บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากผลการศึกษาของงานวิจัยฉบับนี้ที่เริ่มต้นจากกระบวนการสังเคราะห์ซิลิกอนไดออกไซด์จากแกลบข้าวเพื่อนำมาเป็นองค์ประกอบหนึ่งของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ SUZ-4 ที่สังเคราะห์ผ่านกระบวนการโซล-เจลและไฮโดรเทอร์มัล เพื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยา SUZ-4 ซีโอไลต์มาใช้ในการทดสอบปฏิกิริยาดีไฮเดรชันของเอทานอลเพื่อผลิตเอทิลีน โดยในส่วนนี้สามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนหลักดังนี้ ในส่วนแรก คือ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยานั่นคืออุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาและอัตราการไหลของของเหลวเชิงปริมาตรต่อชั่วโมง ในส่วนถัดมา คือ ศึกษาประสิทธิภาพและการเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด SUZ-4 และส่วนสุดท้ายเป็นการศึกษาค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งการทดสอบนี้ได้ศึกษาผ่านชุดปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร ในขณะเดียวกันงานวิจัยนี้ยังได้ทำการสร้างแบบจำลองเอกพันธุ์ที่แสดงโครงสร้างโมเลกุลที่เกี่ยวข้องและความเสถียรทั้งหมดรวมไปถึงเส้นทางของปฏิกิริยาที่มีความเป็นไปได้ ที่มีความเสถียรมากที่สุดในขอบเขตการศึกษาจากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) จากการศึกษาอุณหภูมิของปฏิกิริยาในช่วง 200-380°C ที่ LHSV 0.9 h^{-1} พบว่ามีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของเอทานอลอยู่ในช่วง 65.11-98.64 ค่าร้อยละผลได้ของเอทิลีนและค่าการเลือกของเอทิลีนอยู่ในช่วง 2.59-77.54 และ 3.97-78.61 ตามลำดับ

2) ผลกระทบของอุณหภูมิของปฏิกิริยาพบว่าเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นจะช่วยส่งเสริมการเกิดเอทิลีนเนื่องจากพลังงานจลน์ที่สูงขึ้นภายในโมเลกุลเอทานอลจะช่วยให้สามารถแตกพันธะภายในโมเลกุลเป็นผลิตภัณฑ์เอทิลีนได้ดี ในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิต่ำส่งผลให้เกิดแรงระหว่างโมเลกุลของเอทานอล 2 โมเลกุลทำให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลระหว่างกันเป็นไดเอทิลอีเทอร์

3) จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเอทานอลที่ป้อนเข้าในช่วง 0.5-1.3 h^{-1} ที่อุณหภูมิ 380°C พบว่าให้ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของเอทานอลอยู่ในช่วง 75.94-98.64 ค่าร้อยละผลได้ของเอทิลีนและค่าการเลือกของเอทิลีนอยู่ในช่วง 56.85-77.61 และ 68.25-78.69 ตามลำดับ

4) ผลกระทบของอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเอทานอลที่ป้อนเข้าพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของสารตั้งต้นในระบบสื่อถึงระยะเวลาการคงอยู่ของสารตั้งต้นลดลง ทำให้โมเลกุลของสารตั้งต้นมีโอกาสในการสัมผัสกับตำแหน่งกัมมันต์บนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ลดลงเช่นกัน ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเอทานอลที่ป้อนเข้าเพิ่มขึ้น ค่าผลได้และค่าการเลือกของเอทิลีนจะลดลง

5) สำหรับสภาวะที่ดีที่สุดของปฏิกิริยาดีไฮเดรชันของเอทานอลบนตัวเร่งปฏิกิริยา SUZ-4 ซีโอไลต์ผ่านเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร คือ ที่อุณหภูมิ 380°C และที่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเอทานอลที่ป้อนเข้า 0.5 h^{-1}

6) จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาของ SUZ-4 ซีโอไลต์ พบว่าให้ค่าร้อยละผลได้ของเอทิลีนสูงสุดที่ 83.05 ณ ค่าการเปลี่ยนแปลงของเอทานอลที่ร้อยละ 98.67 ในช่วงของระยะเวลาการทดสอบ 100 ชั่วโมง

7) ความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์เอทิลีนที่ได้จากกระบวนการภายใต้การทดสอบระยะเวลา 100 ชั่วโมงพบว่าให้ค่าความบริสุทธิ์โดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งสามารถนำเข้าสู่กระบวนการทำบริสุทธิ์ของเอทิลีนได้เช่นเดียวกับเอทิลีนที่ผลิตมาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

8) การเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา SUZ-4 พบว่ามีการเกิดถ่านโค้กและสารระเหยต่างๆ บนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อเทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักพบว่ามีสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 7 ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทั้งหมด

9) ตัวเร่งปฏิกิริยา SUZ-4 ซีโอไลต์มีความเสถียรภาพสูง ความผันผวนน้อย การเสื่อมสภาพมีค่าต่ำ อีกทั้งสามารถให้ค่าผลได้และความบริสุทธิ์ของเอทิลีนที่สูง

10) ผลการศึกษาหาค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาพบว่าเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งที่มีค่าเท่ากับ 0.0657 mol/g·h โดยค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้สามารถใช้ในการทำนายการเกิดปฏิกิริยาได้แม่นยำ ณ สภาวะ 380°C และ 0.5-0.7 h^{-1}

11) ผลการศึกษาหาค่าพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาและค่าคงที่ของอาร์รีเนียสผ่านทฤษฎีอาร์รีเนียสในช่วงอุณหภูมิ 200-380°C ของปฏิกิริยาเอทานอลดีไฮเดรชันให้ค่าอยู่ที่ 18.963 kJ/mol และ 3.695 mol/g_{cat}·h ตามลำดับ สำหรับปฏิกิริยาการก่อตัวของเอทิลีนมีค่าพลังงานกระตุ้นและค่าคงที่ของอาร์รีเนียสอยู่ที่ 58.916 kJ/mol และ 2.8418×10^3 mol/g_{cat}·h ซึ่งทั้งสองค่าที่กล่าวมานี้สามารถใช้ในการทำนายการเกิดปฏิกิริยาได้ดีและมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆที่คล้ายคลึงกัน

12) ผลการศึกษาแบบจำลองปฏิกิริยาเอกพันธุ์สำหรับเส้นทางปฏิกิริยา A มีความเป็นไปได้ 2 เส้นทางปฏิกิริยาที่ให้ค่าพลังงานกระตุ้นต่ำที่สุดอยู่ที่ 57.573 และ 45.896 kJ/mol เมื่อพิจารณาเส้นทางปฏิกิริยา B มีความเป็นไปได้ 2 เส้นทางปฏิกิริยาเช่นกันที่ค่าพลังงานกระตุ้นอยู่ที่ 19.955 และ 23.352 kJ/mol และสำหรับเส้นทางปฏิกิริยา C มีความเป็นไปได้ 4 เส้นทางปฏิกิริยาที่ให้ค่าพลังงานกระตุ้นอยู่ที่ 69.425 64.157 77.958 และ 65.9 kJ/mol

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ดำเนินการศึกษาและต่อยอดองค์ความรู้ของแบบจำลองปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์และทำการเปรียบเทียบค่าพลังงานกระตุ้นที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองที่ได้

2) พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาผ่านการเพิ่มองค์ประกอบธาตุจำพวกโลหะทรานซิชันของตัวเร่งปฏิกิริยา SUZ-4 ซีโอไลต์ ซึ่งจะส่งผลให้ตำแหน่งกรดบนพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นทำให้ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาเพื่อเปรียบเทียบและปรับปรุงกระบวนการผลิตเอทิลีน