

ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอล

Non-catalytic Esterification of Myristic Acid and Isopropanol

จिरกานต์ สินยัง (Jirakarn Sinyoung)* ดร.เจดศักดิ์ ไชยคุนา (Dr. Jirdsak Tscheikuna)**

บทคัดย่อ

ไอโซโพรพิลไมริสเตต (Isopropyl Myristate) เป็นสารเคมีที่สำคัญในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางซึ่งสามารถผลิตได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification) ระหว่างกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอล ในงานวิจัยนี้ศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละผลได้และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ อุณหภูมิ และอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและอัตราส่วนโดยโมลของไอโซโพรพานอลต่อกรดไมริสติกมากขึ้น ทำให้ร้อยละการเปลี่ยนของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยาเข้าสู่สภาวะสมดุลเร็วขึ้น และพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลที่ได้จากการทดลอง เท่ากับ 37.4 กิโลจูลต่อโมล

ABSTRACT

Isopropyl myristate produced from esterification of myristic acid and isopropanol is widely used in cosmetics and pharmaceutical industries. This research studied on non-catalytic esterification of myristic acid and isopropanol in a batch reactor. The effects of reaction variables on esterification yield were investigated i.e. temperature and molar ratio of reactants. The results showed that increase of temperature and molar ratio of isopropanol to myristic acid affected on increase of reaction conversion and reaction rate. The higher temperature can shift the reaching equilibrium of reaction faster than that of the low temperature. The activation energy of non-catalytic esterification of myristic acid and isopropanol were 37.4 kJ/mol.

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กรดไมริสติก ไอโซโพรพานอล

Key Words: Esterification, Myristic acid, Isopropanol

* นิสิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ไอโซโพรพิลไมริสเตต (Isopropyl Myristate) เป็นสารเคมีในกลุ่มแฟตตี้แอซิดอัลคิลเอสเทอร์ (Fatty Acid Alkyl Ester) ที่นำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง ทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นและเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวหนัง โดยมีคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังได้อย่างรวดเร็ว ไม่มีพิษและสามารถลดความมันของเครื่องสำอางได้ ไอโซโพรพิลไมริสเตตจึงเป็นส่วนประกอบทั่วไปในครีม โลชั่น สบู่เหลวอาบน้ำและยาบางชนิด ซึ่งในทางอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะผลิตได้โดยการนำกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลมาทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน

Yalcinyuva และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันของกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งแบบเอกพันธ์และวิวิธพันธ์ ได้แก่ กรดซัลฟิวริก กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิค และเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Amberlyst-15 และ Degussa) พบว่าการใช้กรดซัลฟิวริกและกรดพาราโทลูอินซัลโฟนิคในการทำปฏิกิริยาให้ร้อยละผลได้ที่ดีโดยมีค่ามากกว่าร้อยละ 60 ภายในเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนเรซินแลกเปลี่ยนไอออนทั้งสองชนิดให้ร้อยละผลได้น้อยกว่าร้อยละ 20 ซึ่งจะเห็นได้จากการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันระหว่างกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลยังคงต้องพัฒนาวิธีการ ทั้งนี้ทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขข้อเสียดังกล่าวข้างต้น คือ การทำปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

การทำปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทำได้โดยการทำปฏิกิริยาในช่วงอุณหภูมิและความดันสูง ซึ่งในงานวิจัยส่วนมากจะทำผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาและพบว่าได้ผลที่ดีเช่นกัน สิทธิชัย (2551) ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของกรดไขมันจากน้ำมันปาล์มและเมทานอล พบว่าการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิมากกว่า 250 องศาเซลเซียส ให้

ร้อยละผลได้มากกว่า 80 ภายในเวลา 100 นาที Pinnarat และ Savage (2010) ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของกรดโอลีอิกและเอทานอล พบว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ดี โดยไม่จำเป็นต้องใช้สภาวะที่รุนแรง จะเห็นได้ว่าการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาให้ร้อยละผลได้สูงและใช้เวลาเพียงเล็กน้อย อีกทั้งเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน จึงเป็นวิธีการที่น่าสนใจ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอล โดยศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละผลได้และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ อุณหภูมิและอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการช่วยออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ตลอดจนกระบวนการผลิตได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นที่มีต่อร้อยละการเปลี่ยนและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอล และคำนวณหาอันดับของปฏิกิริยาและค่าพลังงานก่อกัมมันต์

วิธีการวิจัย

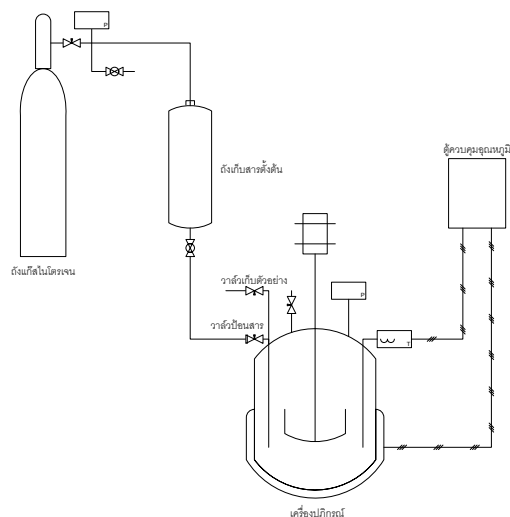
1. สารเคมี

กรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลที่ใช้มีความบริสุทธิ์เดียวกับที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม และใช้ในการทดลองโดยไม่มีการปนเปื้อนเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของสาร ซึ่งกรดไมริสติกมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99

2. วิธีการทดลอง

ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันทำในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ขนาดปริมาตร 2 ลิตร ซึ่งมีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 1 โดยสภาวะที่ใช้ใน

การทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิในช่วง 160 ถึง 280 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของไอโซโพรพานอลต่อกรดไมริสติกตั้งแต่ 1:1 ถึง 5:1 โดยทำการเก็บตัวอย่างตามช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องปฏิกรณ์

3. การวิเคราะห์

ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่เหลือของกรดไมริสติก โดยการไตเตรทตามวิธีการมาตรฐาน AOCS Cd-3D-63 เพื่อคำนวณหาค่าร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติกดังแสดงในสมการที่ 1

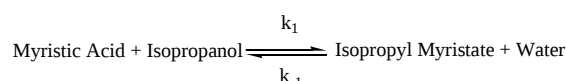
$$\text{ร้อยละการเปลี่ยน} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ C_0 และ C_t คือ ความเข้มข้นของกรดไมริสติกที่เวลา $t = 0$ และที่เวลาใดๆ (โมลต่อลิตร) ตามลำดับ นอกจากนี้ตัวอย่างบางส่วนจะถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบที่มีในสารตัวอย่าง โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี Varian รุ่น 3800 ใช้คอลัมน์แบบคาปิลารี (Capillary) รุ่น Innowax m20 มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ความยาว 30 เมตร และมีความหนาของชั้นฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร และใช้ตัวตรวจวัดชนิดแฟรมไอออนไนซ์ (Flame Ionization

Detector) โดยใช้ก๊าซฮีเลียมที่อัตราการไหล 2 มิลลิตรต่อนาที และเฮปเทน (Heptane) เป็น Carrier Gas และตัวทำละลาย ตามลำดับ

ผลการวิจัย

การทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลในทุกการทดลองโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี พบว่ามีเพียงกรดไมริสติก ไอโซโพรพานอล และไอโซโพรพิลไมริสเตตเท่านั้น ทั้งนี้ในบางตัวอย่างจะเกิดการแยกชั้นของน้ำอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลไม่มีปฏิกิริยาข้างเคียงเกิดขึ้น นอกจากนี้การวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่เหลือของกรดไมริสติก พบว่าในทุกตัวอย่างมีความเข้มข้นของกรดไมริสติกเหลืออยู่และเมื่อทำปฏิกิริยา ณ เวลาหนึ่ง ความเข้มข้นของกรดไมริสติกที่เหลืออยู่มีค่าคงที่ แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาสมดุล สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ ดังแสดงในรูปที่ 2

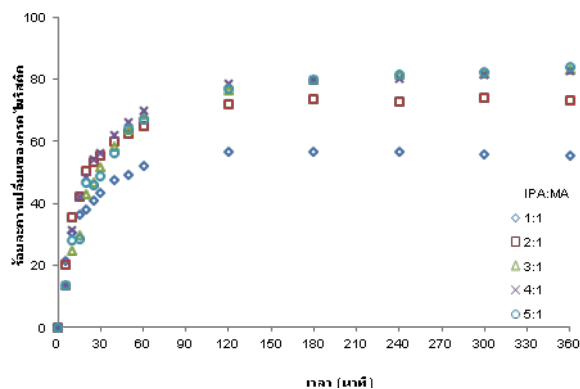


รูปที่ 2 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันระหว่างกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอล

1. ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นต่อการเกิดปฏิกิริยา

การศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นทำการทดลองที่อัตราส่วนโดยโมลของไอโซโพรพานอล (IPA) ต่อกรดไมริสติก (MA) ตั้งแต่ 1:1 2:1 3:1 4:1 และ 5:1 ซึ่งกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ ได้แก่ อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ความดัน 700 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และความเร็วรอบใน

การกววน 400 รอบต่อนาที ทำให้ได้ผลการทดลองดัง
แสดงในรูปที่ 3



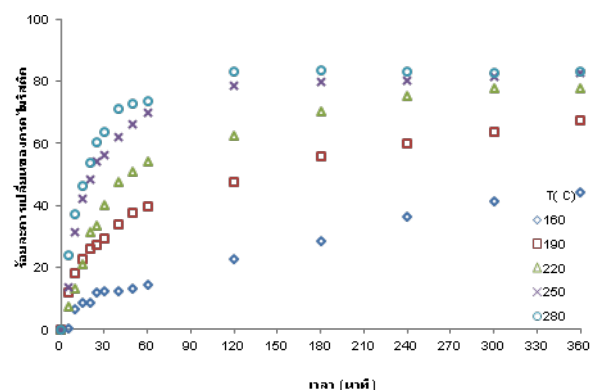
รูปที่ 3 ร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติกต่อเวลาที่
อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นต่างๆ

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเปลี่ยนของ
กรดไมริสติกกับเวลาที่อัตราส่วนโดยโมลของไอโซ
โพรพานอลต่อกรดไมริสติกต่างๆ แสดงให้เห็นว่าการ
เพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของไอโซโพรพานอลต่อกรด
ไมริสติกทำให้ร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติก
เพิ่มขึ้นและการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของไอโซ
โพรพานอลต่อกรดไมริสติกตั้งแต่ 3:1 ขึ้นไปไม่ทำให้
ร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติกเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้
การเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของไอโซโพรพานอลต่อ
กรดไมริสติก คือ การเพิ่มความเข้มข้นของไอโซ
โพรพานอล ดังนั้นเมื่อร้อยละการเปลี่ยนของ
กรดไมริสติกคงที่นั่นแสดงให้เห็นว่าที่สภาวะดังกล่าว
ความเข้มข้นของไอโซโพรพานอลไม่ส่งผลต่อ
การเกิดปฏิกิริยา โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ
งานวิจัยของ Pinnarat และ Savage (2010) ซึ่ง
ทำการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชันแบบไม่ใช้
ตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดโอลิกและเอทานอลในช่วง
อุณหภูมิ 150 ถึง 320 องศาเซลเซียส พบว่าปฏิกิริยา
เกิดขึ้นได้ดีที่อัตราส่วนโดยโมลของเอทานอลต่อ
กรดโอลิกมากกว่า 3:1 แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้
เลือกใช้อัตราส่วนโดยโมลไอโซโพรพานอลต่อกรด
ไมริสติกที่ 4:1 ในการศึกษาผลกระทบของตัวแปร

ต่อไปเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการ
ผสมสาร

2. ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยา

การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิทำการ
ทดลองที่อุณหภูมิ 160 190 220 250 และ 280 องศา
เซลเซียส และกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ ได้แก่
อัตราส่วนโดยโมลของไอโซโพรพานอลต่อกรด
ไมริสติก 4:1 ความดัน 700 และ 1000 ปอนด์ต่อ
ตารางนิ้ว และความเร็วรอบในการกววน 400 รอบต่อ
นาที ทำให้ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติกต่อเวลาที่
อุณหภูมิต่างๆ

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเปลี่ยนของกรด
ไมริสติกกับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยแสดงให้เห็นว่า
เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในช่วง 160 ถึง 220 องศาเซลเซียส ใน
เวลา 360 นาที ร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติก
เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และร้อยละการเปลี่ยนของกรด
ไมริสติกเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิมาก
ขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาดูด
ความร้อน การเพิ่มอุณหภูมิจึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น
ร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติกจึงเพิ่มขึ้น
นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิยังทำให้ปฏิกิริยาเข้าสู่
สภาวะสมดุลเร็วขึ้นอีกด้วย โดยการทดลองที่อุณหภูมิ
280 และ 160 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาจะเริ่มเข้าสู่สมดุล
ที่เวลา 120 และ 600 นาที ตามลำดับ เช่นเดียวกับ

