บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

การบำบัดฟีนอล ไพริดีน และของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีนโดยออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดกะทัดรัด เพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด อีกทั้งยังศึกษาจลนพลศาสตร์ของออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของฟีนอล ไพริดีน และของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีน ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลของตัวแปรต่าง ๆที่มีต่อร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดของการบำบัดฟีนอล ไพริดีน และของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีนด้วยออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดกะทัดรัด

- ผลของเวลาในการเกิดปฏิกิริยา เมื่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ยกเว้นในกรณีของการบำบัดไพริดีน เมื่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ไม่ว่าทำการทดลองที่อุณหภูมิ 380, 390, 400 และ 410 องศาเซลเซียส
- ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง อุณหภูมิไม่ค่อยมีผลต่อร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจะน้อยลง
- ผลของความเข้มข้นเริ่มต้น ความเข้มข้นเริ่มต้นไม่มีผลต่อร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดทั้งในกรณีของการบำบัดฟีนอลและการบำบัดไพริดีน
- การบำบัดฟีนอล ไพริดีน และของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีนด้วยออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตสามารถสลายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดได้มากถึง 99%, 76% และ 92% ตามลำดับ

5.1.2 การศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของฟีนอล ไพริดีน และของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีนในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดกะทัดรัด

เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดปฏิกิริยารวมเป็นแบบ pseudo-first-order reaction ตามแบบจำลองของอาร์รีเนียส โดยสมมติให้อันดับการเกิดปฏิกิริยาของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มีค่าเท่ากับหนึ่ง และอันดับการเกิดปฏิกิริยาของออกซิเจนนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์ ได้ค่า $A = 1.77 \times 10^{10}$ s^{-1}, $E_a = 131.3$ kJ/mol ในกรณีของออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของฟีนอล $A = 6.21 \times 10^{6}$ s^{-1}, $E_a = 94.63$ kJ/mol ในกรณีของออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของไพริดีน และ $A = 4.61 \times 10^{7}$ s^{-1}, $E_a = 101.8$ kJ/mol ในกรณีของออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีน

เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยรวมขึ้นกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และออกซิเจน ได้ค่า $a = 1.29$, $b = 0.3$, $A = 6.55 \times 10^{4}$ $L^{0.59}mol^{-0.59}s^{-1}$, $E_a = 65.54$ kJ/mol ในกรณีของออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของฟีนอล $a = 1.77$, $b = 0.4$, $A = 1.06 \times 10^{4}$ $L^{1.17}mol^{-1.17}s^{-1}$, $E_a = 79.85$ kJ/mol ในกรณีของออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของไพริดีน และ $a = 1.8$, $b = 0.5$, $A = 9.35 \times 10^{-1}$ $L^{1.3}mol^{-1.3}s^{-1}$, $E_a = 20.8$ kJ/mol ในกรณีของออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีน

5.1.3 การศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีของผสมฟีนอลและไพริดีนโดยออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดกะทัดรัด

ออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของฟีนอลให้ร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าของไพริดีนในทุกอุณหภูมิ และเมื่อนำฟีนอลและไพริดีนมาผสมกันแล้วทำปฏิกิริยาออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตจะได้ร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าในกรณีของฟีนอล แต่มีค่าสูงกว่าในกรณีของไพริดีน

การบำบัดฟีนอลและไพริดีนไปพร้อมกันนั้นให้ร้อยละการเปลี่ยนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าการบำบัดไพริดีนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเกิดอันตรกิริยาแบบเสริมฤทธิ์กันในออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตของของผสมระหว่างฟีนอลและไพริดีน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤต โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น และปริมาณที่หลากหลายที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยา

5.2.2 การเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นของฟีนอลและไพริดีน ในงานวิจัยนี้ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟีนอลและไพริดีนที่ใช้มีค่าไม่สูงนัก จึงอาจทำให้ไม่สามารถนำไปใช้กับของเสียที่มีความเข้มข้นสูงได้

5.2.3 ระบบชุดหล่อเย็นและการวัดอุณหภูมิ

5.2.3.1 ระบบหล่อเย็นในงานวิจัยนี้ทำโดยการจุ่มท่อลงในอ่างหล่อเย็น ซึ่งน้ำในอ่างหล่อเย็นไม่มีการหมุนเวียนในกรณีที่ทำการทดลองที่อัตราการไหลต่ำน้ำสามารถถ่ายโอนความร้อนให้อากาศได้ทัน แต่ถ้าทำการทดลองที่อัตราการไหลสูงควรเปลี่ยนระบบหล่อเย็นเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Double pipe heat exchanger) หรือแบบอื่นที่สามารถหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ในอัตราการไหลที่สูงได้

5.2.3.2 สำหรับการวัดอุณหภูมิซึ่งใช้เทอร์มอคัปเปิลวัดอุณหภูมิ 3 จุดคือ ที่ขดลวดทำความร้อน ที่ทางเข้าและออกของเครื่องปฏิกรณ์ ควรมีการติดตั้งเทอร์มอคัปเปิลเพิ่มอีก 2 จุดคือที่ทางออกและเข้าของชุดหล่อเย็นด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถเขียนดุลความร้อนเพื่อตรวจสอบว่าการบำบัดด้วยออกซิเดชันในน้ำภาวะเหนือวิกฤตว่าใช้พลังงานมากน้อยเพียงใด และสำหรับเครื่องอ่านค่าอุณหภูมิควรจะใช้แบบที่สามารถบันทึกค่าอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ โดยอัตโนมัติได้ เนื่องจากการบำบัดเป็นแบบต่อเนื่อง

5.2.4 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะข้อเท็จจริง และความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เท่านั้น ซึ่งในทางปฏิบัติจริงข้อมูลอีกด้านที่ต้องนำมาพิจารณาคือข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอาจทำการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีฟีนอลและไพริดีนโดยออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตเทียบกับกระบวนการอื่น ซึ่งจะทำให้สามารถทราบถึงความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีฟีนอลและไพริดีนโดยออกซิเดชันเชิงเร่งปฏิกิริยาในน้ำภาวะเหนือวิกฤตในเชิงพาณิชย์