

# การสังเคราะห์และการทดสอบคอเลสเตอรอล-อิมพริ้นต์พอลิ(2-ไฮดรอกซีเอทิล เมทาโครเลท) ที่เตรียมโดยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอย

## Synthesis and Evaluation of a Cholesterol-Imprinted Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) Prepared by Suspension Polymerization

ธนิดา ตระกุลสุจริตโชค\* และเต็มสุข แต่งหอม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

Thanida Trakulsujaritchok\* and Temsuk Tanghom

Department of Chemistry, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

### บทคัดย่อ

การสังเคราะห์พอลิ(2-ไฮดรอกซีเอทิล เมทาโครเลท) (PHEMA) และคอเลสเตอรอล-อิมพริ้นต์ PHEMA ถูกศึกษาโดยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอย โดยใช้เตตระเอทิลีนไกลคอล ไดเมทาโครเลท (TEGDM) เป็นสารเชื่อมขวาง (crosslinker) ใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (BPO) เป็นตัวริเริ่ม (initiator) และใช้คอเลสเตอรอลเป็นเทมเพลทโมเลกุล (template molecule) ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์เกิดขึ้นภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ใช้ความเร็วรอบในการปั่นกวน 250 รอบต่อนาที เมื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับคอเลสเตอรอลของโมเลกุลาร์อิมพริ้นต์ (molecularly imprinted) PHEMA พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ TEGDM และ เทมเพลทโมเลกุลที่ใช้ในการสังเคราะห์ ซึ่งประสิทธิภาพการดูดซับคอเลสเตอรอลสูงสุดคือ 13.76 มิลลิกรัมต่อกรัมของพอลิเมอร์ ทดสอบได้จากพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์โดยใช้ TEGDM ร้อยละ 10 และเทมเพลทโมเลกุลร้อยละ 16.5

**คำสำคัญ :** โมเลกุลาร์อิมพริ้นต์พอลิเมอร์ พอลิเมอร์เซชันแบบแขวนลอย คอเลสเตอรอล พอลิ(2-ไฮดรอกซีเอทิล เมทาโครเลท)

### Abstract

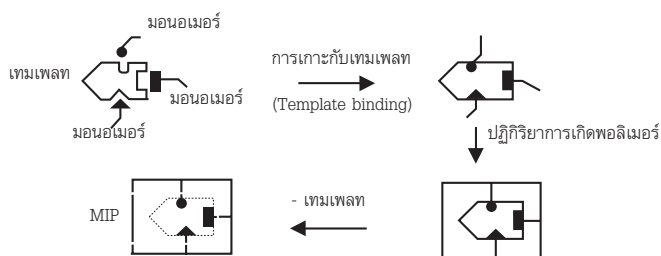
The synthesis of poly(2-hydroxyethyl methacrylate) (PHEMA) and cholesterol-imprinted PHEMA was investigated by suspension polymerization. Tetraethyleneglycol dimethacrylate (TEGDM), benzoyl peroxide (BPO) and cholesterol were used as a crosslinker, initiator and template molecule, respectively. Polymerization under nitrogen atmosphere was achieved at 75 °C for 1 hour and 85 °C for 7 hours with stirring speed 250 rpm. The cholesterol absorption test showed that increasing the amount of TEGDM and template in molecularly imprinted PHEMA produced higher extent of absorption. The maximum amount of cholesterol absorbed by 1 g of the polymer was 13.76 mg detected from the sample containing 10% TEGDM and 16.5% template molecule.

**Keywords :** molecularly imprinted polymer, suspension polymerization, cholesterol, poly(2-hydroxyethyl methacrylate).

\* Corresponding author. E-mail: thanida@buu.ac.th

โมเลกุลาร์รีอิมพริ้นต์พอลิเมอร์ (molecularly imprinted polymer, MIP) เป็นพอลิเมอร์ประเภทหนึ่งที่มีความสนใจและศึกษากันในหมู่นักวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์อย่างกว้างขวาง (Ansell and Mosbach, 1997; Dickert and Hayden, 2002) เนื่องจากใช้เทคนิคการเตรียมที่ไม่ซับซ้อนมากนัก และสามารถเตรียมพอลิเมอร์แบบร่างแห (crosslinked polymer) ซึ่งมีบริเวณที่มีลักษณะความจำเพาะ (memory site) ต่อเทมเพลทโมเลกุล (template molecule) (Cormack and Elorza, 2004) การสังเคราะห์พอลิเมอร์ประเภทนี้ทำโดยนำมอนอเมอร์ (monomer) สารเชื่อมขวาง (crosslinker) ตัวริเริ่ม (initiator) และ เทมเพลทโมเลกุลมาทำปฏิกิริยากัน หลังจากปฏิกิริยาลิ้นสุดลงแล้วเทมเพลทโมเลกุลจะถูกกำจัดออกจากพอลิเมอร์โดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย (รูปที่ 1) ทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีบริเวณที่มีลักษณะความจำเพาะ ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับเทมเพลทโมเลกุลอย่างมีประสิทธิภาพ (Kim *et al.*, 2001) โมเลกุลาร์รีอิมพริ้นต์พอลิเมอร์นี้มักมีการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลอย่างหนาแน่น ไม่ละลายในตัวทำละลายทั่วไป สามารถใช้เป็นสารดูดซับ (adsorbent) ที่มีประสิทธิภาพในการเลือกดูดซับเฉพาะโมเลกุลที่สนใจได้ (Piletsky *et al.*, 2000)

โดยทั่วไปแล้วโมเลกุลาร์รีอิมพริ้นต์พอลิเมอร์มักถูกเตรียมขึ้นจากกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบบัลค์ (bulk polymerization) ได้พอลิเมอร์ชิ้นใหญ่ ต้องบดให้มีขนาดเล็กลงส่งผลให้ได้พอลิเมอร์ที่มีขนาดต่างกัน จึงต้องมีการแยกขนาดก่อนนำไปใช้งาน (Hwang and Lee, 2002; Turiel *et al.*, 2001) งานวิจัยนี้ได้นำกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอย (suspension polymerization) มาใช้เตรียมพอลิ(2-ไฮดรอกซีเอทิล เมทาไครเลท) (poly(2-hydroxyethyl methacrylate), PHEMA) ที่มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถควบคุมขนาดและการกระจายขนาดของเม็ดพอลิเมอร์ได้ (Horak *et al.*, 1996) โดยเตรียม MIP-PHEMA ที่มีคอเลสเทอรอลเป็นเทมเพลทโมเลกุล จากนั้นสกัดเทมเพลทโมเลกุลออกจากตัวทำละลาย และนำ MIP-PHEMA ไปวิเคราะห์ลักษณะผิวหน้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy, SEM) และทดสอบความสามารถในการดูดซับคอเลสเทอรอล (cholesterol absorption)



รูปที่ 1 การสังเคราะห์โมเลกุลาร์รีอิมพริ้นต์พอลิเมอร์ (MIP)

## สารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

### สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเกิดพอลิเมอร์เป็นเกรดวิเคราะห์ (AR grade) ทั้งหมด ได้แก่ 2-ไฮดรอกซีเอทิล เมทาไครเลท (2-hydroxyethyl methacrylate; HEMA) บริษัท Merck เตตระเอทิลีนไกลคอล ไดเมทาไครเลท (tetraethyleneglycol dimethacrylate; TEGDM) และคอเลสเทอรอล (cholesterol) บริษัท Fluka เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide; BPO) บริษัท Penreac แมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) บริษัท Fisher Chemicals โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride, NaCl) และ 2-โพรพานอล (2-propanol) บริษัท Ajax Finechem โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) กรดอะซิติก (acetic acid) กรดซัลฟูริก (sulphuric acid) และกรดออร์โธฟอสฟอริก (orthophosphoric acid) บริษัท Merck เฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) บริษัท Fisher Scientific เมทานอล (methanol) อะซีโตน (acetone) และเฮกเซน (hexane) เกรดการค้า (commercial grade)

### อุปกรณ์

ชุดอุปกรณ์สำหรับปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์สำหรับเกิดปฏิกิริยา (reactor) ขนาด 500 มิลลิลิตร คอนเดนเซอร์ เทอร์มอมิเตอร์ ท่อนำแก๊สไนโตรเจน ใบพัดกวนโลหะ (stirrer) และเครื่องกวน (mechanical stirrer) อุปกรณ์แยกขนาดเม็ดพอลิเมอร์ประกอบด้วยตะแกรงร่อน (sieve) เบอร์ 25 (ขนาด 710 ไมครอน) เบอร์ 35 (ขนาด 500 ไมครอน) และเบอร์ 70 (ขนาด 212 ไมครอน)