งานวิจัยของพรศิริ (2555) ซึ่งทำการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะระหว่างกรดลอริกและเมทานอลในช่วงอุณหภูมิ 100 ถึง 250 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิส่งผลอย่างมากต่อการเพิ่มขึ้นของร้อยละการเปลี่ยนของกรดลอริกอย่างเห็นได้ชัด และยังทำให้ค่าร้อยละการเปลี่ยนของกรดลอริกที่สภาวะสมดุลมีค่ามากขึ้นด้วย ซึ่งในการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส จะให้ค่าร้อยละการเปลี่ยนของกรดลอริกมากที่สุดและใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลเพียง 60 นาที

3. แบบจำลองทางจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชัน

ในการศึกษาแบบจำลองทางจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดไมริสติกและไอโซโพรพานอลจะใช้สมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับสองแบบผันกลับได้ และให้อันดับของสารทุกชนิดเป็นหนึ่ง ซึ่งเป็นไปตามลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาดังแสดงในรูปที่ 2 และสอดคล้องกับงานวิจัยส่วนมากที่ทำการศึกษาลจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชัน (Alenezi และคณะ, 2010; Pinnarat และ Savage, 2010; Rattanaphra และคณะ, 2011) โดยในสภาวะที่ปริมาณไอโซโพรพานอลมากเกินไปทำให้สามารถเขียนสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดังสมการที่ 2

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A - k_{-1} C_C C_D \quad (2)$$

โดยที่ C แทนความเข้มข้น (โมลต่อลิตร) k_1 และ k_{-1} แทนค่าคงที่ของปฏิกิริยาไปข้างหน้า (นาที⁻¹) และปฏิกิริยาย้อนกลับ (ลิตรโมล⁻¹นาที⁻¹) ตามลำดับ ซึ่งตัวห้อย A แทนกรดไมริสติก B แทนไอโซโพรพานอล C แทนไอโซโพรพิลไมริสเตด และ D แทนน้ำ โดยเมื่อ

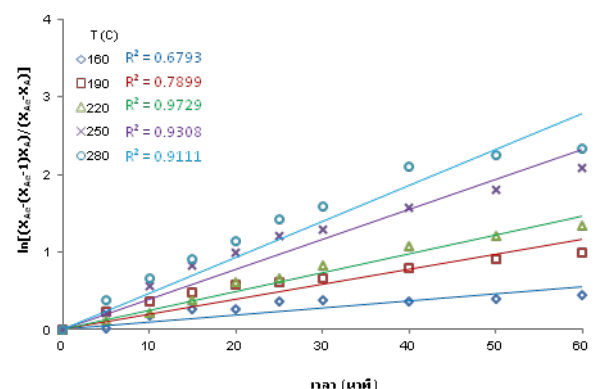
เปลี่ยนสมการที่ 2 ให้อยู่ในรูปร้อยละการเปลี่ยนของกรดไมริสติก จะได้

$$\frac{dX_A}{dt} = k_1 (1 - X_A) - k_{-1} C_{A_0} X_A^2 \quad (3)$$

โดยที่ X_A แทนค่าการเปลี่ยนของกรดไมริสติก และเมื่ออินทิเกรตสมการที่ 3 จะได้สมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาดังนี้

$$\ln \frac{X_{Ae} - (X_{Ae} - 1)X_A}{X_{Ae} - X_A} = k_1 \left(\frac{1}{X_{Ae}} - 1 \right) t \quad (4)$$

โดยที่ X_{Ae} แทนค่าการเปลี่ยนของกรดไมริสติกที่สภาวะสมดุล ซึ่งจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 2 และสมการที่ 4 สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองของปฏิกิริยาอันดับสองที่อุณหภูมิต่างๆ

ทำให้สามารถคำนวณค่าคงที่ของปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาไปข้างหน้าที่อุณหภูมิ
ต่างๆ

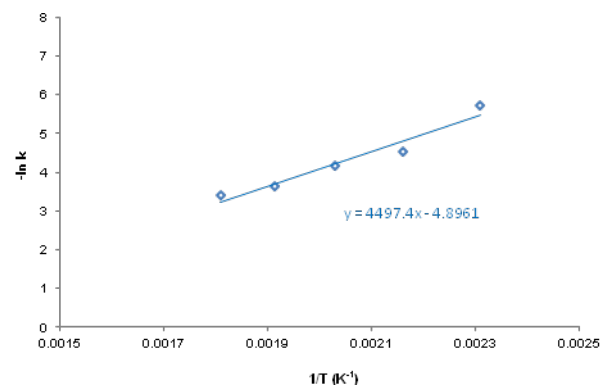
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	k_1 (นาที่ ⁻¹)
160	3.29×10^{-3}
190	1.06×10^{-2}
220	1.56×10^{-2}
250	2.66×10^{-2}
280	3.30×10^{-2}

ข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ค่าคงที่ของปฏิกิริยาไปข้างหน้ามีค่ามากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษา ปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (พรศิริ, 2555; Pinnarat และ Savage, 2010) และจาก ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของปฏิกิริยาและอุณหภูมิ ตามสมการของ Arrhenius ดังแสดงในสมการที่ 5

$$\ln k_1 = \ln A - \frac{E}{RT} \quad (5)$$

โดยที่ A คือ แฟกเตอร์ความถี่ E คือ พลังงานก่อกัมมันต์ (จุดต่อโมล) และ R คือ ค่าคงที่ของก๊าซอุดมคติ (8.314 จูล โมล⁻¹เคลวิน⁻¹) ซึ่งสามารถสร้างความสัมพันธ์ ระหว่างค่าคงที่ของปฏิกิริยาไปข้างหน้าและอุณหภูมิ ดัง แสดงในรูปที่ 6 ทำให้คำนวณค่าพลังงานก่อกัมมันต์ ของปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้เท่ากับ 37.4 กิโลจูลต่อโมล แตกต่างจากค่าพลังงานก่อกัมมันต์ในงานวิจัยของ Yalcinyuva และคณะ (2008) ซึ่งคำนวณจากข้อมูลใน การทำปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชันระหว่างกรดไมริสติก และไอโซโพรพานอลโดยใช้กรดพาราโทลูอิน ซัลโฟนิคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ ของปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับ 54.2 กิโลจูลต่อโมล ทั้งนี้ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ในงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาในการทำปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยามีมากกว่า

ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาโดยใช้กรดพารา โทลูอินซัลโฟนิคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ตามสมการ Arrhenius

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชันแบบไม่ใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดไมริสติกและ ไอโซโพรพานอลเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีในการผลิต ไอโซโพรพิลไมริสเตต โดยปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ดีโดยไม่ จำเป็นต้องใช้สภาวะที่รุนแรงมาก ซึ่งร้อยละการเปลี่ยน ของกรดไมริสติกมากกว่า 80 สามารถเกิดขึ้นจากการทำ ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และใช้ อัตราส่วนไอโซโพรพานอลต่อกรดไมริสติกเป็น 4:1 ทั้งนี้การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ร้อยละการเปลี่ยนและอัตรา การเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น โดยปฏิกิริยาจะเข้าสู่สมดุลเร็ว ขึ้น และค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาไปข้างหน้า ที่ได้จากการทดลอง เท่ากับ 37.4 กิโลจูลต่อโมล

เอกสารอ้างอิง

พรศิริ เพิ่มทรัพย์, 2555. จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา เอสเทอร์รีฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ของกรดลอริก. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิทธิชัย สมทราย. 2551. จลพลนศาสตร์ของปฏิกิริยา
เอสเตอร์รีฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
ของกรดไขมันจากน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Alenezi, R., Leeke, GA., Winterbottom, JM.,
Santos, RCD., and Khan, AR. 2010.
Esterification kinetics of free fatty acids with
supercritical methanol for biodiesel
production. *Energy Conversion and
Management*. 51(5): 1055-1059.

Pinnarat, T., and Savage, PE. 2010. Noncatalytic
esterification of oleic acid in ethanol. *The
Journal of Supercritical Fluids*. 53(1-3): 53-59.

Rattanaphra, D., Harvey, AP., Thanapimmetha, A.,
and Srinophakun, P. 2011. Kinetic of
myristic acid esterification with methanol in
the presence of triglycerides over sulfated
zirconia. *Renewable Energy*. 36(10):
2679-2686.

Yalçinyuva, T., Deligöz, H., Boz, I., and
Gürkaynak, MA. 2008. Kinetics and
mechanism of myristic acid and isopropyl
alcohol esterification reaction with
homogeneous and heterogeneous catalysts.
International Journal of Chemical Kinetics.
40(3): 136-144.