

บทที่ 4

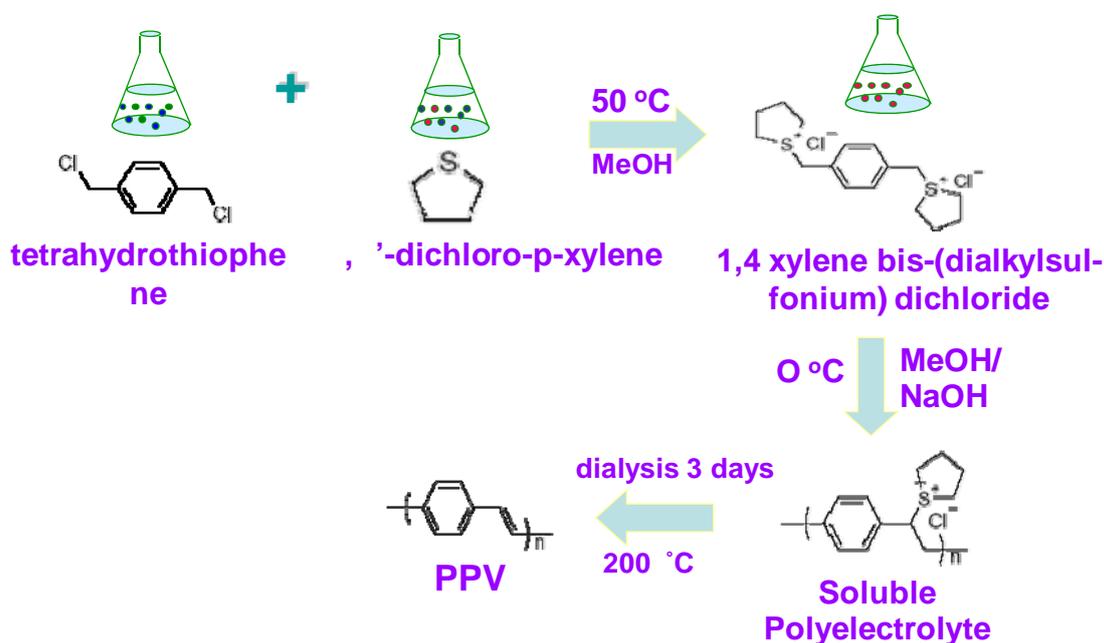
ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

(Results and Discussion)

4.1 การสังเคราะห์พาราฟีนิลีนไวไนลีน

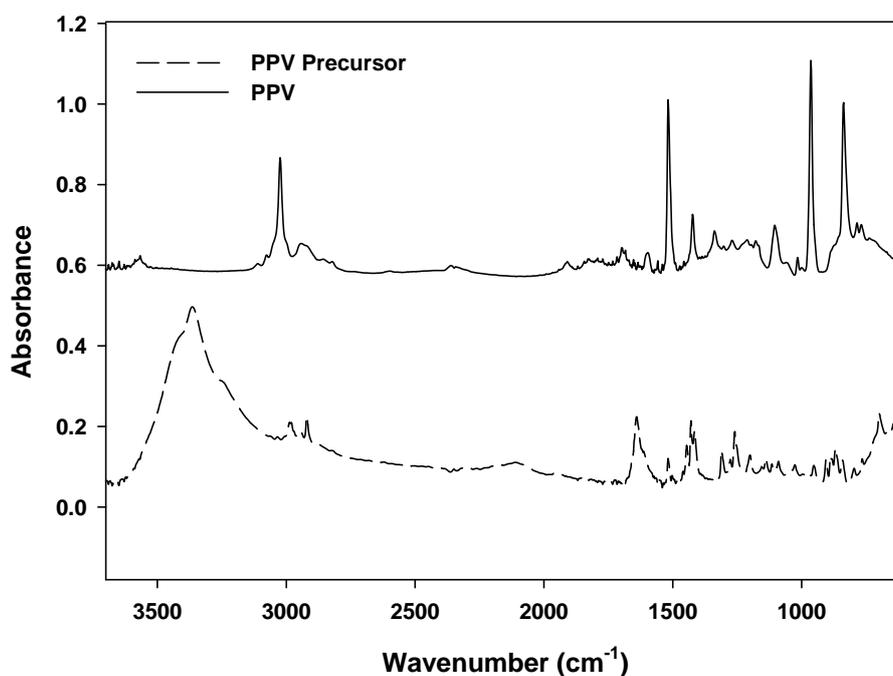
ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลกับพอลิพาราฟีนิลีนไวไนลีนเพื่อเป็นแผ่นแปะยาที่ควบคุมการส่งยาด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษา ความสะดวกต่อการบริหารยาของผู้ป่วยและเพิ่มมูลค่าของยาที่ต้องการจะนำส่ง โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวยาค้นแบบเป็นตัวยาคัดได้จากงานทางจรรยาบรรณซึ่งมีสารออกฤทธิ์ในการรักษาแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก เช่น ยาอะโลอิน ยาอะโลอีโมดินและยาอะโลเอซิน โดยในงานวิจัยนี้สารอะโลอินซึ่งมีสูตร โครงสร้าง ถูกเลือกมาเป็นตัวยาค้นแบบตัวแรกในการโคปลงบนพอลิเมอร์นำไฟฟ้า พอลิพาราฟีนิลีนไวไนลีน

ในงานวิจัยนี้ พอลิเมอร์นำไฟฟ้า พอลิพาราฟีนิลีนไวไนลีน ถูกสังเคราะห์ผ่าน sulfonium precursor ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การสังเคราะห์พอลิพาราฟีนิลีนไวไนลีน (Poly(p-phenylene vinylene, PPV) ผ่าน sulfonium precursor [16]

โดยสามารถตรวจสอบความสำเร็จของการสังเคราะห์พอลิพาราฟีนิลีนไวน์ลีนได้จากการวิเคราะห์หมู่โครงสร้างด้วยเครื่องมือ IR-spectroscopy รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการหาหมู่โครงสร้างของ Sulfonium precursor และ Poly(p-phenylene vinylene, PPV) ที่สังเคราะห์ขึ้นมาได้



รูปที่ 4.2 แสดง FTIR spectrum ของ sulfonium precursor ของ poly(p-phenylene vinylene และ poly(p-phenylene vinylene

จากรูปที่ 9 พบว่า หลังจากนำ sulfonium precursor มาผ่านขบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมงแล้วนั้น หมู่ Sulfonium ก็หลุดออกไป ดังแสดงได้ของการหายไปของพีคช่วงกว้างตั้งแต่ 3100 – 3500 cm^{-1} ได้พอลิเมอร์นำไฟฟ้าพอลิพาราฟีนิลีนไวน์ลีน (Poly(p-phenylene vinylene), PPV) นอกจากนี้ยังสามารถยืนยันการสังเคราะห์ได้ของพอลิพาราฟีนิลีนไวน์ลีนพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากการดูคลื่นช่วงคลื่นที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 FTIR results

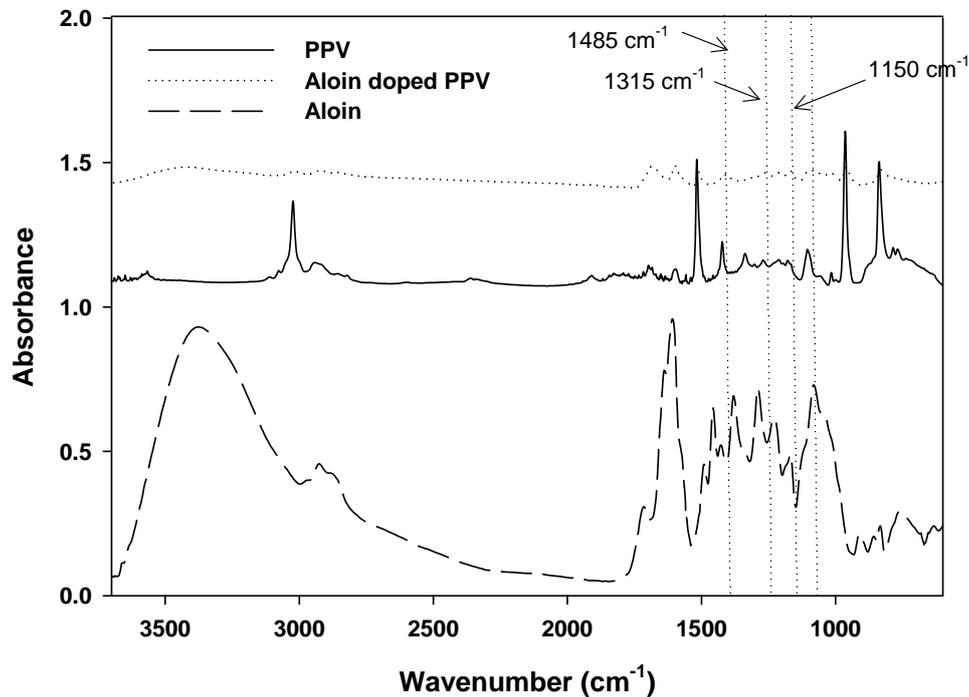
Wavenumber (cm-1)	Structure
3022	trans vinylene C-H stretching
550	phenylene out of plane ring bending
830	p- phenylene ring C-H out of plane bending
1511	C-C ring stretching

พอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนที่สังเคราะห์ไปบดด้วยเครื่อง Ball mill แล้วทำการคัดกรองขนาดของอนุภาคด้วยตะแกรงร่อน และได้อนุภาคพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนขนาดเฉลี่ย 46 ± 4 μm

7.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณยาที่โคปติค และการวิเคราะห์หมู่โครงสร้าง ยาอะโลอินโคปพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีน

หลังจากโคปยาอะโลอินลงบนสายโซ่ของพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนแล้วนั้น การดูดซับคลื่นแสงของยาอะโลอินโคปพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนมีพีคช่วงกว้างช่วง $3000 - 3500$ cm^{-1} เกิดขึ้น และ ซึ่งแสดงได้ถึงการโคปติคของยาบนสายโซ่ หลังจากนั้นหาปริมาณยาอะโลอินที่โคปติคลงบนสายโซ่ได้ด้วยเครื่อง UV-Vis spectroscopy พบว่ามีปริมาณยาอะโลอินที่โคปติคลงบนสายโซ่ ~ 0.838 mg of Aloin/mg of PPV และหลังจากโหลดพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนที่โคปด้วยยาอะโลอินติดลงไปนพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลแล้วนั้น พบว่าปริมาณยาที่อยู่ในเนื้อเจลอยู่ที่ $90.06 \pm 6.5\%$ (~ 0.75 mg ในแผ่นแปะยาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 cm หน้า 0.3 cm)

ในรูปที่ 4.3 แสดง FTIR สเปกตรัมของพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนที่สังเคราะห์ได้ อะโลอินโคปบนพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีน และอะโลอิน โดยช่วงคลื่นที่สารดูดซับ คือ 3022 , 550 , 830 และ 1511 cm^{-1} ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1 และเมื่อโคปอะโลอินลงบนพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนแล้วพบว่า การดูดซับคลื่นแสงของยาอะโลอินโคปพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนมีพีคช่วงกว้างช่วง $3000 - 3500$ cm^{-1} เกิดขึ้น และแสดงการเคลื่อนที่ของการดูดซับคลื่นแสงช่วงคลื่นที่ 1485 , 1315 และ 1150 cm^{-1} โดยพีคที่เกิดขึ้นใหม่นี้แสดงถึงการเกิดโครงสร้างแบบควินอยซึ่งเกิดจากการแตกโครงสร้างสมมาตรของสายโซ่ [19] ซึ่งเป็นการยืนยันการเกิดการโคปติคของตัวยานบนสายโซ่หลัก



รูปที่ 4.3 แสดงแสดง FTIR spectrum ของ poly(p-phenylene vinylene) (PPV) , Aloin doped poly(p-phenylene vinylene) (Aloin doped PPV) และ Aloin

นอกจากนี้การวัดค่าการนำไฟฟ้าของพอลิพาราฟีนิลีน ไวนิลีน และอะโลอิน โดปพอลิพาราฟีนิลีน ไวนิลีนถูกวัดเพื่อยืนยันการโคปติคของอะโลอินบนสายโซ่ของพอลิเมอร์นำไฟฟ้า โดยค่าการนำไฟฟ้าของพอลิพาราฟีนิลีน ไวนิลีนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการโคปติคด้วยอะโลอิน โดยเพิ่มขึ้นจาก $7.89 \times 10^{-8} \pm 1.05 \times 10^{-9}$ S/cm เป็น $5.28 \times 10^{-7} \pm 1.72 \times 10^{-8}$ S/cm เมื่อมีการโคปติคด้วยอะโลอินแล้วนั้น สายโซ่พอลิเมอร์นำไฟฟ้าจะมีช่องว่างและความสามารถในการเคลื่อนที่ของไอออนได้มากขึ้นทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นด้วยเมื่อมีการโคปติคลงบนสายโซ่ [19]

4.2 การศึกษาสมบัติของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล

เพื่อศึกษาข้อมูลการปลดปล่อยยาออกจากพอลิไวนิลีนและพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล คุณสมบัติของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆ ได้ถูกเตรียมและทดสอบอัตราการบวมตัว อัตราการสลายตัวทดสอบสมบัติการนำไปใช้เป็นแผ่นแปะยา

รูปที่ 11 แสดงสัดส่วนการพองตัวของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้ที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆ หลังจากทำการแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ (pH 5.5) เป็นเวลา 5 วัน เมื่อทำการแช่พอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลเป็นระยะเวลา 5 วัน พบว่าอัตราการบวมตัวของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาการแช่พ

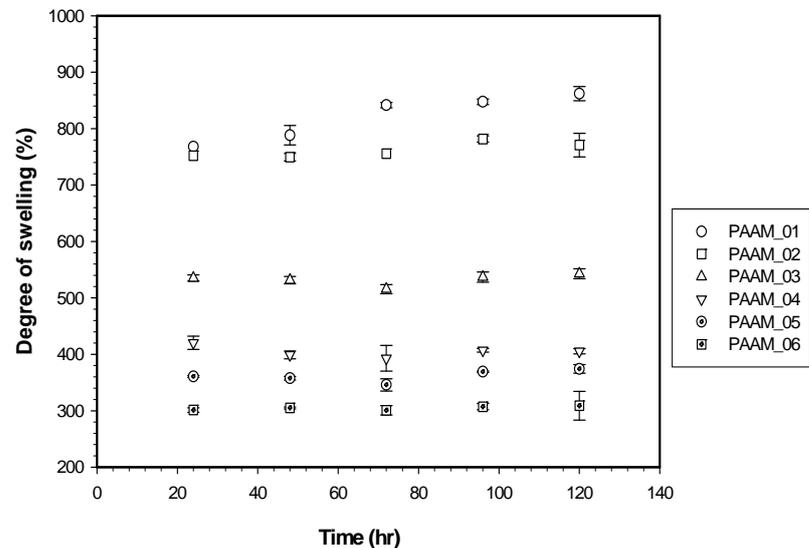
ลิตะครีลาไมด์ ดังแสดงในรูปที่ 11 อัตราการบวมตัว (Swelling ratio) ของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลจะเพิ่มขึ้นและแสดงความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้ในการแช่น้ำ ยิ่งระยะเวลาที่พอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลถูกนำไปแช่อยู่ในน้ำกลั่นมีเวลามากขึ้นเท่าไร ค่าอัตราส่วนการบวมตัว (Swelling ratio) ของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น เนื่องจากภายในโครงสร้างของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลนั้นมีสภาพชอบน้ำ (Hydrophilic polymer) ดังนั้นเมื่อทำการแช่น้ำ โมเลกุลของน้ำแพร่ผ่านเข้าไปขยายสายโซ่โมเลกุลให้กว้างขึ้น เมื่อเวลาของการแช่เพิ่มมากขึ้น โมเลกุลของน้ำสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในสายโซ่ได้มากขึ้น จึงส่งผลต่อการบวมตัวที่มากขึ้น