## เครื่องมือ

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) รุ่น Spectronic 20 (บริษัท MILTON ROY) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) รุ่น LEO1450 VP (บริษัท LEO)

## วิธีการทดลอง

### 1) การสังเคราะห์ MIP-PHEMA

เตรียมอุปกรณ์สำหรับปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ เดิม วัฏภาคน้ำ (aqueous phase) ซึ่งประกอบด้วยสารละลายของ

$MgCl_2 \cdot 6H_2O$  และ  $NaCl$  ลงในภาชนะสำหรับเกิดปฏิกิริยาตามปริมาณที่ระบุในตารางที่ 1 และ 2 ปั่นกวนสารละลายด้วยเครื่องปั่นกวน หยอดสารละลาย  $NaOH$  เข้มข้น 1 โมลาร์ ที่ละหยด ปรับอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส เดิมสารละลายผสมของปฏิกิริยาวัฏภาคสารอินทรีย์ (organic phase) ประกอบด้วย BPO, HEMA, TEGDM และคอเลสเทอรอล ปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยปั่นกวนตลอดเวลา (Qi *et al.*, 2002;

ตารางที่ 1 ปริมาณสารเคมีและสภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์

วัฏภาคสารอินทรีย์ (organic phase)	ปริมาณ
มอนอเมอร์ (HEMA)	13.5 มิลลิลิตร
ตัวริเริ่มปฏิกิริยา	ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักมอนอเมอร์
สารเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล	ร้อยละ 5 และ 10 โดยปริมาตรมอนอเมอร์
คอเลสเทอรอล	ร้อยละ 0, 3, 5, 10 และ 16.5 โดยน้ำหนักมอนอเมอร์
วัฏภาคน้ำ (aqueous phase)	ปริมาณ
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	5.7 กรัม
สารละลาย $NaCl$ ร้อยละ 20	90 มิลลิลิตร
$NaOH$ เข้มข้น 1 โมลาร์	30.7 มิลลิลิตร
ความเร็วการปั่นกวน	200, 220, 250 และ 300 รอบต่อนาที

ตารางที่ 2 สภาวะของปฏิกิริยาที่ใช้สังเคราะห์พอลิเมอร์

ปฏิกิริยา ชุดที่	TEGDM (ร้อยละ)	คอเลสเทอรอล (ร้อยละ)	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)
1	5	0	200
2	5	0	220
3	5	0	250
4	5	3	250
5	5	5	250
6	5	10	250
7	5	16.5	250
8	10	0	300
9	10	5	300
10	10	16.5	300

Sreenivasan, 1998) หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาล้างเม็ดพอลิเมอร์ที่ได้ด้วย เมทานอล และอะซีโตน จากนั้นสกัดคอเลสเทอรอลออกจากพอลิเมอร์ด้วย เฮกเซน 2-โพรพานอล และ เมทานอล กรอง และอบที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

## 2) การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์

- **วิเคราะห์ขนาดพอลิเมอร์ด้วยตะแกรงร่อน (sieve analysis)**

ใช้ตะแกรงร่อน (sieve) พอลิเมอร์ เบอร์ 25 (ขนาด 710 ไมครอน) เบอร์ 35 (ขนาด 500 ไมครอน) และ เบอร์ 70 (ขนาด 212 ไมครอน) ทาเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์แต่ละช่วงขนาด

- **วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)**

นำตัวอย่างเม็ดพอลิเมอร์ไปเคลือบด้วยทองก่อนนำไปวิเคราะห์ลักษณะผิวหน้า

- **การดูดซับคอเลสเทอรอล (absorption of cholesterol)**

นำพอลิเมอร์ที่สกัดเอาเทมเพลตออกด้วยตัวทำละลายแล้ว (รู้น้ำหนักแน่นอน) แช่ในสารละลายมาตรฐานคอเลสเทอรอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง กรองแล้วนำสารละลายไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง และหาปริมาณคอเลสเทอรอลที่พอลิเมอร์ดูดซับไว้ โดยใช้กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลาย จากนั้นนำพอลิเมอร์ที่ทดสอบการดูดซับแล้วไปสกัดเอาคอเลสเทอรอลออกจากตัวทำละลายและนำกลับมาทดสอบการดูดซับอีกเป็นครั้งที่ 2 และ 3 เพื่อทดสอบความสามารถในการนำเม็ดพอลิเมอร์กลับมาใช้ซ้ำ

