

# พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลสำหรับวานิลลินโดยใช้เอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลทเป็นครอสลิงก์

## Molecularly Imprinted Polymer for Vanillin

### Using Ethylene Glycol Dimethacrylate as a Crosslinker

ฐิติพร เบ็ญคำตา<sup>1</sup> มลธิชา มาหล้า<sup>1</sup> พรอนันต์ บุญก่อน<sup>2</sup> อังคณา เชื้อเจ็ดตน<sup>2</sup> และ วีรณัฐ คฤหานนท์<sup>1\*</sup>  
Thitiporn Pengkamta<sup>1</sup> Molthicha Mala<sup>1</sup> Pornanan Boonkorn<sup>2</sup> Angkana Chuaejedton<sup>2</sup> and  
Weeranuch Karuehanon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

<sup>2</sup>สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการสังเคราะห์และหาประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล (MIPs) โดยที่มีวานิลลิน (Val) เป็นสารต้นแบบ สังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโดยใช้มอนอเมอร์หมู่ฟังก์ชันต่างชนิดกัน และเอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลท (EGDMA) เป็นครอสลิงก์ โดยใช้วิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบตกตะกอนในตัวทำละลายแอสिटโรไนโตรล (ACN) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ศึกษาพอลิเมอร์ที่มีประสิทธิภาพในการจับกับวานิลลิน โดยศึกษาชนิดของมอนอเมอร์ที่เหมาะสม และศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนกับสารต้นแบบ ผลการทดลองพบว่ามอนอเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้เอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลทเป็นครอสลิงก์ คือ กรดเมทาคริลิก และพอลิเมอร์ลอกแบบมีประสิทธิภาพและมีความจำเพาะเจาะจงกับสารต้นแบบสูงที่สุด เมื่อใช้เวลาในการจับกับสารต้นแบบ 2 ชั่วโมง (%Bound=41.87%,  $\alpha$ =6.21)

**คำสำคัญ:** วานิลลิน พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล เอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลท

#### Abstract

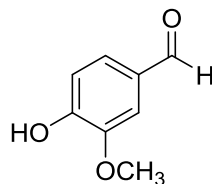
This research aims to evaluate the synthesis of molecularly-imprinted polymers (MIPs) using vanillin (Val) as a template molecule. MIPs were synthesized by precipitation polymerization using various functional monomers. Ethylene glycol dimethacrylate (EGDMA) was used as a crosslinker and polymerization was carried out at 80°C for 6 hours. The binding efficiency, including the effects of different types of monomers and the binding times of polymers, was studied. The results show that methacrylic acid qualifies as a suitable functional monomer for synthesizing molecularly-imprinted polymers using ethylene glycol dimethacrylate as a crosslinker. The highest binding efficiency and highest selectivity were obtained when vanillin was used for 2 hours as a bound polymer (% bound=41.87%,  $\alpha$ =6.21).

**Keywords:** vanillin molecularly imprinted polymer, ethylene glycol dimethacrylate

## บทนำ

วานิลลิน (vanilline; 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าผงแป้งหอม เป็นสารที่มีเอกลักษณ์ความหอมที่มีราคาสูงที่มีความสำคัญในการแต่งกลิ่นในอาหาร ยา น้ำหอม หรือผลิตภัณฑ์ปรับแต่งกลิ่นต่าง ๆ (Ibrahim et al., 2009) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย และต่อต้านภูมิแพ้ที่มีประสิทธิภาพช่วยในการยับยั้งกระบวนการอักเสบ (Wu et al., 2015) ซึ่งวานิลลินสามารถพบได้ในธรรมชาติ โดยเป็นองค์ประกอบที่พบในสารสกัดจากเมล็ดวานิลลาและยังคงมีในเมล็ดกาแฟและต้นสนจีน นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ในกัวอีคอล (guaiacol) หรือ ลิกนิน (lignin) ในเปลือกไม้หรือเนื้อไม้ (Yusof et al., 2014) โดยปกติวานิลลินสังเคราะห์หรือเอทิลวานิลลิน (ethyl vanilline) จะมีราคาแพงกว่าวานิลลินที่ได้จากธรรมชาติ และวานิลลินสังเคราะห์จะให้กลิ่นหอมที่แรงกว่า ซึ่งปกติมีวิธีการสกัดที่ค่อนข้างยุ่งยาก ทำได้โดยการนำผลแก่ของวานิลลามารับกระบวนการหมักหรือสกัดจากลิกนินร่วมกับการตกผลึกใหม่ (recrystallization) (Wu et al., 2015) ซึ่งนอกจากจะเป็นวิธีที่ยุ่งยากแล้ว วิธีการดังกล่าวยังทำให้ได้ปริมาณของวานิลลินที่สกัดได้น้อย เนื่องจากมีสิ่งเจือปนอยู่มาก ดังนั้นการประยุกต์ใช้วิธีการสกัดวานิลลินจากธรรมชาติวิธีอื่นที่สะดวก รวดเร็ว และทำให้วานิลลินที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์จะทำให้เป็นประโยชน์เป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร

เทคนิคการลอกแบบโมเลกุล (molecular imprinting) หรือการสร้างต้นแบบโมเลกุล (molecular templating) เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ในการสกัดวานิลลินในธรรมชาติ โดยเป็นเทคนิคที่ทำการสังเคราะห์ตำแหน่งตัวรับ (receptor site) ภายในเมทริกซ์พอลิเมอร์ที่มีโครงร่างซับซ้อน (high crosslinked) โดยจะได้เป็นพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติทางวัสดุศาสตร์ดีเยี่ยมหลายอย่าง โดยเฉพาะคุณสมบัติที่มีความจำเพาะเจาะจงกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้กับสารที่หลากหลาย พอลิเมอร์ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่างมอนอเมอร์ฟังก์ชัน (functional monomer) และครอสลิงก์ (cross-linker) ในโมเลกุลต้นแบบ (template) ที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย (porogen) พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จะเรียกว่า พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุล (molecularly imprinted polymers; MIPs) ซึ่งมีคุณสมบัติความจำเพาะกับสารที่เป็นโมเลกุลต้นแบบซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ในการสกัดสารหรือการทำให้สารนั้นมีความบริสุทธิ์ และยังมีสมบัติในการนำกลับมาใช้ใหม่ (Ashley et al., 2017) จากคุณสมบัติของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลดังกล่าว และความสำคัญของวานิลลินในเชิงอุตสาหกรรม ประกอบกับโครงสร้างของวานิลลิน (ภาพที่ 1) ประกอบด้วยหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group,  $-\text{COH}$ ) และหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group,  $-\text{OH}$ ) ภายในโมเลกุลซึ่งเป็นตำแหน่งจับ (binding site) ที่สามารถสร้างพันธะกับมอนอเมอร์สำหรับการลอกแบบโมเลกุลได้ดี ผู้วิจัยจึงสนใจในการสังเคราะห์และหาประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ลอกแบบที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อวานิลลินเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการสกัดวานิลลินในธรรมชาติต่อไป



ภาพที่ 1 โครงสร้างของวานิลลิน

## วัตถุประสงค์ในการศึกษา

สังเคราะห์และหาประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ลอกแบบของวานิลลินที่สังเคราะห์โดยใช้เอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลทเป็นครอสลิงก์

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบของวานิลลิน

ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลของวานิลลิน (Val-MIPs) โดยวิธีพอลิเมอไรเซชันแบบตกตะกอน (Karuehanon et al., 2018) โดยการชั่งวานิลลิน 0.25 mmol (38.04 mg) ลงในขวดก้นกลม จากนั้นเติมมอนอเมอร์จำนวน 1 mmol โดยใช้ ACN เป็นตัวทำละลาย 25 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเติมครอสลิงก์ EGDMA จำนวน 5 mmol (943.01  $\mu$ l) และเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide; BzPO) (0.06 mmol) 15.14 mg เขย่าให้เข้ากันแล้วปิดด้วยจุกยางทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วนำไปผ่านแก๊สไนโตรเจนเป็นเวลา 20 นาที โดยไม่ให้ความร้อน ทำการพอลิเมอไรเซชันที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นและล้างพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ด้วย ACN ออบให้แห้ง และทำการกำจัดสารต้นแบบออกจากพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้โดยการคนในสารละลายกรดแอสिटิก:เมทานอล (1:9 v/v) ล้างด้วยน้ำ เมทานอล และเอซิโตน และอบให้แห้ง

