิงซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ ได้ช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานเท่ากับ 20 -100 พีพีบี และการตรวจวัดต่ำสุดเท่ากับ 7 พีพีบี ส่วนระบบเอฟไอเอแบบอินวาวส์คอลัมน์ ให้กราฟมาตรฐานเส้นตรง

ความเข้มข้นในช่วง 10-100 นาโนกรัม และค่าการตรวจวัดต่ำสุดเท่ากับ 10 นาโนกรัม วิธีนี้ได้นำไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ปริมาณ ออโรฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์ และในน้ำฝนมาตรฐาน

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้พัฒนาเทคนิคพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลอย่างง่ายในการจับกับฟอสเฟต ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถจับกับฟอสเฟตแบบจำเพาะ (phosphate-selective) ทำให้การเตรียมตัวอย่างไม่เกิดความยุ่งยากและซับซ้อน กำจัดสารรบกวนการวิเคราะห์ได้ดี ซึ่งปัญหาจากลักษณะอนุภาคคอลลอยด์ก็จะหมดไปสำหรับตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่ตกค้างในตัวอย่างโซดาเป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดปริมาณตัวอย่างและสารเคมีที่ทดสอบ แต่ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว สะดวกต่อการทำการทดลอง และเนื่องจากสารเคมีบางชนิดมีราคาแพงและอันตรายต่อผู้ทดลองจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกากของเสียที่เหลือจากการทดลองลดน้อยลงด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของฟอสเฟต

ซึ่งสารมาตรฐานไปฟีนอลฟอสเฟต จำนวน 50 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมนอนอเมอร์ 2.4 มิลลิลิตร ตักรีดปฏิกิริยา 300 มิลลิกรัม ตัวยึดระหว่างโมเลกุล 1.6 มิลลิลิตร ผสมด้วยตัวทำละลาย 6 มิลลิลิตร นำสารไปเขย่าผสมด้วยเครื่องเขย่าสารความถี่สูง เป็นเวลา 10 นาที ต่อมานำสารผสมที่ได้ ไปเทลงใน Petri dish และนำไปส่องภายใต้แสงยูวีที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ประมาณ 20 นาที เมื่อได้พอลิเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์แล้ว นำพอลิเมอร์มาบดละเอียดและล้างโมเลกุลต้นแบบของฟอสเฟตด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล เมทานอล และอะซิโตนไทรล์ เพื่อกำจัดโมเลกุลต้นแบบและสิ่งที่ไม่ทำปฏิกิริยาออก

เมื่อได้พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลที่เตรียมไว้แล้ว นำมาบดด้วยโกรกบดและกรองผ่านตะแกรงที่มีขนาดต่างๆ ตามที่ต้องการ จากนั้นนำไปบรรจุลงในขวดแก้วสีชา จากนั้นล้างพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลด้วยอะซิโตนไทรล์จนโมเลกุลต้นแบบของฟอสเฟตหลุดออกจากต้นแบบของพอลิเมอร์จนหมด โดยการทดสอบด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer

2. เตรียมสารละลายผสมสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟต

2.1 การเตรียม sulfuric acid (H_2SO_4) ความเข้มข้น 5 นอร์มอล

ปิเปตกรดซัลฟุริกเข้มข้น จำนวน 70 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

2.2 การเตรียม potassium antimonyl tartrate ความเข้มข้น 0.002 โมลาร์

ชั่งสาร 1.3715 g ของ $K(SbO)_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ ละลายด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

2.3 การเตรียม ammonium molybdate solution ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์

ชั่งสาร 20 g ของ $(NH_4)_2Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ละลายด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

2.4 การเตรียม Ascorbic acid ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

ชั่งสาร 1.76 g ของ ascorbic acid ละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน (ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำทดลอง)

2.5 การเตรียมสารผสม (Combined reagent)

นำสารจากข้อ 2.1 ปิเปต sulfuric acid (H_2SO_4) จำนวน 50 มิลลิลิตร ปิเปตสารจากข้อ 2.2 potassium antimonyl tartrate จำนวน 5 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายจากข้อ 2.3 สารละลาย ammonium molybdate จำนวน 15 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน ผสมสารละลายและเก็บลงในขวดสีชา

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตจากสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับปริมาตร 5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

4. การศึกษาการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล

4.1 ชั่ง 1 กรัม ของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล ใส่ในหลอดทดลองชนิดหมุนเหวี่ยง 4 หลอด เติมน้ำกลั่นมาตรฐานฟอสเฟต ที่ความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด นำสารไปเขย่าผสมด้วยเครื่องเขย่าความถี่สูงเป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เกิดการดูดซับ จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอนที่อัตราการปั่นเหวี่ยง 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

