

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันได้มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การพัฒนาและขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมซึ่งได้นำโลหะหนักมาเป็นวัตถุดิบในหลายส่วน เช่น การผลิตพลาสติก ถ่านไฟฉาย สี ส่วนผสมของยาฆ่าแมลง ส่วนผสมของยา อุปกรณ์ทางการแพทย์และเครื่องสำอาง เป็นต้น ทำให้มีการปล่อยน้ำที่มีโลหะหนักปนเปื้อนออกสู่แวดล้อม ซึ่งคนเรามีความเสี่ยงต่อการนำโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายผ่านทาง การบริโภคอาหารหรือน้ำดื่ม หากมนุษย์ได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย เช่น ระบบประสาท เม็ดเลือดแดง ตับ ไต ปอด เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำจัด หรือคัดแยกโลหะหนักออกจากร่างกายก่อนที่จะนำไปอุปโภค และบริโภค

กระบวนการคัดแยกโลหะหนักออกจากร่างกายมีหลายวิธี เช่น การกรอง (Filtration) การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse osmosis) และกระบวนการดูดซับ (Adsorption) เป็นต้น ในกระบวนการดูดซับที่พบมากที่สุดคือ ตัวดูดซับแบบมีรูพรุน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดี เนื่องจากกระบวนการดูดซับเป็นกระบวนการแพร่ของโลหะหนักจากภายนอกสู่ภายในตัวดูดซับ ดังนั้นตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากจะทำให้ความสามารถในการดูดซับที่ดี

กระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง (Electrospinning process) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายไม่สูง ใช้งานได้สะดวก สามารถควบคุมโครงสร้างและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยได้โดยการควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) ระยะห่างจากปลายเข็มโลหะถึงฉากรับเส้นใย (Distance between metal needles to collector) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเข็มโลหะ (Diameter of metal needle) อัตราการป้อนของสารละลาย (Feed rate of solution) เป็นต้น หลักการทำงานของกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงคือ เมื่อยังไม่ให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ระบบจะมีสารละลายจำนวนหนึ่งรวมตัวเป็นหยดที่ปลายเข็มเนื่องจากแรงตึงผิว (Surface tension) แต่เมื่อให้ความต่างศักย์กำลังสูงจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าครอบคลุมที่ส่วนปลายของเข็มทำให้มีประจุเกิดขึ้นที่ผิวของสารละลายจึงเกิดแรงผลักกันทางไฟฟ้าสถิต (Electrostatic repulsion) ขึ้นในทิศตรงข้ามกับแรงตึงผิว ดังนั้นถ้าสนามไฟฟ้ามีค่ามากพอที่จะทำให้เกิดแรงผลักมากกว่าแรงตึงผิวจะทำให้พุ่งออกเป็นลำ (Solution jet) และยึดออกจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงถึงระดับนาโนเมตรไปยังวัสดุรองรับในลักษณะที่ไม่เกิดการถักทอ (Nonwoven) ทำให้เกิดรูพรุนและมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นอนุพันธ์ของไคติน (Chitin) ที่ได้จากการกำจัดหมู่อะซิทธิลของไคติน (Deacetylation) ทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงไป สมบัติทางกายภาพและทางเคมีเป็นพอลิเมอร์สายยาวที่มีประจุเนื่องจากหมู่เอมิโน (Amino, NH_2) ไคโตซานมีคุณสมบัติเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่ไม่มีความเป็นพิษ สามารถดักจับไขมันและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังสามารถจับกับไอออนของโลหะได้ดี ประกอบกับไนลอน 6 (Nylon6) มีโครงสร้างที่แข็งแรงและเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในกระบวนการกรองและการดูดซับ อีกทั้งยังสามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์บางชนิดเช่นเดียวกับไคโตซาน มีงานวิจัยที่ศึกษาความเข้ากันได้ของเส้นใยไคโตซานกับพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงความเข้ากันได้ของเส้นใยไคโตซานกับพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ

พอลิเมอร์	สารละลาย	ประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
1. ไคโตซาน/ พอลิ (ไวนิลแอลกอฮอล์)	กรดอะซิติก (Acetic acid)	การตกแต่งบาดแผล (Wound dressing)	[1]
2. ไคโตซาน/ พอลิ (เอทิลีน ออกไซด์)	กรดอะซิติก (Acetic acid)	การกรอง (Filtration)	[2]
3. ไคโตซาน/ พอลิ (เอทิลีน เททระเลท)	เททระไฮโดรฟูราน (Tetrahydrofuran)	การตกแต่งบาดแผล	[3]
4. ไคโตซาน/ พอลิคาโพรแลคโตน	เฮกซะฟลูโอโรโซโพนอล (HFIP)	วิศวกรรมเนื้อเยื่อ กระดูก	[4]
5. ไคโตซาน/ คอลลาเจน	เฮกซะฟลูโอโรโซโพนอล/ ไตรฟลูออโรอะซิติก (HFIP/TFA)	วิศวกรรมเนื้อเยื่อ	[5]
6. ไคโตซาน/ ไนลอน 6	เฮกซะฟลูโอโรโซโพนอล/ กรดฟอร์มิก (HFIP/FA)	การกรอง	[6]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งไปที่การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เส้นใยนาโนผสม ไนลอน 6/ไคโตซานเพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับที่สามารถดูดซับโลหะหนักได้ โดยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เส้นใยนาโนผสมไพลอน6/ไคโตซานด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง โดยปรับสัดส่วนโดยน้ำหนักของไพลอน6/ไคโตซานค่าต่างๆ
- 1.2.2 ศึกษาลักษณะเฉพาะของเส้นใยนาโนผสมไพลอน6/ไคโตซานและการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างโมเลกุลที่ปรับสัดส่วนโดยน้ำหนักของไพลอน6/ไคโตซานที่แตกต่างกัน
- 1.2.3 ศึกษาความสามารถในการดูดซับสารละลายไอออนของโลหะทองแดงของเส้นใยนาโนผสมไพลอน6/ไคโตซานที่สังเคราะห์ได้ในสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่ถูกเตรียมขึ้นเทียบกับเวลาเพื่อทราบค่าความสามารถในการดูดซับที่เข้าสู่สมดุล (Equilibrium adsorption capacity)

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

- 1.3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารละลายไพลอน6/ไคโตซาน โดยปรับสัดส่วนโดยน้ำหนักของไพลอน6/ไคโตซาน ดังนี้ 20:1 (5 wt. % ไคโตซาน), 20:2 (10 wt. % ไคโตซาน), 20:3 (15 wt. % ไคโตซาน), 20:4 (20 wt. % ไคโตซาน) และ 20:5 (25 wt. % ไคโตซาน)
- 1.3.2 ศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการสังเคราะห์เส้นใยไพลอน6/ไคโตซานด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง ได้แก่ ความต่างศักย์ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงวัสดุรองรับเส้นใย ความเข้มข้นของสารละลาย เพื่อให้ได้เส้นใยที่มีขนาดเล็กและสม่ำเสมอในระดับนาโนเมตร
- 1.3.3 ศึกษาลักษณะเฉพาะของเส้นใยผสมไพลอน6/ไคโตซานด้วยเครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM), ศึกษาความสามารถในการดูดซึมน้ำด้วย Water contact angle และศึกษาความเข้ากันได้ระหว่างไพลอน6/ไคโตซานด้วย Fourier Transform Infrared spectroscopy (FT-IR)
- 1.3.4 ศึกษาความสามารถในการดูดซับสารละลายไอออนของโลหะทองแดงของเส้นใยนาโนผสมไพลอน6/ไคโตซานที่สังเคราะห์ได้ในสารละลายไอออนของโลหะทองแดงเทียบกับเวลา เพื่อทราบค่าความสามารถในการดูดซับที่เข้าสู่สมดุล โดยวิธีการวัดสเปกตรัมของแสง ด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectrometer (AAS)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้เส้นใยนาโนผสมไนลอน6/ไคโตซานที่มีโครงสร้างที่สม่ำเสมอและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่านาโนเมตรได้
- 1.4.2 ได้เส้นใยนาโนผสมไนลอน6/ไคโตซานที่สามารถดูดซับสารละลายไอออนของโลหะทองแดงได้

