

การผลิตแอลกอฮอล์ไขมันจากเมทิลเอสเทอร์น้ำมันปาล์ม

ศิวารักษ์ สหัสรังษี¹ จรัญ บุญกาญจน์² และ ชาคริต ทองอุไร³

Abstract

Sahutsarungsi, S., Bunyakan, C and Tongurai, C.

Production of fatty alcohol from palm oil methyl ester

Songklanakar J. Sci. Technol., 2007, 29(3) : 817-824

Fatty alcohol is an important raw material for the production of surfactants, and is currently in demand by markets and has a high potential for growth. Moreover, fatty alcohol can be made from methyl ester that is produced from fats and natural oil.

The production of fatty alcohol involved hydrogenation using the suspension method process and methyl ester in palm oil as the raw material. Copper chromite was used as the catalyst for the hydrogenation reaction and the experiment was proceeded in a close system pressure reaction vessel. The reaction was conducted at approximately 150-250°C, 1100-1700 psig, 2-8% catalyst W/V of methyl ester and reaction time from 5-20 hr. After the reaction, the products were analysed to check for percent conversion using gas chromatography (GC). The hydrogenation reaction began at 200°C. The best hydrogenation reaction for the production of fatty alcohol occurred at 250°C, 1700 psig, 6% catalyst and reaction time of 20 hr, which gave a purity greater than 97%.

Key words : fatty alcohol, methyl ester, hydrogenation

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand.

¹วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี) ²Ph.D. (Chemical Engineering) รองศาสตราจารย์ ³D.Ing. (Chemical Engineering) รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail: chakrit.t@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 13 มีนาคม 2549 รับลงพิมพ์ 1 กุมภาพันธ์ 2550

บทคัดย่อ

ศิวารักษ์ สหัสรังษี จรรย์ บุญญาญจน์ และ ชาคริต ทองอุไร
การผลิตแอลกอฮอล์ไขมันจากเมทิลเอสเทอร์น้ำมันปาล์ม

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(3) : 817-824

แอลกอฮอล์ไขมันเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญสำหรับการผลิตสารลดแรงตึงผิว (surfactants) ซึ่งเป็นสารที่ต้องการของตลาดการผลิตสารซักฟอก (detergent) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงเป็นสินค้าที่มีโอกาสเติบโตทางเศรษฐกิจสูง โดยสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิตคือเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันและไขมันจากธรรมชาติ

การทดลองผลิตแอลกอฮอล์ไขมันครั้งนี้ใช้เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มเป็นสารตั้งต้น และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์โครไมต์ (copper chromite) ในกระบวนการไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation) แบบแขวนลอยในระบบปิดของถังปฏิกรณ์ความดัน โดยศึกษาสภาวะการผลิตในช่วงอุณหภูมิ 150-250°C ที่ความดัน 1100-1700 psig ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2-8 % W/V เมทิลเอสเทอร์ และเวลาในการทำปฏิกิริยา 5-20 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าการเปลี่ยน (conversion) โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดจากตัวแปรทั้ง 4 โดยปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันจะเริ่มเกิดที่อุณหภูมิ 200°C ซึ่งสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตแอลกอฮอล์ไขมันคือ อุณหภูมิ 250°C ความดัน 1700 psig ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 6% และเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 20 ชั่วโมง โดยที่ความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ไขมันมากกว่า 97%

แอลกอฮอล์ไขมันหรือ fatty alcohol เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญสำหรับการผลิตสารลดแรงตึงผิว (surfactants) ซึ่งหมายถึงสารซึ่งเมื่อละลายในน้ำแล้วจะช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นสำหรับการผลิตสารซักฟอก (detergent) เนื่องจากมีสมบัติที่สามารถล้างสิ่งสกปรกและสามารถสลายตัวได้ดีโดยสิ่งแวดล้อม จะไม่เป็นอันตรายเมื่อเปรียบเทียบกับสารซักฟอกที่ทำมาจากเคมีภัณฑ์ปิโตรเลียม (petrochemical) จึงทำให้แอลกอฮอล์ไขมันเป็นที่ต้องการของตลาดมาก และเป็นสินค้าที่มีโอกาสเติบโตในทางเศรษฐกิจ แอลกอฮอล์ไขมันนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลัก 3 ตัว คือ fatty alcohol sulfates, fatty alcohol ethersulfates และ fatty alcohols ethoxilates (Hui, 1996)

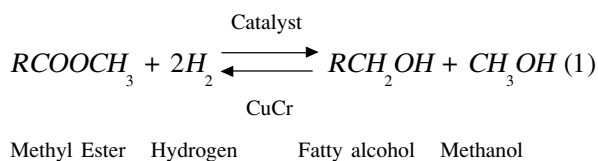
กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ไขมันในปี 1995 ของโลก พบว่า มีกำลังผลิตประมาณ 1.2 ล้านตัน ซึ่งพบว่าประมาณ 50% ได้มาจากน้ำมันและไขมันจากธรรมชาติ ในขณะที่อีก 50% ได้จากแหล่งปิโตรเคมี (Ting, 2001) และในอนาคตนั้นคาดว่าจะกำลังการผลิตจะขึ้นอยู่กับราคาของน้ำมันปาล์มหรือน้ำมันจากเมล็ดในปาล์มซึ่งต้องแข่งขันกับ ethylene แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของผลิตผลปาล์มและเมล็ดปาล์มซึ่งได้จากธรรมชาติ จึงเป็นผลให้แอลกอฮอล์ไขมันที่ได้จากธรรมชาติมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากยิ่งขึ้นในอนาคต

(Table 1) และแหล่งที่มาของน้ำมันและไขมันจากธรรมชาติ โดยส่วนใหญ่จะมาจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แหล่งเกษตรกรรมที่สามารถปลูกพืชน้ำมันได้หลายชนิด ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมสามารถปลูกพืชน้ำมันได้หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่ต่อปีสูงสุด จึงมีศักยภาพในด้านวัตถุดิบสำหรับการผลิตแอลกอฮอล์ไขมัน เพื่อเป็นการลดการนำเข้าจากต่างประเทศ และช่วยแก้ปัญหาภัยพิวราคาราปาล์มตกต่ำอีกด้วย

Table 1. Production Capacities of fatty alcohol in 1998 (CONDEA vista company, 2000)

Continent	Production Capacities in 10 ³ Metric Tons		
	Natural Alcohols (C ₁₂ and Higher)	Synthetic Alcohols (C ₁₁ and Higher)	Total
USA	170	411	581
Western Europe	408	289	697
Eastern Europe	-	90	90
South East Asia	453	162	615
Total	1031	952	1983

กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ไขมันจากธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการ คือ การทำไฮโดรจีเนชันแบบแขวนลอย (suspension) และการทำไฮโดรจีเนชันแบบเบดนิ่ง (fixed bed) สภาวะในการทำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังสมการที่ (1) สภาวะในการทำปฏิกิริยาจะเป็นสภาวะที่รุนแรงคือทำที่อุณหภูมิและความดันสูงคือ 250-350°C และ 250-350 บาร์ (Udo and Henkel, 1984) และต้องการตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้มากคือ คอปเปอร์โครไมต์ (copper chromite) (Lurgi Life Science, 2001, CONDEA vista company, 2000)



วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้การผลิตแอลกอฮอล์ไขมันจากเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้กระบวนการไฮโดรจีเนชันแบบแขวนลอยภายใต้ถึงปฏิกิริยาความดัน โดยศึกษาตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการผลิตคือ อุณหภูมิ ความดัน ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ

เมทิลเอสเทอร์ที่เป็นวัตถุดิบได้จากการผลิตไบโอดีเซลของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จากการวิเคราะห์โดย Thin Layer Chromatograph พบว่ามีเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ > 98% แก๊สไฮโดรเจนที่นำมาใช้มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.9 โมล % หรือเป็น High Pure Grade จาก บริษัทไทยอินดัสตรีลแก๊ส จำกัด (Thai Industrial Gas, TIG) ตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์โครไมต์ (copper chromite catalyst) จากบริษัท Fluka Chemie GmbH สารมาตรฐาน Fatty Alcohol จากบริษัท Fluka Chemie GmbH เฮกเซน (Hexane) จากบริษัท Labscan Asia Co.Ltd.,

2. อุปกรณ์

ถังปฏิกรณ์ความดัน (pressure reactor) ใช้รุ่น 4501 ของบริษัท Parr ประเทศสหรัฐอเมริกา (Norman, 2510) ตัวเครื่องทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel T316) ขนาดบรรจุ 1 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 5.38 นิ้ว สามารถดำเนินงานได้สูงสุดที่ความดัน 2000 psig และอุณหภูมิ 250°C

เครื่องมือวิเคราะห์ Gas Chromatograph รุ่น 5890 Series II plus ของ Hewlett Packard ประเทศสหรัฐอเมริกา Mass Spectrometer รุ่น 5972 Series ของ Hewlett Packard ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. วิธีการทดลอง

ได้ดำเนินการกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ไขมันโดยใช้ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันแบบแขวนลอยด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ (heterogeneous catalyst) ภายในถังปฏิกรณ์ความดันที่สภาวะความดัน 1100-1700 psig อุณหภูมิ 150-250°C ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2-8% W/V เมทิลเอสเทอร์ และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 5-20 ชั่วโมง

ลักษณะชุดการทดลองปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันแบบแขวนลอยนี้ แสดงได้ดัง Figure 1 คือป้อนเมทิลเอสเทอร์และตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์โครไมต์ตามอัตราส่วนเข้าสู่ถึงปฏิกิริยาความดัน แล้วจึงให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดโดยควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง ป้อนแก๊ส

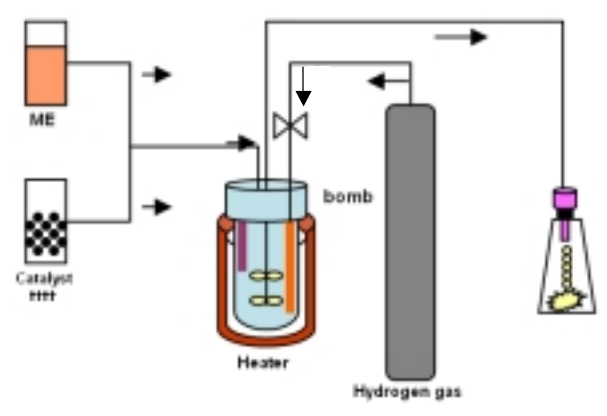


Figure 1. Diagram of hydrogenation suspension process

ไฮโดรเจนเข้าสู่ท่อทางด้านล่างของถังปฏิกรณ์จนถึงระดับความดันที่ต้องการ และป้อนเพิ่มต่อในช่วงการทดลองเพื่อชดเชยส่วนที่ทำปฏิกิริยาไป โดยรักษาความดันให้คงที่ เปิดไบพัดกวนเพื่อให้มีการสัมผัสที่ระหว่างแก๊สและของเหลว เมื่อครบกำหนดเวลาการทดลอง จึงหยุดการให้ความร้อนแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้อง นำผลผลิตที่ได้ไปอุ่นที่ 70°C แล้วกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดันเพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลผลิต นำไปวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แก๊สโครมาโตกราฟี

ในการศึกษาการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา กระทำโดยการนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการใช้งานแล้วมาล้างด้วยสารละลายเฮกเซนแล้วนำไปอบระเหยที่ 100°C

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. กลไกการเกิดแอลกอฮอล์ไขมัน

กลไกการเกิดแอลกอฮอล์ไขมันได้พิจารณาจากชุดการทดลองที่ประกอบด้วยสภาวะการทดลองตั้งแต่แบบอ่อน (mild condition) คือ ที่อุณหภูมิต่ำ (100°C) ความดันต่ำ (300 psig) จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยสุด (2%) และเวลาต่ำสุด (1 ชั่วโมง) จนถึงสภาวะการทดลองแบบแรง (severe condition) ที่สามารถทดลองได้คือ อุณหภูมิสูงสุด (250°C) ความดันสูงสุด (1700 psig) จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยามากสุด (6%) และเวลาสูงสุด (20 ชั่วโมง) ผลการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในการทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันได้สรุปไว้ใน Table 2

ข้อมูลจาก Table 2 แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันจะเกิดที่พันธะคู่ของไฮโดรคาร์บอนก่อนที่จะเปลี่ยนกลุ่มเอสเทอร์ให้เป็นแอลกอฮอล์ โดยในเริ่มต้นเมทิลเลโนลิเอต (C18:2) จะว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าเมทิลโอลิเอต (C18:1) โดยอะตอมของไฮโดรเจนเข้ามาทำปฏิกิริยาในส่วนของพันธะคู่ C=C ทั้งสองตำแหน่งของเมทิลเลโนลิเอตเกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์ C18:1 ที่ตำแหน่งพันธะคู่ C6 หรือ C9 และในขณะเดียวกันเมทิลโอลิเอต (C18:1n6,n9) ก็เกิดปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันต่อเป็นเมทิลสเตียเรต (C18:0) และเมื่อเอสเทอร์ไม่อิ่มตัวเหลือน้อยลง ไฮโดรเจนจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ปลายด้านเอสเทอร์ เกิดเป็นแอลกอฮอล์ไขมันของ C16, C18 และ C20 ต่อไป โดยเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณการลดลงของเมทิลเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ไขมันที่เกิดขึ้นจะเป็นชนิดอิ่มตัว คือ hexadecanol, octadecanol และ eicosanol ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถสังเคราะห์แอลกอฮอล์ไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโคปเปอร์โครไมต์ของวิธีการนี้

2. สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของเมทิลเอสเทอร์

2.1 อุณหภูมิ

ผลการทดลองอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันแบบแวนดอลยได้ แสดงไว้ด้วย Table 3

Table 2. Composition of methyl ester from hydrogenation reaction

Hydro carbon	Raw Material Methyl Ester	Intermediate				Final Product
		(1)	(2)	(3)	(4)	
C16:0	38.88	38.87	38.92	33.25	21.63	0.88
C16:1	0.30	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00
C18:0	4.42	4.45	5.03	36.07	38.04	0.94
C18:1n6	0.00	2.23	6.86	2.82	0.84	0.00
C18:1n9	42.95	43.8	42.78	15.76	0.23	0.00
C18:2n6,n9	9.93	6.84	3.25	0.00	0.00	0.00
C20:2	1.29	1.15	1.14	0.00	0.00	0.00
C16-OH	0.00	0.00	0.00	4.75	17.54	40.85
C18-OH	0.00	0.00	0.00	5.34	17.81	55.91
C20-OH	0.00	0.00	0.00	0.31	0.63	1.18

Table 3. Yield of fatty alcohol from reaction temperature 150-250°C

Run	Temperature (°C)	Pressure (psig)	%Catalyst (W/V of ME)	Time (hr)	%yield Fatty Alcohol
1	150	1700	2	15	0.00
2	150	1700	4	15	0.00
3	150	1700	6	15	0.00
4	200	1400	4	10	0.48
5	250	1400	4	10	47.89
6	250	1700	6	15	96.44

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 150°C ไม่น่าจะเกิดแอลกอฮอล์ไขมันได้ แม้กระทั่งที่ความดันสูงสุดของการทดลอง ใช้เวลานานเพียงพอ 15 ชั่วโมง และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาสูงสุด 6% ผลได้ของแอลกอฮอล์ไขมันยังคงมีค่าเป็นศูนย์ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 250°C ผลได้สูงเป็น 96.44% หรือเมื่อทดลองในสภาวะที่อ่อนกว่า (run 4 และ 5) ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่สูงกว่ามีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับกฎอัตราของอาร์เรเนียส (Arrhenius rate law) คือ $k = A \exp(-E_a/RT)$ เมื่อ k คือ ค่าคงที่สำหรับสมการอัตรา (rate equation) ในการทดลองชุดต่อไปจึงได้ศึกษาที่อุณหภูมิสูงสุดที่เครื่องมือสามารถทำได้คือ 250°C

2.2 ความดัน

ผลการทดลองอิทธิพลของความดันมีผลต่อร้อยละการเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ไขมันแสดงด้วย Figure 2

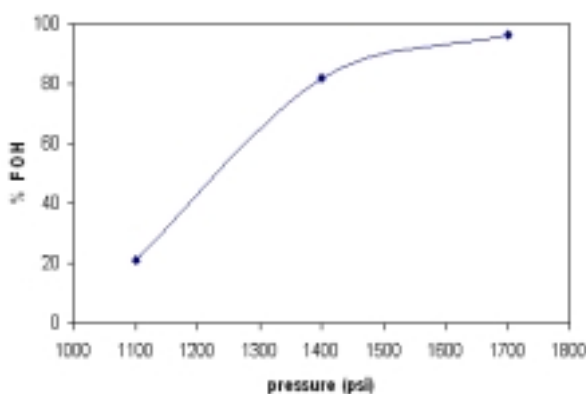


Figure 2. Fatty Alcohol from hydrogenation reaction at T = 250°C, catalyst = 6% and t = 20 hr

ความดันที่ 1100 1400 และ 1700 psig จะให้ร้อยละการเปลี่ยนเท่ากับ 21.04 82.22 และ 96.44% ตามลำดับ

โดยความดันจะมีอิทธิพลต่อการละลายของแก๊สไฮโดรเจนในเฟสของเหลวที่สูงขึ้น ตามกฎของเฮนรี (Henry's Law) $p = k_c \cdot c$, เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของแก๊สที่ละลายอยู่ในเฟสของเหลว จะเห็นได้ว่าสภาพการละลายของแก๊สจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันของแก๊สที่อยู่เหนือผิวของเหลว นั่นคือเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนในเฟสของเหลวสูงขึ้น การเกิดปฏิกิริยาจะสูงขึ้นสอดคล้องกับทฤษฎีของสมการอัตรา (rate equation) แต่อิทธิพลของความดันต่อการเกิดปฏิกิริยาจะมีแนวโน้มไม่เป็นเชิงเส้น (linear) ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะเลือกสภาวะการทดลองที่ความดันสูงสุดที่เครื่องมือสามารถทำได้คือ 1700 psig

2.3 ตัวเร่งปฏิกิริยา

ผลการศึกษอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการเกิดแอลกอฮอล์ไขมันแสดงไว้ด้วย Figure 3 ร้อยละแอลกอฮอล์ไขมันจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เมื่อตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจาก 2 ถึง 6% แต่เมื่อเพิ่มปริมาณจาก 6% ไปยัง 8% พบว่า % ของแอลกอฮอล์ไขมันจะลดลงเล็กน้อย

ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่สูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แต่เมื่อสูงกว่า 6% พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงเล็กน้อย อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คงตัวอธิบายได้จากการมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่พอเพียง แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ลดลงน่าจะมาจากสาเหตุทางกายภาพอื่น ๆ โดยสังเกตได้ว่าเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่สูงขึ้น สารผสมของเหลวของเมทิลเอสเทอร์มีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งการทดลองนี้ใช้อัตราการกวนผสมเท่ากันตลอด เมื่อความหนืดสูงขึ้นจะทำให้อัตราการถ่ายโอนมวลที่เข้าหรือออกจากพื้นผิว

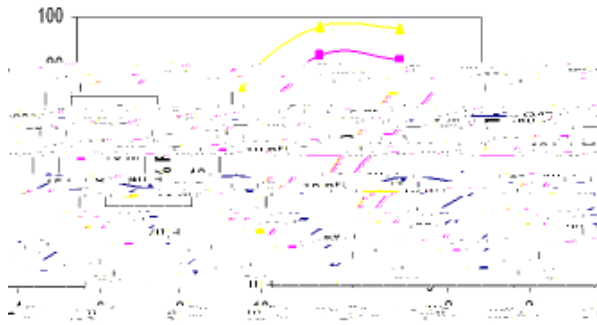


Figure 3. Fatty Alcohol from hydrogenation reaction at T = 250°C, P = 1700 psig, and t = 5, 10, 15 hr

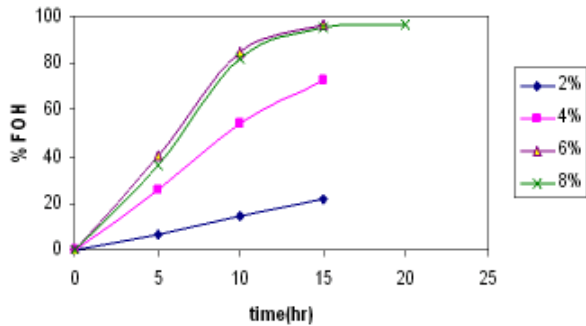


Figure 4. Fatty Alcohol from hydrogenation reaction at T = 250°C, P = 1700 psig, and catalyst = 2, 4, 6, 8%

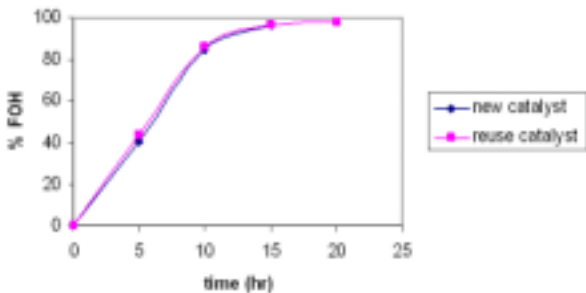


Figure 5. Fatty Alcohol from process, which new catalyst compare with reuse catalyst at T = 250°C, P = 1700 psig, catalyst = 6% and t = 5-20 hr

ตัวเร่งปฏิกิริยาด่าง และน่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงในที่นี้

2.4 เวลาในการทำปฏิกิริยา

จากข้อมูลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาและเกือบจะเป็นเชิงเส้น เมื่อร้อยละการเกิดของแอลกอฮอล์ไขมันต่ำกว่า 80% และเมื่อมีค่าสูงกว่านี้อัตราการเปลี่ยนแปลงจะลดลง ดังแสดงใน Figure 4 อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของการเกิดแอลกอฮอล์ไขมันเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ และการลดลงของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นกรณีปกติของกระบวนการแบบแบตช์ โดยเมื่อทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 250°C ความดัน 1700 psig ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 6% และ 8% จะพบว่าจากชั่วโมงที่ 15-20 จะมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ไขมันเพิ่มขึ้นเพียง 1-2% เท่านั้น

2.5 การใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา

จากการพิจารณา Figure 5 พบว่าการนำเอาตัวเร่งปฏิกิริยาเก่ากลับมาใช้ซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการเกิดแอลกอฮอล์ไขมันจะมีค่าใกล้เคียงกับตัวเร่งปฏิกิริยาใหม่ จึงเป็นการยืนยันได้ว่าตัวเร่งปฏิกิริยามีแนวโน้มที่จะรักษาสภาพความสามารถความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา (activity) ไว้ได้ดีเหมือนเดิม

3. เปรียบเทียบแอลกอฮอล์ไขมันคาร์บอนอะตอมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ณ สภาวะการทำปฏิกิริยาที่ต่างกัน

จากการเปรียบเทียบแอลกอฮอล์ไขมันชนิด C16 C18 และ C20 ที่เกิดจากการใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2-8% พบว่า แอลกอฮอล์ไขมัน C16 Figure 6 มีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ส่วนแอลกอฮอล์ไขมันชนิด C18 และ C20 นั้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 2-6% แต่เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 8% นั้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ไขมันเกิดขึ้นน้อยกว่าที่ได้จากการใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 6% ในทุกช่วงเวลาดัง Figure 7-8

บทสรุป

จากผลการศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์ไขมันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์โครไมต์แบบแฉวนลอยสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1. ตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์โครไมต์จะเร่งการเกิด

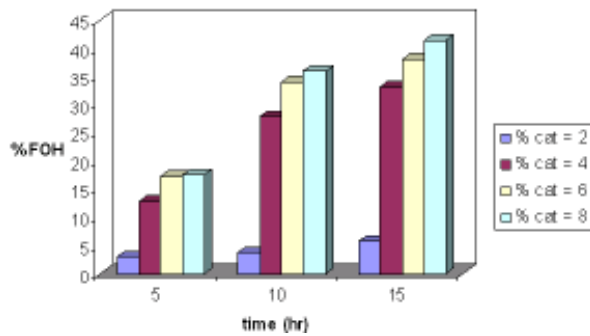


Figure 6. Fatty Alcohol C16 from hydrogenation reaction at T = 250°C, P = 1700 psig, catalyst = 2-8% and t = 5-15 hr

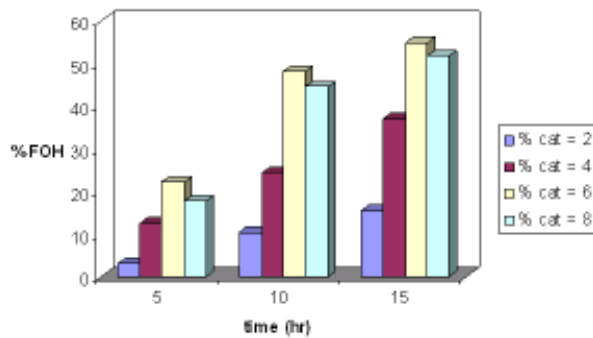


Figure 7. Fatty Alcohol C18 from hydrogenation reaction at T = 250°C, P = 1700 psig, catalyst = 2-8% and t = 5-15 hr

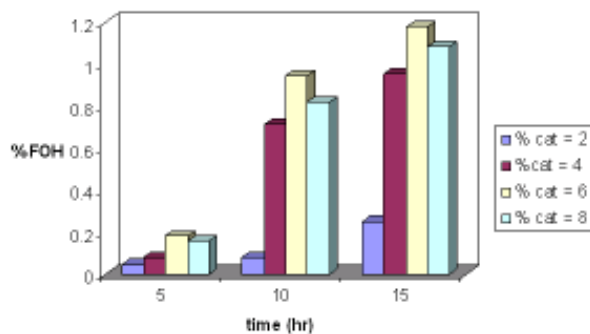


Figure 8. Fatty Alcohol C20 from hydrogenation reaction at T = 250°C, P = 1700 psi, catalyst = 2-8% and t = 5-15 hr

(Color figure can be viewed in the electronic version)

ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน ที่ตำแหน่งพันธะคู่ที่ไม่อิ่มตัวของไฮโดรคาร์บอนก่อนที่จะเกิดที่หมู่เอสเทอร์ ดังนั้นหากต้องการผลิตแอลกอฮอล์ไขมันไม่อิ่มตัวจะต้องใช้วิธีการอื่น หรือตัวเร่งปฏิกิริยาอื่น

2. อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของแอลกอฮอล์ไขมันซึ่งต้องการอุณหภูมิขั้นต่ำในการเกิดปฏิกิริยา

3. ความดันมีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา แม้ว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นในสถานะของเหลว ความดันจะมีอิทธิพลต่อค่าสภาพการละลายของแก๊สไฮโดรเจนในเฟสของเหลว

4. ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นจาก 2 เป็น 6% จะทำให้อัตราการทำปฏิกิริยาสูงขึ้น และมีค่าที่เหมาะสมที่สุดค่าหนึ่ง ซึ่งน่าจะมาจากความหนืดของสารละลายที่สูงขึ้นตามปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาของระบบแขวนลอยที่ศึกษานี้ โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์โครไมด์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยยังคงรักษาความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาได้เท่าตัวเร่งปฏิกิริยาใหม่

5. อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเป็นแบบเชิงเส้นเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นสูง และลดลงตามเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้

6. สภาวะที่ดีที่สุดในการทดลองนี้คือ ที่ความดัน 1700 psig อุณหภูมิ 250°C ตัวเร่งปฏิกิริยา 6% และเวลาในการทำปฏิกิริยา 20 ชั่วโมง โดยมีร้อยละความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ไขมัน > 97%

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2547 ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- CONDEA Vista company. 2000. unpublished: Dr. Z Presents All about fatty alcohol, Lake Charles, Louisiana, USA
- Hui, Y.H. 1996. Bailey's industrial oil & fat products, 5th ed., Volume 5: Industrial and Consumer Nonedible Product from Oil and Fats, A Wiley-Interscience Publication.

Lurgi Life Science. 2001. Fatty alcohol technology, Lurgi PSI, Inc., 1790 Kirby Parkway Suite 300 Memphis. TN 38138, USA

Norman, V. 1967. Instructions for the series 4500 pressure reaction apparatus, Parr Instrument Company, Moline Illinois USA 61265.

Ting K.S. 2001. Malaysian Oil Scientists and Technologists Association (MOSTA), Malaysia, Vol. 10, No.2.

Udo, R.K. and Henkel, K.A. 1984. Manufacture of Fatty Alcohols Based on Natural Fats and Oils, JAOCS, Vol. 61 No.2, West Germany.