4.2 ปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 4.1 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นมาตรฐานจำนวน 1 มิลลิลิตร และ 0.1 โมลาร์ ascorbic acid จำนวน 0.1 มิลลิลิตร เขย่า แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต จากการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล และนำค่าไปคำนวณหาความสามารถในการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล

5. ขั้นตอนการศึกษาการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลจากตัวอย่างเครื่องดื่มประเภทโซดา

5.1 ชั่ง 1 กรัม ของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล ใส่ในหลอดทดลองชนิดหมุนเหวี่ยง 4 หลอด เติมน้ำกลั่นมาตรฐานฟอสเฟต 5 มิลลิกรัม ใส่ลงในแต่ละหลอด นำสารไปเขย่าผสมด้วยเครื่องเขย่าความถี่สูงเป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เกิดการดูดซับ จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอนที่อัตราการปั่นเหวี่ยง 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

5.2 ปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 5.1 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นมาตรฐานจำนวน 1 มิลลิลิตร และ 0.1 โมลาร์ ascorbic acid จำนวน 0.1 มิลลิลิตร เขย่า แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต จากการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล และนำค่าไปคำนวณหาความสามารถในการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล และคำนวณหาปริมาณฟอสเฟตเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ผลการวิจัย

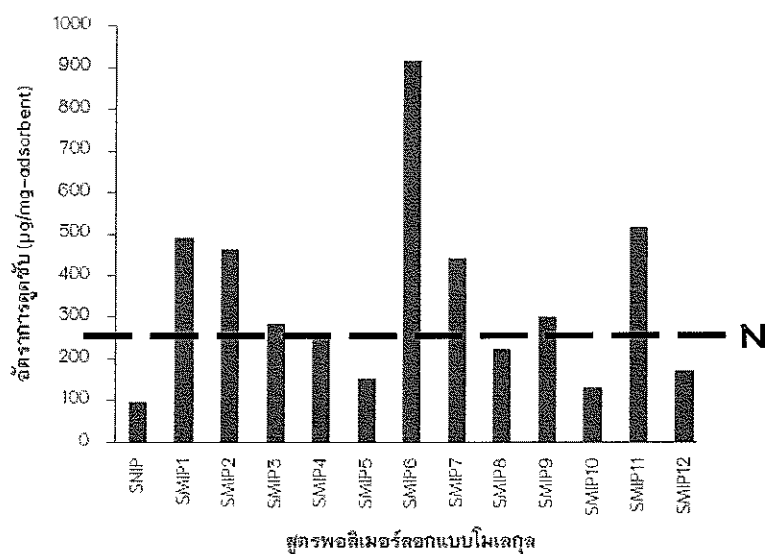
ผลจากการเตรียมพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล พบว่าอัตราการดูดซับฟอสเฟตที่สภาวะสมดุลของการดูดซับเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์ควบคุม (non-imprinted polymer) ที่เตรียมได้จากตารางที่ 1 โดยมีต้นแบบโมเลกุลคือ ไบฟีนิลฟอสเฟต มอนอเมอร์คือ สไตรีน ตัวทำละลายผสมระหว่าง 1-ไดเอกซานอล และ อะซิโตนไตรล์ มีตัวเชื่อมระหว่างโมเลกุล (cross-linker) คือ เอทิลีนไกลคอล ไดเมทาไครเลท (EGDMA) และ มีตัวริเริ่มปฏิกิริยา (initiator) คือ 2,2-ไดเมทิลโทกซี-2-ฟีนิลอะซีโตนไตรล์ นำสารผสมไปเขย่าผสมด้วยเครื่องเขย่าความถี่สูงเป็นเวลา 10 นาที นำสารผสมที่ได้ไปเทลงใน petri dish และนำไปส่องภายใต้แสงยูวีที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ประมาณ 20 นาที เมื่อได้พอลิเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์แล้วนำมาล้างด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล เมทานอล และอะซิโตนไตรล์ เพื่อกำจัดโมเลกุลต้นแบบของฟอสเฟต และสิ่งที่ไม่ทำปฏิกิริยาออก การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตจากการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล และนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาความสามารถในการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร พบว่าสูตร SMIP6 เกิดปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์และมีการดูดซับฟอสเฟตได้ดีที่สุด

จากภาพที่ 2 แสดงการดูดซับฟอสเฟตที่เวลาต่างๆ ของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล โดยเลือกพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลจากสูตร SMIP6 ปิเปตสารละลายฟอสเฟต จำนวน 1 มิลลิลิตร สไตรีน จำนวน 2.4 มิลลิลิตร ตัวทำละลายระหว่าง 1-ไดเอกซานอล จำนวน 3 มิลลิลิตร และอะซิโตนไตรล์ จำนวน 3 มิลลิลิตร เอทิลีนไกลคอล ไดเมทาไครเลท (EGDMA) จำนวน 1.6 มิลลิลิตร และ 2,2-ไดเมทิลโทกซี-2-ฟีนิลอะซีโตนไตรล์ (Initiator) จำนวน 300 มิลลิกรัม เมื่อได้พอลิเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์แล้วนำมาล้างด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล เมทานอล และ อะซิโตนไตรล์ ตามลำดับ เพื่อกำจัดโมเลกุลต้นแบบของฟอสเฟตและสิ่งที่ไม่ทำปฏิกิริยาออก จากนั้นนำไปคั่นเป็นผง แล้วชั่งผงพอลิเมอร์ จำนวน 1 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นมาตรฐานที่ความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในหลอดทดลองชนิดหมุนเหวี่ยง นำสารไปเขย่าผสมด้วยเครื่องเขย่าความถี่สูง เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เกิดการดูดซับ จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอนที่อัตราการปั่นเหวี่ยง 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตจากการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล และนำ

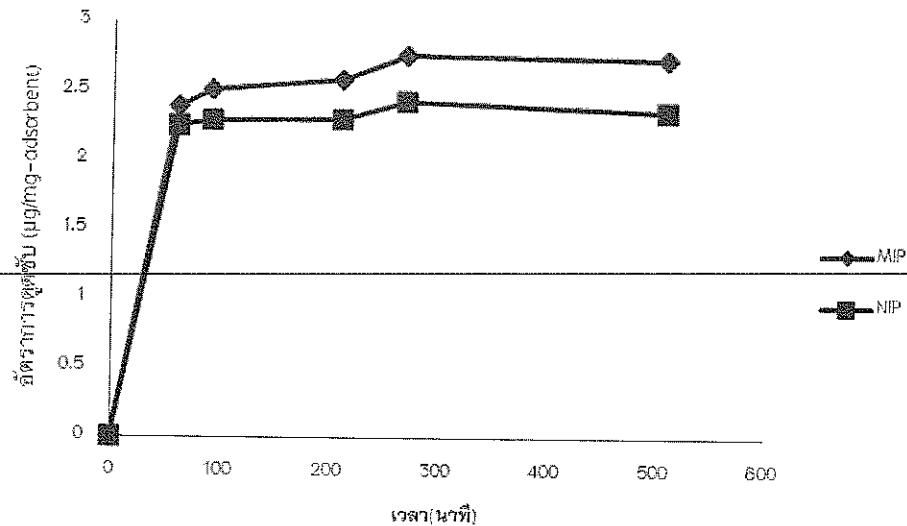
ค่าไปคำนวณหาความสามารถในการดูดซับของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล พบว่าเวลาที่ใช้ในการดูดซับฟอสเฟตที่มีอัตราการดูดซับที่ดีที่สุดคือ 210 นาที

ตารางที่ 1 การเตรียมพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลจากสูตรต่างๆ เพื่อศึกษาอัตราการดูดซับฟอสเฟต

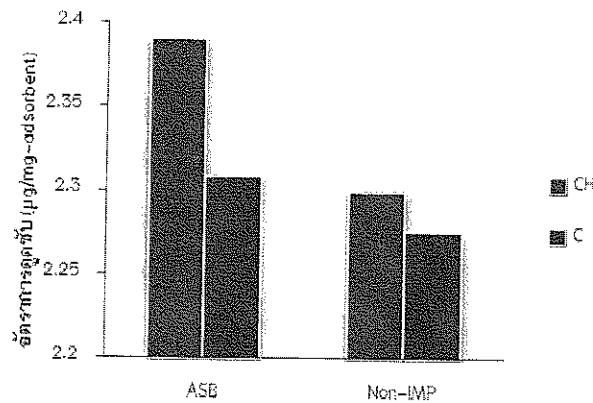
สูตรที่	Phosphate template (μ L)	Monomer (μ L)	Cross-linker (μ L)	Initiator (mg)	Porogen (μ L)	
		Styrene	EDMA	DAP	1-dodacanol	Acetonitrile
SNIP	-	2400	800	150	6000	6000
SMIP1	500	2400	1600	300	6000	6000
SMIP2	500	2400	1600	300	3000	3000
SMIP3	500	2400	800	300	6000	6000
SMIP4	500	2400	800	300	3000	3000
SMIP5	1000	2400	1600	300	6000	6000
SMIP6	1000	2400	1600	300	3000	3000
SMIP7	1000	2400	800	300	6000	6000
SMIP8	1000	2400	800	300	3000	3000
SMIP9	1500	2400	1600	300	6000	6000
SMIP10	1500	2400	1600	300	3000	3000
SMIP11	1500	2400	800	300	6000	6000
SMIP12	1500	2400	800	300	3000	3000