- **การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเทอรอลในสารละลาย**

วิเคราะห์โดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี (spectrophotometry) เตรียมสารละลายมาตรฐานคอเลสเทอรอลเข้มข้น 1.0, 3.0, 5.0, 8.0 และ 15.0 มิลลิโมลาร์ โดยใช้ 2-โพรพานอลเป็นตัวทำละลาย สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร และความเข้มข้นของสารละลาย เพื่อใช้หาความเข้มข้นของสารละลายคอเลสเทอรอลตัวอย่าง

ปิเปตสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์มา 0.2 มิลลิลิตร เติม 2-โพรพานอล 5.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้ 1.0 มิลลิลิตร เติมกรดอะซีติกเข้มข้น สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 2.5 กรัม/ลิตร ที่ใช้กรดฟอสฟอริกร้อยละ 85 เป็นตัวทำละลาย และกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 3.0, 0.3 และ 3.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ ผสมให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 10 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสง และคำนวณปริมาณคอเลสเทอรอลที่ถูกดูดซับ มิลลิกรัมต่อน้ำหนักพอลิเมอร์ 1 กรัม (Holme and Peck, 1993)

## ผลการทดลอง และอภิปราย

### การสังเคราะห์ PHEMA

ผลการสังเคราะห์เม็ด PHEMA แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าความเร็วรอบการปั่นกวนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์คือ 250 รอบต่อนาที (ปฏิกิริยาชุดที่ 3) ร้อยละผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 83.87 เม็ด PHEMA ที่ได้มีขนาดเล็กและใส พบว่าร้อยละ 75.53 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์มีขนาดระหว่าง 212-500 ไมครอน สำหรับกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอย ความเร็วรอบการกวนมีผลโดยตรงกับขนาดของเม็ดพอลิเมอร์ ถ้าปั่นกวนด้วยความเร็วสูงจะทำให้มอนอเมอร์ที่แขวนลอยในตุ่มกลางของปฏิกิริยาแตกตัวเป็นหยดขนาดเล็ก เมื่อกระบวนการเกิดพอลิเมอร์เกิดขึ้นภายในหยดมอนอเมอร์จะทำให้ได้เม็ดพอลิเมอร์เล็ก ๆ ที่ขนาดใกล้เคียงกับขนาดของหยดมอนอเมอร์ ในทางตรงกันข้ามเมื่อลดความเร็วรอบในการปั่นกวนให้ช้าลงเม็ดพอลิเมอร์ที่ได้จะมีขนาดใหญ่ขึ้น (Moral and Mayes, 2004)

### การสังเคราะห์ MIP-PHEMA

MIP-PHEMA ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยใช้ TEGDM เป็นสารเชื่อมขวางในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 โดยปริมาตร เทียบกับปริมาณ HEMA ใช้คอเลสเทอรอลเป็นเทมเพลตในปริมาณต่างๆ พบว่า MIP-PHEMA มีลักษณะขาวขุ่น มีการกระจายของขนาดค่อนข้างกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ด PHEMA

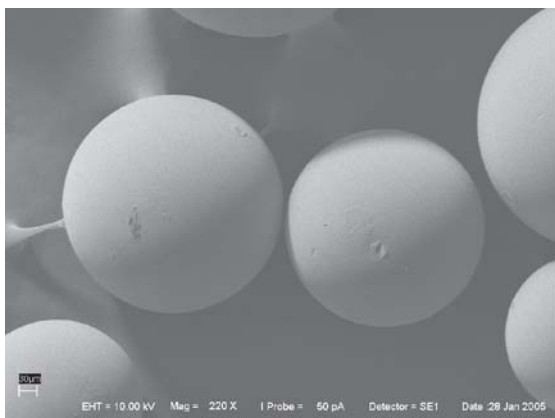
ตารางที่ 3 ลักษณะของเม็ด PHEMA ที่เตรียมจากปฏิกิริยาชุดที่ 1-3

