

## บทที่ 4

## วิธีการทดลองและผลการทดลอง

## 4.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พลาตินัม-ดีบุก บนตัวรองรับอะลูมินา (Alumina Support) โดยในขั้นการทดลองนี้จะเตรียมโลหะร้อยละ 0.75 ของพลาตินัม, ร้อยละ 0.5 ของดีบุก บนตัวรองรับอะลูมินาตามลำดับ (ร้อยละของธาตุโดยน้ำหนัก)

## สารเคมีที่ใช้

1. กรดคลอโรพลาตินิก ( $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$ ) น้ำหนักโมเลกุล 517.92 ของบริษัท MAY & BAKER LTD. DAGENHAM ENGLAND
2. ดีบุกคลอไรด์ ( $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ )
3. กรดเกลือ ( $HCl$ )
4. น้ำกลั่น
5. ตัวรองรับอะลูมินา (NHK 3 SUMITOMO ALUMINA) ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลของตัวรองรับอะลูมินา NHK 3

Shape	sphere
Color	white
Particle size, mm	4-6
Ignition loss, %	7.0
$Fe_2O_3$ , %	0.02
$SiO_2$ , %	0.02

Na <sub>2</sub> O	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	92.8
Pack density, g/cm <sup>3</sup>	0.62
Pore volume, cm <sup>3</sup> /g	0.65
BET surface area, m <sup>2</sup> /g	340
Strength against the pressure, kg	14

#### 4.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียม

1. บิวเรต
2. ขวดแก้วทนความดัน ( suction flask)
3. ขาตั้ง (stand)
4. กรวยแยก (separatory funnel)
5. ปุ่มดูดอากาศ
6. ขวดวัดปริมาตร ( volumetric flask)

#### 4.1.2 ขั้นตอนในการเตรียม

1. เตรียมตัวรองรับ
  1. บดและคัดขนาดของตัวรองรับอะลูมินา (NHK 3) ให้ได้ขนาดตามต้องการ
  2. ล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วรีนน้ำทิ้ง ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง
  3. อบให้แห้ง
2. การเตรียมสารละลายสำหรับการเคลือบฝัง (impregnate)

คำนวณความเข้มข้นของสารละลายจากปริมาตรรุกรุ่นของตัวรองรับที่ต้องการเตรียมและร้อยละ โดยน้ำหนักของโลหะที่ต้องการบนตัวรองรับ วิธีการคำนวณแสดง

ไว้ในภาคผนวก ง.

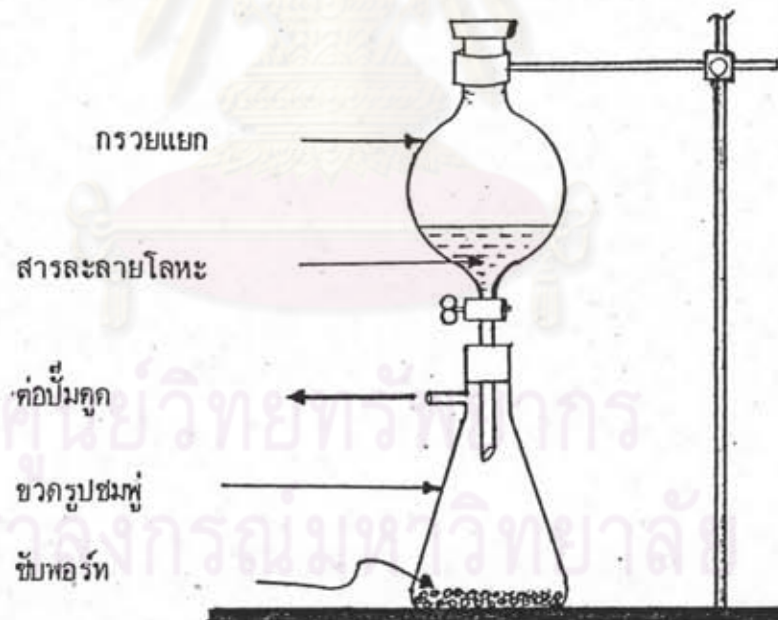
### 3. การทำการเคลือบฝังโลหะบนตัวรองรับ (impregnation)

3.1 เตรียมเครื่องมือสำหรับการทำการเคลือบฝังสารละลายของโลหะบนตัวรองรับอะลูมินา ตามรูป 4.1

3.2 ใส่ตัวรองรับอะลูมินาน้ำหนักตามต้องการลงในขวดทนความดัน (suction flask)

3.3 ใส่สารละลายของโลหะตามปริมาณที่คำนวณไว้ใช้กับตัวรองรับลงในกรวยแยก

3.4 ใช้ปั๊มดูดอากาศออกจากขวดทนความดัน ซึ่งมีตัวรองรับอะลูมินาอยู่ เพื่อดูดเอาอากาศในรูปฟองออกมา ให้เกิดความดันในขวดภายใต้บรรยากาศประมาณ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลาประมาณ 10 นาที



รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทำการเคลือบฝังสารละลายของโลหะบนตัวรองรับ

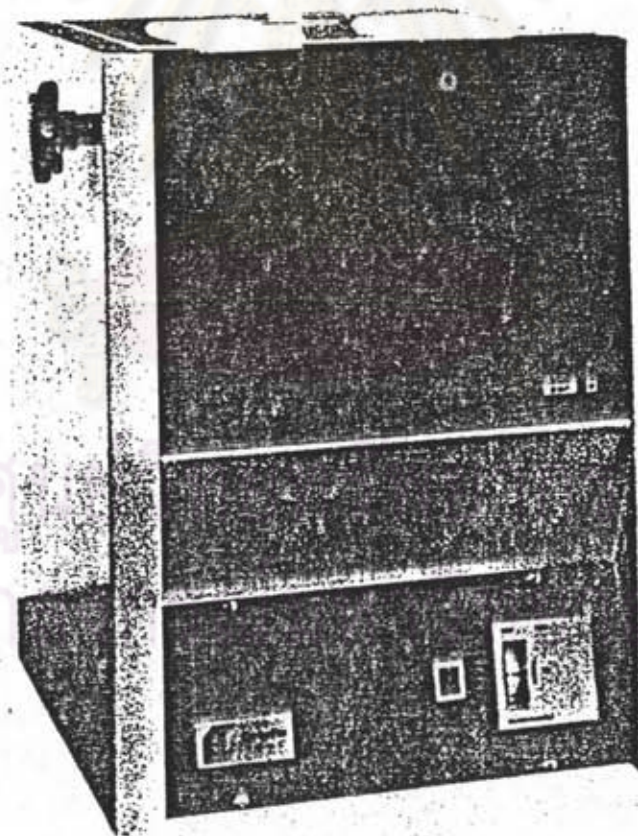
3.5 ค่อยๆ เปิดกรวยแยกให้สารละลายหยดลงบนตัวรองรับที่อยู่ภายในขวดอย่างทั่วถึงทุกส่วนจนกระทั่งสารละลายในกรวยแยกหมด ปิดก๊อกกรวยแยกให้ปิดมิดชิด อากาศภายในขวดต่อไปอีกประมาณ 20 นาที เพื่อให้การกระจายของสารละลายโลหะบนตัวรองรับเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

3.6 นำตัวรองรับที่ได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่น้ำและให้โลหะกระจายบนตัวรองรับอย่างสม่ำเสมอ

3.7 นำเอาตัวรองรับที่ผ่านการอบแห้ง มาเผาที่อุณหภูมิสูง (calcination) เพื่อให้สารประกอบโลหะอยู่ในรูปของผลึกที่เหมาะสม และกำจัดอนุผลของธาตุที่ไม่ต้องการออกไป เช่น อนุผลไนเตรตและช่วยให้ผลึกของสารประกอบออกไซด์ของโลหะจับบนตัวรองรับได้แน่นมากขึ้น สำหรับพลาตินัมในกรณีนี้ใช้เผาที่อุณหภูมิ 560 °C

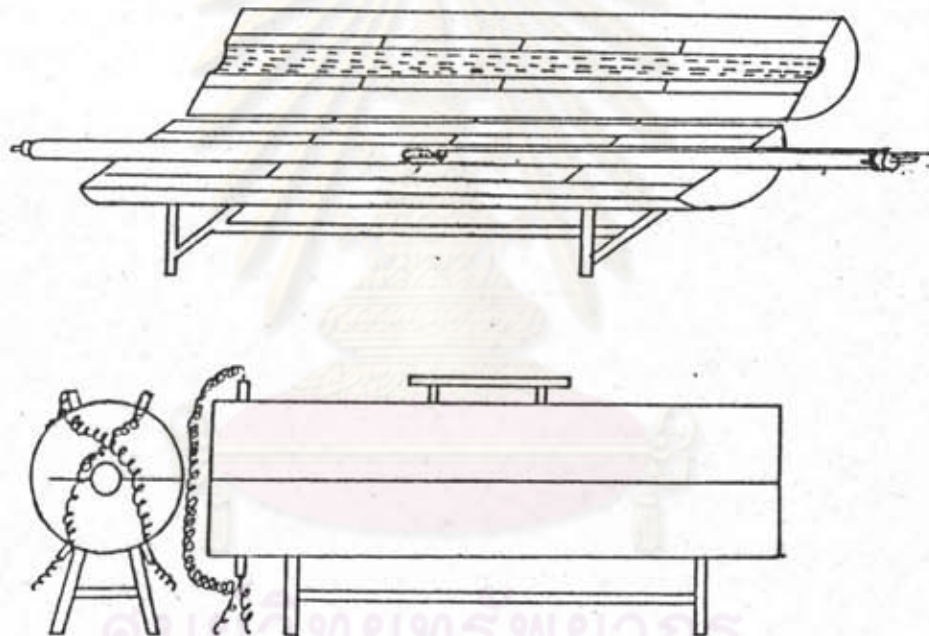
3.8 การเผา จะใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาในภาชนะทำด้วยเซรามิกส์ นำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิ แบบ EUROTHERM

3.9 ตั้งอัตราการเพิ่มอุณหภูมิของเตา 6 °C ต่อนาที จนถึง 560 °C รักษาอุณหภูมิไว้ 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิลง



รูปที่ 4.2 แสดงเตาไฟฟ้า (Cabolite) ที่ใช้ในการแคลไซด์

3.10 หลังจากทำการเผาที่อุณหภูมิสูงแล้ว จะทำการเปลี่ยนรูปโลหะ ออกไซด์ให้มาอยู่ในรูปของโลหะโดยการทำปฏิกิริยารีดักชัน (prereduction) ในเตาดัง รูปที่ 4.3 โดยผ่านแก๊สไฮโดรเจนและเพิ่มอุณหภูมิสูง การรีดิวซ์ของโลหะออกไซด์ ที่อุณหภูมิสูงต้องระวังการเกิดสารประกอบระหว่างโลหะกับอะลูมินา และการสลายตัวของ อะลูมินาด้วย แซทเทอร์ฟิลด์ (Satterfield) [67] เสนอแนะว่าไม่ควรเกิน 600 °C สำหรับกรณีแรกและไม่เกินอุณหภูมิ 850 °C สำหรับกรณีหลัง การรีดิวซ์ในที่นี้ใช้เวลา 3 ชั่วโมง



รูปที่ 4.3 แสดงเตาและท่อควอเตอร์ที่ใช้ในการรีดิวซ์

#### 4.2 เครื่องมือทำการทดสอบปฏิกิริยา

เครื่องมือทำการทดลองจะประกอบด้วยถังที่ใส่แก๊สใช้ในปฏิกิริยาได้แก่ แก๊ส ไฮโดรเจน , ไฮโดรเจน และแก๊สปิโตรเลียมเหลว ส่วนของชุดควบคุมอัตราการไหล ของแก๊สก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์เคมี ส่วนของเตาปฏิกรณ์เคมีรวมทั้งชุดลดความร้อนและ

ฉนวน ส่วนของชุดควบคุมอุณหภูมิและส่วนของเครื่องมือวัดอัตราการไหลของแก๊สขาออก  
ดังแสดงในรูปที่ 4.4

แก๊สที่ออกจากถังจะผ่านชุดควบคุมความดัน แล้วผ่านเข้าท่อทองแดงขนาด  
1/4 นิ้ว เข้าสู่ส่วนควบคุมการไหลของแก๊สขาเข้าซึ่งประกอบด้วยตัวกรองฝุ่น, วาล์วปรับ  
อัตราการไหล (needle valve) , เกจวัดความดัน (pressure gauge) , เครื่องวัด  
อัตราการไหลแบบมาโนมิเตอร์, วาล์วกันการไหลกลับ (check valve) และตัวจับความชื้น  
ในท่อตามลำดับ แก๊สจะเข้ามาผสมกันก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์เคมี แล้วจึงผ่านตัวจับ  
กัมมันต์อีก 1 ตัว ก่อนจะเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์เคมีทางด้านบน

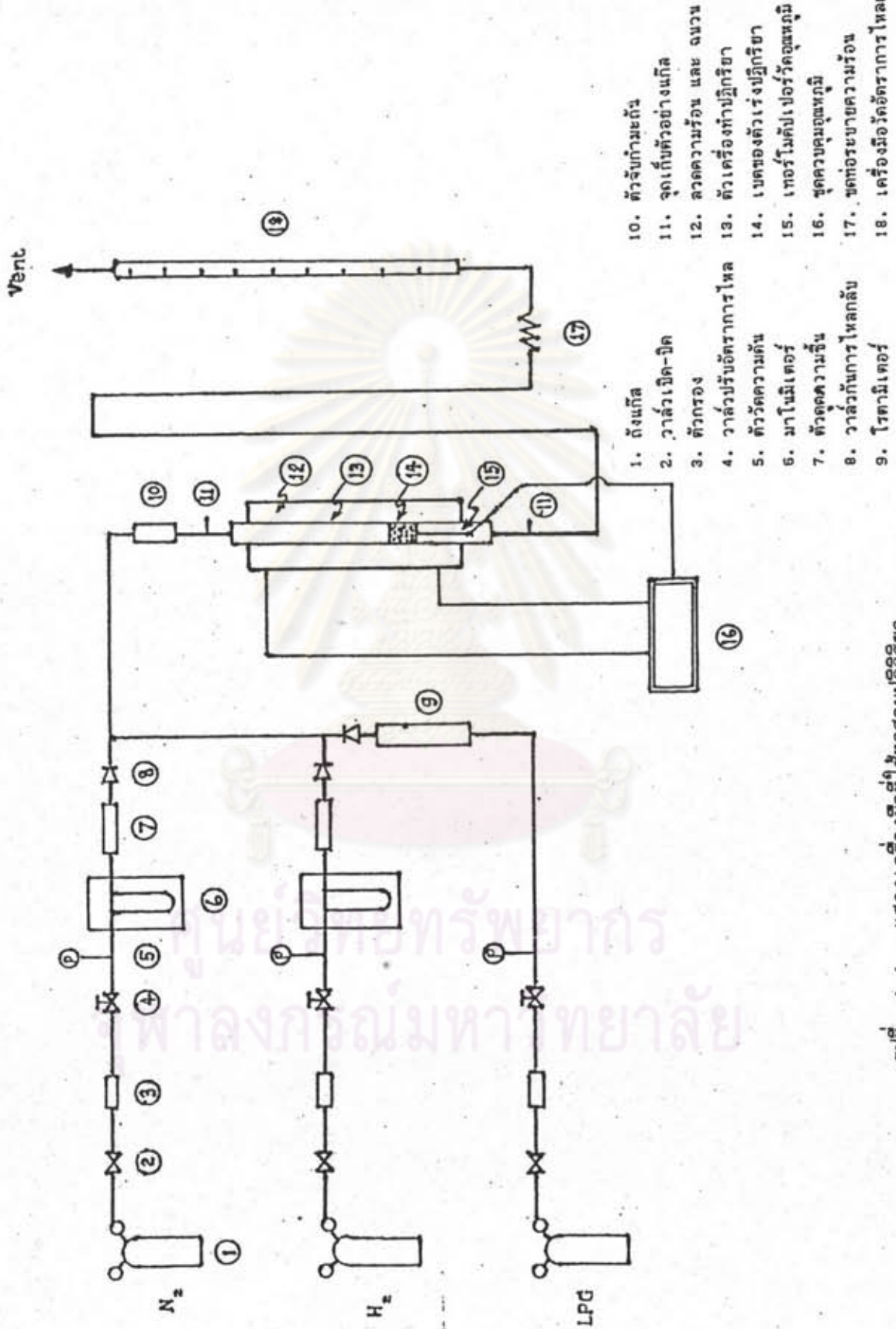
ตัวเตาปฏิกรณ์เคมีทำด้วยควอตซ์ (quartz) เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ซม.  
ยาว 35 ซม. ตัวควอตซ์จะล้อมรอบด้วยชุดลดความร้อน, ใยแก้ว และ ฉนวนแอสเบสตอส  
ตามลำดับทั้งนี้เพื่อการควบคุมอุณหภูมิ ชุดลดความร้อนจะต่อเข้ากับตัวปรับความต่างศักย์  
(variac) และชุดของตัวตัดไฟ (magnetic switch), ตัวควบคุมอุณหภูมิ (RKC MODEL  
PF 96B 4C )

ภายในเตาปฏิกรณ์เคมีจะบรรจุไว้ด้วยเบดของตัวเร่งปฏิกิริยา แก๊สที่เหลือ  
จากการทำปฏิกิริยาและแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จะผ่านออกทางด้านล่างของเตาปฏิกรณ์เคมีผ่านไป  
ตามท่อยาวประมาณ 200 ซม. แล้วผ่านชุดท่อทองแดงยาว 35 ซม. เพื่อให้แน่ใจว่าแก๊ส  
เย็นตัวลง จึงผ่านเข้าเครื่องวัดอัตราการไหลแบบฟองแก๊ส (bubble flow meter)  
สำหรับจุดเก็บแก๊สขาเข้าและออกจะอยู่ที่ตำแหน่งก่อนและหลังของเครื่องปฏิกรณ์เคมี

#### 4.2.1 เครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาโนมิเตอร์

เครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาโนมิเตอร์ทำด้วยแก้วรูปตัวยู (U) ภายในบรรจุ  
ของเหลวมีสี โดยวัดอัตราการไหลจากความดันตกของแก๊สที่ไหลผ่านเบดบางๆที่กั้นการไหล  
ของแก๊สไว้ทำให้เกิดความดันลด ความแตกต่างของความสูงของของเหลวจะบอกถึงอัตรา  
การไหลของแก๊ส





รูปที่ 4.4 แสดงเครื่องมือที่ใช้ทดสอบปฏิกิริยา

#### 4.2.2 เตาปฏิกรณ์เคมี

เตาทำปฏิกิริยาที่ใช้เป็นแบบเบดนิ่ง (fixed bed) ทำด้วยแก้วควอตซ์ (quartz) ความยาว 35 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.6 ซม. ตัวแก้วมีน้ำหนักสำหรับบรรจุตัวเร่งปฏิกิริยา ด้านนอกพันด้วยขดลวดความร้อนที่มีฉนวนเซรามิกส์หุ้มทับด้วยใยแก้วและแอสเบสตอสตามลำดับ เพื่อช่วยในการเก็บความร้อน

#### 4.2.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิ

การควบคุมอุณหภูมิจะใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิ (controller) โดยมีชุดของตัวปรับความต่างศักย์ไฟฟ้า (variac) และตัวตัดต่อไฟแบบแม่เหล็ก (magnetic switch) ต่อเข้ากับขดลวดความร้อน ตัวควบคุมอุณหภูมิเป็นแบบ RKC รุ่น PF 96B 4C ใช้งานในช่วง  $0-800^{\circ}\text{C}$  วัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) แบบ K อ่านอุณหภูมิผ่านเครื่องอ่านอุณหภูมิแบบตัวเลขของ EUROTHERM รุ่น 141 ด้วยการควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องมือ ดังกล่าวจะให้ค่าความแม่นยำในช่วงที่ยอมรับได้ กล่าวคือ อ่านค่าอุณหภูมิ ได้ผลดังนี้  $100 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $200 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $400 \pm 2^{\circ}\text{C}$  จะพบว่าความผิดพลาดในการอ่านค่าอุณหภูมิไม่เกินร้อยละ 5

#### 4.2.4 เครื่องวัดอัตราการไหลแบบฟองแก๊ส

เครื่องวัดอัตราการไหลแบบฟองแก๊สทำจากบิวเรตต์ (burette) มีขีดบอกปริมาตรนำมาต่อกับแก้วสามทางรูปตัววาย (Y) ด้านหนึ่งต่อเข้ากับบิวเรตต์อีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับแก๊สออกและด้านสุดท้ายต่อเข้ากับลู่วางที่มีแชมพูบรรจุอยู่ภายใน เมื่อบีบลูกยางแก๊สจะไหลผ่านชั้นของแชมพู เกิดฟิล์มของแชมพูไหลเข้าสู่บิวเรตต์ จับเวลาของฟิล์มตามปริมาตรที่กำหนด ก็สามารถทราบอัตราการไหลของแก๊สได้

#### 4.2.5 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์

การวิเคราะห์แก๊สจะใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (gas chromatography) ของบริษัท GOW-MAC รุ่น 150 และ 750 เพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจน, ไฮโดรเจน



และ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเก็บตัวอย่างแก๊สจะใช้เข็มฉีดดึงเอาแก๊สออกมาจากจุดเก็บตัวอย่างแก๊สทั้งสอง นำมาฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ โดยใช้วาล์วเก็บตัวอย่างช่วย(sampling valve) โดยการตัดแปลงต่อท่อสั้นๆที่ทางเข้าของวาล์วเก็บตัวอย่างใส่ซีปตัม(septum)ที่ปลายท่อแล้วฉีดแก๊สเข้าไปปริมาณมากพอสมควร สับวาล์วเก็บตัวอย่างจะได้แก๊สเข้าเครื่องวิเคราะห์ประมาณ 2 ลบ.ซม. เท่ากันทุกครั้ง ในช่วงต้นของการทดลองได้ใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ของ Varian รุ่น Vista 4600 ช่วยในการวิเคราะห์ สภาวะของเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟ แสดงไว้ในตารางที่ 4.2



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงสภาวะที่ใช้วิเคราะห์สารของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี

เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ	GOW-MAC		VISTA 4600
	150	750	
วิเคราะห์	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	ไฮโดรคาร์บอน	ไฮโดรคาร์บอน
ชนิดของตัวตรวจ	TCD	FID	FID
ชนิดของคอลัมน์	MS 5 A	2% n-octane on Porasil-C (80/100)	30% DC 200 on Chromosorb P A/W (60/80)
ขนาดและความยาว ของคอลัมน์	1/8"x3 m (ss)	2.4 mx 1/8" (ss)	20'x 1/8" (ss)
ชนิดของแก๊สพา	Ar	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
อัตราการไหลของแก๊ส พา (ชม. <sup>3</sup> /นาที)	30	25	30
ขนาดของสารตัวอย่าง (ชม. <sup>3</sup> )	2	2	1
อุณหภูมิคอลัมน์ (°ซ)	60	45	70
กระแสไฟฟ้าสำหรับ TCD (mA)	80	-	-

FID = Flameionized Detector

TCD = Thermalconductivity Detector

#### 4.3 สภาวะของการทดลอง

สภาวะของการทดลอง จะแบ่งเป็น

1. การทดสอบปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลด้วยความร้อนและดีไฮโดรเจนเนชัน
2. การทดสอบการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยา
3. การทดสอบหาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วเชิงสเปซต่อระบบที่ใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวและไฮโดรเจน

##### 4.3.1 การทดสอบปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลด้วยความร้อนและดีไฮโดรเจนเนชัน

ตารางที่ 4.3 แสดงสภาวะของการทดสอบปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลด้วยความร้อนและดีไฮโดรเจนเนชัน

สิ่งป้อน	เบดบรรจุ	อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )	ความเร็วเชิงสเปซ ( $\times 10^{-4}$ ชม. $^{-1}$ )
LPG	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	550-600	7.73
LPG	Pt-Sn/ $\text{Al}_2\text{O}_3$	550-600	8.17
LPG + $\text{N}_2$	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	450-550	6.27
LPG + $\text{N}_2$	Pt-Sn/ $\text{Al}_2\text{O}_3$	450-550	7.10
LPG + $\text{H}_2$	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	500-600	6.94
LPG + $\text{H}_2$	Pt-Sn/ $\text{Al}_2\text{O}_3$	500-600	7.49

4.3.2 การทดสอบการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ในช่วงเวลา 6 ชั่วโมง ความเร็วเชิงสเปซ ประมาณ 52,150 ชม.<sup>-1</sup> โดยมีแก๊สที่เข้าทำปฏิกิริยาดังนี้

1. 100 % LPG
2. 20 % LPG + N<sub>2</sub>
3. 20 % LPG + H<sub>2</sub>
4. 60 % LPG + H<sub>2</sub>
5. 50 % LPG + H<sub>2</sub>
6. 40 % LPG + H<sub>2</sub>

4.3.3 การทดสอบหาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วเชิงสเปซต่อระบบที่ใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวและ ไฮโดรเจน

ตารางที่ 4.4 แสดงสภาวะของการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วเชิงสเปซต่อระบบที่ใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวและ ไฮโดรเจนในการทำดีไฮโดรเจนแซน

สิ่งป้อน	เบดบรรจุ	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วเชิงสเปซ (x 10 <sup>-4</sup> ชม. <sup>-1</sup> )
LPG + H <sub>2</sub>	Pt-Sn/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	450-650	7.49
LPG + H <sub>2</sub>	Pt-Sn/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	550	4.15-7.37

#### 4.4 ผลการทดลอง

##### 4.4.1 การทดสอบปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลด้วยความร้อนและปฏิกิริยาไฮโดรเจนเนชัน

###### 4.4.1.1 การแตกโมเลกุลของแก๊สปิโตรเลียมเหลว

การทดลองจะใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวเป็นตัวป้อนเข้าในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีเบดบรรจุเป็น  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  ทั้งนี้โดยถือว่า  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาการตั้งไฮโดรเจนน้อยมาก และในการทดลองขั้นต่อไป จะใช้  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  เป็นตัวรองรับสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ พลาตินัม-ดีบุก

การทดลองขั้นแรกจะใช้สิ่งป้อนเป็นแก๊สปิโตรเลียมเหลวโดยไม่มีแก๊สอื่นทำการทดลองโดยให้ความเร็วเชิงสเปซคงที่  $7.73 \times 10^4$  ซม.<sup>-1</sup> และเปลี่ยนอุณหภูมิไปจาก 550-600 °ซ ทำการวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงและปริมาณของแก๊สด้านทางออกและทางเข้า แสดงเป็นร้อยละของแก๊สไฮโดรคาร์บอนขาออก และผลได้จากปฏิกิริยา (space time yield) ดังตารางที่ 4.5 ขั้นต่อไปทดลองโดยเปลี่ยนสิ่งป้อนเป็นแก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไนโตรเจน (20:80) และแก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไฮโดรเจน (20:80) ตามลำดับสถานะของการทดลองตามที่ปรากฏในตารางที่ 4.3 ผลการทดลองรวมไว้ในตารางที่ 4.5

###### 4.4.1.2 การทำดีไฮโดรเจนเนชันของแก๊สปิโตรเลียมเหลว

แก๊สที่ป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์เคมีจะประกอบด้วย แก๊สปิโตรเลียมอย่างเดียวก่อน โดยในเครื่องปฏิกรณ์เคมีจะบรรจุไว้ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาของ Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

การทดลองจะทำการที่ความเร็วเชิงสเปซคงที่เท่ากับ  $8.17 \times 10^4$  ซม.<sup>-1</sup> อุณหภูมิระหว่าง 550-600 °ซ เสร็จแล้วใช้สิ่งป้อนคือ แก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไนโตรเจน และแก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไฮโดรเจนตามลำดับ ผลการทดลองแสดงในรูปของอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา, ร้อยละของแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ได้ และผลได้จากแก๊สจากปฏิกิริยา แสดงได้ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของการทดสอบปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลของ แก๊สปิโตรเลียมเหลว, แก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไนโตรเจน (20:80) และ แก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไฮโดรเจน (20:80): เบดบรรจุ  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

สิ่งป้อน	อุณหภูมิ (°C)	อัตราการเปลี่ยน (%)	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน						ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (STY) *				
			มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทิลีน	โตลีน	มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทิลีน
LPG	550	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0
LPG	600	0.30	3.54	0.00	0.00	39.56	23.62	33.28	135	0	0	502	225
LPG + N <sub>2</sub>	450	28.49	0.00	0.00	0.0	18.77	0.00	81.23	0	0	0	92	0
LPG + N <sub>2</sub>	500	40.13	2.04	0.00	3.74	11.23	0.00	82.99	364	0	328	660	0
LPG + N <sub>2</sub>	550	50.70	2.23	0.00	4.29	8.58	0.80	84.10	1630	0	1550	2080	146
LPG + H <sub>2</sub>	500	1.16	8.71	21.84	0.00	0.00	0.00	69.45	50	62	0	0	0
LPG + H <sub>2</sub>	550	3.41	4.29	0.36	2.92	19.76	0.00	72.67	103	1	35	158	0
LPG + H <sub>2</sub>	600	7.50	3.53	0.35	5.77	15.64	1.44	73.27	626	31	512	923	64

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม.ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของการทดสอบปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนชั้นของ แก๊สปิโตรเลียมเหลว, แก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไนโตรเจน (20:80) และ แก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไฮโดรเจน (20:80); เบดบรรจุ Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

สิ่งป้อน	อุณหภูมิ (°C)	อัตราการเปลี่ยน (%)	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน						ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (STY) *				
			มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	ดีก	มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพิลีน	บิวทิลีน
LPG	550	23.51	0.0	0.77	0.0	44.69	18.93	35.61	16	403	0	16500	5256
LPG	600	26.71	0.21	1.03	0.0	47.68	19.98	31.10	272	752	0	23300	7319
LPG + N <sub>2</sub>	450	64.30	0.0	0.0	0.0	10.98	2.74	86.28	0	0	0	1050	192
LPG + N <sub>2</sub>	500	70.46	0.0	0.0	0.0	8.9	2.81	88.29	0	0	0	1920	452
LPG + N <sub>2</sub>	550	71.94	0.0	0.0	0.1	7.48	2.14	90.28	7	0	123	2490	504
LPG + H <sub>2</sub>	500	4.73	0.16	1.63	0.0	63.27	16.27	18.67	1	80	0	2150	430
LPG + H <sub>2</sub>	550	8.19	0.76	1.52	0.0	59.13	14.41	24.18	110	85	0	2590	473
LPG + H <sub>2</sub>	600	22.89	3.72	6.69	0.0	52.75	11.15	25.69	2250	2290	100	11400	1915

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

#### 4.4.2 การทดสอบการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยา

##### 4.4.2.1 การเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้แก๊สต่างกันเป็นสารทำให้เจือจาง

ทำการทดลองโดยใช้สิ่งป้อนเป็นแก๊สบีโตรเลียมเหลว, แก๊สบีโตรเลียมเหลวกับไนโตรเจน และแก๊สบีโตรเลียมเหลวกับไฮโดรเจน โดยผ่านแก๊สไปบนเบดของตัวเร่งปฏิกิริยา  $Pt-Sn/Al_2O_3$  ซึ่งใช้ในการทดลอง ทำการวัดอัตราการเปลี่ยนของปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนเนชัน, ร้อยละของแก๊สไฮโดรคาร์บอน และผลได้จากปฏิกิริยาต่อเวลาที่เปลี่ยนไปใน 6 ชั่วโมง ผลของการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ผลการทดลองแสดงในรูปกราฟของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.5-4.7 แสดงในรูปกราฟของผลได้ของผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.11-4.13 , กราฟรูป 4.17 แสดงอัตราการเปลี่ยนของปฏิกิริยาที่ลดลงกับเวลาเมื่อใช้สารทำให้เจือจางต่างกัน การกระจายของผลิตภัณฑ์ของระบบแสดงในรูปกราฟแท่งดังกราฟที่ 4.18-4.20 ตารางที่ 4.13-4.14 และรูปที่ 4.21 จะเปรียบเทียบปริมาณไดคในแต่ระบบ

##### 4.4.2.2 การเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้ร้อยละของไฮโดรเจนต่างกัน

การทดลองจะเริ่มตั้งแต่แก๊สบีโตรเลียมเหลวร้อยละ 100 เป็นสิ่งป้อนแล้วใช้ไฮโดรเจนผสมเข้าไป ทำให้แก๊สบีโตรเลียมเหลือร้อยละ 40, 50 และ 60 ตามลำดับ แก๊สจะเข้าทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง วัดผลของการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ แสดงเป็นกราฟของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์และผลได้ของผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.8-4.10 และรูปที่ 4.14-4.16 การเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาในรูปของอัตราการเปลี่ยนของปฏิกิริยาแสดงในกราฟรูปที่ 4.22-4.23 และการเปรียบเทียบการใช้ร้อยละของไฮโดรเจนต่างๆกัน รวมเป็นผลใน ตารางที่ 4.13 กราฟรูปที่ 4.24 และ 4.25 จะแสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ที่ปริมาณไฮโดรเจนต่างๆกันตามลำดับ



ตารางที่ 4.7 แสดงการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชัน (ในช่วง 6 ชั่วโมง) ,  
อุณหภูมิ 550 °C ความเร็วเชิงสเปซ =  $5.17 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; เบนตรรจ Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

สิ่งป้อน LPG	อัตราการเปลี่ยน ( % )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน						ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (STY) *					อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
		มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทีน	ดีก	มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทีน	
เวลา (ชม.)													
0.0	24.68	0	0	0	42.38	20.88	36.74	109	101	0	10700	3929	0.60
1.0	21.45	0	0	0	38.75	15.07	46.18	38	87	0	8770	2485	0.61
2.0	18.63	0	0.40	0	28.91	10.84	59.85	25	79	0	5880	1257	0.50
3.0	15.11	0	0.39	0	15.02	3.85	80.74	40	66	0	2270	424	0.75
4.0	14.96	0.10	0.33	0	12.88	3.20	83.49	20	65	0	1960	365	0.51
5.0	14.05	0.08	0.15	0	5.56	1.83	92.38	19	50	0	838	204	0.48
6.0	13.91	0.07	0.22	0	5.26	1.76	92.69	28	45	0	750	189	0.40

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม.ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้แก๊สไฮโดรเจนกับไฮโดรเจน (20:80) ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรคาร์บอน (ในช่วง 6 ชั่วโมง) ,  
อุณหภูมิ 550 °C ความเร็วเชิงสเปซ =  $5.2 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; เบนทรูจ Pb-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

20 % LPG + N <sub>2</sub>	อัตราการเปลี่ยน ( % )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน						ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (STY) *					อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
		มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	โคก	มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	
0.0	73.38	0.22	0	0.32	8.21	2.05	89.20	215	0	140	2660	494	0.66
1.0	71.42	0.26	0	0.26	6.41	1.84	91.23	203	0	125	1970	439	0.59
2.0	67.74	0.14	0	0.20	4.61	1.83	93.22	118	0	91	1390	408	0.67
3.0	62.64	0.12	0	0.18	4.11	1.47	94.12	93	0	77	1150	300	0.63
4.0	59.86	0.09	0	0.13	3.40	0.85	95.53	73	0	62	933	173	0.64
5.0	58.23	0.04	0	0.13	3.50	0.70	95.63	51	0	56	922	140	0.64
6.0	57.88	0.04	0	0.13	3.41	0.63	95.79	42	0	52	876	122	0.62

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.9 แสดงการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้แก๊สไฮโดรคาร์บอน (20:80) ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรคาร์บอน (ในช่วง 6 ชั่วโมง) , อุณหภูมิ 550 °C ความเร็วเชิงสเปซ =  $5.4 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; เบนทรูจ Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

20 % LPG + H <sub>2</sub>	อัตราการเปลี่ยน ( % )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน						ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (STY) *					อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
		มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทีน	โคก	มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทีน	
เวลา (ชม.)													
0.0	9.72	1.40	2.11	0.70	53.36	12.64	29.79	205	146	78	2730	495	0.98
1.0	9.06	1.51	2.26	0.76	57.39	13.59	24.49	205	178	44	2650	490	0.98
2.0	8.79	0.68	2.62	0.23	57.35	14.09	25.03	91	180	18	2620	513	0.98
3.0	8.55	0.46	2.91	0.23	58.68	14.32	23.40	59	193	15	2610	480	0.98
4.0	8.53	0.73	2.82	0.0	61.97	15.07	19.41	93	168	0	2600	477	0.98
5.0	8.47	0.54	1.45	0.0	60.05	14.46	23.5	70	91	0	2580	465	0.98
6.0	8.20	0.60	0.37	0.0	59.33	14.24	25.46	75	24	0	2560	461	0.98

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.10 แสดงการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้แก๊สไฮโดรเจนกับไฮโดรคาร์บอน (40:60) ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรเจนเนชัน (ในช่วง 6 ชั่วโมง) ,  
อุณหภูมิ 550 °C ความเร็วเชิงสเปซ =  $5.21 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; เบบรรจุ Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

40 % LPG + H <sub>2</sub> เวลา (ชม.)	อัตราการเปลี่ยน ( % )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน					ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน *				อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
		มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	ไดแก๊ส	มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	
0.0	12.77	0.75	0.75	63.58	9.72	25.20	146	135	7860	921	0.93
1.0	11.64	0.75	0.75	63.91	9.77	24.82	109	131	7840	918	0.93
2.0	10.64	0.74	0.74	62.53	9.56	26.43	108	114	7710	912	0.93
3.0	10.35	0.74	0.74	62.91	9.62	25.99	98	104	7640	903	0.93
4.0	9.61	0.75	0.75	63.62	9.73	25.15	87	96	7510	899	0.93
5.0	9.51	0.00	0.72	61.62	10.15	27.51	81	84	7480	897	0.93
6.0	9.41	0.00	0.00	62.06	10.10	27.84	76	69	7450	889	0.93

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.11 แสดงการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมกับไฮโดรเจน (50:50) ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนเนชัน (ในช่วง 6 ชั่วโมง) , อุณหภูมิ 550 °C ความเร็วเชิงสเปซ =  $5.21 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; เบนตรรก Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

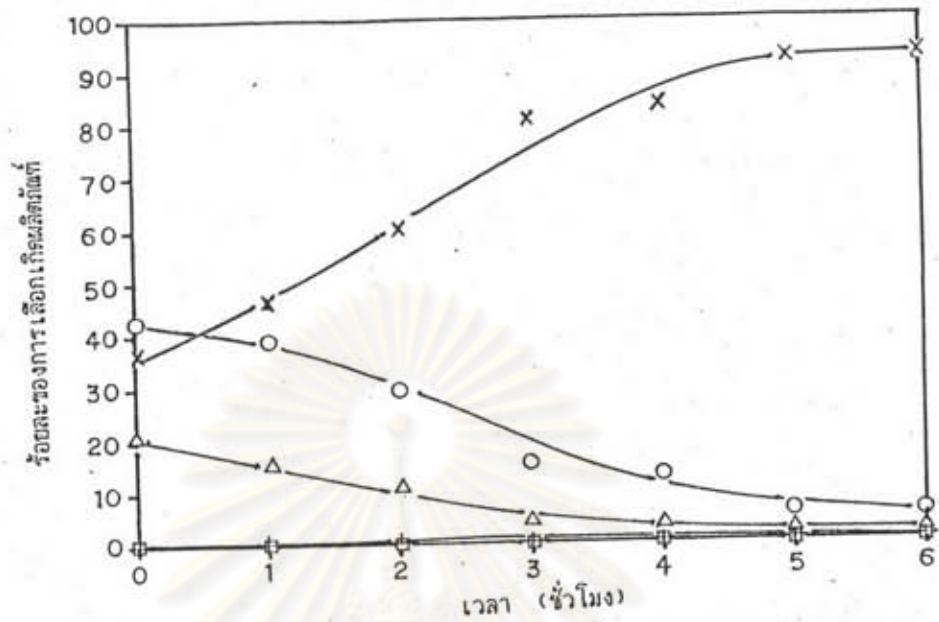
50 % LPG + H <sub>2</sub>	อัตราการเปลี่ยน ( % )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน					ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน *				อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
		มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	โคก	มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	
เวลา (ชม.)											
0.0	15.90	0.0	0.73	56.57	15.23	27.47	136	120	8560	1708	0.90
1.0	14.88	0.0	0.68	53.86	13.64	31.82	129	108	8450	1653	0.90
2.0	12.15	0.0	0.33	50.70	13.97	35.00	113	90	7810	1596	0.90
3.0	10.70	0.0	0.64	49.93	13.44	35.99	109	82	7720	1571	0.90
4.0	10.53	0.0	0.0	50.18	13.34	36.48	83	62	7440	1471	0.90
5.0	10.15	0.0	0.0	49.95	13.28	36.77	68	59	7360	1455	0.90
6.0	9.28	0.31	0.31	49.00	13.19	37.19	63	58	7300	1447	0.90

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อล.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

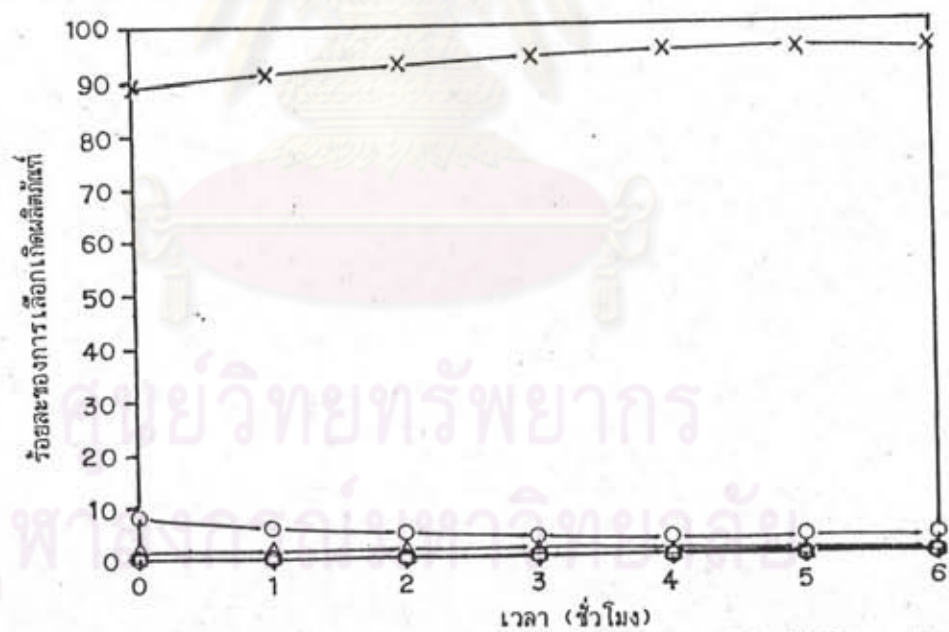
ตารางที่ 4.12 แสดงการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้แก๊สปิโตรเลียมกับไฮโดรเจน (60:40) ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนเนชัน (ในช่วง 6 ชั่วโมง), อุณหภูมิ 550 °C ความเร็วเชิงสเปซ =  $5.21 \times 10^{-1}$  ชม.<sup>-1</sup>; เบนทรูจ Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

60 % LPG + H <sub>2</sub>	อัตราการเปลี่ยน ( % )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน					ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน *				อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
		มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	โคลิก	มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	
เวลา (ชม.)											
0.0	21.59	0.64	0.0	44.11	19.18	36.07	110	74	9430	3118	0.88
1.0	17.48	0.0	0.0	41.74	18.76	39.50	100	60	9250	3094	0.87
2.0	12.97	0.0	0.0	40.86	17.51	41.63	90	52	8830	2940	0.88
3.0	12.05	0.39	0.17	39.13	16.21	44.10	87	42	8720	2736	0.88
4.0	11.99	0.0	0.0	36.03	15.44	48.53	65	40	8570	2686	0.87
5.0	11.51	0.0	0.0	33.18	14.22	52.60	63	31	8360	2631	0.88
6.0	11.15	0.32	0.14	32.38	13.42	53.74	52	25	8310	2613	0.88

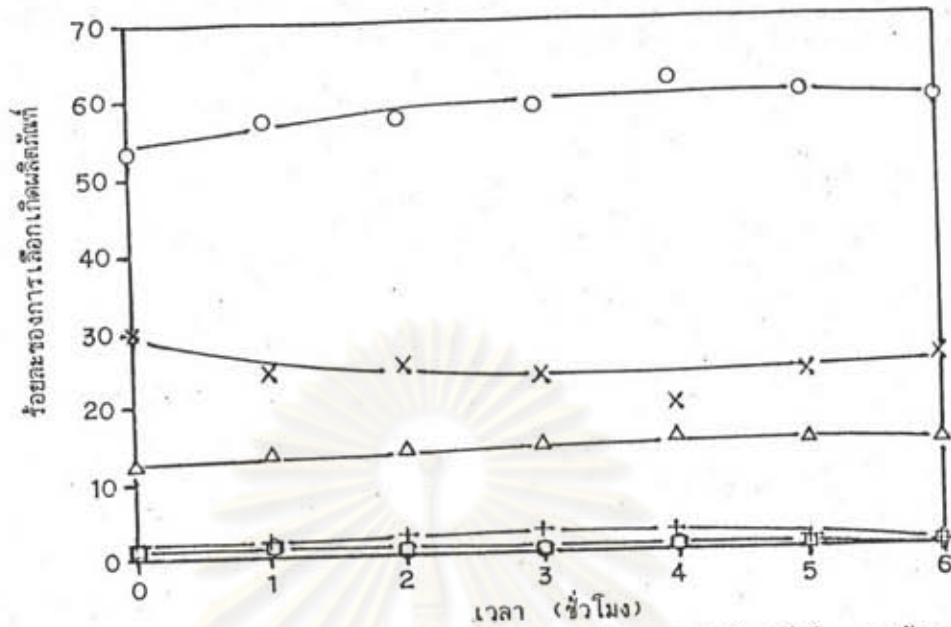
\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม.ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง



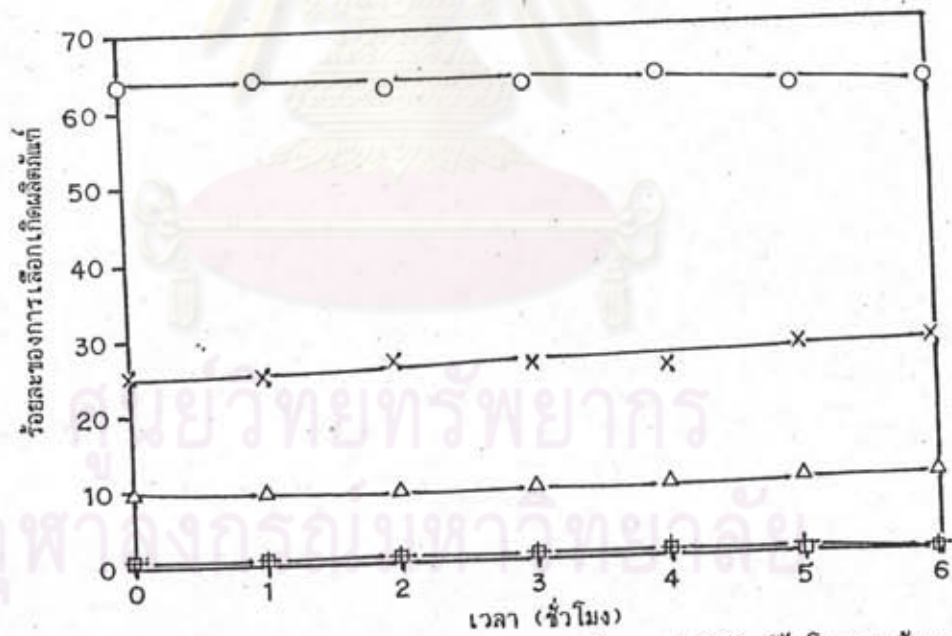
รูปที่ 4.5 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของ แก๊สปิโตรเลียมเหลว ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ  $5.17 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน, × โคค



รูปที่ 4.6 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของ LPG + N<sub>2</sub> (20:80) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ  $5.2 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, ○ เอทิลีน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน, × โคค

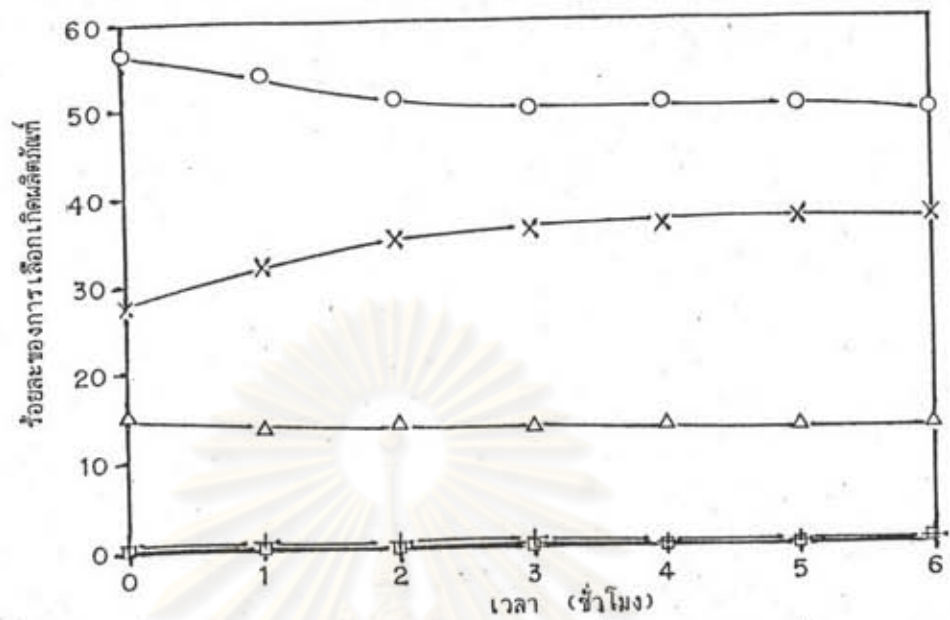


รูปที่ 4.7 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรเจนเนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (20:80) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ 5.4 x 10<sup>4</sup> ซม.<sup>-1</sup>; □ มีเทน, + อีเทน, ○ เอทิลีน, ○ โพรพีน, △ บิวทิลีน, × โคก

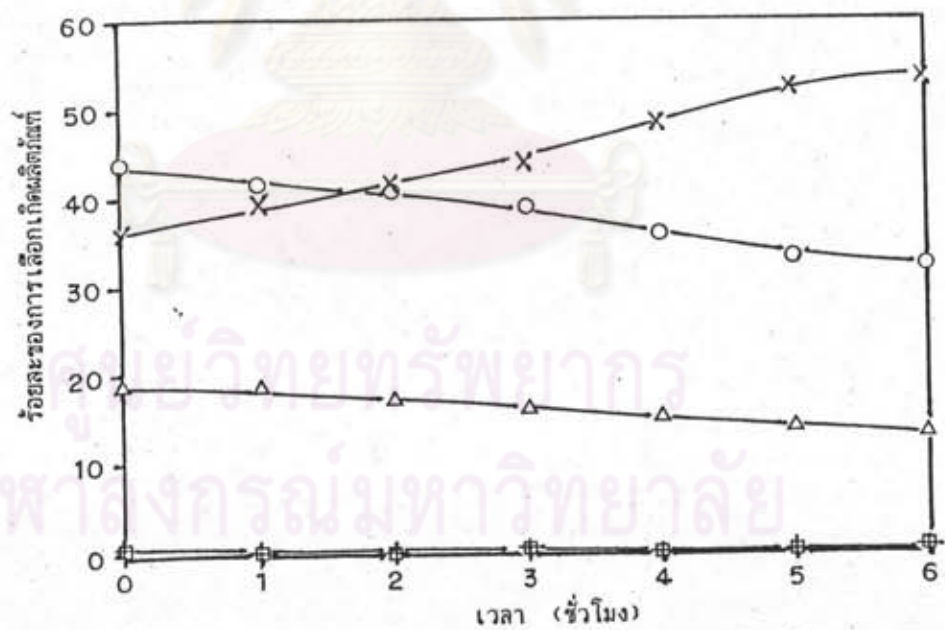


รูปที่ 4.8 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรเจนเนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (40:60) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 x 10<sup>4</sup> ซม.<sup>-1</sup>; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพีน, △ บิวทิลีน, × โคก

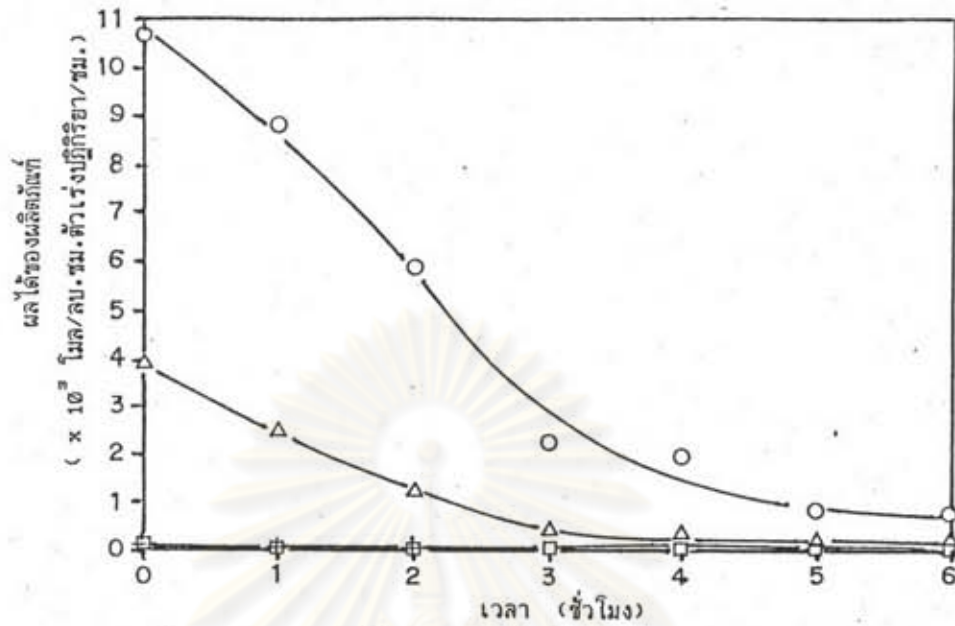




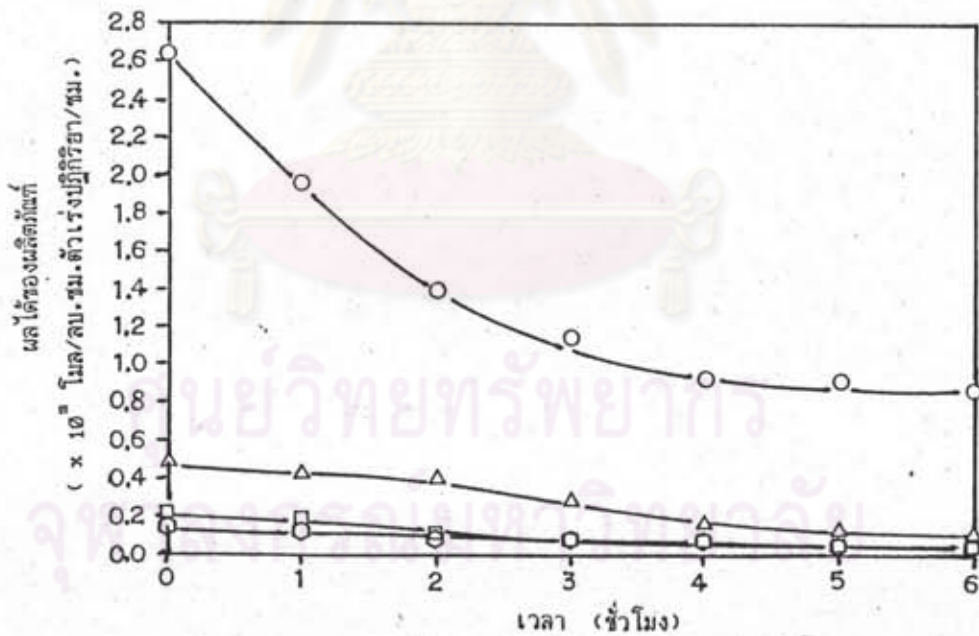
รูปที่ 4.9 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (50:50) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 × 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup>; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน, × โคิก



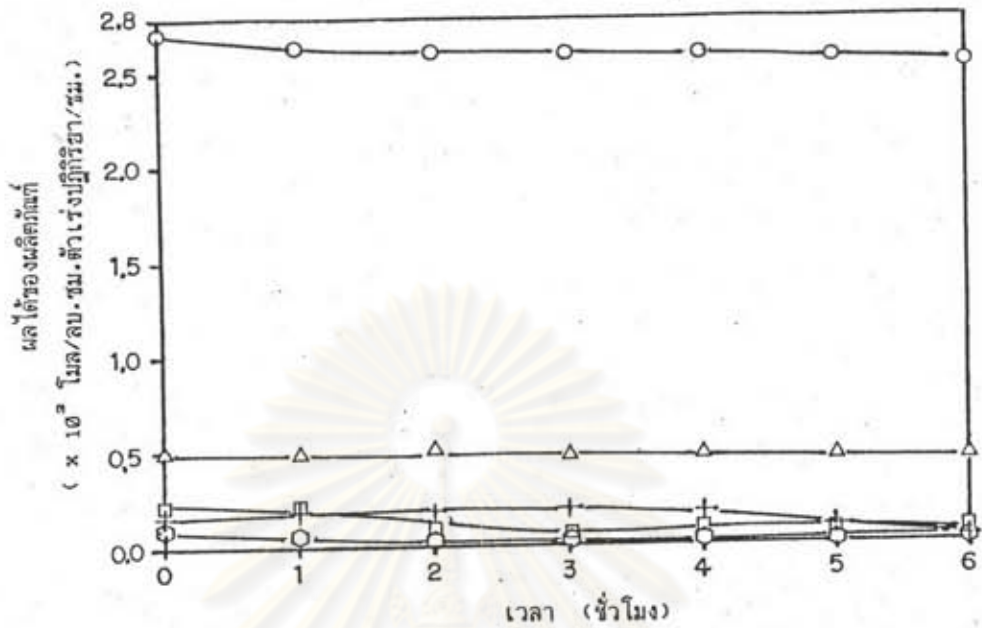
รูปที่ 4.10 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (60:40) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 × 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup>; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน, × โคิก



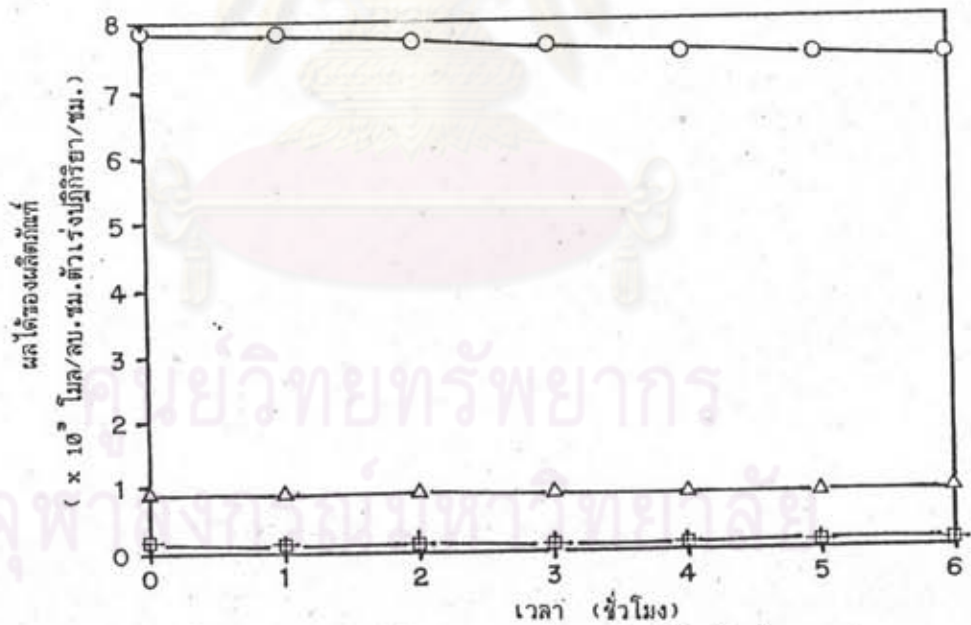
รูปที่ 4.11 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของแก๊สอะซิโตน เลียมเหลว: ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ  $5.17 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup>; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน



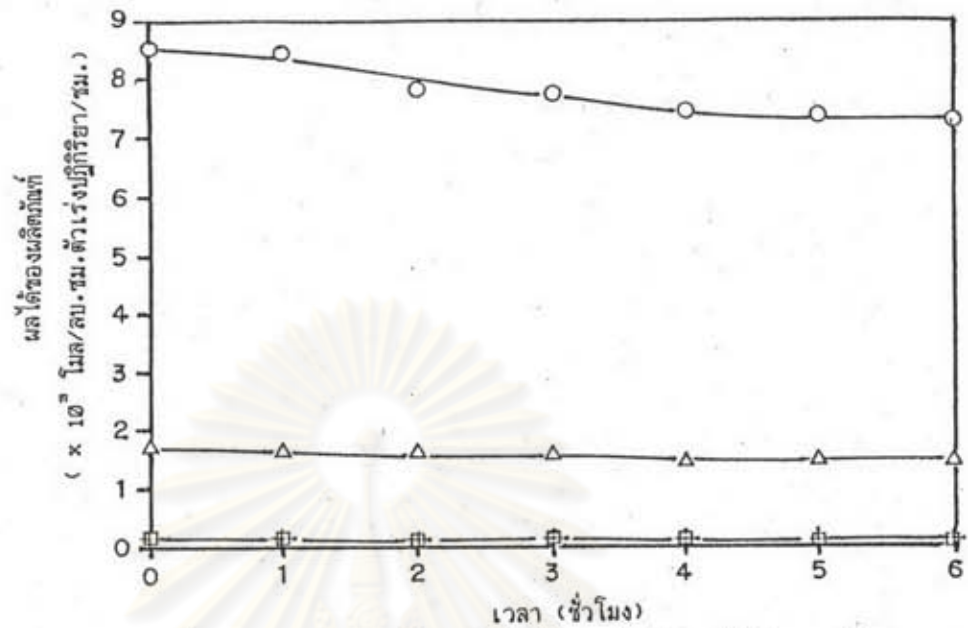
รูปที่ 4.12 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของ LPG + N<sub>2</sub> (20:80) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ  $5.2 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup>; □ มีเทน, ○ เอทิลีน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน



รูปที่ 4.13 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรเจเนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (20:80) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.4 × 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, + อีเทน, ◊ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน



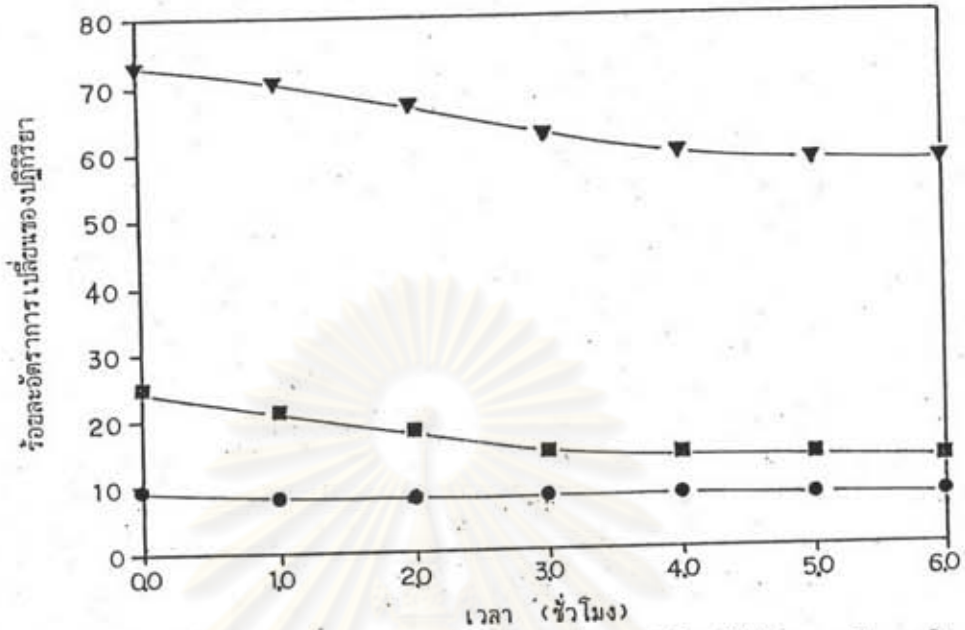
รูปที่ 4.14 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรเจเนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (40:60) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 × 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, + อีเทน, ◊ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน



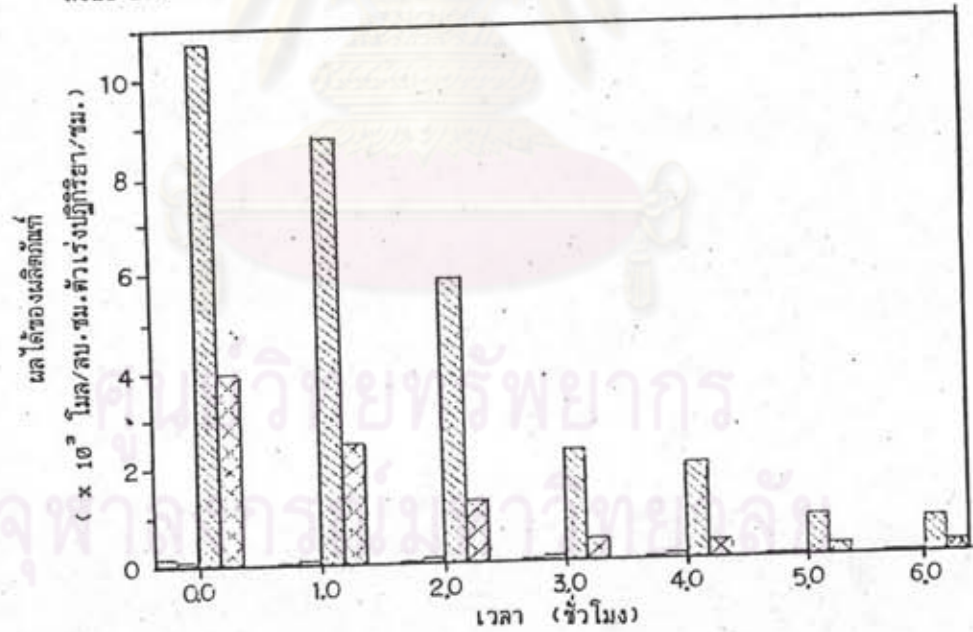
รูปที่ 4.15 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (50:50) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 × 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพีน, Δ บิวทีน



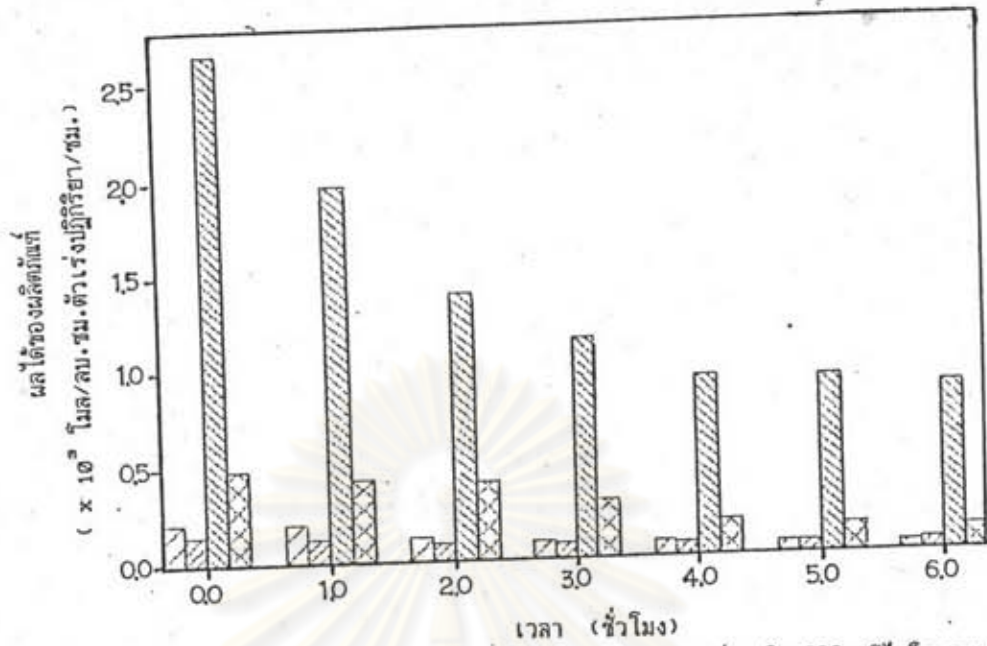
รูปที่ 4.16 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนชันของ LPG + H<sub>2</sub> (60:40) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ, ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 × 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพีน, Δ บิวทีน



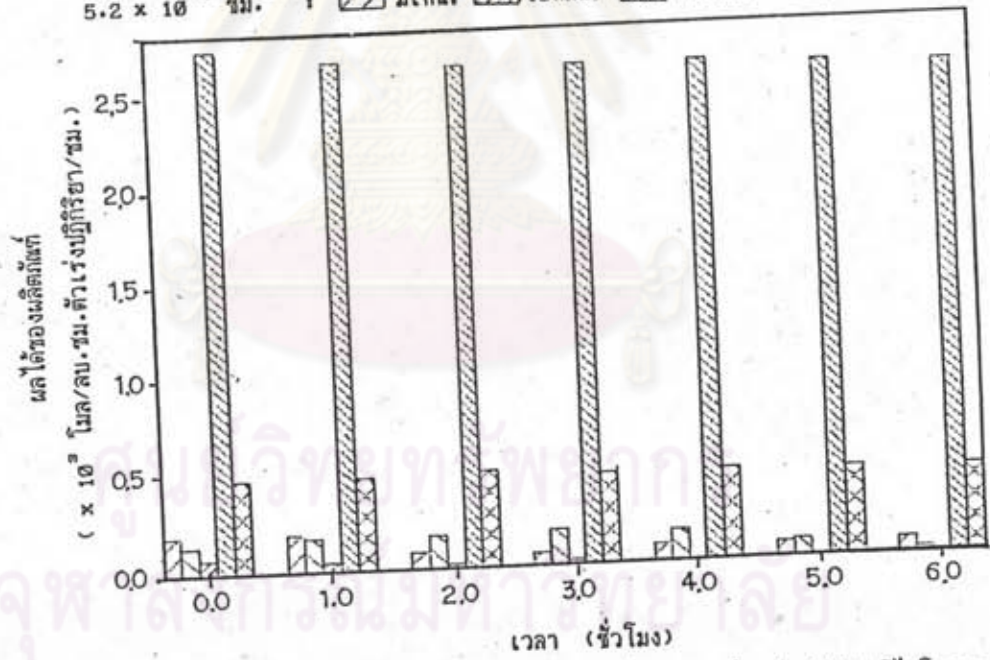
รูปที่ 4.17 แสดงร้อยละของอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนเนชันของแก๊สปิโตรเลียมเหลวกับสารทำให้เจือจาง เมื่อเวลาเปลี่ยนไป, อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ  $5.2 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> : ■ 100% LPG, ● 20% LPG + H<sub>2</sub>, ▼ 20% LPG + N<sub>2</sub>



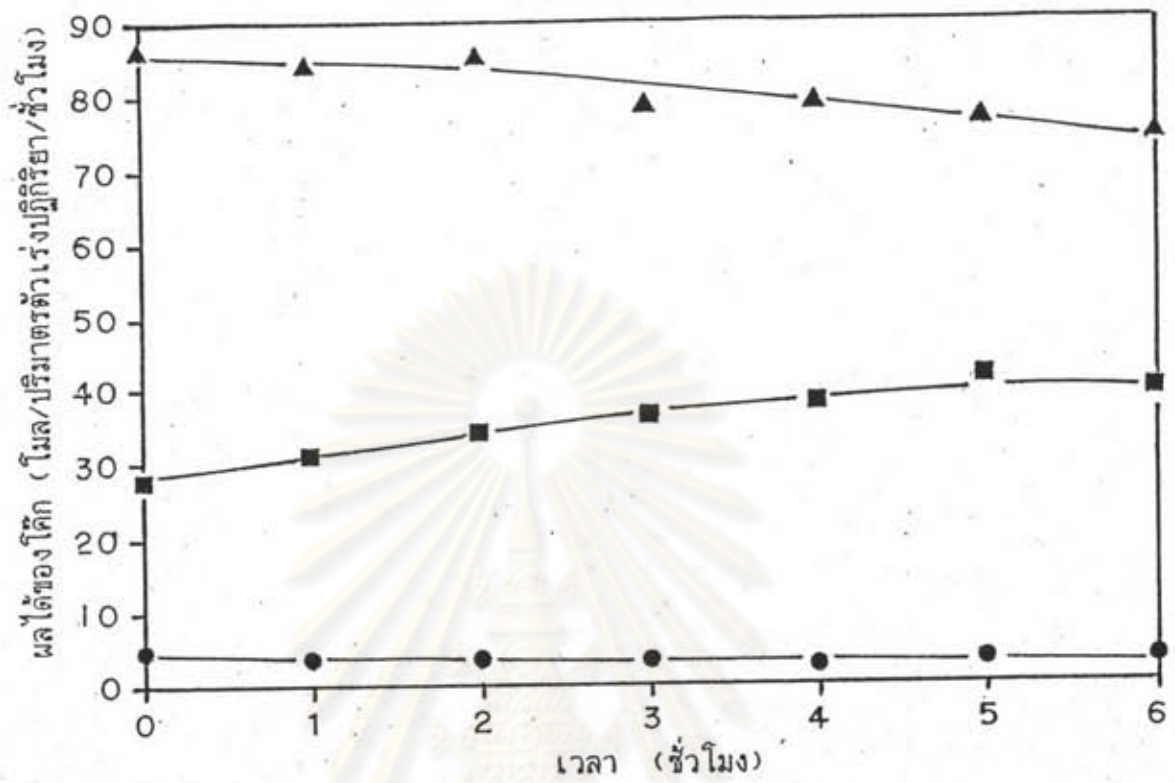
รูปที่ 4.18 แสดงการกระจายของผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนในปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนเนชันของแก๊สปิโตรเลียมเหลว เมื่อเวลาเปลี่ยนไป, อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ  $5.17 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> : ▨ มีเทน, ▤ อีเทน, ▩ โพรพีน, ▦ บิวทีน



รูปที่ 4.19 แสดงการกระจายของผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนในปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนเนชันของ 20 % LPG + N<sub>2</sub> เมื่อเวลาเปลี่ยนไป, อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.2 x 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> : มีเทน, เอทิลีน, โพรพิลีน, บิวทิลีน



รูปที่ 4.20 แสดงการกระจายของผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนในปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนเนชันของ 20 % LPG + H<sub>2</sub> เมื่อเวลาเปลี่ยนไป, อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.4 x 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> : มีเทน, อีเทน, โพรพิลีน, บิวทิลีน



รูปที่ 4.21 แสดงปริมาณโค้กในช่วงเวลา 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 550 °ซ ; ความเร็วเชิงสเปซ  $5.2 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; ■ LPG, ▲ LPG + N<sub>2</sub>, ● LPG + H<sub>2</sub>

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณของ โค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อใช้สารทำให้เจือจางต่างกัน

	20 % LPG + H <sub>2</sub>	20 % LPG + N <sub>2</sub>
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา	0.3041	0.3160
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา + แก้วควอตซ์	18.4882	18.6242
น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา + แก้วควอตซ์ + โฉก	18.4965	18.6790
ร้อยละของ โฉกบน ตัวเร่งปฏิกิริยา	2.7294	17.3418

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณผลได้ของ โฉกของทั้งสามระบบจากการทำสมดุลคาร์บอน

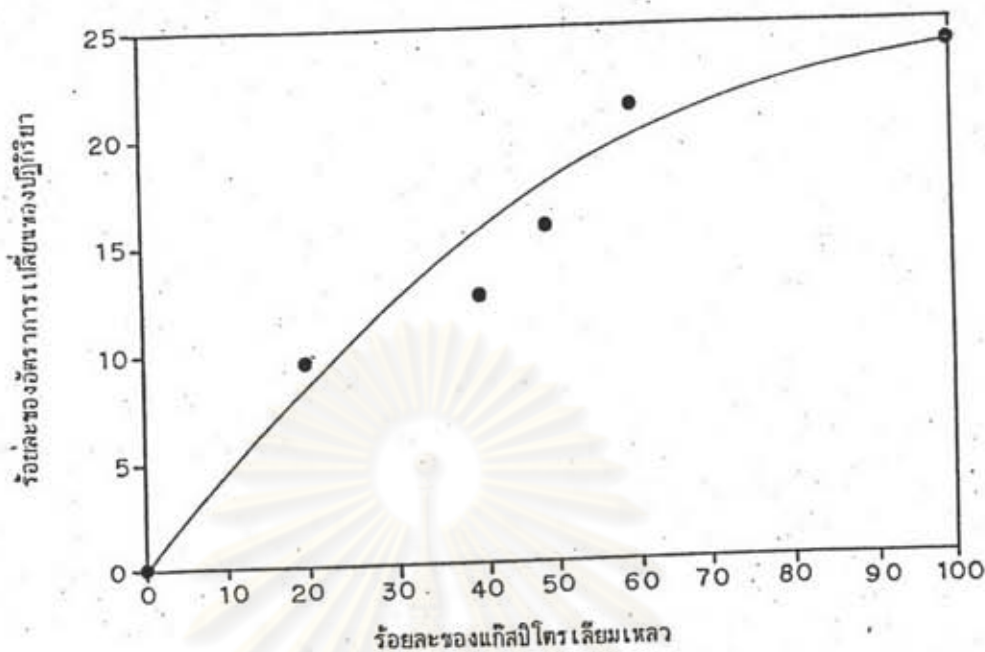
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณผลได้ของ โฉก (โมล/ลบ.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยา / ชั่วโมง)		
	LPG	LPG + N <sub>2</sub>	LPG + H <sub>2</sub>
0	27.713	86.246	4.598
1	31.003	84.205	3.449
2	34.176	85.369	3.428
3	36.448	78.484	3.115
4	38.011	78.766	2.417
5	41.524	76.487	3.083
6	39.696	74.231	3.292



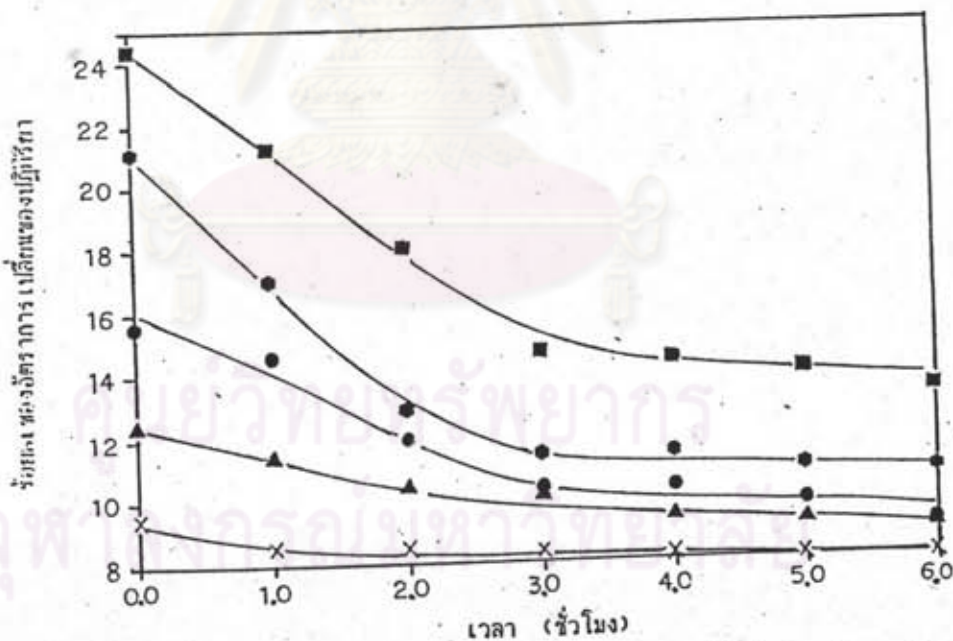
ตารางที่ 4.15 แสดงการเลือกของตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนเช่นเมื่อใช้ร้อยละของไฮโดรเจนต่างกัน  
อุณหภูมิ 550 °C ความเร็วเชิงสเปซ =  $5.21 \times 10^{-4}$  ชม.<sup>-1</sup> ; เบนซีน  $\text{Pt-Sn/Al}_2\text{O}_3$

LPG + H <sub>2</sub>	อัตราการเปลี่ยน ( % )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน				ผลได้ของผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอน *				อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC	
		มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	มีเทน	อีเทน	โพรพิลีน	บิวทิลีน		
20	9.72	1.4	2.11	53.71	12.99	29.79	205	146	2730	495	0.98
40	12.77	0.75	0.75	63.58	9.72	25.20	146	135	7860	921	0.93
50	15.90	0.0	0.73	56.57	15.23	27.47	136	120	8560	1708	0.90
60	21.59	0.64	0.0	44.11	19.18	36.07	110	74	9430	3118	0.88
100	24.68	0.0	0.0	42.38	20.88	36.74	109	101	10700	3929	0.60

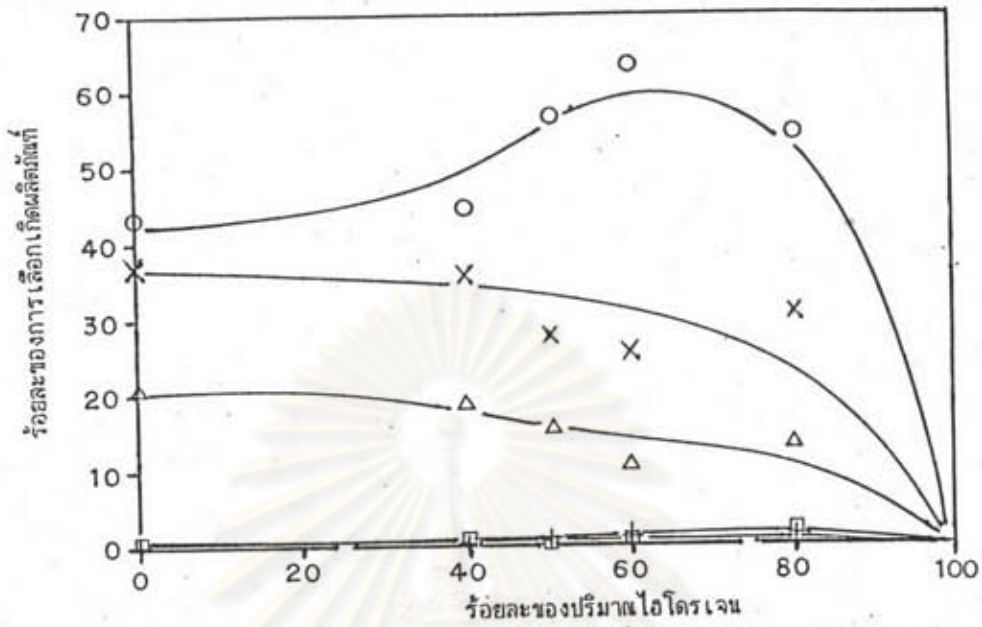
\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ. ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง



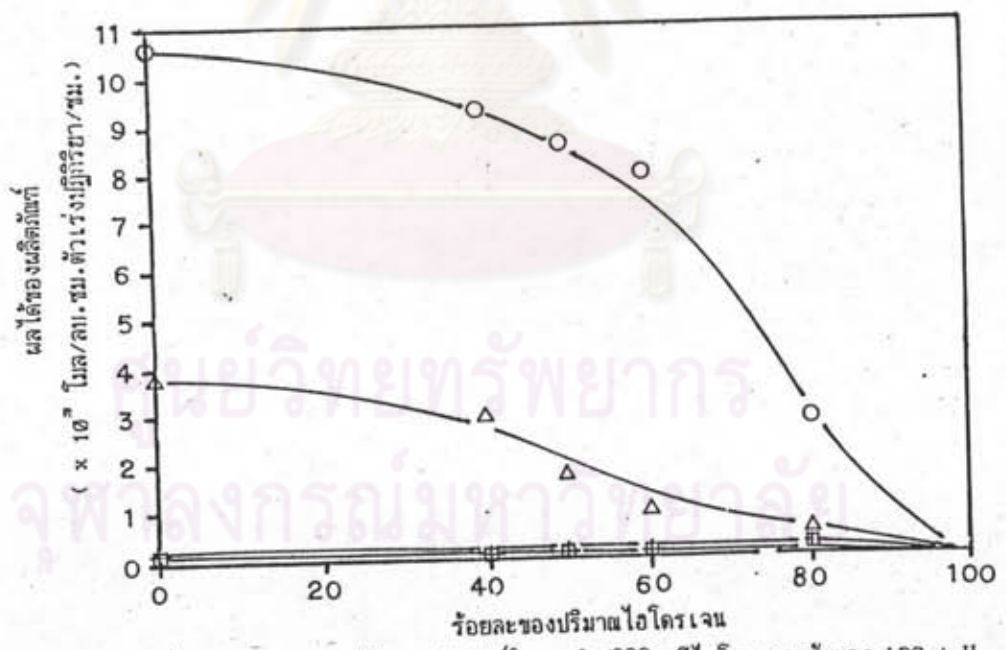
รูปที่ 4.22 แสดงร้อยละของอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนเนชันของแก๊สปิโตรเลียมเหลว เมื่อใช้ร้อยละของไอโคโรเจนต่างกัน, อุณหภูมิ 550°ซ. ความเร็วเชิงสเปซ  $5.21 \times 10^4 \text{ ชม.}^{-1}$



รูปที่ 4.23 แสดงร้อยละของอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาดีไอโคโรเจนเนชันของแก๊สปิโตรเลียมเหลวกับไอโคโรเจน เมื่อเวลาเปลี่ยนไป, อุณหภูมิ 550°ซ. : ■ 100% LPG, ● 60% LPG, ● 50% LPG, ▲ 40% LPG, × 20% LPG



รูปที่ 4.24 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนของ LPG + H<sub>2</sub> โดยมีปริมาณไฮโดรเจนต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 x 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน, x ดีก



รูปที่ 4.25 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนของ LPG + H<sub>2</sub> โดยมีปริมาณไฮโดรเจนต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 550 °ซ. ความเร็วเชิงสเปซ 5.21 x 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> ; □ มีเทน, + อีเทน, ○ โพรพิลีน, △ บิวทิลีน

#### 4.4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วเชิงสเปซต่อระบบของแก๊ส ปิโตรเลียมเหลวและไฮโดรเจนในการทำดีไฮโดรเจนเนชัน

ทำการทดลองโดยใช้เบดของตัวเร่งปฏิกิริยา Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> โดย  
ป้อนแก๊สปิโตรเลียมกับไฮโดรเจน(20:80) ทำการทดลองโดยให้ความเร็วเชิงสเปซคงที่ เท่ากับ  
 $7.49 \times 10^4 \text{ ชม.}^{-1}$  อุณหภูมิระหว่าง 450-650 °C ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.16  
และ รูปที่ 4.26, 4.28 และ 4.30 หลังจากนั้นทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิคงที่ 550 °C  
ความเร็วเชิงสเปซตั้งแต่  $4.09 \times 10^4 \text{ ชม.}^{-1}$  ถึง  $7.37 \times 10^4 \text{ ชม.}^{-1}$  ผลการทดลอง  
แสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.27, 4.29 และ 4.31 สภาวะในการทดลองขั้นตอนนี้จะ  
หลีกเลี่ยงปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลจึงใช้อุณหภูมิ 550 °C การใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้อัตราการเกิด  
ปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนเนชันจะน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิ ของการทำดีไฮโดรเจนชั้นของ แก๊สปิโตรเลียมเหลว และ ไฮโดรเจน (20:80)  
 ความเร็วเชิงสเปซ =  $7.49 \times 10^4$  ชม.<sup>-1</sup> ; เบดบรรจุ Pb-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

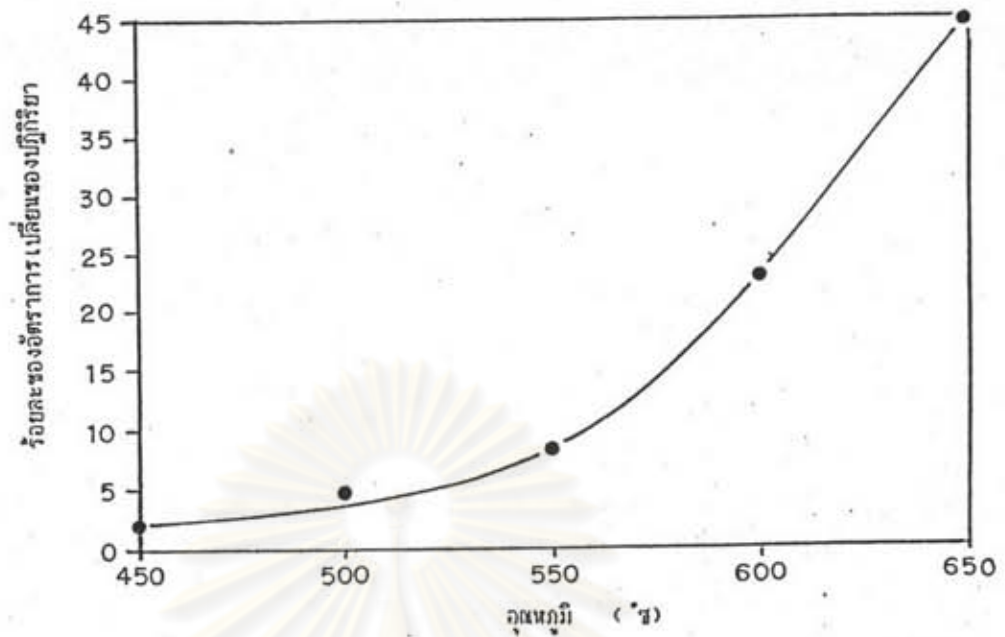
สิ่งป้อน	อุณหภูมิ (°C)	อัตราการเปลี่ยน (%)	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน						ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (STY) *					อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
			มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทีน	โคก	มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพีน	บิวทีน	
LPG + H <sub>2</sub>	450	1.95	0	2.57	0	60.83	22.28	14.32	2	99	0	1500	411	0.33
LPG + H <sub>2</sub>	500	4.73	0	1.63	0	62.62	17.08	18.67	1	80	0	2150	430	0.73
LPG + H <sub>2</sub>	550	8.19	0.76	1.52	0	59.14	14.41	24.17	110	85	0	2590	473	0.84
LPG + H <sub>2</sub>	600	22.89	3.72	7.43	0	52.02	11.15	25.68	2250	2290	100	11400	1915	1.36
LPG + H <sub>2</sub>	650	44.95	5.12	13.16	0	44.59	10.23	26.90	5010	6140	136	14300	2346	2.42

\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง

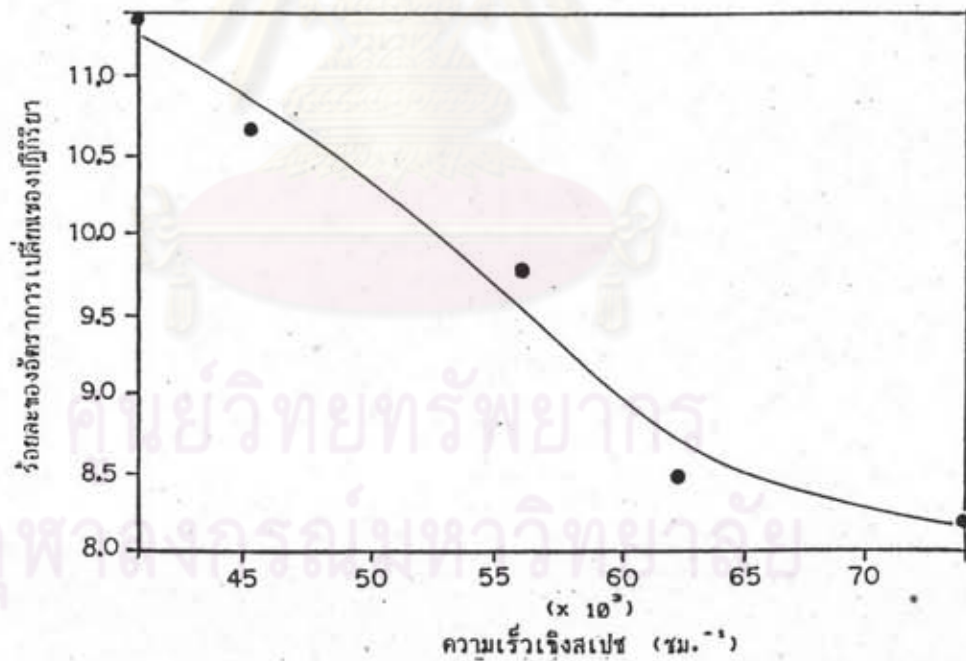
ตารางที่ 4.17 แสดงอิทธิพลของความเร็วจีงสเปซ ที่มีต่อ ปฏิกริยาดีไฮโดรเจนเนชัน ของแก๊สปิโตรเลียมเหลว และ ไฮโดรเจน (20:80),  
อุณหภูมิ 550 °C ; เบดบรรจุ Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

สิ่งป้อน	ความเร็วจีงสเปซ (ชม. <sup>-1</sup> )	อัตราการเปลี่ยน ( X )	ร้อยละของการเลือกเกิดไฮโดรคาร์บอน						ผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (STY) *					อัตราส่วน H <sub>2</sub> /HC
			มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	โลค	มีเทน	อีเทน	เอทิลีน	โพรพิลีน	บิวทิลีน	
LPG + H <sub>2</sub>	40891	11.36	1.38	2.06	7.57	47.46	10.31	31.22	268	184	651	2700	458	0.90
LPG + H <sub>2</sub>	45522	10.67	1.42	2.13	1.42	54.73	11.37	28.93	15	18	128	2670	413	0.90
LPG + H <sub>2</sub>	56074	9.78	2.17	2.16	1.44	55.59	10.83	27.81	279	143	98	2550	389	0.93
LPG + H <sub>2</sub>	62365	8.49	0.75	3.73	0	58.13	11.92	25.47	130	232	18	2580	392	0.87
LPG + H <sub>2</sub>	73672	8.19	0.76	1.52	0	59.14	14.40	24.18	110	85	0	2590	473	0.84

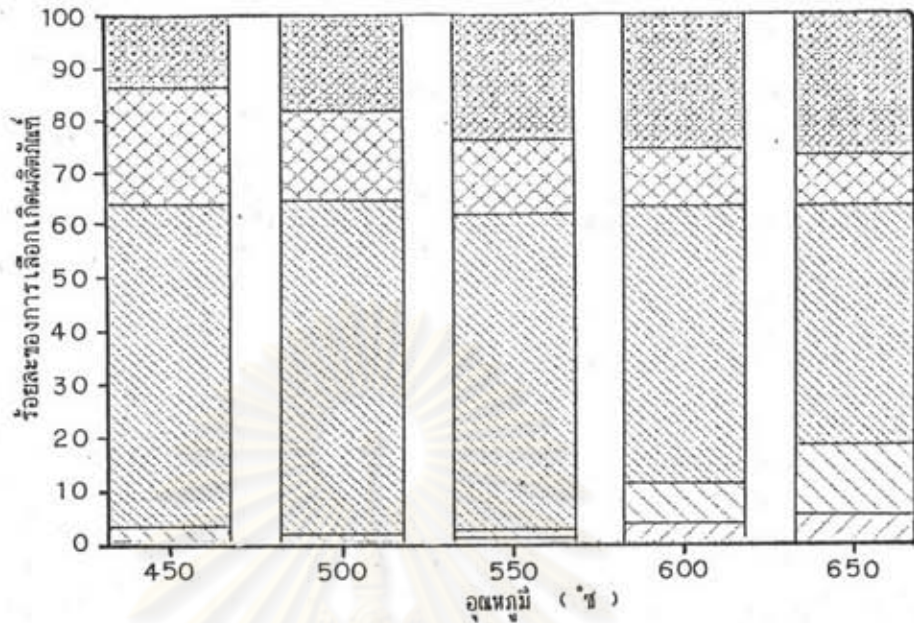
\* หน่วย โมลของผลิตภัณฑ์ต่อลบ.ชม. ของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง



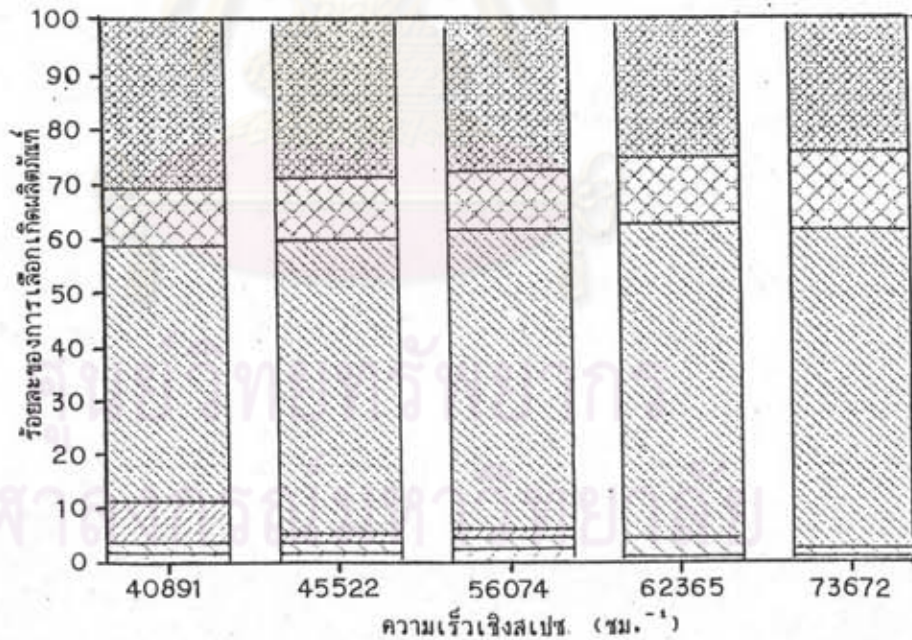
รูปที่ 4.26 แสดงร้อยละของอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาไดโอดเจนเนชันของแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง; ความเร็วเชิงสเปซ  $7.49 \times 10^4 \text{ ชม.}^{-1}$



รูปที่ 4.27 แสดงร้อยละของอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาไดโอดเจนเนชันของแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ เมื่อความเร็วเชิงสเปซเปลี่ยนแปลง; อุณหภูมิ 550 °C

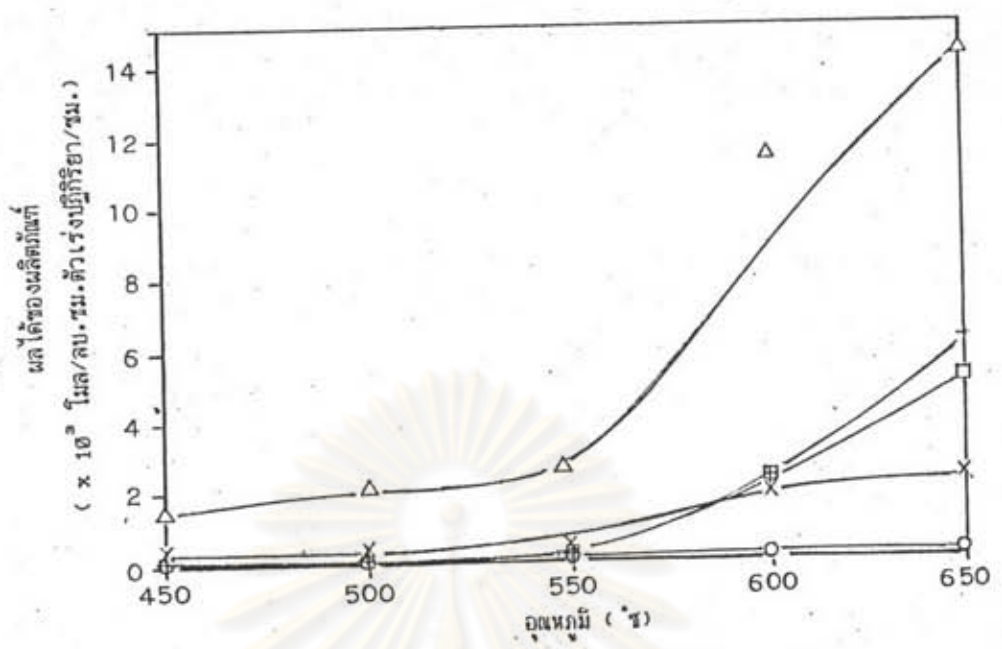


รูปที่ 4.28 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาดีไอโคโรเจเนชันของ  $20 \times \text{LPG} + \text{H}_2$  เมื่อออกซิเจนเปลี่ยนไป, ความเร็วเชิงสเปซ  $7.49 \times 10^4 \text{ ชม.}^{-1}$  :  
 มีเทน, อีเทน, เอทิลีน, โพรพีน, บิวทิลีน, เอทิลีน

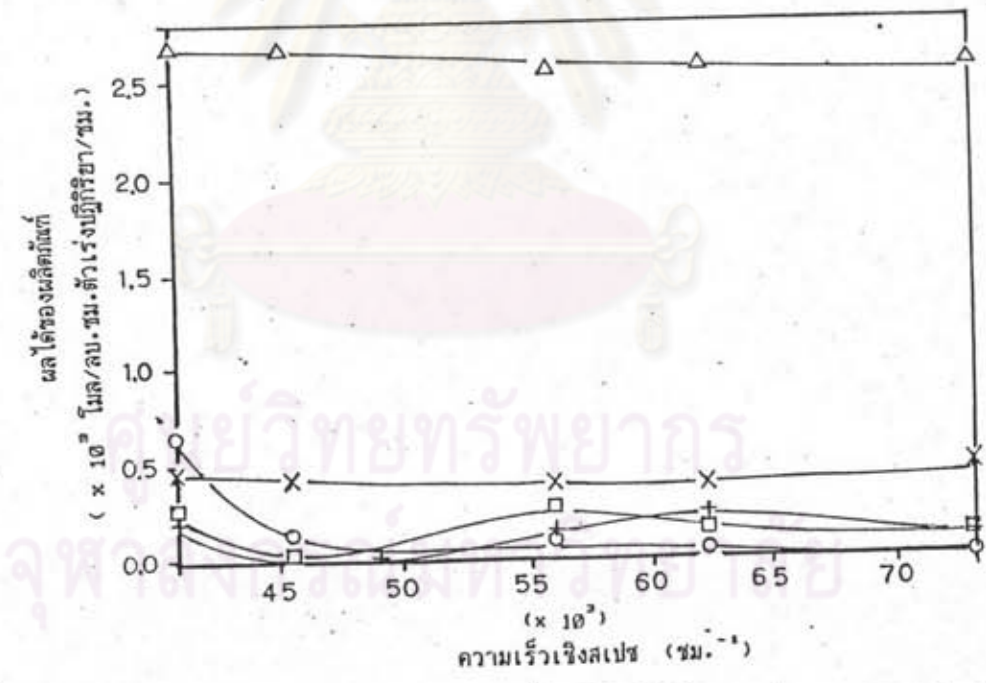


รูปที่ 4.29 แสดงร้อยละของการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาดีไอโคโรเจเนชันของ  $20 \times \text{LPG} + \text{H}_2$  เมื่อความเร็วเชิงสเปซเปลี่ยนไป, ออกซิเจน 550 % :  
 มีเทน, อีเทน, เอทิลีน, โพรพีน, บิวทิลีน, เอทิลีน





รูปที่ 4.30 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของ 20 % LPG + H<sub>2</sub> เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป, ความเร็วเชิงสเปซ 7.49 x 10<sup>4</sup> ชม.<sup>-1</sup> : □ มีเทน, + อีเทน, ○ เอทิลีน, Δ โพรพิลีน, × บิวทิลีน



รูปที่ 4.31 แสดงผลได้ของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของ 20 % LPG + H<sub>2</sub> เมื่อความเร็วเชิงสเปซเปลี่ยนไป, อุณหภูมิ 550 °ซ : □ มีเทน, + อีเทน, ○ เอทิลีน, Δ โพรพิลีน, × บิวทิลีน