### \* หมายเหตุ

- 1) มอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์มีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กรดเมทาคริลิก (methacrylic acid; MAA) 2-ไฮดรอกซีเอทิล-แอคริเลท (2-hydroxyethyl acrylate; HEA) แอคริลาไมด์ (acrylamide; ACM) เมทิลเมทาคริเลท (methyl methacrylate; MMA) และ เอ็น,เอ็น-เมทิลีนบิสแอคริลาไมด์ (N,N-methylenebisacrylamide; MBAA)
- 2) การสังเคราะห์พอลิเมอร์ไม่ลอกแบบ (non-imprinted polymers: NIPs) จะมีขั้นตอนเหมือนการสังเคราะห์ MIPs แต่ไม่เติมสารต้นแบบ (วานิลลิน)

### 2. การหาประสิทธิภาพของ Val-MIPs

นำ Val-MIPs ที่สังเคราะห์ได้จำนวน 5 mg ใส่ลงในหลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ เติมสารละลายสารละลายวานิลลิน ความเข้มข้น 10 ppm ปริมาตร 1 ml ปิดฝาให้แน่นและนำไปวางบนเครื่องสั่น (orbital shaker) ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดแล้วแยกสารละลายออกจากพอลิเมอร์โดยใช้เครื่องเซนตริฟิวจ์ ที่ความเร็ว 6,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำสารละลายใสส่วนบน (supernatant) ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ( $\lambda_{\max} = 274.73$  nm) และหาความเข้มข้นเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ( $y = 0.0385x + 0.0325$ ;  $R^2 = 1.000$ ) คำนวณการหาประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ลอกแบบด้วยการคำนวณร้อยละการจับกับสารต้นแบบ (%Bound) และคำนวณหาค่าการลอกแบบ (imprinting factor,  $\alpha$ ) จากสมการที่ (1) และ (2)

$$\% \text{ Bound} = \frac{Q_0 - Q}{Q_0} \times 100 \quad (1)$$

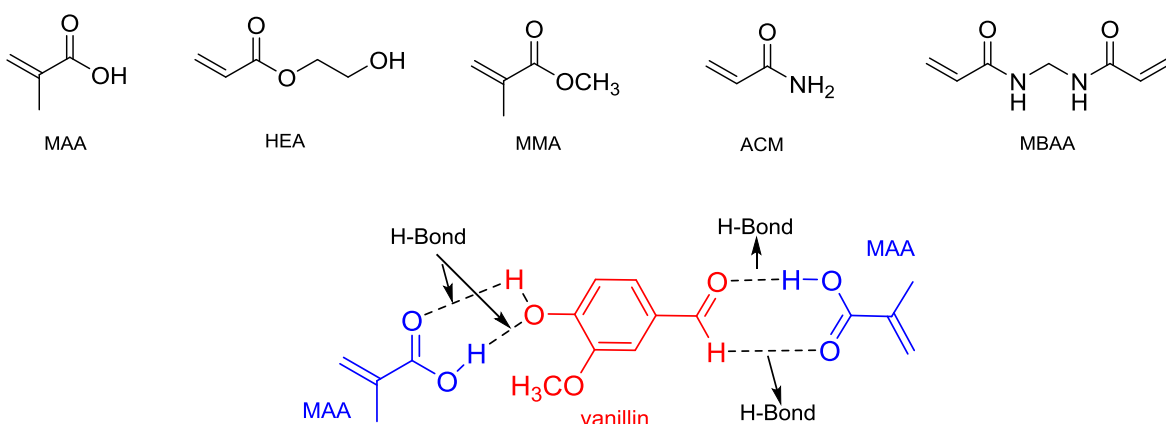
โดย  $Q_0$  = ความเข้มข้นของสารต้นแบบก่อนจับกับพอลิเมอร์  
 $Q$  = ความเข้มข้นของสารต้นแบบหลังจับกับพอลิเมอร์

$$\alpha = \frac{\% \text{ Bound}_{MIP}}{\% \text{ Bound}_{NIP}} \quad (2)$$

โดย  $\% \text{Bound}_{MIP}$  = ร้อยละการจับกับสารต้นแบบของ MIP  
 $\% \text{Bound}_{NIP}$  = ร้อยละการจับกับสารต้นแบบของ NIP