ปฏิกิริยาชุดที่	Speed (rpm)	% yield	% โดยน้ำหนักของเม็ดพอลิเมอร์			ลักษณะเม็ดพอลิเมอร์
			212-500 $\mu\text{m}$	500-710 $\mu\text{m}$	>710 $\mu\text{m}$	
1	200	73.67	2.00	6.64	90.51	รูปร่างไม่สม่ำเสมอ บางส่วนขุ่นไม่เป็นเม็ด และติดใบพัด
2	220	70.51	5.49	13.88	80.27	คล้ายพอลิเมอร์จากปฏิกิริยาชุดที่ 1 แต่ขนาดเล็กกว่า
3	250	83.87	75.53	12.16	10.66	เม็ดขนาดเล็ก กลม ใส

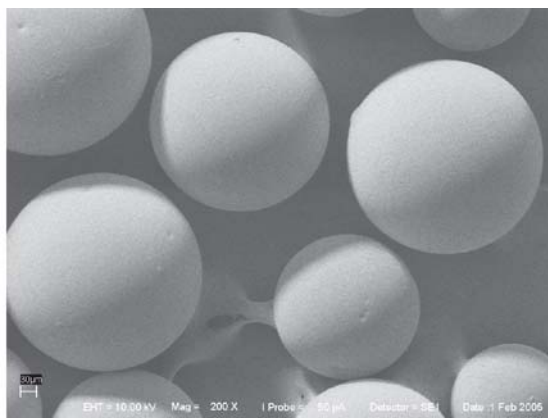
**การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)**

รูปที่ 2(ก, ข) แสดงภาพถ่าย SEM ของ PHEMA ที่เตรียมได้จาก TEGDM ร้อยละ 5 และ 10 เม็ดพอลิเมอร์ที่ได้มีลักษณะกลม ผิวหน้าเรียบ รูปที่ 3(ก,ข) และ 4(ก,ข) แสดงภาพถ่าย SEM ของ MIP-PHEMA (ปริมาณคอเลสเตรอลร้อยละ 16.5) เตรียมจาก TEGDM ร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ ที่สกัดคอเลสเตรอลออกแล้ว พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ

คอเลสเตรอลในการสังเคราะห์ ทำให้พอลิเมอร์ไม่เป็นเม็ดกลม ผิวหน้าขรุขระ มีรูพรุนเกิดขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากคอเลสเตรอลสามารถละลายในหยดมอนอเมอร์ (วัฏภาคสารอินทรีย์) ระหว่างปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ แต่ไม่มีส่วนร่วมในกลไกของปฏิกิริยา จึงแทรกอยู่ในเม็ดพอลิเมอร์ ทำให้พอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีรูพรุนเกิดขึ้น และพบว่าพอลิเมอร์บางส่วนที่แตกออกหลังผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย

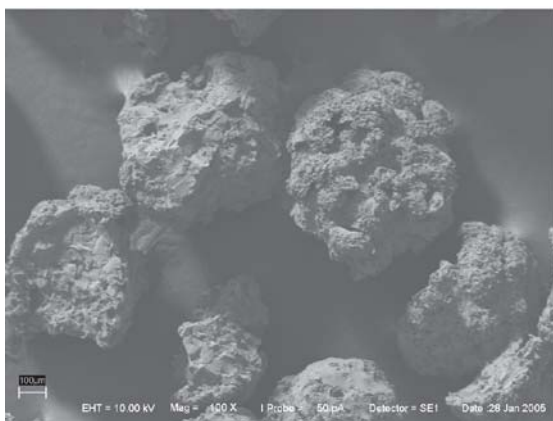


(ก)

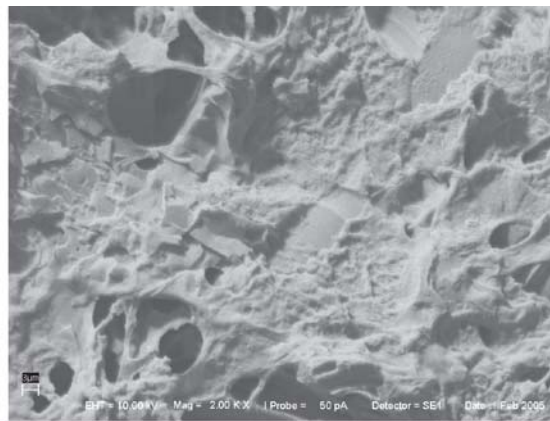


(ข)

