บทที่ 1
บทนำ

1.1 มูลเหตุจูงใจ

ปัจจุบันความต้องการพืชน้ำมันของอุตสาหกรรมโลกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อันเป็นผลจากพืชน้ำมันสามารถนำมาใช้เพื่อการบริโภค และใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ โดยเฉพาะพืชกลุ่มปาล์มน้ำมัน ถั่วเหลือง เมล็ดเรป (rape) และทานตะวัน นอกจากนี้พืชเหล่านี้ยังได้ถูกนำมาศึกษาและใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมพลังงานที่ผลิตเป็นไบโอดีเซล (biodiesel) ซึ่งรู้จักกันในนาม "อุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล (oleochemical industry)" ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลมีการพูดถึงมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่นในช่วง พ.ศ 2548 เป็นต้นมา อาจเป็นเพราะว่ากระแสสังคมกำลังค้นหาพลังงานทดแทนเพื่อบรรเทาราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น แม้กระทั่งเรื่องลดภาวะโลกร้อน ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะมีกลีเซอรอล (glycerol) เป็นผลพลอยได้ร้อยละ 10 ของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ซึ่งกลีเซอรอลสามารถนำไปใช้ประโยนช์หลากหลายอาทิเช่น นำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ไฮโดรเจน (Shabaker, Huber et al., 2004) เป็นเชื้อเพลิงเหลว (Corma, Huber et al., 2007) และเป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเชื้อเพลิง (Karinen and Krause., 2006) เป็นต้น ปัจจุบันราคาของกลีเซอรอลตกต่ำลง เนื่องจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพิ่มกำลังการผลิตไบโอดีเซส ทำให้ปริมาณของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นและสะสมในปริมาณสูง (Pouilloux, Métayer et al., 2000, Freitas, Da Ros et al., 2009) ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะเพิ่มมูลค่าของกลีเซอรอลโดยเปลี่ยนเป็นสารเคมีชนิดใหม่ที่มีมูลค่าและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเช่น โมโนกลีเซอไรด์ (monoglycerides) ไดกลีเซอไรด์ (diglycerides) และไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) เป็นต้น โมโนกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์มีสมบัติทางเคมีที่ใกล้เคียงกันเพราะโมเลกุลของทั้งสองประกอบด้วยส่วนที่มีขั้วกับส่วนที่ไม่มีขั้ว นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และยา ส่วนไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนประกอบหลักที่พบในน้ำมันและไขมัน งานวิจัยนี้สนใจสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์เนื่องจากโมโนกลีเซอไรด์มีความเลือกสรร (selectivity) ในการเกิดปฏิกิริยา และมีมูลค่ามากกว่าไดกลีเซอไรด์และไตรกลีเซอไรด์ตามลำดับ

โมโนกลีเซอไรด์ผลิตได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดไขมันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยโมเลกุลของโมโนกลีเซอไรด์เกิดจากหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ของกลีเซอรอล 1 หมู่ ทำปฏิกิริยากรดไขมัน 1 โมเลกุล ดังนั้นโมเลกุลของโมโนกลีเซอไรด์จึงประกอบไปด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) (หมู่ไฮดรอกซิลของกลีเซอรอลที่เหลือ) กับส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) (ส่ายโซ่ของกรดไขมัน) ด้วยเหตุผลนี้โมโนกลีเซอไรด์สามารถเป็นสารลดแรงตึงผิวและอิมัลซิฟายเออร์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางเป็นต้น ปัจจุบันอุตสาหกรรมต่าง ๆ ผลิตโมโนกลีเซอไรด์ในเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง (continuous stirred tank reactor, CSTR) โดยใช้กรดแก่หรือเบสแก่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ปัญหาที่มักจะพบในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีของผสมระหว่าง

ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ในอัตราส่วนร้อยละ 50 และ10 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามก่อนจะนำเอาโมโนกลีเซอไรด์ไปใช้งานจำเป็นต้องนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไปกลั่น เพื่อเพิ่มสัดส่วนของโมโนกลีเซอไรด์ให้ได้มากกว่าร้อยละ 90 (Pouilloux, Abro et al., 1999) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่องมีความเลือกสรรในการเกิดปฏิกิริยาค่อนข้างต่ำ ก่อให้เกิดความยุ่งยากในการเพิ่มความบริสุทธิ์ของโมโนกลีเซอไรด์ก่อนการนำไปใช้งาน ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและพลังงานมากขึ้น งานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะนำวิศวกรรมกระบวนการไมโคร (micro process engineering) สมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์นั้นก็คือ เครื่องปฏิกรณ์ไมโคร (microreactor)