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงอัตราการดูดซับฟอสเฟต ที่สภาวะสมดุลของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลแต่ละสูตร ที่เปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ควบคุม



ภาพที่ 2 แสดงการดูดซับฟอสเฟตที่เวลาต่างๆ ของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล



ภาพที่ 3 แสดงอัตราการดูดซับปริมาณฟอสเฟตของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลในตัวอย่างเครื่องดื่มประเภทโซดา ยี่ห้อ CH และ เครื่องดื่มประเภทโซดา ยี่ห้อ C

จากภาพที่ 3 แสดงอัตราการดูดซับปริมาณฟอสเฟตของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลในตัวอย่างเครื่องดื่มประเภทโซดา ที่ผ่านการดูดซับด้วยพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล พบว่าตัวอย่างเครื่องดื่มประเภทโซดา ยี่ห้อ CH มีปริมาณฟอสเฟต เท่ากับ 1.52 มิลลิกรัม (mg%) เครื่องดื่มประเภทโซดา ยี่ห้อ C มีปริมาณฟอสเฟต เท่ากับ 1.49 มิลลิกรัม (mg%) จากการศึกษาปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างเครื่องดื่มประเภทโซดา ยี่ห้อ CH จะพบปริมาณฟอสเฟตมากกว่ายี่ห้อ C

สรุปและอภิปรายผลวิจัย

การนำพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลมาใช้เพื่อหาปริมาณฟอสเฟต ที่มีสภาวะเหมาะสมของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลควบคุม โดยพบว่ามอนอเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยากับฟอสเฟต สมบูรณ์ที่สุดคือ สไตรีน และเมื่อศึกษาอัตราการดูดซับของฟอสเฟตในแต่ละสูตรของอัตราส่วนต่างๆ พบอัตราการดูดซับที่มีการเตรียมพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลในสูตร SMIP6 คือ ไบฟีนิลฟอสเฟต จำนวน 1 มิลลิกรัม สไตรีน จำนวน 2.4 มิลลิกรัม 1-โทเดกานอล จำนวน 3 มิลลิกรัม อะซิโตนไทรล์ จำนวน 3 มิลลิกรัม เอทิลีนไกลคอล ไดเมทาไครเลท จำนวน 1.6 มิลลิกรัม และ 2,2-ไดเมทิลทอกซี-2-ฟีนิลอะซิโตนไทรล์ จำนวน 300 มิลลิกรัม เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ที่สุด มีอัตราการดูดซับได้ดีที่สุด เมื่อนำไปศึกษาเวลาในการดูดซับปริมาณฟอสเฟต พบว่าเวลาที่ใช้ในการดูดซับฟอสเฟตที่มีอัตราการดูดซับที่ดีที่สุดคือ 210 นาที จากนั้นมีการนำตัวอย่างเครื่องดื่มประเภท

โซดา มาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตโดยใช้พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลเป็นวัสดุในการดูดซับฟอสเฟต พบว่า เครื่องดื่มประเภทโซดาเยื่อ CH มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 1.52 มิลลิกรัม (mg%) เครื่องดื่มประเภทโซดาเยื่อ C มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 1.49 มิลลิกรัม (mg%) วิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้ความจำเพาะเจาะจงในการแยกฟอสเฟตได้ดีอีกวิธีหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนอุดหนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

- ชัชฎา โพธิ์พุกคณะ. (2552). R&D Newsletter. วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม. ปีที่ 16 (ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม) 22-26.
- Akimitsu K., Hideo T. (2006). Preparation of molecularly imprinted polymers with thiourea group for phosphate. *Analytica Chimica Acta*. 564: 179-183.
- Andrew J.H., Francesca L.S., Panagiotis M. and Borje S. (2005). Non-covalent imprinting of phosphorous esters. *Analytica Chimica Acta*. 538: 9-14.
- Ebru B.O., Arzu E., Adil D. and Ridvan S. (2008). Preconcentration of phosphate ion onto ion-imprinted polymer. *Journal of Hazardous Materials*. 157: 130-136.
- Jun H., Hiromi T. and Hisami M. (2012). Preparation of molecularly imprinted polymers for organophosphates and their application to the recognition of organophosphorus compounds and Phosphopeptides. *Analytica Chimica Acta*. 748: 1-8.
- Wongwilai W., Jakmunee J. and Grudpan K., (2005). Development of flow injection amperometric method with sample pretreatment column for determination of orthophosphate. 31st Con. Sci. Tech. of Thailand, Nakhon Ratchasima, Thailand, October.