รูปที่ 2 ภาพถ่าย SEM ของเม็ด PHEMA ที่เชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลด้วย (ก) TEGDM ร้อยละ 5 และ (ข) TEGDM ร้อยละ 10

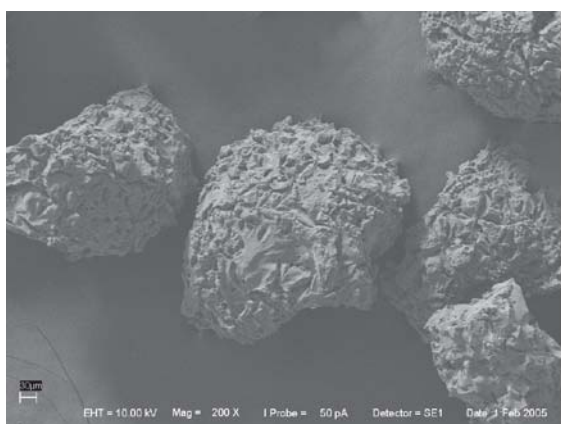


(ก)

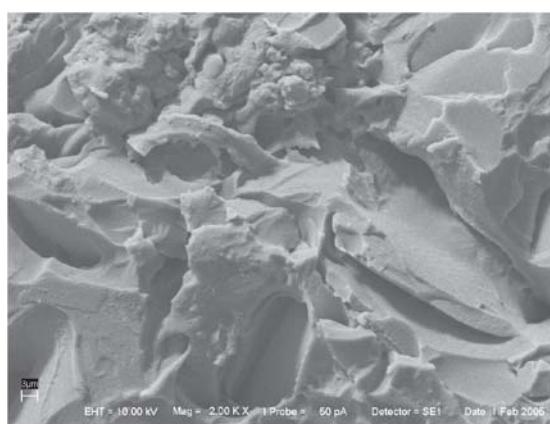


(ข)

รูปที่ 3 ภาพถ่าย SEM ของเม็ด MIP-PHEMA (คอเลสเตอรอลร้อยละ 16.5, TEGDM ร้อยละ 5) ที่กำลังขยาย (ก) 100X และ (ข) 2000X



(ก)



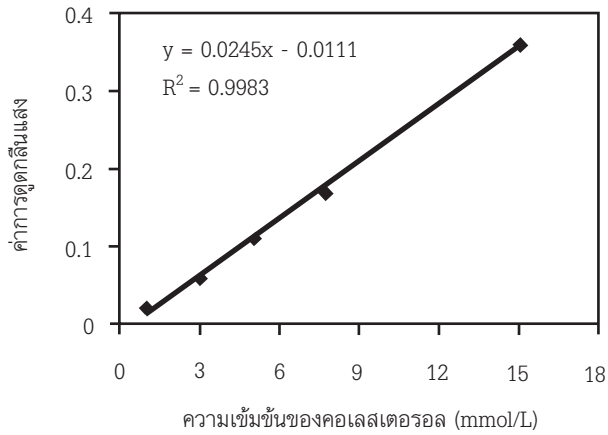
(ข)

รูปที่ 4 ภาพถ่าย SEM ของเม็ด MIP-PHEMA (คอเลสเตอรอลร้อยละ 16.5, TEGDM ร้อยละ 10) ที่กำลังขยาย (ก) 100X และ (ข) 2000X

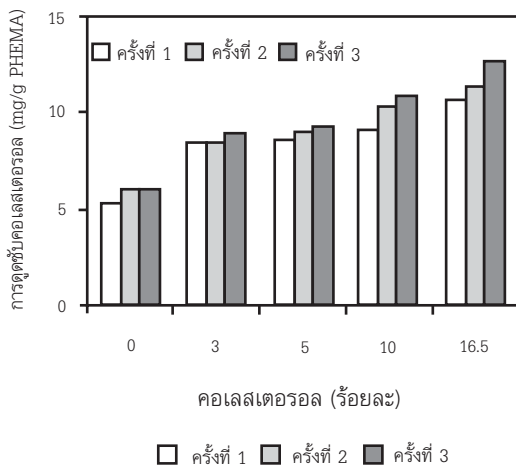
#### การดูดซับคอเลสเตอรอล (Absorption of Cholesterol)