เครื่องปฏิกรณ์ไมโครเป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ข้อดีของเครื่องปฏิกรณ์ไมโครเมื่อเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนคือสามารถนำมาใช้ควบคุมจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาได้เนื่องจากมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวทำปฏิกิริยาต่อปริมาตรของเครื่องปฏิกรณ์สูงส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสูงกว่าเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนจึงทำให้มีความเลือกสรรในการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากกว่าเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวน โดยเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาเครื่องปฏิกรณ์ไมโครชนิดท่อคะพิลลารีมาใช้ในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยใดที่ศึกษาและสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้มาก่อนดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic) ของกลีเซอรอลกับกรดออกทาโน-อิกในระบบเครื่องปฏิกรณ์ไมโครชนิดท่อคะพิลลารีเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลที่เกิดขึ้นภายในท่อคะพิลลารีซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ นอกจากนี้ศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้เพื่อเพิ่มความเลือกสรรในการเกิดปฏิกิริยาเคมี และลดการใช้พลังงานในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาอุทกพลศาสตร์ของกลีเซอรอลและกรดออกทาโนอิกในเครื่องปฏิกรณ์ไมโครชนิดท่อคะพิลลารี

1.2.2 ศึกษาหาปัจจัยที่เหมาะสมในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ในเครื่องปฏิกรณ์ไมโครชนิดท่อคะพิลลารี เช่น อุณหภูมิ สัดส่วนโดยโมล และ เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ระหว่างเครื่องปฏิกรณ์ไมโครกับเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวน

1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1.3.1 เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.3.2 ออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์ไมโครโดยใช้ท่อแคลปิลลารีขนาดเส้นผ่านศูนย์ภายในท่อเท่ากับ 0.57 มิลลิเมตร และตัวเชื่อมต่อระหว่างของเหลวทั้ง 2 วัฏภาคมีลักษณะเป็นรูปตัว T (T-conjunction) เพื่อศึกษาอุทกพลศาสตร์และปฏิกิริยาเคมีของกลีเซอรอลกับกรดออกทาโนอิก

1.3.3 ศึกษารูปแบบการไหลของของเหลวทั้ง 2 วัฏภาค ในเครื่องปฏิกรณ์ไมโครชนิดท่อคะพิลลารีโดยใช้กล้องสเตอริโอเป็นตัวเก็บข้อมูลในรูปของภาพและวีดีโอเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่าง ๆ เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาผลของปฏิกิริยาเคมี เช่นอัตราเร็วในการไหลของกลีเซอรอลกับกรดออกทาโนอิกที่สัมพันธ์กับปริมาตรของของเหลวทั้ง 2 วัฏภาค

1.3.3.2 อัตราเร็วในการไหลของกลีเซอรอลกับกรดออกทาโนอิกที่สัมพันธ์กับสัดส่วนโดยโมลของของเหลว ทั้ง 2 วัฏภาค

1.3.3.3 อัตราเร็วในการไหลของสลัก (slug flow velocity) ในท่อแคลปิลลารีของเครื่องปฏิกรณ์ไมโครที่สัมพันธ์กับความดันลด

1.3.4 ศึกษาผลของปฏิกิริยาเคมีระหว่างกลีเซอรอลกับกรดออกทาโนอิกโดยใช้กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีปริมาณร้อยละ 1 โดยมวลของกรดออกทาโนอิก เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ อาทิเช่น

1.3.4.1 อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี: 80, 100, 120, 140 และ160 องศาเซลเซียส

1.3.4.2 สัดส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดออกทาโนอิก: 2 : 1, 2.5 : 1, 3 : 1, 3.5 : 1, 4 : 1 และ 4.5 : 1

1.34.3 เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเครื่องปฏิกรณ์ไมโคร 15, 20, 25, 30 และ 35 นาที

1.3.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และเขียนวิทยานิพนธ์