นอกจากการศึกษาผลของอัตราการเชื่อมโยงต่อการบวมตัวของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลแล้ว อัตราการสลายตัวเมื่อนำพอลิอะครีลาไมด์ไปแช่น้ำนั้นจำเป็นต้องได้รับการศึกษาด้วยเพื่อเป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพการคงทนต่อการเสื่อมสลายตัวของชิ้นงานไฮโดรเจล เมื่อนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นแปะยา โดยอัตราการสลายตัวของพอลิอะครีลาไมด์เมื่อเวลาการแช่พอลิอะครีลาไมด์เพิ่มขึ้นแสดงในรูป 6 พบว่าการสลายตัวของพอลิอะครีลาไมด์เริ่มสลายตัวตั้งแต่เริ่มแช่พอลิอะครีลาไมด์ในน้ำ แต่เมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นปริมาณการสลายตัวไม่ได้เพิ่มตาม แต่กลับคงที่ โดยอัตราการสลายตัวของพอลิอะครีลาไมด์นั้นอยู่ที่ 5 – 15% ซึ่งถือว่าน้อยมาก ดังนั้นแผ่นแปะยาสมุนไพรที่ถูกขึ้นรูปจากพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลนั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ ทุกอัตราการเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อปริมาณตัวเชื่อมโยง (crosslinking agent) เพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัว (Degree of swelling) ของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลมีแนวโน้มลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากการที่ใส่สารเชื่อมโยงมาก จะทำให้โครงสร้างของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลมีลักษณะเป็นร่างแห (Network) มากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ไปขัดขวางการแทรกตัวของโมเลกุลของน้ำเข้าภายในโครงสร้างพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจล ซึ่งก็สอดคล้องกับผลของการวัดขนาดรูพรุนของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลที่จะกล่าวในลำดับถัดไป

นอกจากนี้ ยังพบว่าที่ ปริมาณตัวเชื่อมโยงต่ำๆ (0.0116-0.0232 g) ค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาการแช่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างที่มีการถูกเชื่อมโยงบางส่วน จึงทำให้โมเลกุลของน้ำค่อยๆ เข้าไปแทรกตัวอยู่ได้เพิ่มมากขึ้น [10,11]

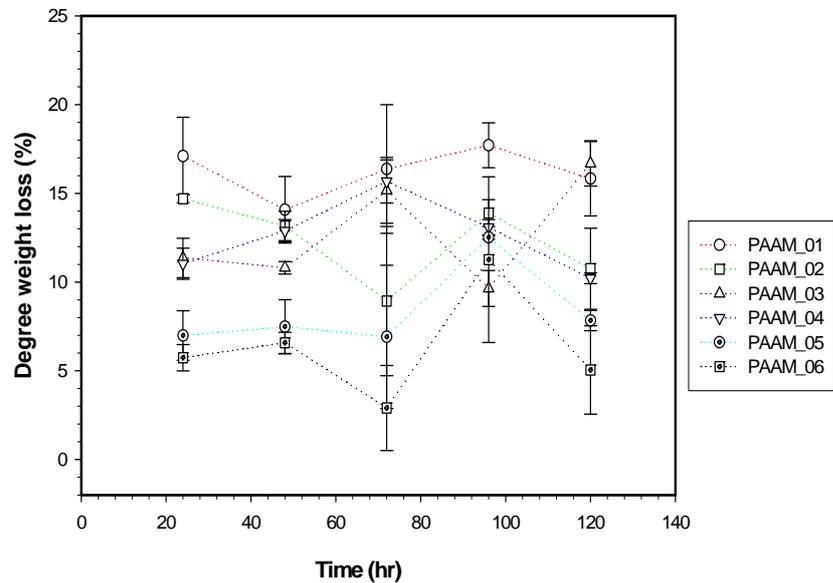
ในขณะที่ เมื่อปริมาณตัวเชื่อมโยงสูงๆ (0.0500-0.1856 g) ค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่มากกว่า เมื่อเพิ่มเวลาการแช่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นร่างแหมีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้ไปขัดขวางโมเลกุลของน้ำที่จะเข้าไปแทรกตัวในโครงสร้าง ให้เกิดขึ้นได้ยาก จึงเพิ่มการแทรกตัวขึ้นได้ไม่มากนัก เมื่อเวลาการแช่นานขึ้น [12,13]



รูปที่ 4.4 แสดงสัดส่วนการพองตัวของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆ

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการยืนยันว่าโครงสร้างของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลที่ผ่านการเชื่อมโยงแล้ว จะมีความคงทนต่อการเสื่อมสลาย เมื่อนำไปใช้เป็นชิ้นงานผลิตภัณฑ์แผ่นแปะยา งานวิจัยนี้จึงได้ทดสอบสมบัติดังกล่าวด้วย ได้ผลการคำนวณค่าสัดส่วนการสลายตัวของไฮโดรเจล (% Weight loss) เมื่อใช้ปริมาณสารเชื่อมโยงต่างๆ แสดงดังรูปที่ 12

จากรูปที่ 4.5 พบว่า พอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวสูง (ที่อัตราการเชื่อมโยงต่ำ) จะแสดงค่าสัดส่วนการสลายตัวที่มากกว่ากรณีของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวต่ำ (ที่อัตราการเชื่อมโยงสูง) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ใช้ปริมาณตัวเชื่อมโยงมาก จะได้พอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลที่มีโครงสร้างแบบร่างแหมากกว่า ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำเข้าไปแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างได้ยากกว่า จึงคงทนต่อการสลายตัวมากกว่า นอกจากนี้พบว่า แม้ว่าการสลายตัวของพอลิอะคริลาไมด์เริ่มสลายตัวตั้งแต่เริ่มแช่พอลิอะคริลาไมด์ในน้ำ แต่เมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้น ปริมาณการสลายตัวไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยอัตราการสลายตัวของพอลิอะคริลาไมด์นั้นอยู่ที่ 5 – 18% ซึ่งถือว่าน้อยมาก ดังนั้นแผ่นแปะยาสมุนไพรที่ถูกขึ้นรูปจากพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจlnั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ ทุกอัตราการเชื่อมโยง



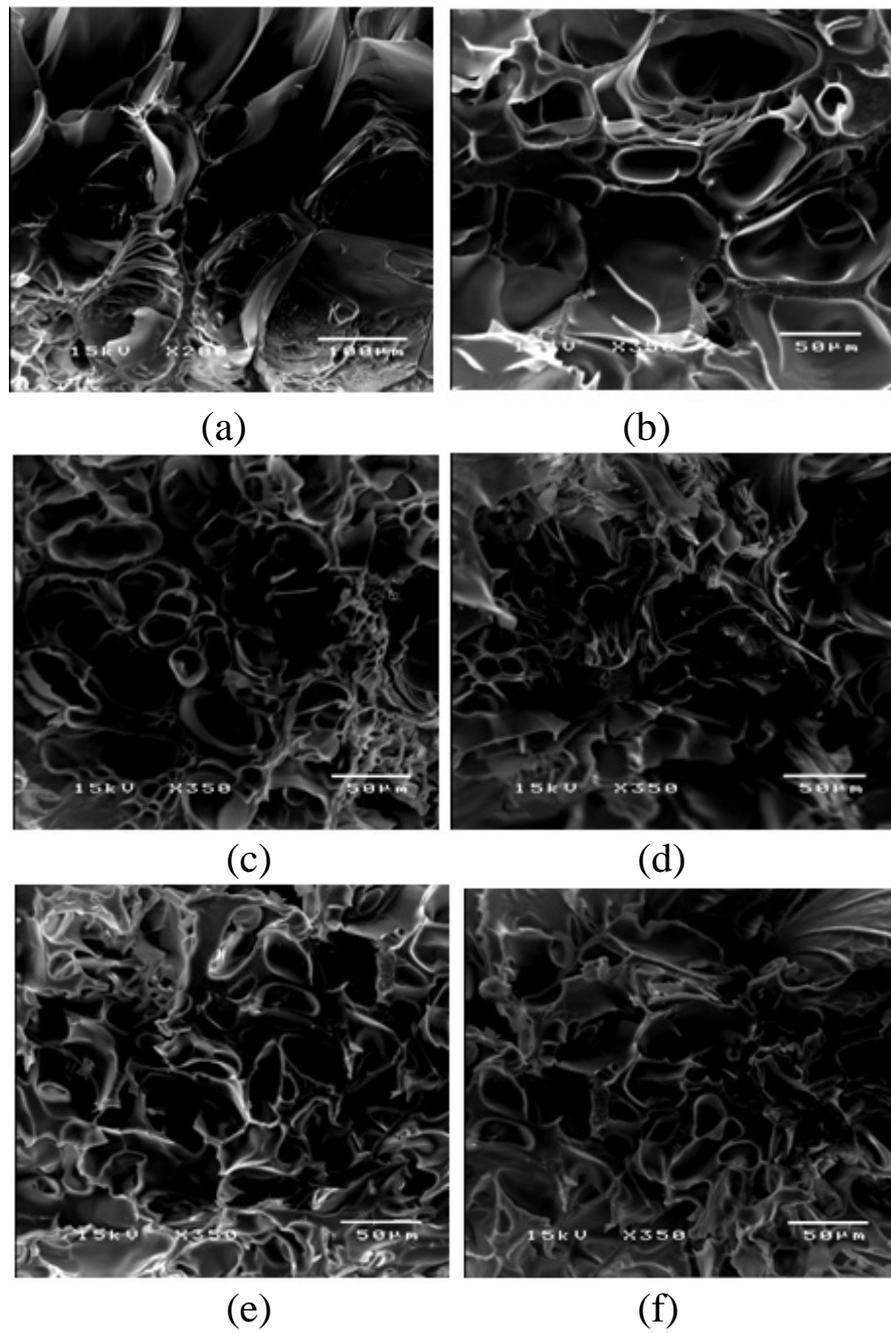
รูปที่ 4.5 แสดงอัตราการสลายตัวของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆ

เพื่อศึกษาผลของอัตราการเชื่อมโยงต่อขนาดของรูพรุนภายในไฮโดรเจลนั้น การศึกษาเพื่อทดลองหาขนาดของรูพรุนของไฮโดรเจลจึงถูกวิเคราะห์และคำนวณด้วยวิธีของ Peppas และ Barr-Howell

พอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลที่ถูกสังเคราะห์โดยวิธี Free radical Polymerization ที่อุณหภูมิห้องเมื่อผ่านการสังเคราะห์แล้วถูกนำมาคำนวณหาขนาดของรูพรุนตามวิธีทดสอบการบวมตัวโดยที่ไฮโดรเจลที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น ถูกแช่ลงในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราส่วนการเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น ขนาดของรูพรุนก็ลดลง โดยเมื่ออัตราการเชื่อมโยงลดลง ทำให้ความยาวของสายโซ่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ขนาดรูพรุนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยขนาดรูพรุนที่คำนวณได้มีค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ขนาดรูพรุนของพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆ

ตัวอย่าง	ขนาดรูพรุน (Å)
PAAM_01	291.7595 ± 8.31
PAAM_02	183.4775 ± 16.33
PAAM_03	161.2929 ± 8.43
PAAM_04	148.3385 ± 2.68
PAAM_05	119.4342 ± 10.0168
PAAM_06	98.80241 ± 2.43



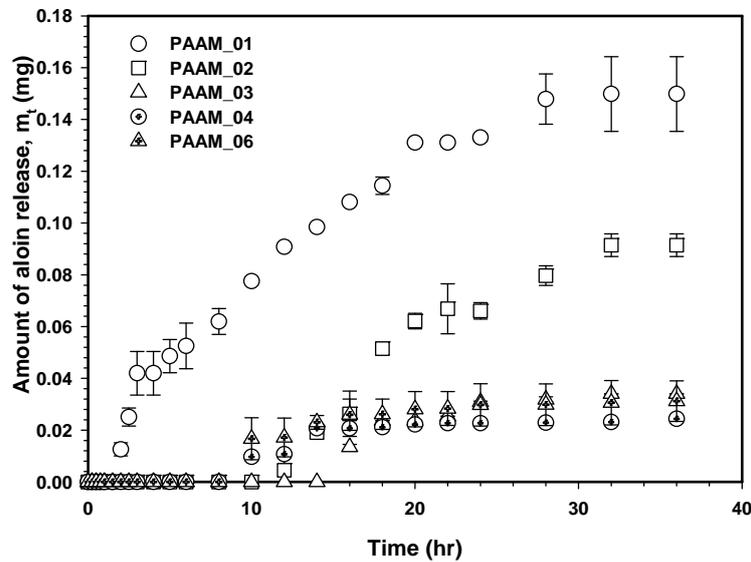
รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายสัณฐานของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลหลังจากการบวมตัว : a) PAAM_1 ; b) PAAM_2; c) PAAM_3; d) PAAM_4; e) PAAM_5; and f) PAAM_6 ที่กำลังขยาย 350.

4.4 คุณสมบัติการปลดปล่อยยา จากแผ่นแปะอะโหลอินโคปพอลิพาราฟินีลีนไวนิลีน/พอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจล

การขึ้นรูปแผ่นแปะยาจากพอลิเมอร์ผสมพอลิพาราฟินีลีนไวนิลีนและพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจล จะขึ้นรูปด้วยเทคนิค Mold casting ที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆดังแสดงในวิธีดำเนินการวิจัย

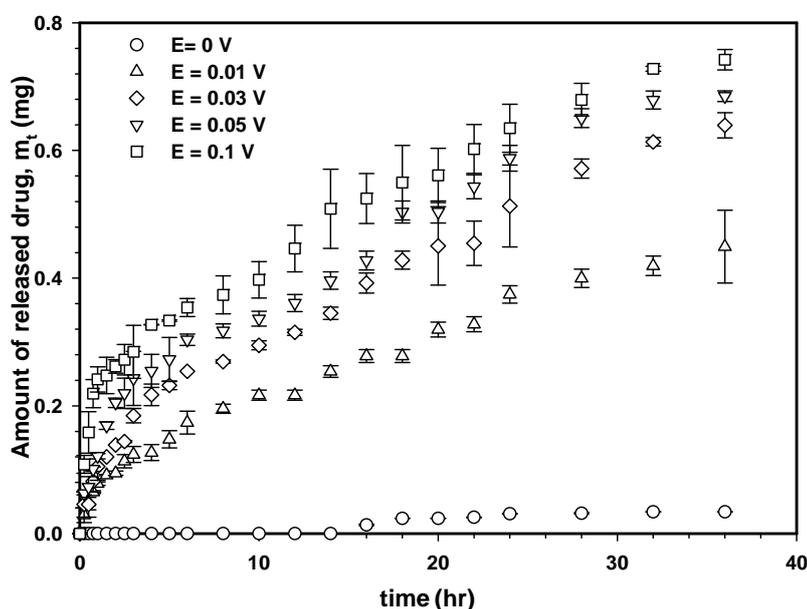
เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการปลดปล่อยยาจากระบบที่มีพอลิเมอร์นำไฟฟ้าและไม่ม้นำไฟฟ้า แผ่นแปะยาอะโหลอินในพอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจลได้ถูกเตรียมขึ้นที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆ ดังแสดงแล้ว ในตารางที่ 2 และควบคุมปริมาณยาในแผ่นแปะยา (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 cm หนา 0.3 cm) อยู่ที่ 0.75 ± 0.05 mg

เมื่อไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าการปลดปล่อยยาอะโหลอินออกจากแผ่นแปะยาที่เตรียมได้จากพอลิเมอร์ผสมพาราฟินีลีนไวนิลีน/พอลิอะครีลาไมด์ แสดงในรูปที่ 16 โดยยาไม่สามารถจะถูกปลดปล่อยออกมาได้เมื่อไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าจากภายนอกเป็นระยะเวลา 3, 10, 14, 8 และ 8 ชั่วโมง สำหรับแผ่นแปะยา PAAM_01, PAAM_02, PAAM_03, PAAM_04 และ PAAM_06 ตามลำดับ หลังจากนั้นยาอะโหลอินค่อยๆถูกปลดปล่อยออกมานี้เนื่องจากสารละลายบัฟเฟอร์ค่อยๆ แพร่เข้าไปในระบบแผ่นแปะยาแล้วไปละลายเอาตัวยาอะโหลอินออกมา [15,22] โดยปริมาณยาที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของรูพรุนที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกัน ระบบแผ่นแปะยาที่มีรูพรุนใหญ่ที่สุดซึ่งก็คือ ระบบ PAAM_01 (291 Å) นั้นยาอะโหลอินที่ถูกโคปติกลงบนพอลิพาราฟินีลีนไวนิลีนนั้นสามารถแพร่ออกมาได้ก่อน เนื่องจากขนาดของรูพรุนที่กว้างกว่า จึงสามารถดูดซึมสารละลายบัฟเฟอร์เข้าไปได้มากกว่าระบบอื่น แต่ระบบที่สามารถเก็บตัวยาได้นานที่สุดคือระบบ PAAM_03 ซึ่งมีขนาดรูพรุนปานกลาง ซึ่งเหตุผลน่าจะมาจากระบบที่มีขนาดรูพรุนเล็กเช่นระบบ PAAM_04 (148 Å), PAAM_05(119 Å)และ PAAM_06 (98 Å) นั้น ร่างแหในระบบไฮโดรเจลไปขัดขวางสายโซ่หลักของพอลิเมอร์นำไฟฟ้า



รูปที่ 4.7 ปริมาณยาอะโลอินที่ถูกปลดปล่อยจากแผ่นแปะยาพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีน/พอลิอะคริลาไมด์ ที่อัตราการเชื่อมโยงต่างๆ โดยไม่มีการกระตุ้นจากกระแสไฟฟ้าจากภายนอก ($E = 0 \text{ V/mm}$) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส, pH 5.5

ดังนั้นแผ่นแปะระบบ PAAM_03 นั้นจึงถูกเลือกนำมาเพื่อศึกษาผลของกระแสไฟฟ้าที่กระตุ้นเพื่อควบคุมการปลดปล่อยยาอะโลอินออกจากพอลิเมอร์ผสมพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนและพอลิอะคริลาไมด์ที่กระแสไฟฟ้า $0 - 0.1 \text{ V}$ โดยพฤติกรรมการปลดปล่อยยาที่ความต่างศักย์ต่างๆนั้น แสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่งพบว่าปริมาณยาและอัตราที่ถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้า กลไกการควบคุมการปลดปล่อยยาออกจากแผ่นแปะยาพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีน/พอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล เมื่อมีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้านั้น คือ เมื่อมีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าจากภายนอกสายโซ่ของพอลิเมอร์นำไฟฟ้านั้นจะถูกรีดิวซ์ ทำให้เกิดการขยายตัวของสายโซ่ ทำให้เกิดเนื้อที่ว่างมากขึ้น (Free volume) ไฮโดรเจลผลัดให้เกิดการปลดปล่อยยาอะโลอินออกจากไฮโดรเจลเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นกลไกการขับเคลื่อนยาในระบบไฮโดรเจลนั้นยังเป็นเช่นเดิม คือ มีการผลัดด้วยแรงทางไฟฟ้าจากอิเล็กตรอน (Electro-repulsion force) การสร้างทางลัดในชั้นผิวหนังด้วยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (Micro path way) และการขยายตัวของรูพรุนของพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลเมื่อมีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (Electro-poration)



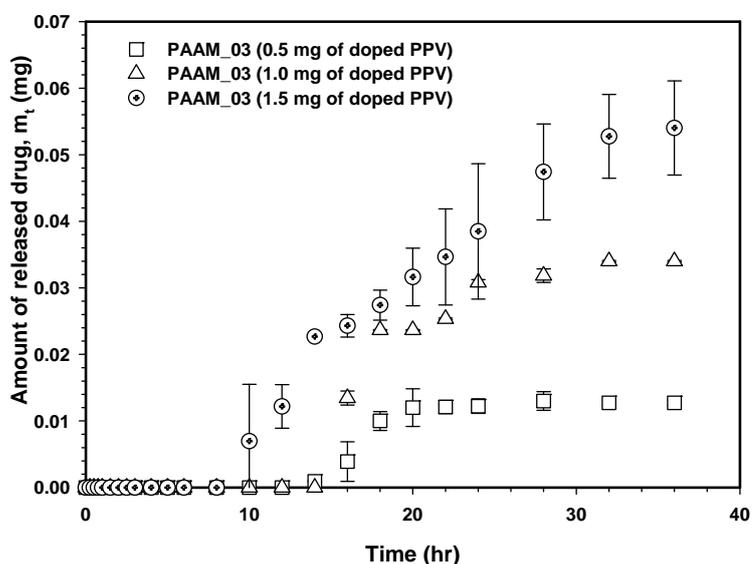
รูปที่ 4.8 ปริมาณยาอะโลอินที่ถูกปลดปล่อยจากแผ่นแปะยาพอลิพาราฟินีลีนไวไนลีน/พอลิอะครีลาไมด์ (PAAM_0.03) เมื่อมีการกระตุ้นจากกระแสไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส, pH 5.5

ผลของปริมาณพอลิเมอร์นำไฟฟ้าต่อคุณสมบัติการปลดปล่อยยาจากอะโลอินจากแผ่นแปะอะโลอินโคพพอลิพาราฟินีลีนไวไนลีน/พอลิอะครีลาไมด์ไฮโดรเจล

เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนของพอลิเมอร์นำไฟฟ้าต่อคุณสมบัติการปลดปล่อยยา แผ่นแปะยาที่มีปริมาณอะโลอินโคพพอลิพาราฟินีลีนไวไนลีน 0.5, 1 และ 1.5 mg ถูกผสมกับพอลิอะครีลาไมด์ที่อัตราการเชื่อมโยง PMMA_03 หลังจากทำการผสมและโหลดพอลิพาราฟินีลีนไวไนลีนที่โคปด้วยอะโลอินลงไป แล้วนั้น เมื่อตรวจสอบปริมาณยาที่อยู่ในเนื้อเจลนั้นอยู่ที่ $88.25 \pm 3.2\%$, $90.06 \pm 6.5\%$ และ $86.54 \pm 8.7\%$ สำหรับแผ่นแปะยาซึ่งมีพอลิพาราฟินีลีนไวไนลีนบรรจุอยู่ 0.5, 1 และ 1.5 mg ตามลำดับ (~ 0.44 , 0.75 และ 1.30 mg สำหรับแผ่นแปะยาซึ่งมีพอลิพาราฟินีลีนไวไนลีนบรรจุอยู่ 0.5, 1 และ 1.5 mg ตามลำดับในแผ่นแปะยาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 cm หนา 0.3 cm)

จากการทดสอบการปลดปล่อยยาในสภาวะที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้านั้นพบว่า เมื่อไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าการปลดปล่อยยาอะโลอินออกจากแผ่นแปะยาที่เตรียมได้จากพอลิเมอร์ผสมพาราฟินีลีนไวไนลีน/พอลิอะครีลาไมด์ แสดงในรูปที่ 4.9 โดยยาไม่สามารถจะถูกปลดปล่อยออกมาได้ เมื่อไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าจากภายนอกเป็นระยะเวลา 13, 14 และ 10 ชั่วโมง สำหรับแผ่นแปะยา

PAAM_03 สำหรับแผ่นแปะยาซึ่งมีพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนบรรจุอยู่ 0.5, 1 และ 1.5 mg ตามลำดับ หลังจากนั้นยาอะโลอินค่อยๆถูกปลดปล่อยออกมาเนื่องจากสารละลายบัฟเฟอร์ค่อยๆแพร่เข้าไปในระบบแผ่นแปะยาแล้วไปละลายเอาตัวยาอะโลอินออกมา [22] โดยปริมาณที่สามารถปลดปล่อยออกมาได้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณยาอะโลอินที่ใส่ลงไป เมื่อปริมาณพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีนเพิ่มมากขึ้นปริมาณยาที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้ก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.9 ปริมาณยาอะโลอินที่ถูกปลดปล่อยจากแผ่นแปะยาพอลิพาราฟินิลีนไวนิลีน/พอลิอะคริลาไมด์ที่ปริมาณพอลิพาราฟินิลีนต่างๆ โดยไม่มีการกระตุ้นจากกระแสไฟฟ้าจากภายนอก ($E = 0$ V/mm) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส, pH 5.5