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tian, Y., et al. (2011) [7] ได้ศึกษาและเตรียมเส้นใยนาโนของเซลลูโลสโดยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงและทดสอบความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะหนักทองแดง, พรอท และแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ พบว่าสามารถดูดซับได้ปริมาณไอออนของโลหะหนักเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มค่า pH และสามารถใช้เส้นใยนาโนที่เตรียมได้กลับมาใช้ซ้ำได้

Haider, S. and Park, S., Y. (2009) [8] ได้ศึกษาและเตรียมเส้นใยนาโนของไคโตซานโดยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 235 nm และทดสอบความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะทองแดงและแคดเมียม พบว่าเส้นใยนาโนไคโตซานสามารถดูดซับไอออนของโลหะทองแดงได้ 485.44 mg g^{-1} และสามารถดูดซับไอออนของโลหะแคดเมียมได้ 263.15 mg g^{-1} ค่าความสามารถในการดูดซับคำนวณได้จาก UV-visible spectrophotometer และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์เส้นใยนาโนของไคโตซานบริสุทธิ์ทำได้ค่อนข้างยาก และมีความแข็งแรงน้อยจึงได้มีการนำพอลิเมอร์อื่นมาผสม (Blend) กับไคโตซาน วัสดุที่คอมโพสิตจะต้องมีโครงสร้างที่เข้ากันได้กับไคโตซาน เช่น PVA/chitosan และ PEO/chitosan เป็นต้น

Zhang, H., et al. (2009) [9] ได้ศึกษาการเตรียมเส้นใยนาโนผสมของไนลอน6/ไคโตซานด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง โดยปรับอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างไนลอน6/ไคโตซาน พบว่าได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยในช่วง $0.1-0.9 \mu\text{m}$ และไนลอน6/ไคโตซานเข้ากันได้ดี มีพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้น เมื่อทดสอบด้วยความสามารถในการขบน้ำด้วยการวัดมุมสัมผัส (Water contact angle) พบว่าเมื่ออัตราส่วนของไคโตซานเพิ่มมากขึ้นจะมีคุณสมบัติ Hydrophilic เพิ่มมากขึ้น และเมื่ออัตราส่วนของไคโตซานมากส่งผลทำให้ความแข็งแรงของไนลอน6 ลดลง

Ma, Y., Zhou, T. and Zhao, C., (2008) [10] ได้ทำการศึกษาการเตรียมเมมเบรน (Membrane) ผสมระหว่างไคโตซานกับไพลอน 6 ด้วยเทคนิคการระเหยรวมกันของตัวทำละลาย (Combining solvent evaporation) และการกลับเฟส (Phase inversion technique) จากการตรวจสอบสมบัติของไพลอน 6 กับไคโตซานด้วย FTIR พบว่ามีพันธะไฮโดรเจน (H-bond) เกิดขึ้นระหว่างไพลอน 6 กับไคโตซาน เมื่อเพิ่มไพลอน 6 เข้าไปจะทำให้เมมเบรนมีความเป็นรูพรุนเพิ่มมากขึ้นและความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียขึ้นอยู่กับปริมาณของไคโตซานในเมมเบรน

Jia, Y. T., et al. (2007) [11] ได้ทำการสังเคราะห์เส้นใยผสมของ PVA/chitosan ด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงโดยศึกษาอัตราส่วนระหว่าง PVA กับไคโตซาน พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยจะมีขนาดเล็กลงเมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณไคโตซานเพิ่มขึ้นมากกว่า 30% เส้นใยผสมที่ได้จะไม่สมมาตรทั้งเส้น ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเม็ด (Bead) เกิดขึ้น และ PVA กับไคโตซานพบว่ามีความเข้ากันได้ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้นระหว่าง PVA กับไคโตซาน

เนื่องจากคุณสมบัติของไคโตซานที่มีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้ เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพทำให้ไม่มีความเป็นพิษ และไพลอน 6 มีโครงสร้างที่แข็งแรง และได้มีงานวิจัยที่นำไพลอน 6 ผสมกับไคโตซานได้ดี จึงเป็นที่มาในการสังเคราะห์เส้นใยนาโนผสมของไพลอน 6/ไคโตซาน เพื่อนำมาใช้ศึกษาความสามารถในการดูดซับโลหะหนักในน้ำดื่ม