

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดสอบคุณสมบัติของโพลีเมอร์ประจุบวกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ไคโตซาน และโพลีเมอร์ประจุบวกที่ได้รับการอนุเคราะห์มา พบว่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่ใช้มีค่า M_v ประมาณ 160 ล้าน Da และ % DD เท่ากับ 94.3% ส่วนโพลีเมอร์ที่ได้รับมานั้น ตรวจสอบด้วยเทคนิค FTIR พบว่าแสดงหมู่ฟังก์ชันคล้ายโพลีอะคริลาไมด์ (PAM) (และได้รับการยืนยันจาก specification ของสารเคมี) เมื่อนำโพลีเมอร์ที่ได้รับมาไปละลายน้ำแล้วนำไปทดสอบความหนืดเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักโมเลกุล พบว่า โพลีเมอร์ชื่อทางการค้า WF 5807 น่าจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า WF 5804 และ 5803 ตามลำดับ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้สารละลายเพื่อใช้เป็นสารรวมตะกอนแบ่งได้ 6 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 สารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 2%, 1.5%, 1% และ 0.5%wt/wt, กลุ่มที่ 2 สารละลายกรดซัลฟิวริก, กลุ่มที่ 3 สารละลายโพลีอะคริลาไมด์ตัดแปรละลายน้ำ, กลุ่มที่ 4 สารละลายโพลีอะคริลาไมด์ตัดแปรละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1.5%wt/wt, กลุ่มที่ 5 สารละลายไคโตซานละลายในกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40%wt/wt และกลุ่มที่ 6 สารละลายโพลีอะคริลาไมด์ตัดแปรละลายในกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40%wt/wt โดยสารรวมตะกอนทุกกลุ่มสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ ยกเว้นกลุ่มที่ 5 (สารละลายไคโตซานในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 40%wt/wt)

ค่า pH เฉลี่ยของสารรวมตะกอนกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ 4.5, 0, 4.6 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ค่า pH ค่อนข้างจะเป็นกรดมาก หางน้ำยาก่อนนำมาทดสอบการรวมตะกอนจะมีการแบ่งส่วนหนึ่งไปปรับค่า pH ของหางน้ำยาก่อน โดยในงานวิจัยนี้ปรับค่า pH ของหางน้ำยาก 2 รูปแบบ คือ การเติมกรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก) ความเข้มข้น 10% wt/wt ปรับให้ค่า pH เป็นกลาง และการระเหยแอมโมเนียออกจากหางน้ำยากที่อยู่ในภาดตั้งทิ้งไว้ สำหรับหางน้ำยากที่เป็นกลาง (จากการปรับค่า pH ด้วยกรดเกลือ) จะมีค่า TSC มากกว่าหางน้ำยากปกติ เนื่องจากยังคงมีเกลือบางส่วนติดค้างอยู่ในหางน้ำยาก ส่งผลให้เพิ่มปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ยางในหางน้ำยาก ส่วนการระเหยแอมโมเนียในหางน้ำยาก เมื่อใช้สถานการณ์การพาแบบธรรมชาติ และการพาแบบบังคับ (ใช้พัดลมเป่า) แสดงให้เห็นว่า การใช้ลมเป่าผิวหน้าของหางน้ำยากในภาคมีส่วนช่วยในการระเหยแอมโมเนียเพียงช่วงชั่วโมงแรกเท่านั้น และการระเหยของแอมโมเนียในหางน้ำยาก เมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งก็จะไม่ระเหยแล้วไม่ว่าจะใช้สถานการณ์การพาแบบใดก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า pH

ของหางน้ำยาง เมื่อระเหยแอมโมเนียด้วยสถานการณ์การพาแบบธรรมชาติและการพาแบบบังคับ มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือ ลดลงต่ำที่สุดที่ค่า pH ประมาณ 8

