บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ปริมาณโทลูอีนในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการอาคารเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี หลังจากมีกิจกรรมของห้องปฏิบัติการ 1 สัปดาห์ พบว่ามีการปนเปื้อนโทลูอีน 104.4 $mg.L^{-1}$ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.44 และพบการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ชนิดอื่นได้แก่ อะซีโตน เมทานอลและเอทานอล ที่มีความเข้มข้น 60.8, 27.4 และ 24.4 $mg.L^{-1}$ ตามลำดับ การสลายน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโทลูอีนเข้มข้น 100 $mg.L^{-1}$ ปริมาตร 250 mL ด้วยไทเทเนียสองรูปแบบร่วมกับการเติมสารลดแรงตึงผิวสองชนิด คือ Sodium dodecylsulfate และ Triton X-100 รูปแบบแรกคือการใช้ไทเทเนียรูปแบบแขวนลอย พบว่าสภาวะที่สามารถสลายโทลูอีนได้ดีที่สุด ได้แก่การใช้หลอดยูวีชนิดปรอทขนาด 20 W ผ่านแก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ในอัตรา 30 $mL.min^{-1}$ โดยใช้ไทเทเนียเข้มข้น 0.5 $mg.L^{-1}$ ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชนิด Triton X-100 ที่ความเข้มข้น 0.6 mM ซึ่งสามารถสลายโทลูอีนได้ร้อยละ 99 ที่เวลา 60 นาทีและมีค่า Specific activity ของไทเทเนียเท่ากับ 200 $mg.g^{-1}$ การใช้ไทเทเนียรูปแบบที่สองคือรูปแบบจุ่มเคลือบบนตะแกรงเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้สะดวก พบว่าการใช้ไทเทเนียที่กระจายตัวในไอโซโพรพานอล อัตราส่วน 0.3:10 (w/v) และเคลือบบนตะแกรงเหล็กกล้าไร้สนิม S304 ที่เตรียมด้วยการล้างด้วยกรดซัลฟิวริกร้อยละ 30 และเผาตะแกรงที่เคลือบไทเทเนียที่ 400°C ให้ค่าร้อยละการเกาะติดดีที่สุดเท่ากับ 91.2 และไทเทเนียมีการกระจายตัวบนตะแกรงอย่างสม่ำเสมอ เมื่อใช้ไทเทเนียที่เคลือบบนตะแกรงด้วยวิธีดังกล่าวในการสลายโทลูอีนในน้ำเสียสังเคราะห์เข้มข้น 100 $mg.L^{-1}$ โดยใช้แหล่งแสงจากหลอดยูวีชนิดปรอท ขนาด 20 W ผ่านแก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ในอัตรา 30 $mL.min^{-1}$ ใช้ใบพัดที่ติดตะแกรงเคลือบไทเทเนีย 4 ใบและหมุนด้วยความเร็ว 60 rpm ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชนิด Triton X-100 ความเข้มข้น 0.6 mM สามารถสลายโทลูอีนได้ร้อยละ 90 ที่เวลา 60 นาที มีค่ากัมมันตภาพเฉพาะเท่ากับ 1,125 $mg.g^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าการใช้ไทเทเนียรูปแบบแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ไทเทเนียที่ผ่านการคืนสภาพและสลายโทลูอีนครั้งที่สองมีความสามารถในการสลายโทลูอีนเท่ากับร้อยละ 85.9 ของการสลายครั้งแรก

ส่วนการเพิ่มประสิทธิภาพของไทเทเนียที่เคลือบบนตะแกรงเหล็กกล้าไร้สนิมโดยการเติมไอออนของโลหะสังกะสีและนิกเกิล พบว่าไทเทเนียรูปแบบจุ่มเคลือบที่มีไอออนของนิกเกิลร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักสามารถสลายโทลูอีนในน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 250 mL ได้ดีที่สุดที่ร้อยละ 96 ที่เวลา 60 นาที มีค่ากัมมันตภาพเฉพาะเท่ากับ 1,200 $mg.g^{-1}$ และการสลายโทลูอีนในน้ำเสียจริงด้วย

ไทเทเนียรูปแบบจุ่มเคลือบโดยใช้แสงอาทิตย์ พบว่าการใช้ไทเทเนียที่มีไอออนของนิกเกิลเข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชนิด Triton X-100 ความเข้มข้น 0.6 mM สามารถสลายโทลูอีนในน้ำเสียจริงปริมาตร 250 mL ที่เวลา 60 นาที ได้ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 97 และมีค่ากัมมันตภาพเฉพาะ เท่ากับ 1,175 $mg.g^{-1}$ และสลายโทลูอีนในน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 10 L ได้เท่ากับร้อยละ 94 และมีค่ากัมมันตภาพเฉพาะ เท่ากับ 15,156 $mg.g^{-1}$ ที่เวลา 60 นาที ซึ่งสภาวะที่ดีที่สุดดังกล่าวคาดว่าสามารถนำไปใช้ในการสลายน้ำเสียจริงจากห้องปฏิบัติการได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของไทเทเนียและสภาวะที่ดีที่สุดในการสลายโทลูอีนในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งการนำไปประยุกต์ใช้ในการสลายน้ำเสียจริงระดับห้องปฏิบัติการระดับคณะฯ มหาวิทยาลัยหรือโรงงานอุตสาหกรรม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

1. การลดอุณหภูมิการเผาไทเทเนียจากอุณหภูมิ 600°C ลงมาที่ 100 และ 200°C เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการเคลือบไทเทเนียบนตะแกรง เนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 100 และ 200°C ให้ผลการเกาะติดของไทเทเนียบนตะแกรงต่างจากอุณหภูมิ 600°C อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่มีค่าความต่างเพียงเล็กน้อย คือ 8.5 และ 3.6°C ตามลำดับ

2. การเพิ่มประสิทธิภาพของไทเทเนียในการสลายโทลูอีนด้วยการกระจายตัวของโลหะชนิดอื่นที่ให้ประสิทธิภาพสูงและราคาไม่แพง เช่น เหล็ก (II) ไอออน ทองแดง (II) ไอออน หรือด้วยการเติมไนโตรเจนในโครงสร้างผลึกของไทเทเนีย

3. การศึกษารายละเอียดกลไกการสลายโทลูอีนและปริมาณสารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการสลายโทลูอีน

4. การประเมินต้นทุนและความคุ้มค่าในการสร้างถังปฏิกรณ์เพื่อสลายสารมลพิษในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการระดับคณะ หรือมหาวิทยาลัย

5. การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับถังปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง (Continuous reactor) เพราะ ถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบกะ (Batch reactor) เพื่อให้การสลายสารมลพิษในน้ำเสียจริงทำได้ต่อเนื่องและสะดวกรวดเร็วขึ้น

6. การศึกษาการสลายสารมลพิษชนิดอื่นที่เกิดจากห้องปฏิบัติการด้วยไทเทเนียเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสลายสารมลพิษอื่นกับโทลูอีน