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ทำการสังเคราะห์ Val-MIPs ด้วยวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบตกตะกอน ใช้มอนอเมอร์หมู่ฟังก์ชันที่ต่างชนิดกันในการสังเคราะห์ ได้แก่ MAA HEA ACM MBAA และ MMA โดยใช้ EGDMA เป็นครอสลิงก์ ทำการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นอกจากนั้นยังได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ไม่ลอกแบบ (NIPs) หรือพอลิเมอร์ควบคุม (control polymer) ซึ่งสังเคราะห์โดยการไม่เติมสารต้นแบบ พอลิเมอร์ที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นผงสีขาว โดยร้อยละผลผลิต (%yield) และชนิดของ Val-MIPs และ Val-NIPs ที่สังเคราะห์ได้ แสดงดังตารางที่ 1 โดยผลการสังเคราะห์พบว่า Val-MIPs มี %yield อยู่ในช่วงตั้งแต่ 37 - 66% โดย MIP ที่สังเคราะห์แล้วได้ร้อยละผลผลิตมากที่สุด คือพอลิเมอร์ที่ใช้มอนอเมอร์ชนิด MAA ในการสังเคราะห์ (65.17%) อาจเนื่องมาจาก MAA มีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก (-COOH) ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสารต้นแบบได้ดีกว่ามอนอเมอร์ชนิดอื่น (Ibrahim et al., 2009) ดังแสดงในภาพที่ 2 นอกจากนั้นพบว่า Val-MIPs ทุกชนิด มี %yield น้อยกว่า NIPs อาจเนื่องมาจาก NIP สามารถเกิดเป็นพอลิเมอร์ได้โดยผ่านขั้นตอนเดียวคือปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์กับครอสลิงก์ได้โดยตรง ในขณะที่การสังเคราะห์ MIP มีขั้นตอนการสังเคราะห์เริ่มจากการสร้างพันธะระหว่างมอนอเมอร์สารต้นแบบ (self-assembly) ก่อนกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน ซึ่งทำให้ความสามารถของสารต้นแบบในการสร้างพันธะกับมอนอเมอร์แต่ละชนิดในขั้นแรกของการสังเคราะห์มีความสำคัญ โดยหากสารต้นแบบมีตำแหน่งจับที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้น้อย อาจเป็นผลทำให้ขั้นแรกเกิดได้ไม่ดี นำไปสู่การพอลิเมอร์ไรเซชันที่ไม่สมบูรณ์ทำให้พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์โดยมีสารต้นแบบ (MIPs) มี %yield น้อยกว่าพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์โดยไม่มีสารต้นแบบ (NIPs)