ในการทดสอบการรวมตะกอนหางน้ำยางที่ปรับค่า pH โดยกรดเกลือ ด้วยการเติม สารละลายโคโคซานในกรดอะซิติกเข้มข้น 2%wt/wt ในปริมาณต่างๆ พบว่า ค่าประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูงสุดในหางน้ำยางปกติ มากกว่าการรวมตะกอนสูงสุดในหางน้ำยางที่เป็นกลาง แต่การรวมตะกอนในหางน้ำยางปกติต้องประสบกับปัญหาเรื่องเวลาและวิธีการในการกรองแยกเนื้อเยื่อออกจากน้ำเซรัม ในขณะที่หางน้ำยางที่เป็นกลางเนื้อเยื่อที่ได้จะจับก้อนรวมตัวกันสะดวกต่อการใช้งานมากกว่า ความเข้มข้นของสารละลายโคโคซานในกรดอะซิติกเข้มข้น 2%wt/wt ที่สามารถรวมตะกอนหางน้ำยางปกติได้เนื้อเยื่อเป็นก้อน คือ 0.27% ของปริมาตรทั้งหมด (5.42 phr) ส่วนในหางน้ำยางที่เป็นกลางใช้เพียง 0.03% ในปริมาตรทั้งหมด (0.50 phr) เมื่อพิจารณาค่า pH ของน้ำเซรัมจากการรวมตะกอนหางน้ำยางปกติด้วยสารละลายโคโคซานในกรดอะซิติกเข้มข้น 2%wt/wt พบว่าความเป็นเบสมากลดลงจนกระทั่งเป็นกลาง แม้ผลที่ได้นี้จะมีประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูง และก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ แต่กรรมวิธีการรวมตะกอนที่ต้องกรองยุ่งยาก ก็อาจจะทำให้ไม่เหมาะสมกับการใช้เพื่อการพาณิชย์ ผลจากการศึกษาความเข้มข้นของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการรวมตะกอนหางน้ำยางที่เป็นกลาง เห็นได้ว่า การใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 1%wt/wt เป็นตัวทำละลายของสารละลายโคโคซาน ให้ประสิทธิภาพการรวมตะกอนมากกว่าการใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 2% wt/wt เป็นตัวทำละลาย

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการรวมตะกอนของหางน้ำยางปกติกับสารรวมตะกอนทั้ง 5 กลุ่มที่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สรุปผลได้ดังต่อไปนี้ ผลของสารรวมตะกอนกลุ่มที่ 1 เมื่อใช้สารละลายโคโคซานความเข้มข้นต่างๆ ละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% และ 0.5% wt/wt ไม่สามารถรวมตะกอนหางน้ำยางได้ เมื่อเปรียบเทียบผลของการรวมตะกอนโดยใช้สารละลายโคโคซานในกรดอะซิติก กับการใช้กรดอะซิติกเพียงอย่างเดียว พบว่า การใช้โคโคซานร่วมกับกรดอะซิติกมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กรดอะซิติกเพียงอย่างเดียว และสภาวะที่ให้ผลดีที่สุดของสารรวมตะกอนกลุ่มที่ 1 คือ ใช้สารละลายโคโคซานละลายในกรดอะซิติกซึ่งมีความเข้มข้นโคโคซาน (phr) ต่อความเข้มข้นของกรดอะซิติก (phr) เท่ากับ 8.26:10.84 หรือคิดเป็น 0.925% wt/vol ของปริมาตรทั้งหมด (สารละลายโคโคซานความเข้มข้น 1.2% wt/vol ละลายในกรดอะซิติก 1.5%wt/wt), ผลของสารรวมตะกอนกลุ่มที่ 2 การใช้ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ลดลง ช่วยลดค่า pH และความขุ่นของน้ำเซรัมจากการรวมตะกอนได้ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ให้สภาวะที่ให้ผลการรวมตะกอนดีที่สุดใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 7.7 phr

หรือคิดเป็น 0.56%wt/vol ของปริมาตรทั้งหมด (กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 60%wt/wt), ผลของสารรวมตะกอนกลุ่มที่ 3 การรวมตะกอนหางน้ำยางโดยใช้สารละลายโพลิอะคริละไมด์ดัดแปรละลายน้ำต้องใช้เวลาปริมาณสารรวมตะกอนถึง 70 ml จึงจะสามารถจับรวมตะกอนหางน้ำยางปกติได้ และตะกอนที่ได้มีลักษณะเหนียวและลื่น ไม่สามารถกดรวมก้อนได้ จึงไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ, ผลของสารรวมตะกอนกลุ่มที่ 4 แม้ว่าสารรวมตะกอนจะสามารถจับรวมตะกอนหางน้ำยางปกติได้ แต่การรวบรวมเนื้อยางก็ทำได้ยาก เพราะตะกอนยางอัดรวมก้อนกันได้ดี (ตะกอนยางลื่นไม่ติดกัน) ยากต่อการนำเข้าอบ และผลของสารรวมตะกอนกลุ่มที่ 6 สารละลายโพลิอะคริละไมด์ดัดแปรละลายความเข้มข้นต่างๆ ละลายในกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40% wt/wt ด้วยปริมาตร 0.5 ml ไม่สามารถรวมตะกอนหางน้ำยางได้ โพลีเมอร์ดัดแปรนี้ไม่มีช่วยในการเพิ่มความสามารถในการรวมตะกอนของกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40% wt/wt

ผลการทดสอบเปรียบเทียบการปั่นกวนแบบใช้การกวนแรงเพื่อจับก้อน และแบบปล่อยให้จับก้อนเองโดยมีได้กวนไม่เหมาะสมที่จะทดสอบโดยใช้ปริมาตรเพียง 100 ml นอกจากนี้การล่อยอัดรวมตัวกันเองของอนุภาคที่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆอีกหลายปัจจัย เช่น อายุของหางน้ำยางที่ใช้ เป็นต้น ผลของระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆของยางที่ได้จากการใช้สารละลายโคโตซานละลายในกรดอะซิติกรวมตะกอนดีกว่าใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก แต่เนื้อยางสกิมที่ได้ไม่ดูเป็นเนื้อเดียวและมีสีคล้ำกว่าใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบแห้งกับอุณหภูมิ พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบมากขึ้น จะใช้เวลาในการอบน้อยลง เมื่อความเข้มข้นของสารรวมตะกอนน้อยลง ยังคงมีประสิทธิภาพในการรวมตะกอนหางน้ำยางที่ระเหยแอมโมเนีย 1 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมง แต่เมื่อความเข้มข้นของสารรวมตะกอนลดลงไป 80 % (ทั้งสารละลายโคโตซานละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้นโคโตซาน (phr) ต่อความเข้มข้นของกรดอะซิติก (phr) เท่ากับ 8.26:10.84 และสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 7.7 phr) ก็ไม่สามารถรวมตะกอนหางน้ำยางที่มี % แอมโมเนียโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.06 (ระเหยแอมโมเนีย 8 ชั่วโมง) ได้แล้ว หางน้ำยางที่ระเหยแอมโมเนียโดยใช้เวลามากขึ้น จะใช้สารรวมตะกอนที่ปริมาตรลดลง และได้น้ำเซรัมที่ค่า pH เข้าใกล้ความเป็นกลางมากขึ้นด้วย

การปั่นป่วนจากการขยายขนาดการทดลองในงานวิจัยนี้ยังคงช่วยให้การกระจายของสารทั่วถึงในระบบได้เป็นอย่างดี ดังนั้นแนวทางที่ใช้ในการขยายขนาดในงานวิจัยนี้จึงน่าจะนำไปใช้ได้กับระบบการจับก้อนหางน้ำยาง เนื้อยางสกิมจากการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกรวมตะกอนหางน้ำยาง (สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 7.7 phr) มีการปนเปื้อนของสารที่ไม่ใช่ยาง (Non-rubber) ในปริมาณต่ำกว่าการใช้สารละลายโคโตซานละลายในกรดอะซิติก (ความ