เมื่อนำสารละลายมาตรฐานคอเลสเตอรอลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไปผสมกับกรดอะซิติกเข้มข้น สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ในกรดฟอสฟอริก และกรดซัลฟูริกเข้มข้น สารละลายไอจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ซึ่งความเข้มของสีเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของคอเลสเตอรอล กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรและความเข้มข้นของสารละลาย แสดงดังรูปที่ 5 ผลทดสอบการดูดซับคอเลสเตอรอลครั้งที่ 1, 2 และ 3 ของพอลิเมอร์ที่เชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลด้วย TEGDM ร้อยละ 5 และ 10 แสดงดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

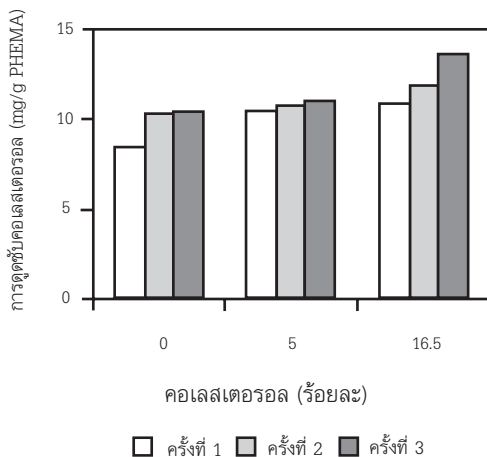
พบว่า MIP-PHEMA มีความสามารถในการดูดซับคอเลสเตอรอลมากกว่า PHEMA และความสามารถในการดูดซับคอเลสเตอรอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อถูกสังเคราะห์โดยใช้ปริมาณเทมเพลต และปริมาณสารเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลที่สูงขึ้น โดยปริมาณคอเลสเตอรอลที่ดูดซับจากการทดสอบครั้งแรกของ MIP-PHEMA (TEGDM ร้อยละ 5) คือ 5.31, 8.45, 8.55, 9.10 และ 10.73 มิลลิกรัม/กรัมพอลิเมอร์ที่ถูกสังเคราะห์โดยใช้เทมเพลตร้อยละ 0, 3, 5, 10 และ 16.5 ตามลำดับ และคอเลสเตอรอลที่ดูดซับจากการทดสอบครั้งแรกของ MIP-PHEMA (TEGDM ร้อยละ 10) คือ 8.51, 10.34, และ 10.53 มิลลิกรัม/กรัมพอลิเมอร์ที่ถูกสังเคราะห์โดยใช้เทมเพลตร้อยละ 0, 5 และ 16.5 ตามลำดับ เมื่อนำพอลิเมอร์ไปสกัดและใช้



**รูปที่ 5** กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลายคอเลสเทอรอล



**รูปที่ 6** ปริมาณคอเลสเทอรอลที่ดูดซับโดย PHEMA และ MIP-PHEMA (TEGDM ร้อยละ 5)



**รูปที่ 7** ปริมาณคอเลสเทอรอลที่ดูดซับโดย PHEMA และ MIP-PHEMA (TEGDM ร้อยละ 10)

ดูดซับคอเลสเทอรอลครั้งที่ 2 และ 3 เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้งานพอลิเมอร์ซ้ำหลายๆ ครั้ง พบว่าความสามารถในการดูดซับคอเลสเทอรอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการสกัดคอเลสเทอรอลออกจากพอลิเมอร์ด้วยตัวทำละลายหลายๆ ครั้ง ทำให้เม็ดพอลิเมอร์แตก เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างพอลิเมอร์กับสารละลายคอเลสเทอรอล ความสามารถในการดูดซับคอเลสเทอรอลจึงเพิ่มขึ้นซึ่งปริมาณการดูดซับคอเลสเทอรอลสูงสุดที่วิเคราะห์ได้คือ 13.76 มิลลิกรัม/กรัมพอลิเมอร์ ทดสอบจากการดูดซับครั้งที่ 3 ของ MIP-PHEMA (TEGDM ร้อยละ 10) ที่เตรียมโดยใช้เทมเพลทร้อยละ 16.5

### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการสังเคราะห์ PHEMA ด้วยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอย โดยใช้ TEGDM เป็นสารเชื่อมขวาง และ BPO เป็นตัวริเริ่ม พบว่าความเร็วรอบการปั่นกวนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์คือ 250 รอบต่อนาที ร้อยละผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 83.87 เม็ด PHEMA มีผิวหน้าเรียบ ขนาดเล็ก และใส ส่วนเม็ด MIP-PHEMA ที่ผ่านการสกัดเอาคอเลสเทอรอลซึ่งเป็นเทมเพลทออกแล้วพบว่า มีผิวหน้าไม่เรียบ และมีรูพรุน ความสามารถในการดูดซับคอเลสเทอรอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเทมเพลทที่ใช้ในการสังเคราะห์ ปริมาณการดูดซับคอเลสเทอรอลสูงสุดที่วิเคราะห์ได้คือ 13.76 มิลลิกรัม/กรัมพอลิเมอร์วิเคราะห์ได้จาก MIP-PHEMA (TEGDM ร้อยละ 10) ที่เตรียมโดยใช้เทมเพลทร้อยละ 16.5

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้ประจำปี 2546 จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

- Ansell, R.J. and Mosbach, K. 1997. Molecularly imprinted polymers by suspension polymerisation in perfluorocarbom liquids, with emphasis on the influence of the porogenic solvent. *Journal of Chromatography A* 787: 55-66.
- Cormack, P. A.G.; Elorza, A.Z. 2004. Molecularly imprinted polymer: synthesis and characterisation. *Journal of Chromatography B* 804: 173-182.
- Dickert, F.L. and Hayden, O. 2002. Bioimprinting of polymer and sol-gel phases: Selective detection of yeasts with imprinted polymers. *Analytical Chemistry* 74: 1302-1306.
- Holme, D. J. and Peck, H. 1993. *Analytical Biochemistry*. 2<sup>ed</sup>. pp 443-445. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Horak, D.; Lednicky, F. and Bleha, M. 1996. Effect of inert components on the porous structure of 2-hydroxyethyl methacrylate-ethylene dimethacrylate copolymers. *Polymer* 37: 4243-4249.
- Hwang, C.C and Lee, W.C. 2002. Chromatographic characteristics of cholesterol-imprinted polymers prepared by covalent and noncovalent imprinting methods. *Journal of Chromatography A* 962: 69-78.
- Kim, J.M.; Ahn, K.D.; Strikovskiy, A.G. and Wulff, G. 2001. Polymer catalysts by molecular imprinting: A labile covalent bonding approach. *Bulletin of Korean Chemical Society* 22: 689-692.
- Moral, N.P. and Mayes, A.G. 2004. Comparative study of imprinted polymer particles prepared by differential polymerisation methods. *Analytica Chimica Acta* 504:15-21.
- Piletsky, S.A.; Matuschewski, H.; Schedler, U., Wilpert, A.; Piletska, E.V.; Thiele, T.A. and Ulbricht, M. 2000. Surface functionalization of porous polypropylene membranes with molecularly imprinted polymer by photograft copolymerization in water. *Macromolecules* 33: 3092-3098.
- Qi, T.; Sonoda, A.; Makita, Y.; Kanoh, H.; Ooi, K. and Hirotsu, T. 2002. Porous properties of poly(glycidyl methacrylate-co-trimethylolpropane trimethacrylate) resins synthesized by suspension polymerization. *Journal of Applied Polymer Science* 83: 2374-2381.
- Sreenivasan, K. 1998. Synthesis and evaluation of a molecularly imprinted polyurethane-poly(HEMA) semi-interpenetrating polymer networks as membranes. *Journal of Applied Polymer Science*. 70: 19-22.
- Turiel, E.; Esteban, A.M.; Fernandez, P.; Conde, C.P. and Camara, C. 2001. Molecular recognition in a propazine-imprinted polymer and its application to the determination of trizzines in environmental samples. *Analytical Chemistry* 73: 5133-5141.