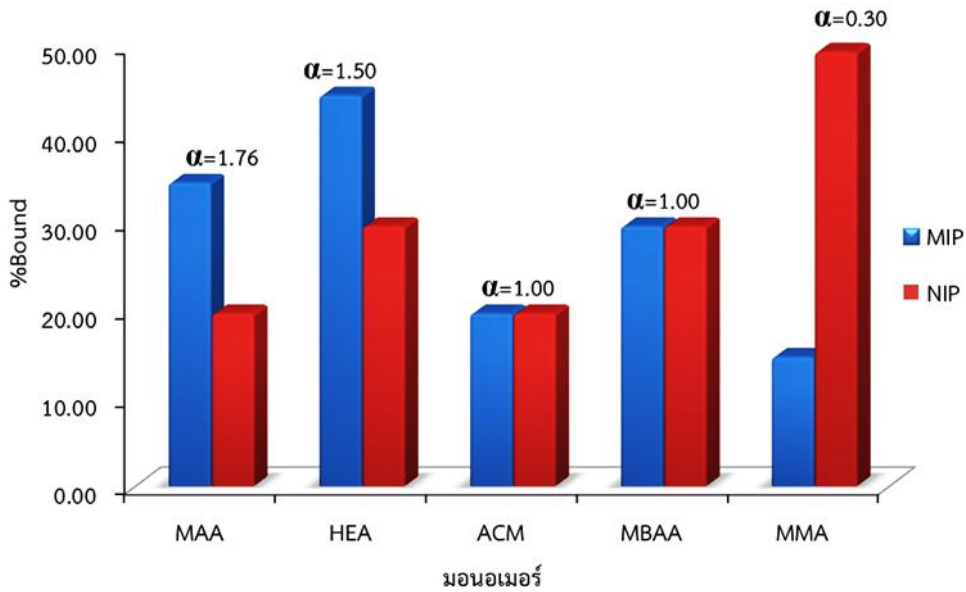


ภาพที่ 2 ชนิดของมอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์และการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างวานิลลินและ MAA

ตารางที่ 1 ผลการสังเคราะห์ Val-MIPs และ Val-NIPs

ลำดับ	ชนิดของมอนอเมอร์	%Yield	
		MIP	NIP
1	MAA	65.17	67.68
2	HEA	38.29	90.50
3	ACM	46.41	83.13
4	MBAA	53.61	88.45
5	MMA	38.30	69.43

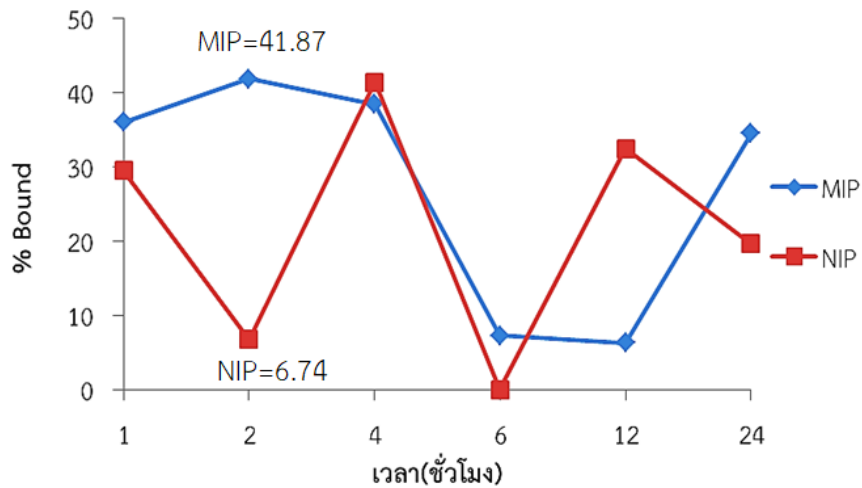
จากนั้นทำการศึกษานิตของมอนอเมอร์ที่เหมาะสม โดยศึกษาความสามารถในการจับกับสารต้นแบบของ Val-MIPs ที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้พอลิเมอร์ 5 mg จับกับสารละลายวานิลลิน ความเข้มข้น 10 ppm ปริมาตร 1 ml โดยใช้เวลาในการจับ 24 ชั่วโมง จากนั้นหาประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ลอกแบบด้วยการคำนวณร้อยละการจับกับสารต้นแบบ (%Bound) และค่าการลอกแบบ ( $\alpha$ ) หากพอลิเมอร์ชนิดใดมี %Bound สูง บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการจับกับสารต้นแบบได้ดีและหากมีค่า  $\alpha$  สูง แสดงว่ามีความจำเพาะเจาะจงต่อสารต้นแบบสูง เนื่องจากเป็นอัตราส่วนระหว่าง %Bound ของ MIP ต่อ %Bound ของ NIP โดยพิจารณาประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลจะต้องคำนึงถึง 2 ปัจจัยควบคู่กัน ซึ่งได้ผลการทดลองดังภาพที่ 3 โดยพบว่าพอลิเมอร์ลอกแบบที่มีความสามารถในการจับกับสารต้นแบบมากที่สุดคือพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์จากมอนอเมอร์ชนิด HEA (44.34%) รองลงมา ได้แก่ MAA (34.45%) และพอลิเมอร์ลอกแบบที่ใช้มอนอเมอร์ชนิด MMA มี %Bound น้อยที่สุด (44.66%) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่า  $\alpha$  ซึ่งบ่งบอกถึงความจำเพาะเจาะจงของ MIP ต่อสารต้นแบบ พบว่าชนิดของมอนอเมอร์ที่ทำให้มีค่า  $\alpha$  มากที่สุด คือพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ด้วย MAA ( $\alpha = 1.76$ ) และ HEA ( $\alpha = 1.50$ ) ตามลำดับ ส่วนมอนอเมอร์ชนิดอื่นนั้นไม่มีความจำเพาะกับสารต้นแบบ เนื่องจากมีค่า  $\alpha$  เท่ากับและน้อยกว่า 1 ดังนั้นพอลิเมอร์ลอกแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อใช้ EDMA เป็นครอสลิงก์ คือ พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์โดยใช้ MAA เป็นมอนอเมอร์ เนื่องจากมี %Bound ใกล้เคียงกับมอนอเมอร์ชนิด HEA แต่มีความจำเพาะเจาะจงต่อวานิลลินสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจึงได้เลือกพอลิเมอร์ลอกแบบที่สังเคราะห์จากมอนอเมอร์ MAA และ HEA ไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป



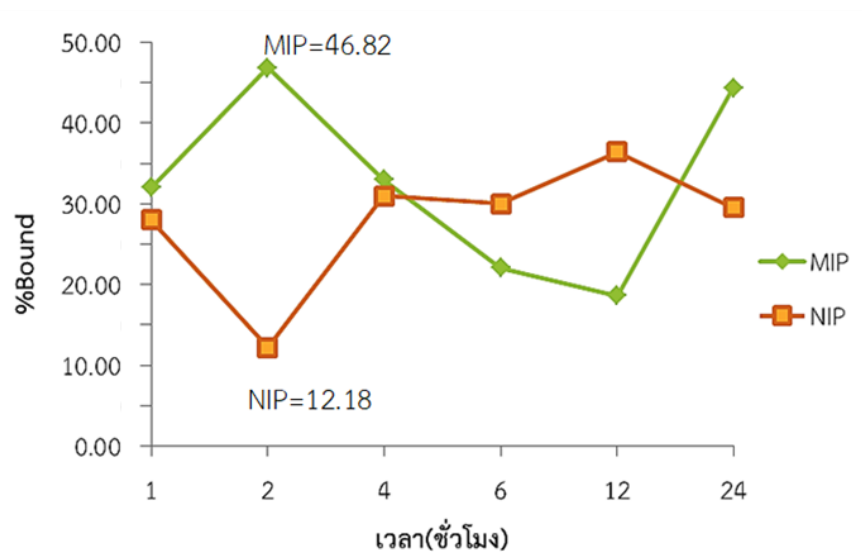
ภาพที่ 3 การศึกษาชนิดของมอนอเมอร์ที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ MIP ที่มีวานิลลินเป็นสารต้นแบบ

เมื่อการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการจับกับสารต้นแบบของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์โดยใช้ MAA (MIP-MAA) และ HEA (MIP-HEA) โดยศึกษาการจับกับสารต้นแบบที่เวลา 1 2 4 6 12 และ 24 ชั่วโมง ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5 โดยพบว่าประสิทธิภาพในการจับกับสารต้นแบบในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกัน สำหรับ MIP-MAA (ภาพที่ 3) พบว่าสารต้นแบบวานิลลินสามารถจับกับพอลิเมอร์ได้ตั้งแต่วินาทีแรก (%Bound=35.93%,  $\alpha=1.22$ ) และประสิทธิภาพค่อนข้างคงที่จนถึงเวลาที่ 4 ชั่วโมงและจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 12 ชั่วโมง จากนั้นประสิทธิภาพจะกลับมาเพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับในช่วงเวลาแรกอีกครั้งที่เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาผลการทดลองของ MIP-HEA (ภาพที่ 5) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเข้าสู่สมดุลของการจับกับสารต้นแบบเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงสภาวะสมดุลของการจับกันระหว่างสารต้นแบบและพอลิเมอร์ (binding equilibrium) (Ansell, 2015)

โดยเวลาที่ใช้ในการจับกับสารต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับ MIP-MAA คือที่เวลา 2 ชั่วโมง เนื่องจากให้ %Bound และ  $\alpha$  สูงที่สุด (%Bound=41.87%,  $\alpha=6.21$ ) และสำหรับ MIP-HEA คือที่เวลา 2 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน (%Bound=46.82%,  $\alpha=3.84$ ) โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างพอลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิด พบว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันในเชิงประสิทธิภาพในการจับกับสารต้นแบบแต่ MIP-MAA จะมีความจำเพาะเจาะจงต่อสารต้นแบบมากกว่า MIP-HEA ดังนั้นจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่ามอนอเมอร์ที่ทำให้พอลิเมอร์ลอกแบบของวานิลลินมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อใช้ EGDMA เป็นครอสลิงก์คือ MAA



ภาพที่ 4 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการจับกับสารต้นแบบของ MIP-MAA



ภาพที่ 5 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการจับกับสารต้นแบบของ MIP-HEA

### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์และหาประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ลอกแบบโมเลกุลโดยใช้วานิลลินเป็นสารต้นแบบในการสังเคราะห์ ซึ่งจะถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยมอนอเมอร์หมู่ฟังก์ชันต่างชนิดกัน ได้แก่ MAA HEA ACM MBAA และ MMA และใช้ EGDMA เป็นครอสลิงก์ โดยจะใช้วิธีการพอลิเมโรเซชันแบบตกตะกอนในสารละลายแอซิโตไนไตรล์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำการศึกษาพอลิเมอร์ลอกแบบที่มีประสิทธิภาพในการดักจับกับวานิลลินโดยการศึกษากับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ และเวลาในการจับกับสารต้นแบบ ผลการวิจัยพบว่าพอลิเมอร์ลอกแบบของวานิลลินที่สังเคราะห์โดยใช้ MAA เป็นมอนอเมอร์ (MIP-MAA) มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมอนอเมอร์ชนิดอื่น โดยมีร้อยละการจับกับสารต้นแบบ (%Bound) เท่ากับ 41.87% และมีความจำเพาะเจาะจงกับสารต้นแบบสูงสุด ( $\alpha = 6.21$ ) โดยใช้เวลาในการจับกับสารต้นแบบเพียง 2 ชั่วโมง

## เอกสารอ้างอิง

- Ansell, R. J. 2015. Characterization of the binding properties of molecularly imprinted polymers. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 150 : 51-93.
- Ashley, J., Shahbazi, M. A., Kant, K., Chidambara, V. A., Wolff, A., Bang, D. D. and Sun, Y. 2017. Molecularly imprinted polymers for sample preparation and biosensing in food analysis: Progress and perspectives. *Biosensors and Bioelectronics*. 91 : 606-615.
- Ibrahim, M. N., Sipaunt, C. S., and Yusof, N. N. 2009. Purification of vanillin by a molecular imprinting polymer technique. *Separation and Purification Technology*. 66 : 450-456.
- Karuehanon, W., Wongthep, T. and Wanggon, C. 2018. Synthesis of molecularly imprinted polymers for extraction of quercetin from mulberry leaves. *Prawarun Agricultural Journal*. 15 : 96-103.
- Wu, J., Yang, Z., Chen, N., Zhu, W., Hong, C. and Zhou, X. 2015. Vanillin-molecularly targeted extraction of stir bar based on magnetic field induced self-assembly of multifunctional Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@Polyaniline nanoparticles for detection of vanilla-flavor enhancers in infant milk powders. *Journal of Colloids and Interface Science*. 442 : 22-29.
- Yusof, N., Tanioka, E. and Kobayashi, T. 2014. Molecularly imprinted polymer particles having coordinated hydrogen bonding in covalent-imprinting for efficient recognition towards vanillin. *Separation and Purification Technology*. 122 : 341-349.