เข้มข้นของโคโตซาน (phr):กรดอะซิติก (phr) เท่ากับ 8.26:10.84) และสารละลายโพลีอะคริ
 ละไมด์ดัดแปรละลายในกรดอะซิติก (ความเข้มข้นของโพลีอะคริละไมด์ (phr):กรดอะซิติก (phr)
 เท่ากับ 0.54:8.58) การเตรียมยางสกีในระดับห้องปฏิบัติการมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ คือ ไม่มี
 การรีด บดอัดและตัดย่อย ทำให้ฉีดน้ำล้างเนื้อยางและการอบแห้งได้ไม่ดี ทำให้ผลวิเคราะห์
 คุณสมบัติเนื้อยางไม่น่าเป็นที่ยอมรับ การใช้สารละลายโคโตซานละลายในกรดอะซิติกให้ผล
 คุณภาพน้ำเซรัมที่ดีที่สุด มีค่า BOD, COD และปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าน้ำเซรัมจากการใช้สารรวม
 ตะกอนอื่นๆ ค่าใช้จ่ายของสารรวมตะกอนของการเตรียมยางสกีในระดับห้องปฏิบัติการที่ราคาต่ำ
 ที่สุด ได้แก่ สารละลายกรดซัลฟิวริก (ความเข้มข้น 7.7 phr) รองลงมาคือ สารละลาย WF5803
 ละลายในกรดอะซิติก (ความเข้มข้นของโพลีอะคริละไมด์ (phr) ต่อกรดอะซิติก (phr) เท่ากับ
 0.54:8.58) และสารละลายโคโตซานละลายในกรดอะซิติก (ความเข้มข้นโคโตซาน (phr) ต่อความ
 เข้มข้นของกรดอะซิติก (phr) เท่ากับ 8.26:10.84) ตามลำดับ การพิจารณาความเข้มข้นของกรดให้
 ลดลงดังที่งานวิจัยนี้ทดสอบ สามารถรวมตะกอนหางน้ำยางได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังช่วยลด
 ต้นทุนค่าใช้จ่ายลงจากเดิม แนวทางการใช้ความเข้มข้นของกรดที่ลดลงจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ควร
 ส่งเสริมให้ผลเกิดผลในทางปฏิบัติ ทั้งยังช่วยลดปัญหามลภาวะที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม และ
 ผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย

แนวทางเพื่อศึกษาวิจัยต่อไป

1. การตรวจวัดค่า Zeta potential ของหางน้ำยางที่ระเหยแอมโมเนียในช่วงเวลา
 ต่างๆ ร่วมกับการวัดค่าปริมาณความเป็นด่างจะช่วยบ่งบอกถึงคุณภาพหางน้ำยางได้ดียิ่งขึ้น
2. การใช้โพลีเมอร์ร่วมกับการใช้กรดในการรวมตะกอนยาง เพื่อลดปริมาณกรดที่ใช้
 ลง ถือเป็นแนวทางที่น่าจะศึกษาต่อเนื่องต่อไป
3. การหาโพลีเมอร์ที่ใช้ในการรวมตะกอนชนิดอื่นๆ เพื่อนำมาใช้จับยางในหางน้ำ
 ยาง เพื่อลดหรือทดแทนการใช้กรดเป็นสิ่งที่น่าให้ความสนใจ เพราะช่วยลดผลกระทบต่อ
 สิ่งแวดล้อม และผู้ปฏิบัติงานในโรงงานน้ำยางชั้น อย่างไรก็ตาม ควรจะมีการศึกษาการนำเนื้อยาง
 จากหางน้ำยางที่มีโพลีเมอร์เป็นส่วนผสมไปทดลองบดผสมสารเคมี ขึ้นรูปยาง และมีการทดสอบ
 สมบัติเชิงกล เพื่อเปรียบเทียบถึงการนำไปใช้งานจริง โดยอาจทำในลักษณะของการใช้เนื้อยาง
 จากหางน้ำยางเพียงอย่างเดียว หรือใช้เป็นส่วนผสมกับยางคุณภาพดี

4. ในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในทางปฏิบัติของห้องปฏิบัติการหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบการกวนแรงเพื่อการจับก้อน กับการจับก้อนโดยปล่อยให้จับก้อนเองดังเช่นที่โรงงานทำ หากเป็นไปได้ควรร่วมมือกับโรงงานน้ำยางชั้นเพื่อทำการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ต่อไป

5. ขอความร่วมมือกับโรงงานน้ำยางชั้น เพื่อทำการศึกษากายภาพขนาดการทดลองการรวมตะกอนโดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางความเข้มข้นลง เพื่อดูความเป็นไปได้ในการดำเนินการจริงในโรงงาน