

การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชและโซลิกส์



นาย อศิร ศรีสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529


ISBN 974-567-228-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012086

18174176

PRODUCTION OF METHYL ESTERS FROM VEGETABLE OILS AND TALLOW



Mr. Adisorn Srisawatt

ศูนย์วิทยทรัพยากร
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-567-228-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชและไขสัตว์

โดย นาย อติศร ศรีสวัสดิ์

ภาควิชา เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เพ็ชรพรศ ทิศคร



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ใสสุวรรณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เพ็ชรพรศ ทิศคร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนคุ้มสุวรรณ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี ยงสกุลโรจน์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชและโซลต์
 ชื่อนิสิต นายอดิสร ศรีสวัสดิ์
 อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทศกร
 ภาควิชา เคมีเทคนิค
 ปีการศึกษา 2529



บทคัดย่อ

เมื่อนำน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวมาทำปฏิกิริยากับ เมทานอล ในเครื่องปฏิกรณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (batch reactor) ใช้โซเดียมเมทอกไซด์ (sodium methoxide) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ภายใต้ ความดันบรรยากาศ อัตราส่วนน้ำมันพืชต่อเมทานอล เท่ากับ 1:6 โมล ปริมาณตัวเร่ง ปฏิกิริยาเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นคือ methyl laurate (47%) , methyl myristate (15-17%) และ methyl palmitate (8-9%) และจากการศึกษาทางจลนศาสตร์ (kinetics) พบว่า ปฏิกิริยา นี้ ขึ้นอยู่กับกำลังสองของปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันพืช โดยมีค่าคงที่อัตราเร็ว ปฏิกิริยา (rate constant) สำหรับกรดไขมันแต่ละชนิดในน้ำมันพืชทั้งสองเท่ากัน ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยสมการของ Arrhenius โดยมีค่า k_0 (กิโลกรัม/(โมล)² (นาที่)) สำหรับ methyl laurate เท่ากับ 6.5×10^{10} methyl myristate เท่ากับ 2.1×10^{10} และ methyl palmitate เท่ากับ 1.1×10^8 activation energy มีค่าระหว่าง 13-18 กิโลแคลอรี/โมล โดยค่าคงที่ k_0 จะขึ้นอยู่กับกำลัง สามของความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา

เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตจากโซลต์ พบว่า ค่าคงที่อัตราเร็วจะมีค่าแตกต่างกัน อันเนื่องมาจากองค์ประกอบของกรดไขมันที่แตกต่างกันมาก

สรุปสมการการผลิตเมทิลเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ จากน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว อันได้แก่ methyl laurate, methyl myristate และ methyl palmitate ตามลำดับ เป็นดังนี้

$$r_{Ml} = 1.7 \times 10^{13} C_c^3 \text{ EXP } (-8.9 \times 10^3 / T) C_{Meo} C_l^2$$

$$r_{Mm} = 1.0 \times 10^{13} C_c^3 \text{ EXP } (-8.3 \times 10^3 / T) C_{Meo} C_m^2$$

$$r_{Mp} = 3.2 \times 10^{11} C_c^3 \text{ EXP } (-6.9 \times 10^3 / T) C_{Meo} C_p^2$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Production of Methyl Esters from Vegetable
Oils and Tallow

Name Mr. Adisorn Srisawatt

Thesis Advisor Pienpak Tasakorn, Ph.D.

Department Chemical Technology

Academic Year 1986



ABSTRACT

Palm kernel oil and coconut oil are reacted with methanol in a batch reactor, using sodium methoxide as a catalyst. The reaction is carried out at 40-60 degree Celcius and atmospheric pressure. With methanol mol ratio of 1:6 and catalyst 1.0 % by weight the major esters formed are methyl laurate (47 %), methyl myristate (15-17 %), and methyl palmitate (8-9 %). Kinetics studies have shown that the reaction is second order with respect to the content of fatty acid groups for both oils. The reaction rate constants for the three fatty acids are similar for both oils and can be represented by the Arrhenius equation. The constant K_0 in $\text{kg}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{m}$. is of the order of 6.5×10^{10} for methyl laurate, 2.1×10^{10} for methyl myristate, and 1.1×10^8 for methyl palmitate. The activation energy is between 13-18 kcal/mol. The constant K_0 depends on the third power of the catalyst concentration.

For comparison, tallow has been used in place of vegetable oil. The reaction rate constant has been found to be different from that of vegetable oil owing to difference composition

of fatty acid groups.

The reaction rates for the production of methyl laurate, methyl myristate, and methyl palmitate can be expressed, for practical use, respectively as follows :

$$r_{Ml} = 1.7 \times 10^{13} C_c^3 \text{EXP} (-8.9 \times 10^3 / T) C_{Meo} C_l^2$$

$$r_{Mm} = 1.0 \times 10^{13} C_c^3 \text{EXP} (-8.3 \times 10^3 / T) C_{Meo} C_m^2$$

$$r_{Mp} = 3.2 \times 10^{11} C_c^3 \text{EXP} (-6.9 \times 10^3 / T) C_{Meo} C_p^2$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. เพ็ญพรรณ ทิศกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด รวมทั้งเจ้าหน้าที่ฝ่ายซ่อมสร้างของ ภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ได้ช่วยสร้าง และซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย จึงขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่าน และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของ บริษัท ชันฉัน อินคัสตรี จำกัด จึงขอขอบพระคุณทางบริษัทฯ มา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ



หน้า

| | |
|--|----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ฉ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ช |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญภาพ | ท |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... | ถ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 2. ทฤษฎีและผลงานวิจัยในอดีต | 4 |
| 2.1 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันพืชและไขสัตว์ | 4 |
| 2.2 การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชและไขสัตว์ | 19 |
| 2.3 การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์เคมีสำหรับผลิตเมทิลเอสเทอร์.. | 29 |
| 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 45 |
| 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 45 |
| 3.2 สารที่ใช้ในการทดลอง | 47 |
| 3.3 วิธีการทดลอง | 48 |
| 3.4 การหาชนิดและปริมาณเมทิลเอสเทอร์ | 52 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 4. | ผลการทดลองวิเคราะห์และวิจารณ์..... | 55 |
| 4.1 | ผลการศึกษาคณะสมบัติของสารตั้งต้น..... | 55 |
| 4.2 | ผลการหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ทั้งหมดที่เกิดขึ้น ... | 56 |
| 4.3 | ผลของอัตราส่วนโมลต่อ การเกิดเมทิลเอส- เทอร์ | 57 |
| 4.4 | การวิเคราะห์รูปแบบสมการอัตราเร็ว..... | 59 |
| 4.5 | ผลกระทบของอุณหภูมิ..... | 63 |
| 4.6 | ผลกระทบของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา..... | 70 |
| 4.7 | ผลการทดลองผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไซสตัว..... | 79 |
| 5. | สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 83 |
| | เอกสารอ้างอิง | 87 |
| | ภาคผนวก | 89 |
| | ก. การหาค่ากรดและค่าสปอนนิฟิเคชัน | 90 |
| | ข. การหาชนิดและปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ | 97 |
| | ค. การวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์ | 143 |
| | ง. การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด | 154 |
| | จ. การผลิตและการนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม | 157 |
| | ประวัติผู้เขียน | 182 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 1. จุดเคี้ยวและจุดหลอมเหลวของกรดไขมันอิ่มตัวชนิดต่าง ๆ | 6 |
| 2. กรดไขมันที่มีหนึ่งพันธะคู่ชนิดต่าง ๆ | 7 |
| 3. กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่าหนึ่งพันธะชนิดต่าง ๆ | 8 |
| 4. ปริมาณ phosphatide ในน้ำมันพืชดิบ | 9 |
| 5. ปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันมะพร้าว (ตรวจโดยวิธี GLC) | 14 |
| 6. คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าว | 15 |
| 7. ปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม | 16 |
| 8. คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม | 16 |
| 9. ปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในไขสัตว์ | 18 |
| 10. คุณลักษณะทางกายภาพของไขสัตว์ | 18 |
| 11. เปรียบเทียบปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการใช้ น้ำมันพืชดิบกับน้ำมันพืชบริสุทธิ์เป็นสารตั้งต้น | 28 |
| 12. แสดงสมการ สมดุลยมวลสารสำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบต่าง ๆ . | 32 |
| 13. แสดงสมการอินทรีย์เกรชันของปฏิกิริยาอันกัมต่าง ๆ สำหรับ เครื่องปฏิกรณ์แบบไม่ต่อเนื่อง | 38 |

ตารางที่

หน้า

14. สภาวะและตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษา 51

15. ผลการศึกษาคุณสมบัติของสารทั้งต้น 55

16. ปริมาณเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้น สำหรับน้ำมัน
มะพร้าว และน้ำมันโอเลอโนเมดัลปาติม 56

17. ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ทั้งหมดที่เกิดขึ้น สำหรับไซลัตว์ 56

18. แสดงค่า K และ K_1 ของการผลิต methyl
laurate ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 65

19. แสดงค่า K และ K_m ของการผลิต methyl
myristate ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 67

20. แสดงค่า K และ K_p ของการผลิต methyl
palmitate ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 67

21. แสดงค่า K_o และค่า E ของการผลิตเมทิลเอสเทอร์
ชนิดต่าง ๆ 68

22. แสดงค่า K และ K_1 ของการผลิต methyl
laurate ที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาต่างกัน 73

23. แสดงค่า K และ K_m ของการผลิต methyl
myristate ที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาต่างกัน 74

24. แสดงค่า K และ K_p ของการผลิต methyl
palmitate ที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาต่างกัน 75

| | | |
|-----|--|-----|
| 25. | แสดงค่า K_N และ K_C สำหรับการผลิตเมทิลเอสเทอร์.. | 79 |
| 26. | แสดงค่า K_{Fa} สำหรับการผลิตเมทิลเอสเทอร์ ชนิดต่าง ๆ จากไฮลิต์ | 82 |
| 27. | แสดงค่าคงที่สำหรับสมการอัตราเร็วการผลิตเมทิลเอสเทอร์ ชนิดต่าง ๆ สำหรับน้ำมันพืชที่มีองค์ประกอบของกรดไขมัน ใกล้เคียงกัน | 84 |
| 28. | เปรียบเทียบค่าคงที่อัตราเร็วการผลิตเมทิลเอสเทอร์ ชนิดต่าง ๆ ระหว่างน้ำมันพืช และไฮลิต์ | 84 |
| 29. | แสดงสถานะของปฏิกิริยาการเกิด alkanolamide | 161 |
| 30. | องค์ประกอบของสารภายหลังปฏิกิริยาการเกิด alkanolamide ลีนสุก | 162 |
| 31. | ผลการใช้ α -sulfonated esters เป็น light duty detergent | 173 |
| 32. | ผลการใช้ α -sulfonated esters เป็น heavy duty detergent | 173 |
| 33. | แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขในการนำน้ำมันพืชมาใช้ แทนน้ำมันคี่เซล | 177 |
| 34. | เปรียบเทียบความหนืดของน้ำมันคี่เซลกับน้ำมันพืช | 178 |

สารบัญภาพ

รูปที่

หน้า

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | แสดงเส้น dilatometric ของ (a) cocoa butter (b) น้ำมันมะพร้าว (c) lard | 13 |
| 2. | ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน เมื่อใช้อัตราส่วนเมททานอลต่างกัน | 23 |
| 3. | แสดงผลของอัตราส่วนสารตั้งต้นต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ที่ได้ | 24 |
| 4. | แสดงปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ต่อเวลาในการทำปฏิกิริยา ... | 25 |
| 5. | ปริมาณเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน เมื่อใช้ แอลกอฮอล์ต่างชนิดกัน | 25 |
| 6. | ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการผลิตเมทิลเอสเทอร์ | 26 |
| 7. | เปรียบเทียบผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างชนิดกัน | 27 |
| 8. | ผลของการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา | 29 |
| 9. | ขั้นตอนการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์เคมี | 30 |
| 10. | อินทีเกรชันของสมการอัตราเร็วโดยกราฟ | 36 |
| 11. | การทดสอบสมการอัตราเร็วโดยอินทีเกรล | 36 |
| 12. | การทดสอบสมการอัตราเร็วโดยวิธีวิเคราะห์แบบ คิฟเฟอเรนเชียล | 39 |

| | | |
|-----|---|----|
| 13. | อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่าคงที่ปฏิกิริยาตามกฎของ Arrhenius | 42 |
| 14. | อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่าคงที่ปฏิกิริยาตามทฤษฎีการชนกัน | 43 |
| 15. | ค่าคงที่อัตราเร็วสำหรับปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งอยู่ในเนื้อเคียว ... | 44 |
| 16. | ลักษณะและขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ท่อกลอง..... | 46 |
| 17. | แสดง flow diagram ของกระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ จากน้ำมันพืชและโซลิวต์..... | 50 |
| 18. | ภาพถ่ายบริเวณที่ทำการทดลอง | 54 |
| 19. | ภาพถ่ายเครื่อง gas-chromatography | 54 |
| 20. | แสดงผลกระทบของอัตราส่วนจำนวนโมลของสารตั้งต้น ต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม | 58 |
| 21. | กราฟแสดงการทดสอบสมการอัตราเร็วแบบ $-r_{Fa} = K C_{Fa}$ | 60 |
| 22. | กราฟแสดงการทดสอบสมการอัตราเร็วแบบ $-r_{Fa} = K C_{Fa}^2$ | 61 |
| 23. | กราฟแสดงการทดสอบสมการอัตราเร็วแบบ $-r_{Fa} = K C_{Me} C_{Fa}$ | 62 |
| 24. | แสดงผลกระทบของอุณหภูมิต่อ การเกิดเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม .. | 64 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 25. | แสดงการหาค่าคงที่อัตราเร็วในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน | 66 |
| 26. | แสดงการหาค่า K_0 และ E ตามทฤษฎีของ Arrhenius | 69 |
| 27. | แสดงผลกระทบของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อ การเกิดเมท- ซิลเอสเทอร์ ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ใน น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม | 71 |
| 28. | แสดงการหาค่าคงที่อัตราเร็วการผลิตเมทิลเอสเทอร์ ชนิดต่าง ๆ ที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาต่างกัน | 72 |
| 29. | การหาค่า n ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ | 77 |
| 30. | การหาค่า K_c ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ | 78 |
| 31. | แสดง การเกิดเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในไซส์ต์ | 80 |
| 32. | การหาค่าคงที่อัตราเร็วการผลิตเมทิลเอสเทอร์ ชนิดต่าง ๆ จากไซส์ต์ | 81 |
| 33. | แสดงปริมาณการผลิตเมทิลเอสเทอร์ต่อเวลา | 85 |
| 34. | ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นสำหรับ น้ำมันมะพร้าว | 140 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 35. | ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นสำหรับ น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม | 141 |
| 36. | ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นสำหรับไขสัตว์ | 142 |
| 37. | แสดงแผนผังการผลิตเมทิลเอสเทอร์ | 157 |
| 38. | แสดงแผนผังการกลั่นลำดับส่วนเมทิลเอสเทอร์ | 158 |
| 39. | แสดงแผนผังการแยกกลีเซอรอล | 158 |
| 40. | แสดงแผนผังการผลิตเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ความดัน และอุณหภูมิสูง | 159 |
| 41. | แสดงแผนผังการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมัน | 160 |
| 42. | แสดงแผนผังการผลิต alkanolamides | 161 |
| 43. | แสดงแผนผังการผลิต fatty alcohol จากน้ำมันพืช และไขสัตว์ | 164 |
| 44. | แสดงแผนผังการผลิต fatty alcohol ด้วยกระบวนการ suspension | 165 |
| 45. | แสดงแผนผังการผลิต fatty alcohol ด้วยกระบวนการ fixed bed | 166 |
| 46. | แสดงกระบวนการผลิต fatty alcohol จากไขสัตว์อย่าง ต่อเนื่อง | 167 |
| 47. | แผนผังการทดลองผลิต α -sulfonated ในชั้นประลอง ทางอุตสาหกรรม | 169 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 48. | แสดงผลของอนุหุมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา α -sulfonated | 169 |
| 49. | แสดงผลของอัตราส่วนโมลต่อการผลิต α -sulfonated .. | 170 |
| 50. | แสดงผลของอนุหุมิต่อการพอกสี α -sulfonated | 171 |
| 51. | แสดงผลของ pH ต่อเปอร์เซ็นต์การ hydrolysis ของ α -sulfonated | 172 |
| 52. | การทดสอบผลของน้ำกระ้างต่อสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ ... | 172 |
| 53. | แสดงแผนผังการผลิต α -sulfonated เสนอโดยชาวญี่ปุ่น.. | 174 |
| 54. | แสดงผลกระทบของน้ำกระ้างต่อ α -sulfonated | 175 |
| 55. | แสดงการใช้ α -sulfonated แบบผสม | 175 |
| 56. | แสดงอัตราการย่อยสลายในธรรมชาติของ α -sulfonated .. | 176 |
| 57. | เปรียบเทียบความหนืดของเอสเทอร์กับน้ำมันดีเซล | 179 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|------------------|---|---|
| A.V. | = | ค่ากรด (Acid Value) |
| C _A | = | ความเข้มข้นของสาร A |
| C _{Ao} | = | ความเข้มข้นของสาร A เริ่มต้น |
| C _c | = | ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา |
| C _{Fa} | = | ความเข้มข้นของกรดไขมัน |
| C _{Fao} | = | ความเข้มข้นของกรดไขมันเริ่มต้น |
| C _g | = | ความเข้มข้นของกลีเซอรอล |
| C _l | = | ความเข้มข้นของ lauric acid |
| C _{Me} | = | ความเข้มข้นของเมทานอล |
| C _{Meo} | = | ความเข้มข้นของเมทานอลเริ่มต้น |
| C _{ML} | = | ความเข้มข้นของ Methyl laurate |
| C _{Mm} | = | ความเข้มข้นของ methyl myristate |
| C _{Mp} | = | ความเข้มข้นของ methyl palmitate |
| C _m | = | ความเข้มข้นของ myristic acid |
| C _p | = | ความเข้มข้นของ palmitic acid |
| CONC. | = | ความเข้มข้นของเมทิลเอสเทอร์ (ไมโครกรัม) |
| DIL. | = | อัตราส่วนเจือจาง |
| E | = | activation energy |
| FAME | = | Fatty Acid Methyl Ester |
| GLC | = | Gas Liquid Chromatography |

| | | |
|-----------|---|--|
| INJ.V. | = | ปริมาตรที่ฉีดลงบนเครื่อง GLC (ไมโครลิตร) |
| K | = | ค่าคงที่อัตราเร็ว (rate constant) |
| K_0 | = | ค่าคงที่อัตราเร็วในสมการของ Arrhenius |
| K_{ob} | = | observed K |
| K_c | = | ค่าคงที่อัตราเร็วเมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยา |
| K_N | = | ค่าคงที่อัตราเร็วเมื่อไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา |
| MW. | = | น้ำหนักโมเลกุล |
| N_A | = | จำนวนโมลของสาร A |
| N_{A0} | = | จำนวนโมลของสาร A เริ่มต้น |
| NO. | = | หมายเลข peak |
| P_A | = | ความกั้นยอดของสาร A |
| PH. | = | ส่วนสูงของ peak (มิลลิเมตร) |
| R | = | ค่าคงที่ก๊าซอุดมคติ 1.98×10^{-3} กิโลแคลอรี/(โมล)(°K) |
| r_A | = | อัตราเร็วปฏิกิริยาของสาร A |
| $-r_{Fa}$ | = | อัตราเร็วการหายไปของกรดไขมันเนื่องจากปฏิกิริยา |
| $-r_l$ | = | อัตราเร็วการหายไปของ lauric acid |
| $-r_m$ | = | อัตราเร็วการหายไปของ myristic acid |
| r_{ML} | = | อัตราเร็วการเกิด methyl laurate |
| r_{Mm} | = | อัตราเร็วการเกิด Methyl myristate |
| r_{Mp} | = | อัตราเร็วการเกิด methyl palmitate |
| $-r_p$ | = | อัตราเร็วการหายไปของ palmitic acid |
| rpm | = | รอบต่อนาที |

| | | |
|--------------|---|--|
| RT. | = | Retention Time |
| S.V. | = | ค่าสaponification (Saponification Value) |
| T | = | อุณหภูมิสัมบูรณ์ (°K) |
| TOT.V. | = | ปริมาตรทั้งหมด (มิลลิลิตร) |
| t | = | เวลา |
| V | = | ปริมาตร |
| WT. | = | น้ำหนัก (กรัม) |
| WT.%, OIL | = | เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมันพืช |
| WT.%, T.ACID | = | เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกรดไขมันรวม |
| X_A | = | fraction of conversion ของสาร A |
| X_{Fa} | = | fraction of conversion ของ กรดไขมัน |
| X_L | = | fraction of conversion of lauric acid |
| X_m | = | fraction of conversion of myristic acid |
| X_p | = | fraction of conversion of palmitic acid |
| X_s | = | fraction of conversion of stearic acid |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย