

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์นำไฟฟ้าของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแผ่นแปะยาที่สามารถควบคุมการปลดปล่อยตัวยาได้ด้วยกระแสไฟฟ้า โดยการสังเคราะห์พอลิไทโอฟีนด้วยวิธี Chemical oxidative polymerization และนำพอลิไทโอฟีนที่สังเคราะห์ได้ไปโคปด้วยยาต้นแบบที่มีฤทธิ์เป็นกรด ได้แก่ กรดซาลิไซลิก จากนั้นนำพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปแล้วไปผสมกับอะคริลาไมด์มอนอเมอร์และขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าด้วยวิธีการหล่อ จากนั้นศึกษาอิทธิพลของปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปแล้ว (SA-doped PTh) ปริมาณของสารเชื่อมขวาง และความแรงกระแสไฟฟ้าต่อสมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติทางไฟฟ้ากล และความสามารถในการปลดปล่อยยาของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้า ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 ลักษณะและสมบัติต่างๆ ของพอลิไทโอฟีน และพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปด้วยกรดซาลิไซลิก

พอลิไทโอฟีนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธี Chemical oxidative polymerization มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลเข้ม เกาะกันเป็นกลุ่มเล็กน้อยและมีลักษณะฟูเล็กน้อย เมื่อสัมผัสกับพื้นผิวที่เป็นแม่เหล็ก อนุภาคขนาดเล็กของพอลิไทโอฟีนจะเกาะติดบริเวณพื้นผิวของแม่เหล็กนั้น สำหรับการโคปพอลิไทโอฟีนด้วยกรดซาลิไซลิก พบว่าพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปแล้วมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลแกมม่วงเข้ม มีขนาดอนุภาคเล็กลง ไม่เกาะกันเป็นกลุ่มก้อน และมีลักษณะฟูเล็กน้อย ฟุ้งติดภาชนะที่จัดเก็บ เมื่อทำการทดสอบค่าการนำไฟฟ้าของพอลิไทโอฟีน และพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปด้วยกรดซาลิไซลิก พบว่าพอลิไทโอฟีน และพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปด้วยกรดซาลิไซลิกมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 5.612 และ 0.326 S/cm ตามลำดับ

5.2 ฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล (Polyacrylamide hydrogel, PAAM hydrogel)

5.2.1 ลักษณะทั่วไป

งานวิจัยนี้ได้เตรียมฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลด้วยวิธีการหล่อ (Casting) ซึ่งจากการทดลองพบว่า ฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลมีลักษณะเรียบใส เมื่อสัมผัสด้วยมือพบว่าฟิล์มไฮโดรเจลมีความเหนียวหนืดติดมือ และยังพบว่าเมื่อปริมาณสารเชื่อมขวางเพิ่มขึ้น ฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลมีความเปราะมากขึ้น การทดสอบระดับการบวมตัวของฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเชื่อมขวาง N,N' -MBA พบว่าระดับการบวมตัวของฟิล์ม

พอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณสารเชื่อมขวางเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์การบวมตัวสูงสุดของฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลที่ปริมาณสารเชื่อมขวางต่างๆ (PAAM_1, PAAM_3 และ PAAM_5) มีค่าเท่ากับ 273.806 ± 1.103 , 218.925 ± 1.074 และ 192.686 ± 11.962 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.2.2 สมบัติเชิงไฟฟ้ากล (Electromechanical properties)

การศึกษาสมบัติเชิงไฟฟ้ากลของฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเชื่อมขวางต่อสมบัติกระแสวิทยของฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล จากการทดลองพบว่า ในสภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้ากระตุ้น ฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลมีค่ามอดูลัสสะสม (Storage modulus, G') เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารเชื่อมขวางเพิ่มขึ้น และสภาวะภายใต้การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 800 V/mm พบว่าฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลมีค่ามอดูลัสสะสมเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาการตอบสนองของค่ามอดูลัสสะสม (Storage modulus response, $\Delta G'$) และความว่องไวในการตอบสนอง (Sensitivity, $\Delta G'/G'_0$) ของฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจล พบว่าฟิล์มพอลิอะคริลาไมด์ไฮโดรเจลที่เติมสารเชื่อมขวาง 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีค่าการตอบสนองของมอดูลัสสะสม ($\Delta G'$) และความว่องไวในการตอบสนอง ($\Delta G'/G'_0$) สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ $2.82 \times 10^5 \pm 1.99 \times 10^5$ ปาสคัล และ $3.68 \times 10^{-1} \pm 3.42 \times 10^{-1}$ ตามลำดับ

5.3 ฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ (Polythiophene/Polyacrylamide hydrogel, PTh/PAAM hydrogel)

5.3.1 ลักษณะทั่วไป

จากการทดลองพบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ มีผิวเรียบ มีสีน้ำตาลแกมม่วงเข้ม โดยฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้ามีสีเข้มมากขึ้นเมื่อปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปด้วยกรดซัลฟิวริกเพิ่มขึ้น และพบว่าการนำไฟฟ้าของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์อยู่ในช่วง 0.4-0.6 S/cm เมื่อศึกษาการบวมตัวของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปและปริมาณสารเชื่อมขวางต่อระดับการบวมตัวของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้า พบว่าระดับการบวมตัวของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์มีแนวโน้มลดลงเมื่อพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปและปริมาณสารเชื่อมขวาง เพิ่มขึ้น

5.3.2 สมบัติเชิงไฟฟ้ากล (Electromechanical properties)

การศึกษาสมบัติเชิงไฟฟ้ากลของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเชื่อมขวางและปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปต่อสมบัติกระแสไฟฟ้าของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ โดยทำการปรับเปลี่ยนความแรงกระแสไฟฟ้า เท่ากับ 0 และ 800 โวลต์ต่อมิลลิเมตร (V/mm) จากการทดลองพบว่า

อิทธิพลของปริมาณสารเชื่อมขวาง

ฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปรับเปลี่ยนปริมาณสารเชื่อมขวาง เท่ากับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์มีค่ามอดูลัสสะสมลดลงเมื่อปริมาณสารเชื่อมขวางเพิ่มขึ้น ทั้งในสถานะไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าและภายใต้การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เมื่อศึกษาการตอบสนองของค่ามอดูลัสสะสม (Storage modulus response, $\Delta G'$) และความว่องไวในการตอบสนอง (Sensitivity, $\Delta G'/G'_0$) ของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ พบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ที่มีปริมาณสารเชื่อมขวาง เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักมีค่าการตอบสนองของมอดูลัสสะสม ($\Delta G'$) ภายใต้กระแสไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ $2.72 \times 10^5 \pm 1.92 \times 10^5$ ปาสคัล และพบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ที่มีปริมาณสารเชื่อมขวางต่างๆ มีค่าความว่องไวในการตอบสนอง ($\Delta G'/G'_0$) ใกล้เคียงกัน

อิทธิพลของปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคป

ฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปรับเปลี่ยนปริมาณพอลิไทโอฟีน เท่ากับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ในสถานะที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์มีค่ามอดูลัสสะสมลดลง และพบว่าสภาวะภายใต้กระแสไฟฟ้า ฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์มีค่ามอดูลัสสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาการตอบสนองของค่ามอดูลัสสะสม (Storage modulus response, $\Delta G'$) และความว่องไวในการตอบสนอง (Sensitivity, $\Delta G'/G'_0$) ของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ พบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ที่มีปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคป เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีค่าการตอบสนองของมอดูลัสสะสม ($\Delta G'$) ภายใต้กระแสไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1.82 \times 10^5 \pm 1.28 \times 10^5$ ปาสคัล และพบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ที่มีปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปต่างๆ มีค่าความว่องไวในการตอบสนอง ($\Delta G'/G'_0$) ใกล้เคียงกัน

5.3.3 ความสามารถในการบรรจุยา (%Drug loading)

จากการทดลองพบว่าความสามารถในการบรรจุยาโดยเฉลี่ยของพอลิทีโอพีนที่ผ่านการโคปมีค่าเท่ากับ 29.16 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.047 มิลลิกรัม

5.3.4 ความสามารถในการปลดปล่อยยา (%Drug release)

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยยาของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณพอลิทีโอพีนที่ผ่านการโคป เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ภายใต้สภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าและภายใต้กระแสไฟฟ้าความแรง 1 โวลต์ โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเชื่อมขวาง ปริมาณพอลิทีโอพีนที่ผ่านการโคป และอิทธิพลของความแรงของกระแสไฟฟ้า

อิทธิพลของปริมาณสารเชื่อมขวาง

จากการทดลองพบว่า ภายใต้สภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าและภายใต้กระแสไฟฟ้า ฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่ความสามารถในการปลดปล่อยยาเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณสารเชื่อมขวางเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการปลดปล่อยยาของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณสารเชื่อมขวางต่างๆ ทั้งในสภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าและสภาวะที่กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า พบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้ามีความสามารถในการปลดปล่อยยาเพิ่มขึ้นภายใต้การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณสารเชื่อมขวาง เท่ากับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่าความสามารถในการปลดปล่อยยา ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 6.856, 7.835 และ 9.168 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อิทธิพลของปริมาณพอลิทีโอพีนที่ผ่านการโคป

จากการทดลองพบว่าภายใต้สภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า ฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่ความสามารถในการปลดปล่อยยาเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณพอลิทีโอพีนที่ผ่านการโคปเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการปลดปล่อยยาของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณพอลิทีโอพีนที่ผ่านการโคปต่างๆ ทั้งในสภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าและสภาวะที่กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า พบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้ามีความสามารถในการปลดปล่อยยาเพิ่มขึ้นภายใต้การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณพอลิทีโอพีนที่ผ่านการโคป เท่ากับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักมีความสามารถในการปลดปล่อยยาเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 2.842, 3.212 และ 9.168 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อิทธิพลของความแรงกระแสไฟฟ้า

การศึกษาอิทธิพลของความแรงกระแสไฟฟ้าต่อความสามารถในการปลดปล่อยยาของฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์ ได้ทำการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าที่มีปริมาณสารเชื่อมขวาง เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปริมาณพอลิไทโอฟีนที่ผ่านการโคปเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักภายใต้การกระตุ้นด้วยศักย์ไฟฟ้าความแรงต่างๆ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าฟิล์มไฮโดรเจลนำไฟฟ้าพอลิไทโอฟีน/พอลิอะคริลาไมด์มีความสามารถในการปลดปล่อยยาเพิ่มขึ้น เมื่อความแรงศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved