



บทที่ 4

การทดลอง

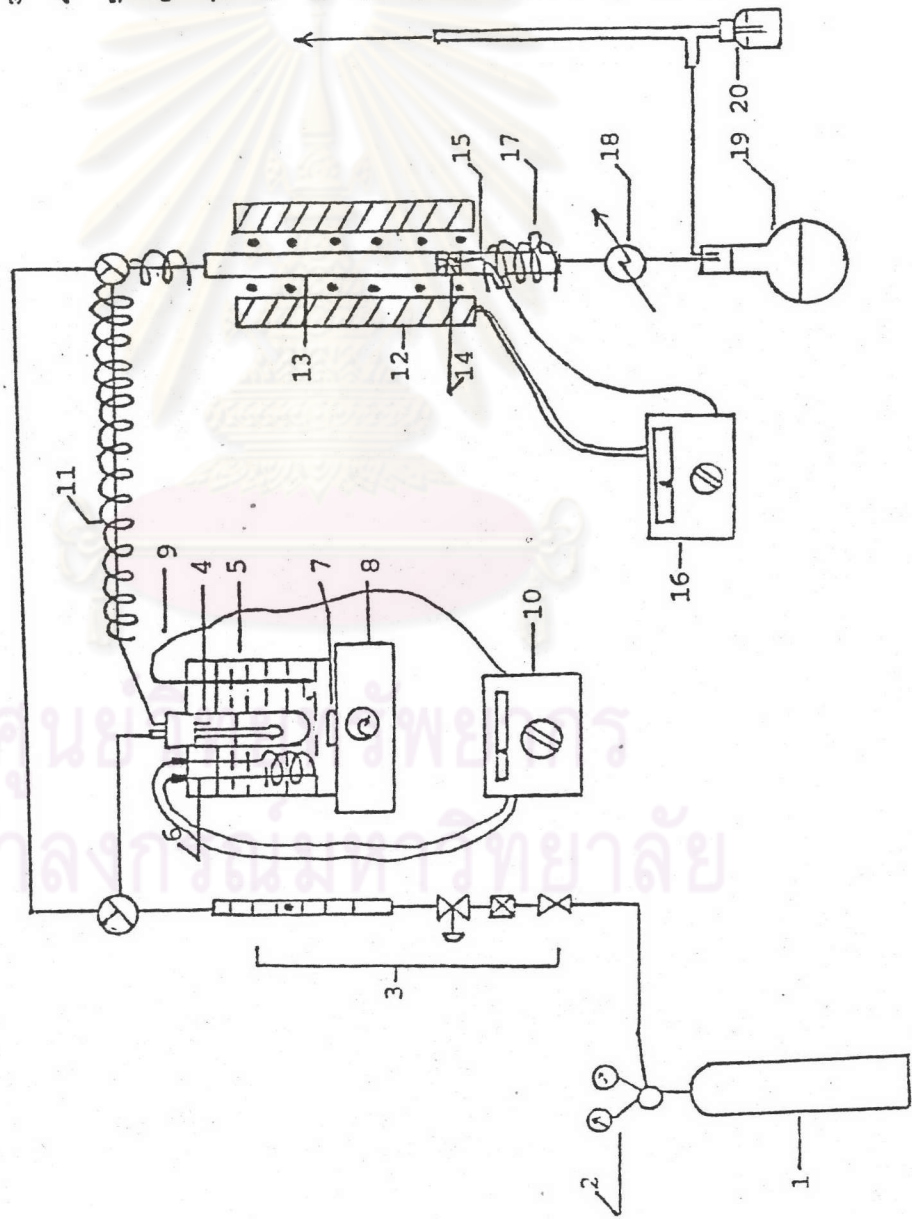
การทดลองทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ เราจำเป็นต้องสร้างเครื่องปฏิกรณ์เคมี (Chemical reactor) เล็ก ๆ ขึ้นมา เครื่องปฏิกรณ์เคมีมีมากมายหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป (11), (12), (13) แต่ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบเบดหยุดนิ่ง (fixed bed reactor) เนื่องจากสร้างได้ง่ายราคาถูก ใช้ในการทดสอบ และเป็นที่ยอมรับใช้กัน

4.1 เครื่องมือทำการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีส่วนประกอบดังรูปที่ 4.1 และมีหลักการทำงานดังนี้

แก๊สไนโตรเจน (N_2) เป็นแก๊สพาหะ (carrier gas) ไหลออกจากถัง (หมายเลข 1) ผ่านเครื่องควบคุมความดัน (pressure regulator) (หมายเลข 2) เข้าสู่ควบคุมการไหล (หมายเลข 3) ซึ่งประกอบด้วย วาล์วแบบเปิด-ปิด (on-off valve), ตัวกรองฝุ่น (dust filter), วาล์วเข็ม (needle valve) และเครื่องวัดอัตราการไหล (flow indicator) แก๊สไนโตรเจนจะผ่านวาล์ว 3 ทางไปยังหลอดแก้วที่บรรจุเอทานอล (หมายเลข 4) ซึ่งควบคุมความดันย่อยของไอเอทานอล โดยการควบคุมอุณหภูมิของเอทานอลด้วยอ่างน้ำ (water bath) (หมายเลข 5) แก๊สไนโตรเจนจะพาไอเอทานอลเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ (หมายเลข 13) ซึ่งอยู่ในเตาควบคุมอุณหภูมิ (หมายเลข 12) ท่อระหว่างหลอดแก้วที่บรรจุเอทานอล และเครื่องปฏิกรณ์นี้จะพันด้วยขดลวดความร้อน (หมายเลข 11) เพื่อป้องกันการกลั่นตัวของไอเอทานอล ไอเอทานอลจะทำปฏิกิริยาที่เบดของตัวเร่งปฏิกิริยา (หมายเลข 14) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะออกมาทางด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ ผ่านจุดสำหรับเก็บตัวอย่างแก๊สเพื่อนำไปวิเคราะห์ และผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลแบบฟองสบู่ (bubble flow meter) (หมายเลข 20)

1. ถังแก๊สไนโตรเจน
2. เครื่องควบคุมความดัน
3. เครื่องควบคุมอัตราการไหล
4. หอตแก้วที่บรรจุสาร
5. อ่างควบคุมอุณหภูมิด้วยน้ำ
6. ขดลวดให้ความร้อน
7. แท่งกวนแบบแม่เหล็ก
8. เครื่องควบคุมการกวนแม่เหล็ก
- 9.15 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)
- 10.16 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิด
11. ท่อผู้ช่วยขดลวดความร้อน
12. เต้าปฏิกิริยา
13. เครื่องปฏิกรณ์
14. รั้วเบตของตัวเร่งปฏิกิริยา
15. ชุดเก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์
16. เครื่องควบคุม
17. ขวดเก็บผลิตภัณฑ์เหลว
20. เครื่องวัดอัตราการไหลแบบฟองอากาศ

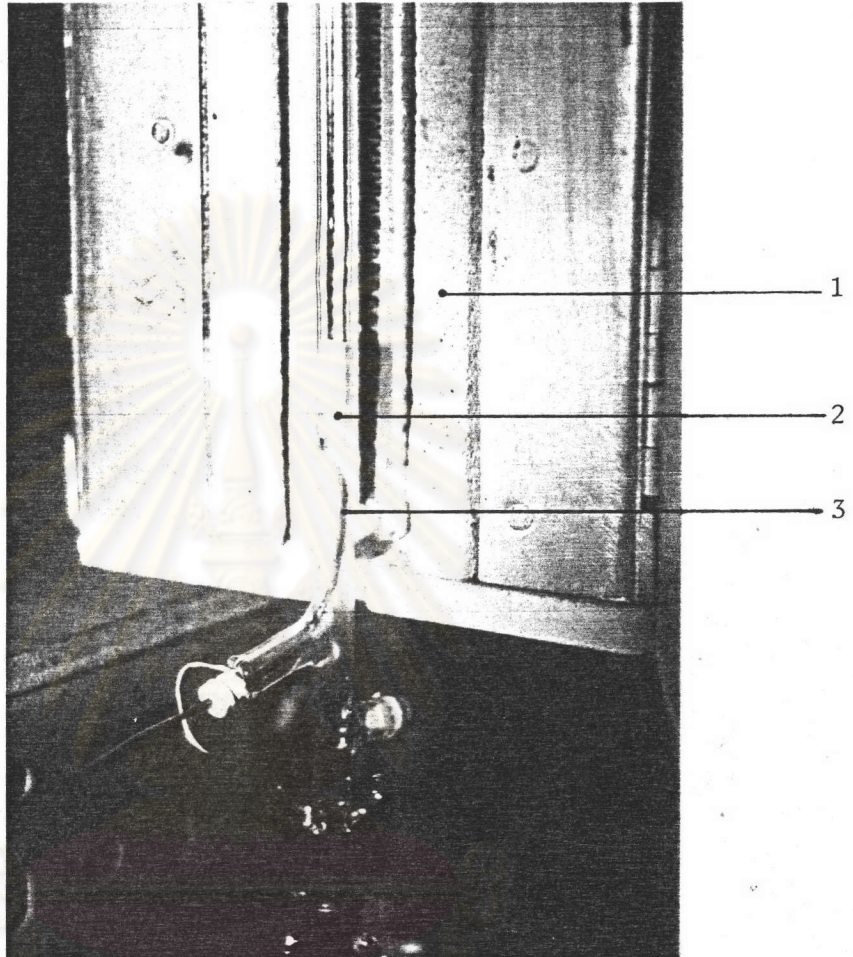


โดยเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็ก (micro reactor)

รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพ เครื่องมือทดลองปฏิกิริยา

4.1.1 เครื่องปฏิกรณ์เคมี (chemical reactor)

รูปที่ 4.2 แสดงภาพของเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทำด้วยแก้วไพเรกซ์ (pyrex)

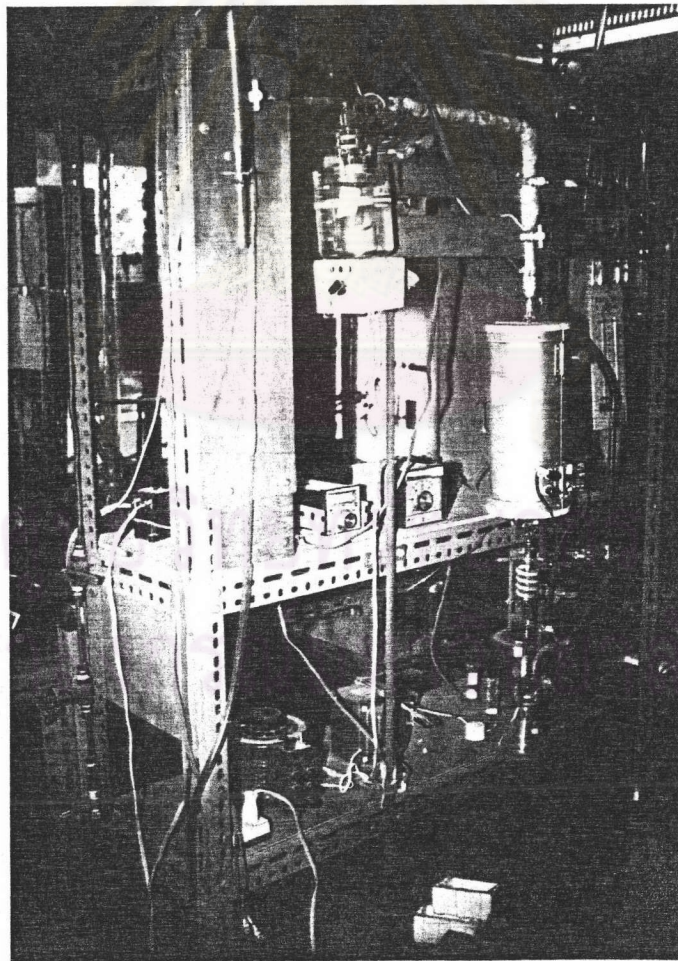


จากรูป หมายเลข (1) คือเตาควบคุมอุณหภูมิที่ต่อเข้ากับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และหม้อแปลงไฟฟ้าที่ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ (variac) หมายเลข (2) คือเครื่องปฏิกรณ์ทำด้วยแท่งแก้วไพเรกซ์ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 มิลลิเมตร ความยาว 35 เซนติเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร ภายในเครื่องปฏิกรณ์จะมีบ่าเป็นที่รองรับใยแก้วและตัวเร่งปฏิกิริยา หมายเลข (3) เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิ ซึ่งใช้ในที่นี้คือ เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ชนิด K วัดอุณหภูมิภายในเบดและผิวผนังภายในเครื่องปฏิกรณ์

4.1.2 เครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณและคุณภาพแก๊ส

เครื่องมือวิเคราะห์แก๊สในที่นี้ ใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีของบริษัท

รูปที่ 4.3 แสดงภาพของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี



รูปที่ 4.4 แสดงภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

GOW-MAC รุ่น series 150 ดังแสดงในรูปที่ 4.3 คอลัมน์ที่ใช้แยกแก๊สคือ 20% DC-200 on Chromosorp P (80/100)

สภาวะการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงสภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

ชนิดของตัวตรวจ	FID
ชนิดของคอลัมน์	20% DC-200 on Chromosorp-P (80/100)
ขนาดและความยาวของคอลัมน์	1/8" x 1.1 m (SS)
ชนิดของแก๊สพาหะ	ไนโตรเจน
อัตราการไหลของแก๊สตัวพา (ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที)	30
ขนาดของสารตัวอย่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	1
อุณหภูมิตัวฉีด (injector) (องศาเซลเซียส)	120
อุณหภูมิคอลัมน์ (องศาเซลเซียส)	60

4.2 สภาวะการทดลอง

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่สนใจคือ ไดเอทิลอีเทอร์ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการขจัดน้ำ (Dehydration reaction) ที่อุณหภูมิไม่สูงนัก ดังนั้นจึงเลือกทำการ

ทดลองอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 125 - 250 °ซ ใช้ความเร็วเชิงสเปซในช่วง 4000 - 10,000 ต่อชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เลือกใช้คือ

1. ZSM - 5 ของบริษัท โมบินออยล์ จำกัด
2. ซีโอไลท์ชนิด HY - Zeolite
3. วาเนโดซิลิเกต 3200 (Si/V 3200)
4. วาเนโดซิลิเกต 90 (Si/V 90)
5. อะลูมิโนซิลิเกต 3200 (Si/V 3200)
6. อะลูมินา ของบริษัท Harshaw

ตัวเร่งปฏิกิริยาหมายเลข 3 , 4 , 5 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นโดย รศ.ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม แห่งห้องปฏิบัติการแคทาลิซิส ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รายละเอียดของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ ดูได้ที่ภาคผนวก ค

4.3 วิธีทดลอง

1. บรรจุตัวเร่งปฏิกิริยาที่ต้องการทำการทดสอบลงในเครื่องปฏิกรณ์ ขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 100-150 เมช (mesh) ตามระบบ Tyler ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 0.21 กรัม

2. ปริมาณความดันของแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ให้แก๊สไนโตรเจนผ่านส่วนควบคุมการไหล

3. วัดอัตราการไหลโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบฟองอากาศ ให้ได้อัตราการไหลที่ต้องการ

4. ให้ความร้อนแก่เครื่องปฏิกรณ์ โดยให้เพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิที่ต้องการด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 20 องศาเซนเซียสต่อนาที เมื่อถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิคงที่ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิโดยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ เปิด-ปิด (on-off temperature controller)

5. ในขณะที่เดียวกันเปิดขดลวดความร้อนที่ตำแหน่งหมายเลข 1 และ 17 ของรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นเครื่องกวนแบบแท่งแม่เหล็กและเครื่องควบคุมอุณหภูมิของอ่างน้ำ

6. ปรับความดันย่อยของเอทานอลให้ได้ตามต้องการ และคำนวณความดันย่อยของเอทานอลโดยใช้สมการของ Antony (18) คือ

$$\text{Log } P = A - \frac{B}{t - C}$$

โดย P = ความดันไอของเอทานอล , มิลลิเมตรปรอท

t = อุณหภูมิ , เคลวิน

A, B, C = ค่าคงที่เท่ากับ 18.9119 , 3803.98 , -41.68 ตามลำดับ

7. เริ่มต้นทำการทดลอง โดยปรับวาล์ว 3 ทาง ทั้ง 2 ตัว ให้แก๊สไนโตรเจน ไหลผ่านหลอดแก้วที่บรรจุเอทานอล เพื่อพาเอทานอลเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์

8. เก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์แก๊สทุก 1 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วย เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี โดยเก็บตัวอย่างแก๊สครึ่งละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.4 ผลการทดลอง

จากการทดลอง คำนวณหาค่าร้อยละของคาร์บอน (carbon percent) ในสารผลิตภัณฑ์ที่นำมาวิเคราะห์ โดยสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วย เอทานอล , เอทิลีน และไดเอทิลอีเทอร์ ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.3.1 ถึงตารางที่ 4.3.24

ตารางที่ 4.3.1 ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ความเร็วเชิงสเปซ 4000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
125	-	11.49	86.20	13.79	100.
150	-	45.98	51.72	48.27	100.
175	13.79	51.72	34.48	65.52	78.94
200	77.01	20.69	0.92	99.08	20.88

ตารางที่ 4.3.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ความเร็วเชิงสเปซ 6000 ต่อชั่วโมง

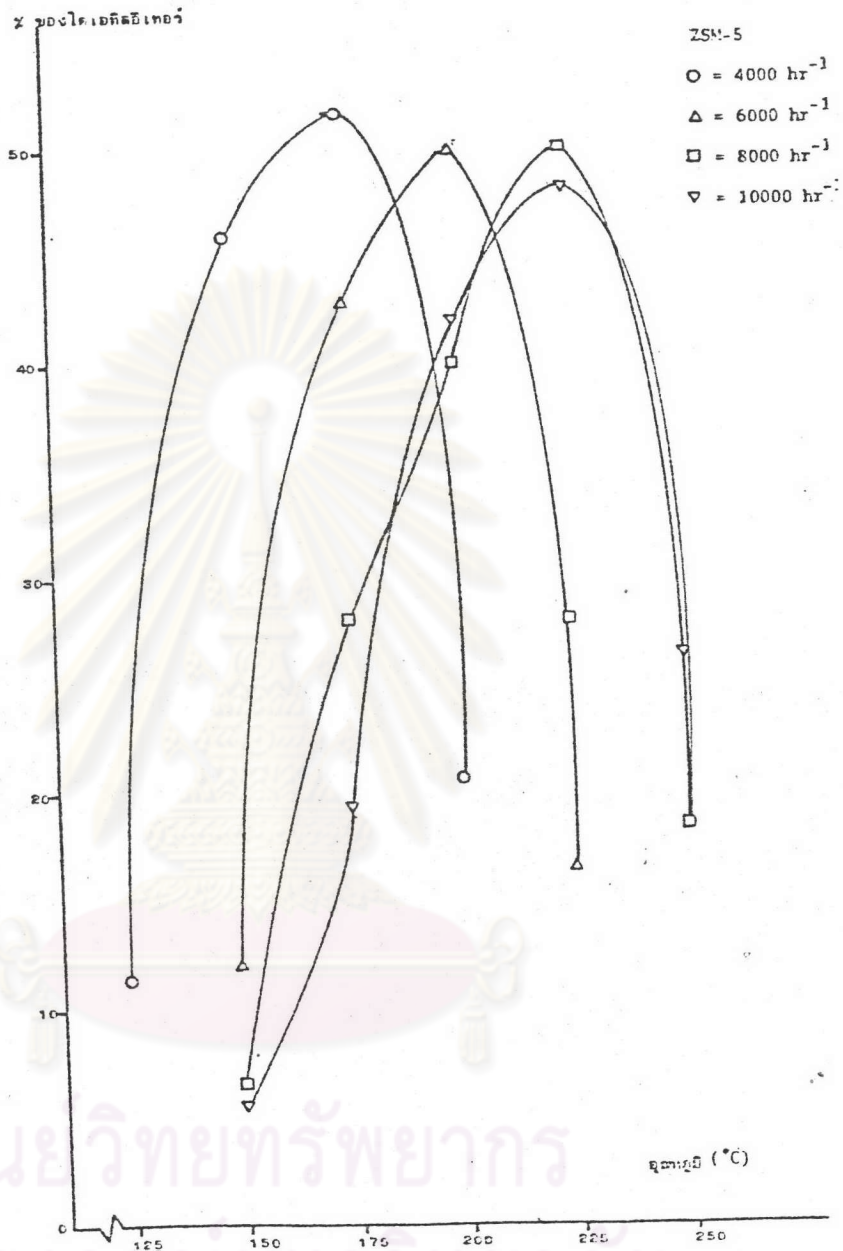
อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	12.09	87.91	12.09	100.
175	1.10	42.86	56.04	43.96	97.50
200	30.77	50.0	18.68	81.32	61.48
225	72.52	16.48	9.89	90.11	18.29

ตารางที่ 4.3.3 ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ความเร็วเชิงสเปซ 8000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	6.38	93.62	6.38	100.
175	-	28.09	69.10	30.90	100.
200	6.74	39.88	53.93	46.07	86.56
225	38.29	50.0	11.70	88.30	56.62
250	67.41	18.54	12.36	87.64	21.15

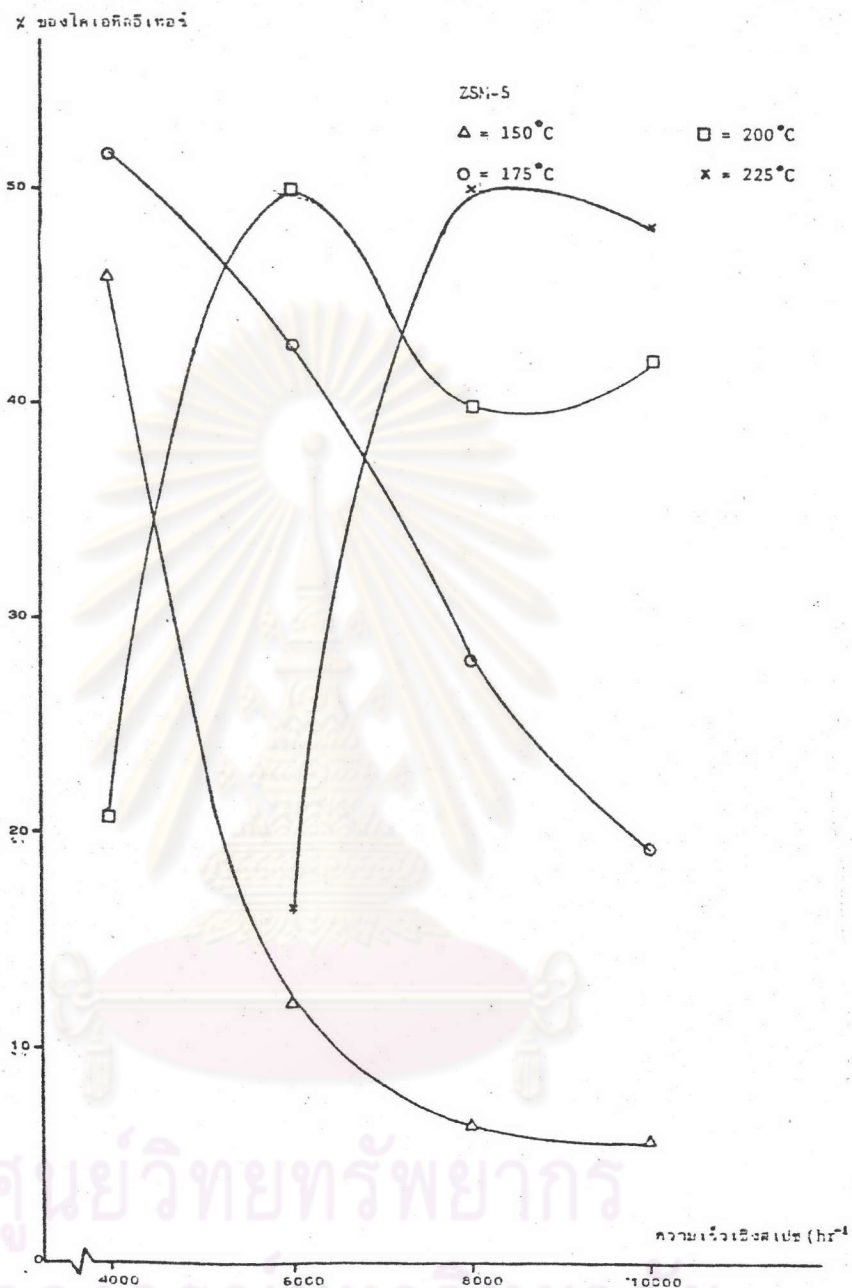
ตารางที่ 4.3.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ความเร็วเชิงสเปซ 10000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	5.62	93.26	6.74	100.
175	-	19.38	78.65	21.35	100.
200	3.37	42.13	53.93	46.07	91.45
225	13.48	48.31	37.08	62.92	76.78
250	44.94	26.40	26.97	73.03	36.15



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณไดเอทิลอีเทอร์จากตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5



รูปที่ 4.6 ผลของความเร็วเชิงสเปซที่มีต่อปริมาณไดเอทิลอีเทอร์
จากตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5

ตารางที่ 4.3.5 ตัวเร่งปฏิกิริยา ซีโอไลท์ ความเร็วเชิงสเปซ 4000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	11.18	88.24	11.76	100.
175	-	35.29	63.53	36.47	100.
200	10.0	48.82	41.18	58.82	83.0
225	28.82	45.88	25.29	74.70	61.41

ตารางที่ 4.3.6 ตัวเร่งปฏิกิริยา ซีโอไลท์ ความเร็วเชิงสเปซ 6000 ต่อชั่วโมง

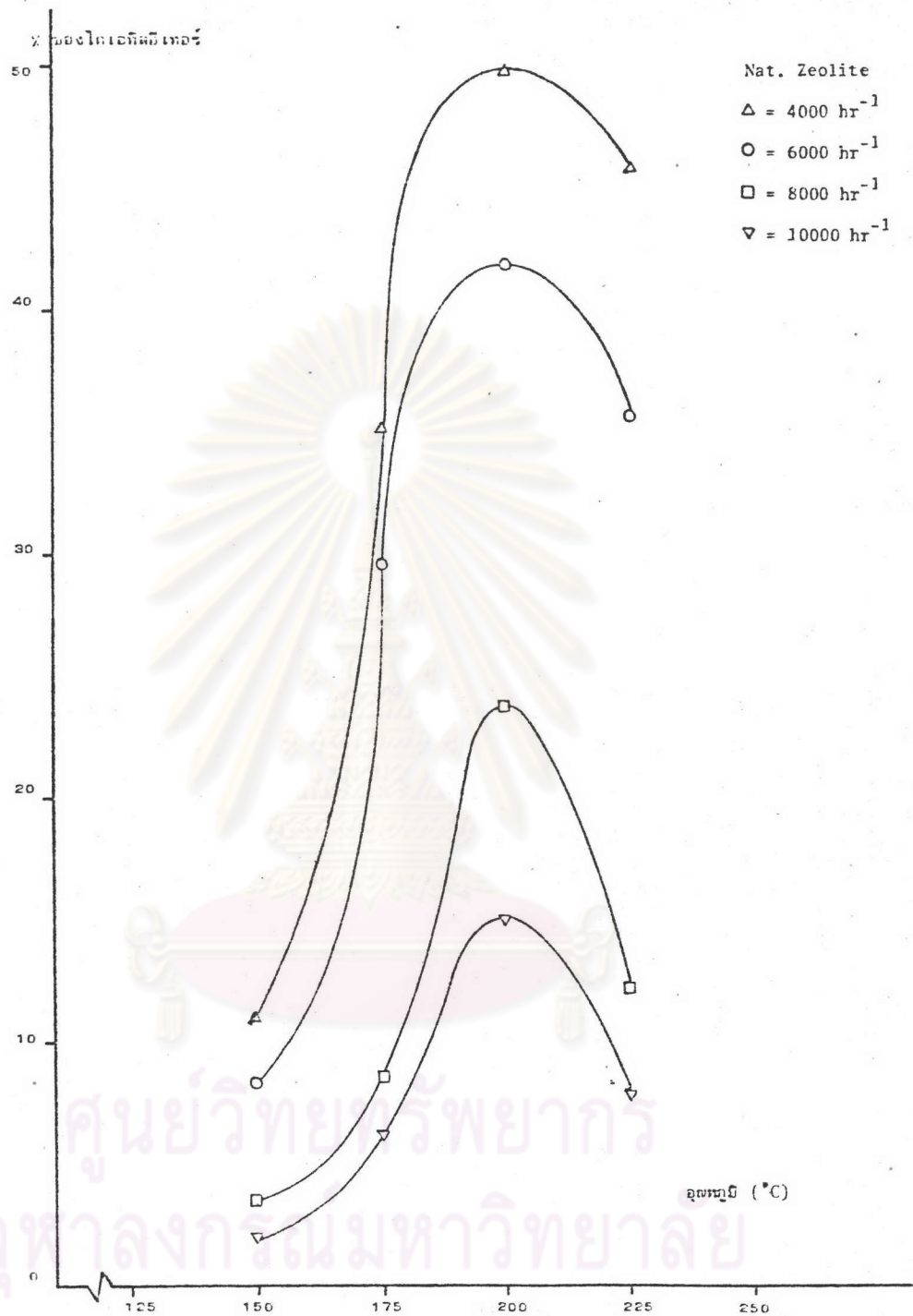
อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	8.38	91.10	8.90	100.
175	-	29.58	69.63	30.37	100.
200	6.54	41.88	50.26	49.73	84.20
225	32.46	35.60	31.94	68.06	52.31

ตารางที่ 4.3.7 ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลท์ ความเร็วเชิงเปซ 8000 ต่อชั่วโมง

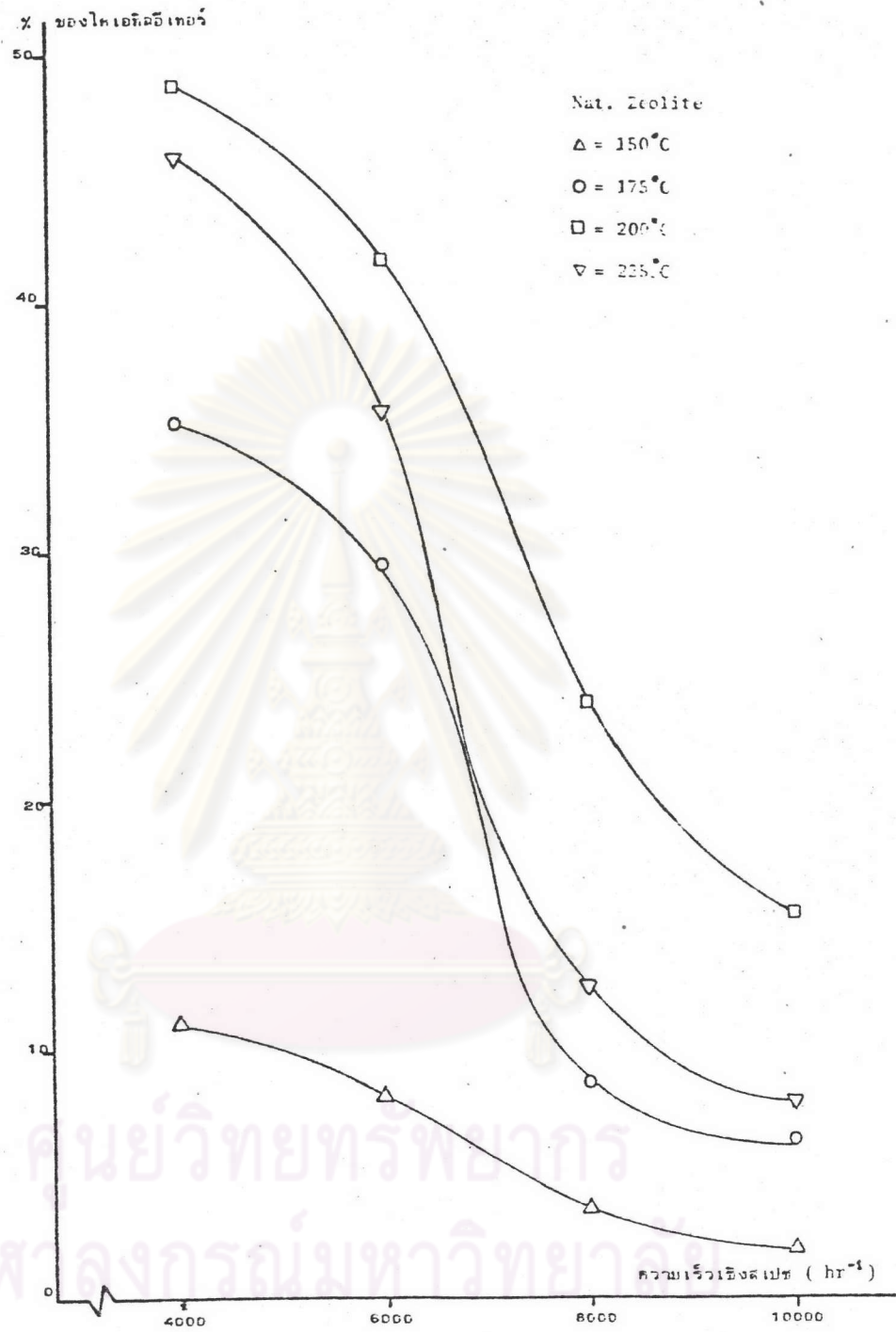
อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	3.57	95.92	4.08	100.
175	-	8.67	89.28	10.71	100.
200	5.10	23.98	70.41	29.59	81.04
225	33.67	12.24	52.04	47.96	25.52

ตารางที่ 4.3.8 ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลท์ ความเร็วเชิงสเปซ 10000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	1.97	97.75	2.25	100.
175	-	6.18	93.26	6.74	100.
200	6.74	15.45	77.52	22.47	68.73
225	23.60	7.86	68.54	31.46	24.98



รูปที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณ ไดเอทิลแอลกอฮอล์ จากตัวเร่งปฏิกิริยา HY-Zeolite



รูปที่ 4.8 ผลของความเร็วจเชิงสเปซที่มีต่อปริมาณไดเอทิลอีเทอร์ จากตัวเร่งปฏิกิริยา HY-Zeolite



ตารางที่ 4.3.9 วานโดซิลิเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 400๒ ต่อชั่วโมง

อนุกรม	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
125	1.58	24.21	73.68	26.32	93.87
150	3.68	46.84	49.47	50.53	92.70
175	80.53	12.10	7.37	92.63	13.06

ตารางที่ 4.3.10 วานโดซิลิเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 600๒ ต่อชั่วโมง

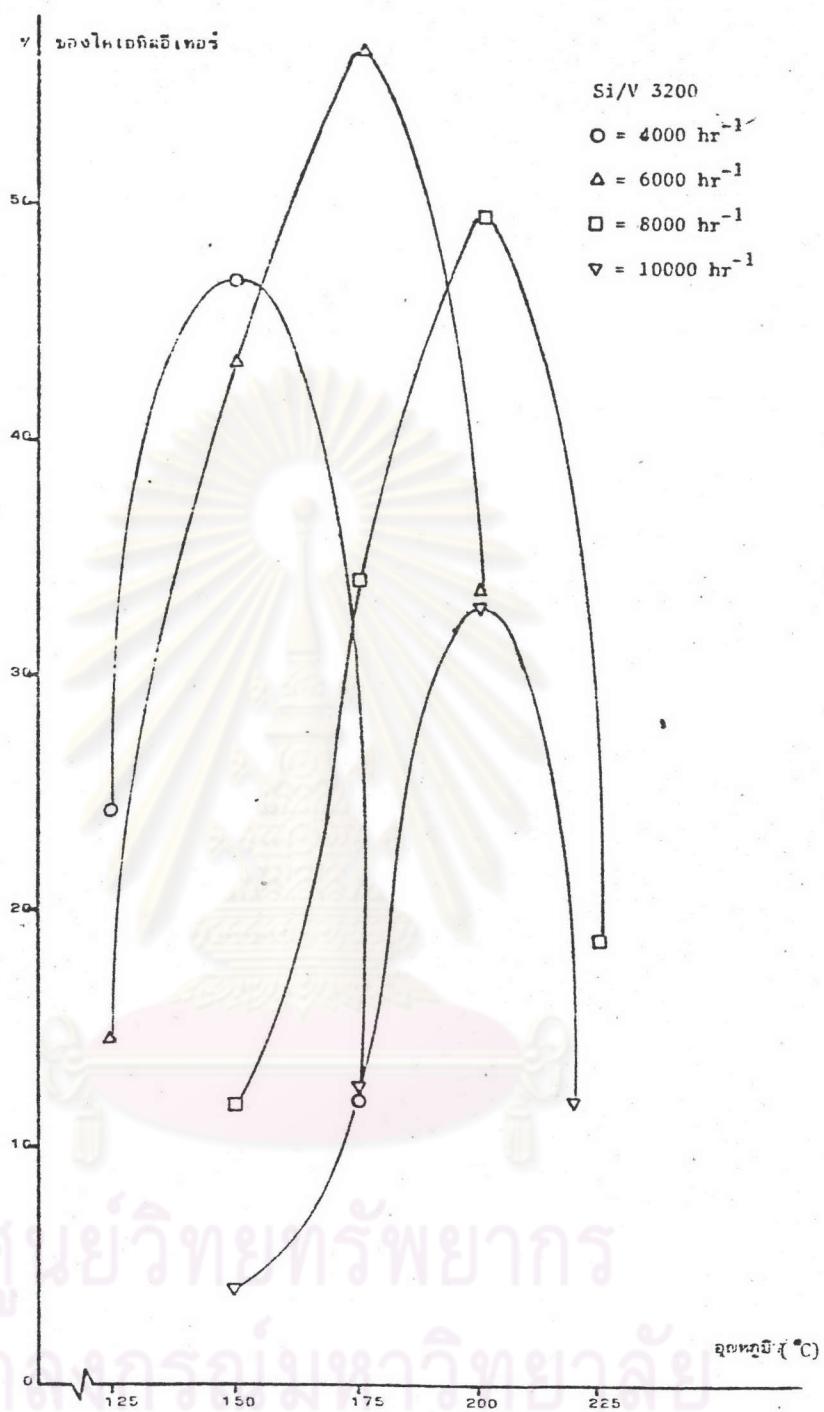
อนุกรม	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
125	-	14.67	84.78	15.22	100.
150	0.54	43.48	55.43	44.56	97.55
175	13.04	56.52	29.35	70.65	80.00
200	44.56	33.69	20.11	79.89	42.17

ตารางที่ 4.3.11 ภาวะโคชิซิลิกเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 8000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	11.76	87.06	12.94	100.
175	-	34.12	64.12	35.88	100.
200	15.29	49.41	32.94	67.06	73.68
225	51.76	18.82	29.42	70.59	26.66

ตารางที่ 4.3.12 ภาวะโคชิซิลิกเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 10000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	4.19	92.35	5.99	100.
175	-	12.57	86.22	13.77	100.
200	4.79	32.93	62.28	37.72	87.30
225	47.90	11.98	39.52	60.48	19.81



รูปที่ 4.9 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณไดเอทิลอีเทอร์จากตัวเร่งปฏิกิริยา
Si/V 3200



รูปที่ 4.10 ผลของความเร็วจเชิงสเปซที่มีต่อปริมาณไดเอทิลอีเทอร์ จากตัวเร่งปฏิกิริยา Si/V 3200

ตารางที่ 4.3.13 วาเนโคซิลิเกต 90 ความเร็วเชิงสเปซ 4000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
125	-	16.80	81.69	18.40	100.
150	-	27.60	72.00	28.88	100.
175	12.80	37.20	49.60	50.40	73.81
200	92.80	2.40	4.80	95.20	2.52

ตารางที่ 4.3.14 วานาโคซิลิเกต 90 ความเร็วเชิงสเปซ 6000 ต่อชั่วโมง

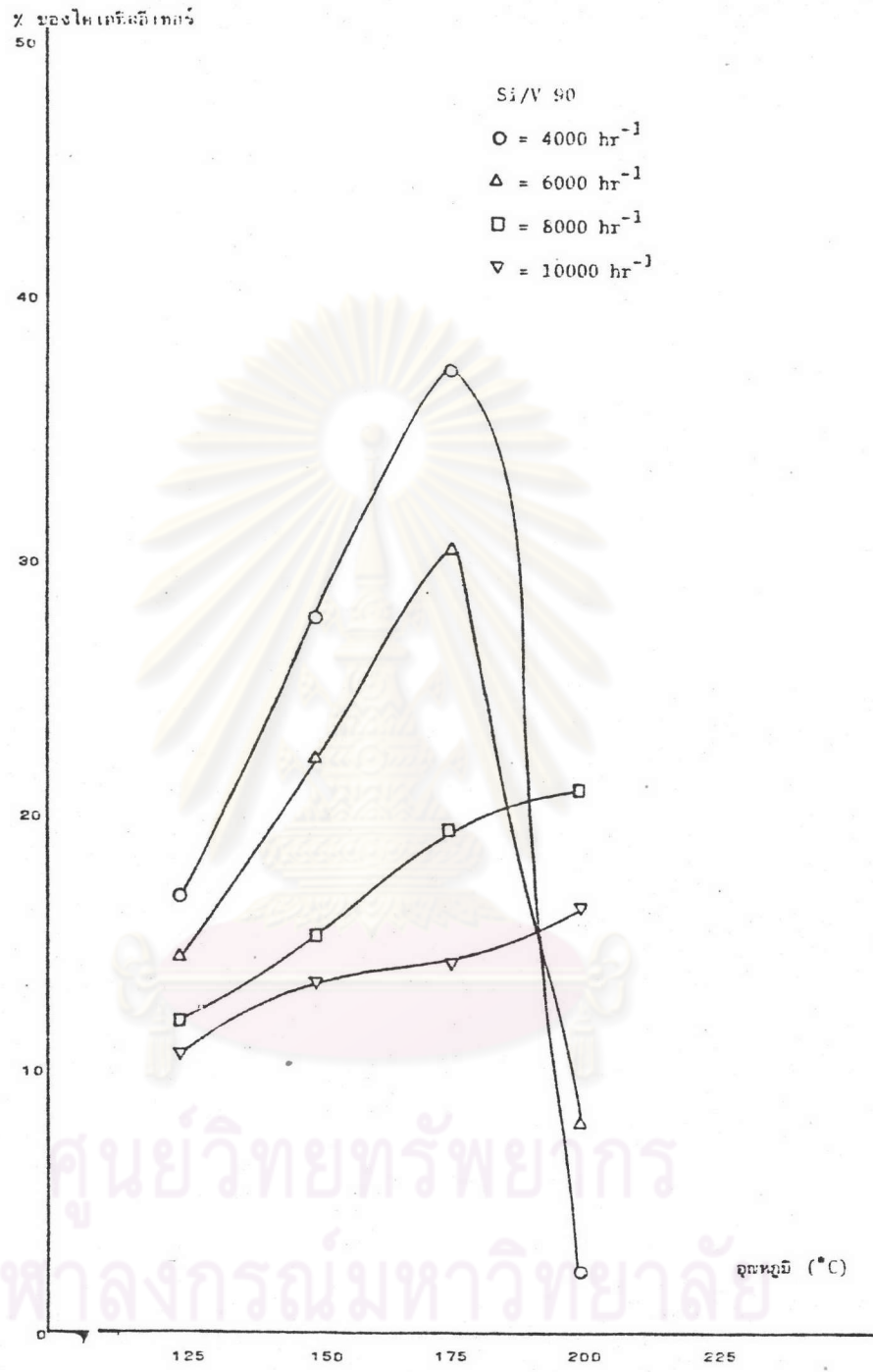
อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
125	-	14.60	84.67	15.32	100.
150	-	22.26	77.37	22.62	100.
175	11.68	32.12	55.47	44.52	72.13
200	72.99	8.03	17.52	82.48	9.74

ตารางที่ 4.3.15 วานโคซิลีเกต 90 ความเร็วเชิงสเปซ 8000 ต่อชั่วโมง

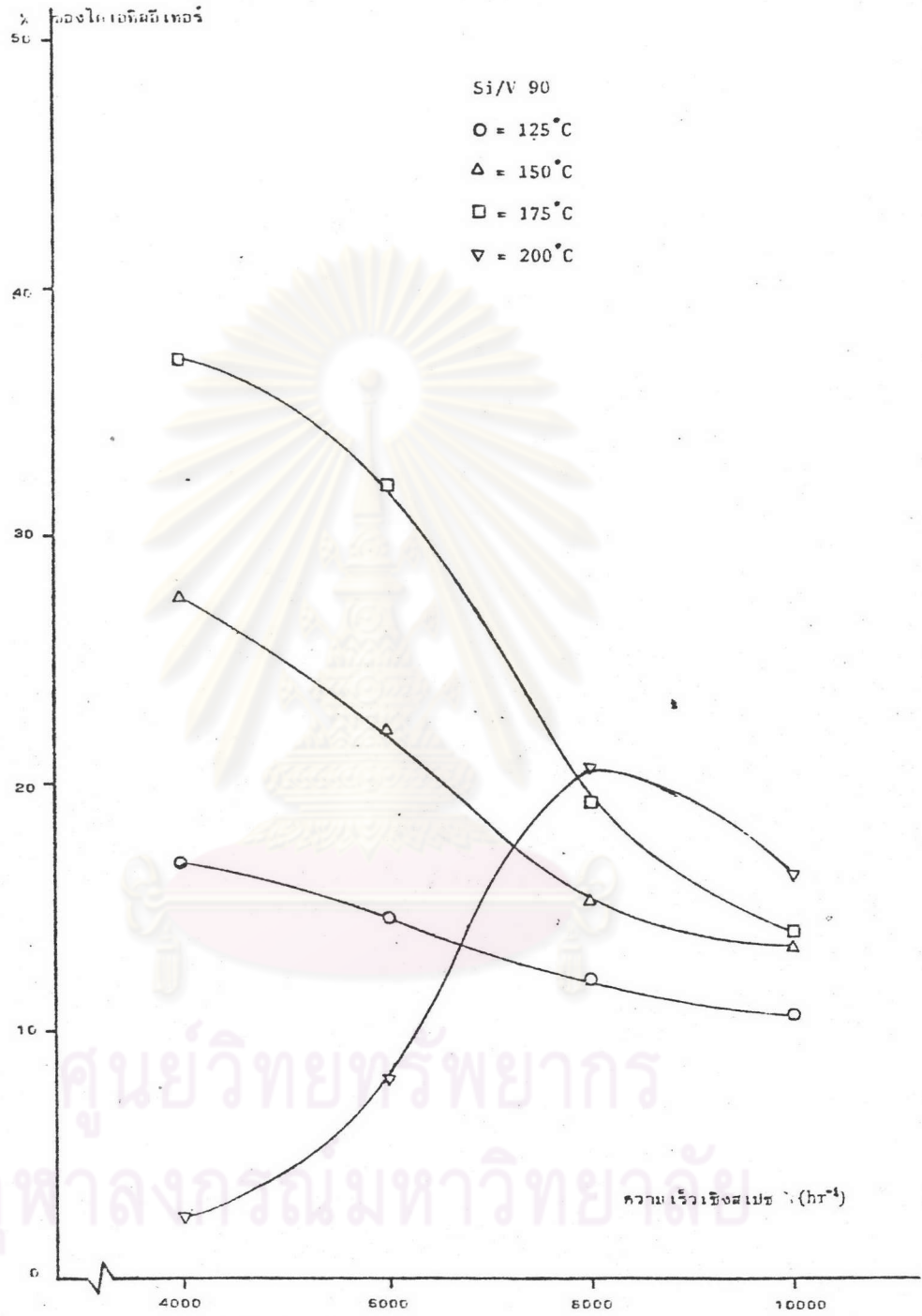
อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
125	-	12.10	87.10	12.90	100.
150	-	15.32	83.87	16.13	100.
175	10.48	19.35	69.35	30.64	63.13
200	57.26	20.96	19.35	80.64	25.99

ตารางที่ 4.3.16 วานโคซิลีเกต 90 ความเร็วเชิงสเปซ 10000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
125	-	10.71	88.57	11.43	100.
150	-	13.57	85.71	14.28	100.
175	7.86	14.28	77.14	22.86	62.47
200	59.28	16.42	22.14	77.85	21.09



รูปที่ 4.11 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณไดเอทิลอีเทอร์จากตัวเร่งปฏิกิริยา Si/V 90



รูปที่ 4.12 ผลของความเร็วจึงสเปซที่มีต่อปริมาณไฮเอทิลอีเทอร์ จากตัวเร่งปฏิกิริยา Si/V 90



ตารางที่ 4.3.17 อะลูมิเนียมไนซิติเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 4000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	8.30	90.28	9.72	100.
175	-	25.00	73.61	26.39	100.
200	4.17	47.22	48.61	51.39	91.88
225	20.83	50.00	28.47	71.53	69.90

ตารางที่ 4.3.18 อะลูมิเนียมไนซิติเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 6000 ต่อชั่วโมง

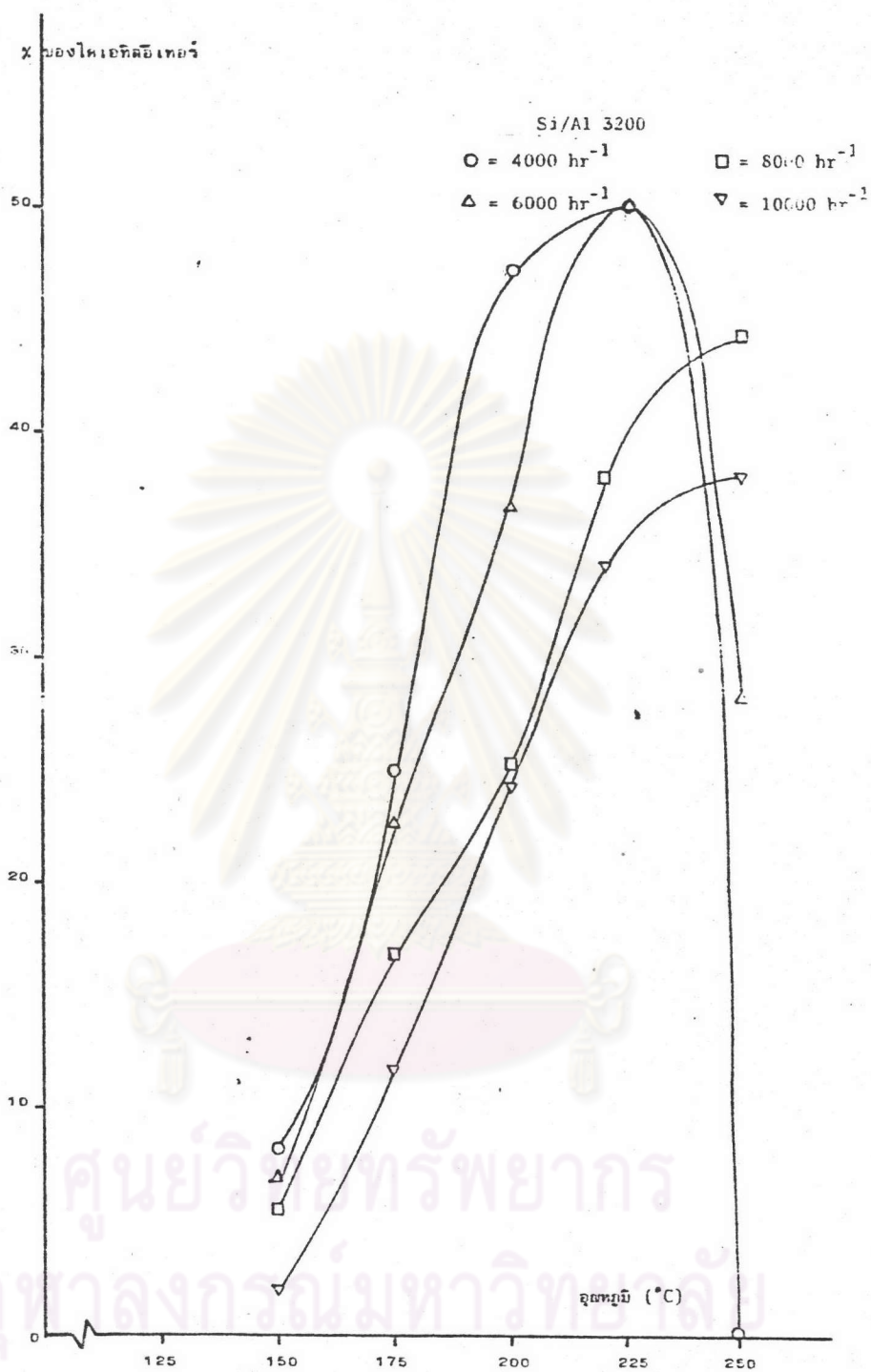
อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	7.09	92.90	7.09	100.
175	-	22.70	76.60	23.40	100.
200	1.06	36.88	62.41	37.59	98.11
225	7.09	52.48	39.71	60.28	87.04
250	51.06	28.37	19.86	80.14	35.40

ตารางที่ 4.3.19 อะลูมิเนียมซิลิเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 8000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	5.60	92.95	6.34	100.
175	-	16.90	81.69	18.31	100.
200	-	25.35	74.65	25.35	100.
225	0.98	38.03	60.56	39.44	96.42
250	15.49	44.37	39.44	60.56	73.27

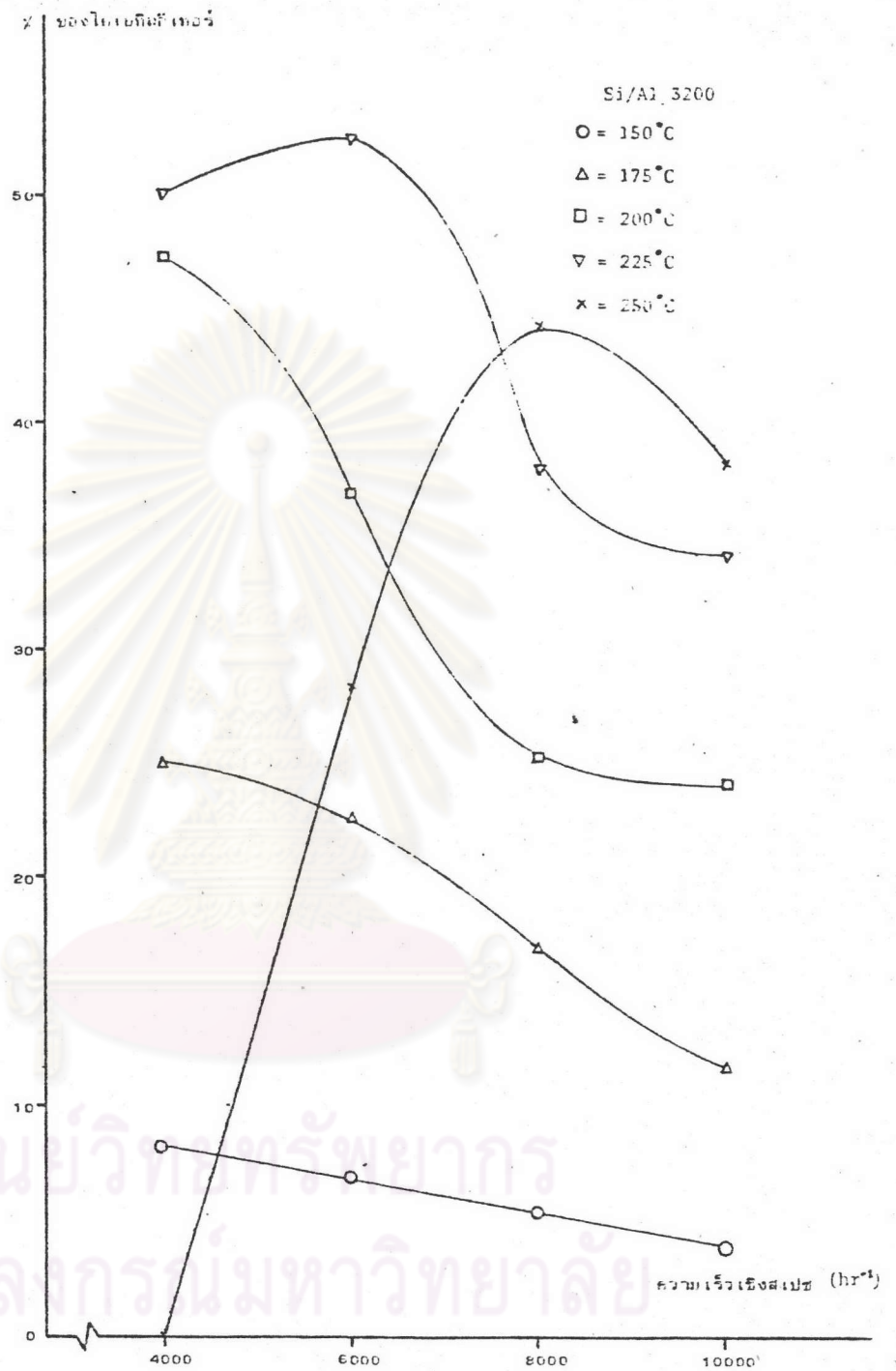
ตารางที่ 4.3.20 อะลูมิเนียมซิลิเกต 3200 ความเร็วเชิงสเปซ 10000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
150	-	2.08	97.22	2.78	100.
175	-	11.80	86.11	13.89	100.
200	-	24.30	75.00	25.00	100.
225	1.11	34.03	64.58	35.42	96.08
250	10.42	38.19	51.39	48.61	78.56



รูปที่ 4.13 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณไดเอทิลอีเทอร์จากตัวเร่งปฏิกิริยา

Si/A1 3200



รูปที่ 4.14 ผลของความเร็วจึงสเปซที่มีต่อปริมาณไฮดรอกซีเทอร์
 จากตัวเร่งปฏิกิริยา Si/A1 3200

ตารางที่ 4.3.21 ตัวเร่งปฏิกิริยาอะลูมินา ความเร็วเชิงสเปซ ๑๐๑๐ ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
200	-	9.14	90.35	9.64	100.
225	2.54	27.41	69.04	30.96	88.53
250	9.64	45.68	44.16	55.84	81.80
275	27.92	35.53	36.04	63.96	55.55
300	76.14	10.15	12.18	87.83	11.56

ตารางที่ 4.3.22 ตัวเร่งปฏิกิริยาอะลูมินา ความเร็วเชิงสเปซ 8000 ต่อชั่วโมง

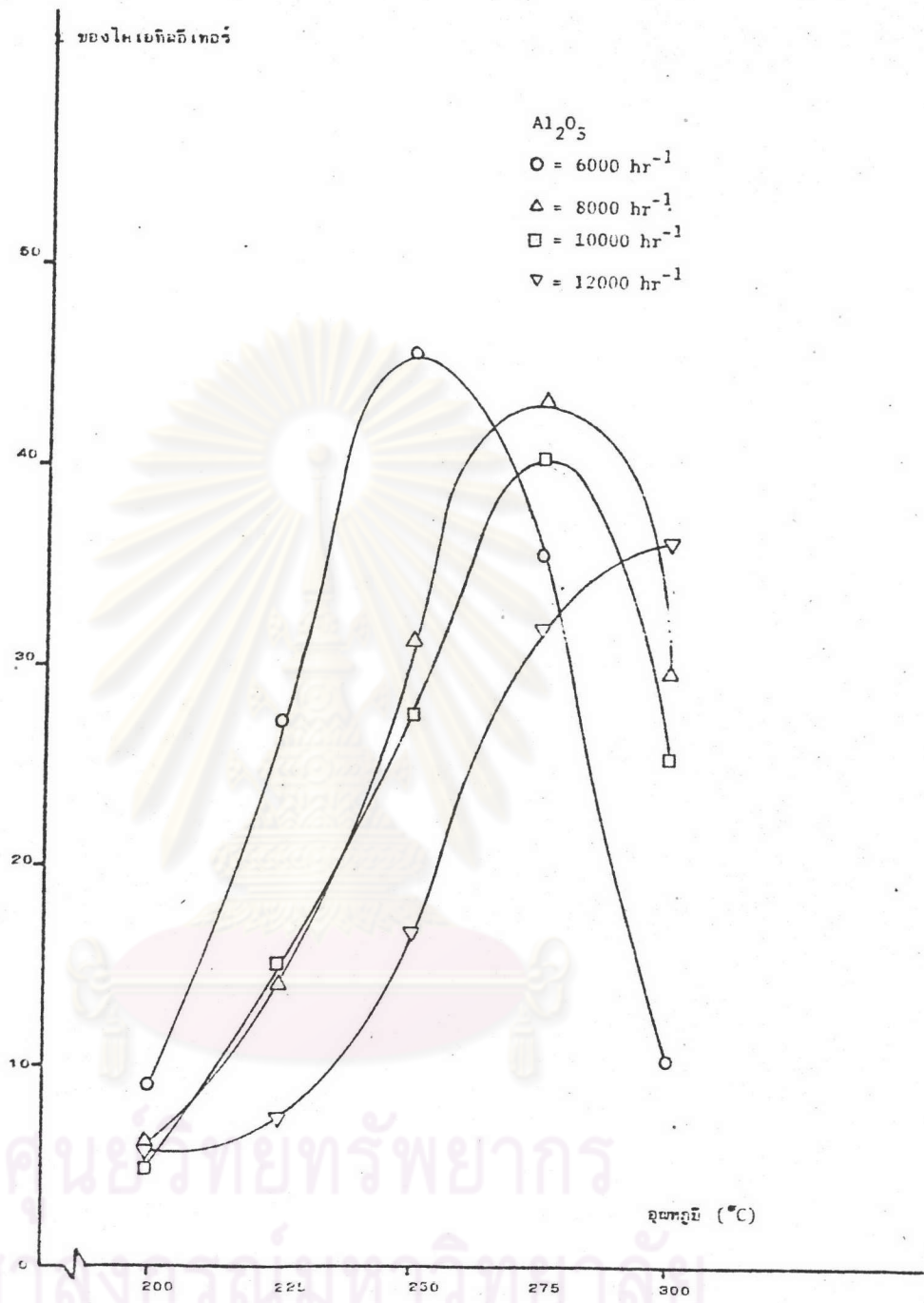
อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
200	-	6.1	92.90	7.10	100.
225	1.01	14.14	83.84	16.16	87.50
250	4.04	31.31	64.14	35.86	87.31
275	15.15	42.42	41.92	58.08	73.04
300	43.43	26.26	29.79	73.74	40.40

ตารางที่ 4.3.23 ตัวเร่งปฏิกิริยาอะลูมินา ความเร็วเชิงสเปซ 10000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
200	-	5.02	94.47	5.53	100.
225	1.00	15.08	83.92	16.08	93.78
250	4.02	27.64	67.84	32.16	85.94
275	14.07	40.20	44.72	55.28	72.72
300	42.21	25.12	32.16	67.84	37.03

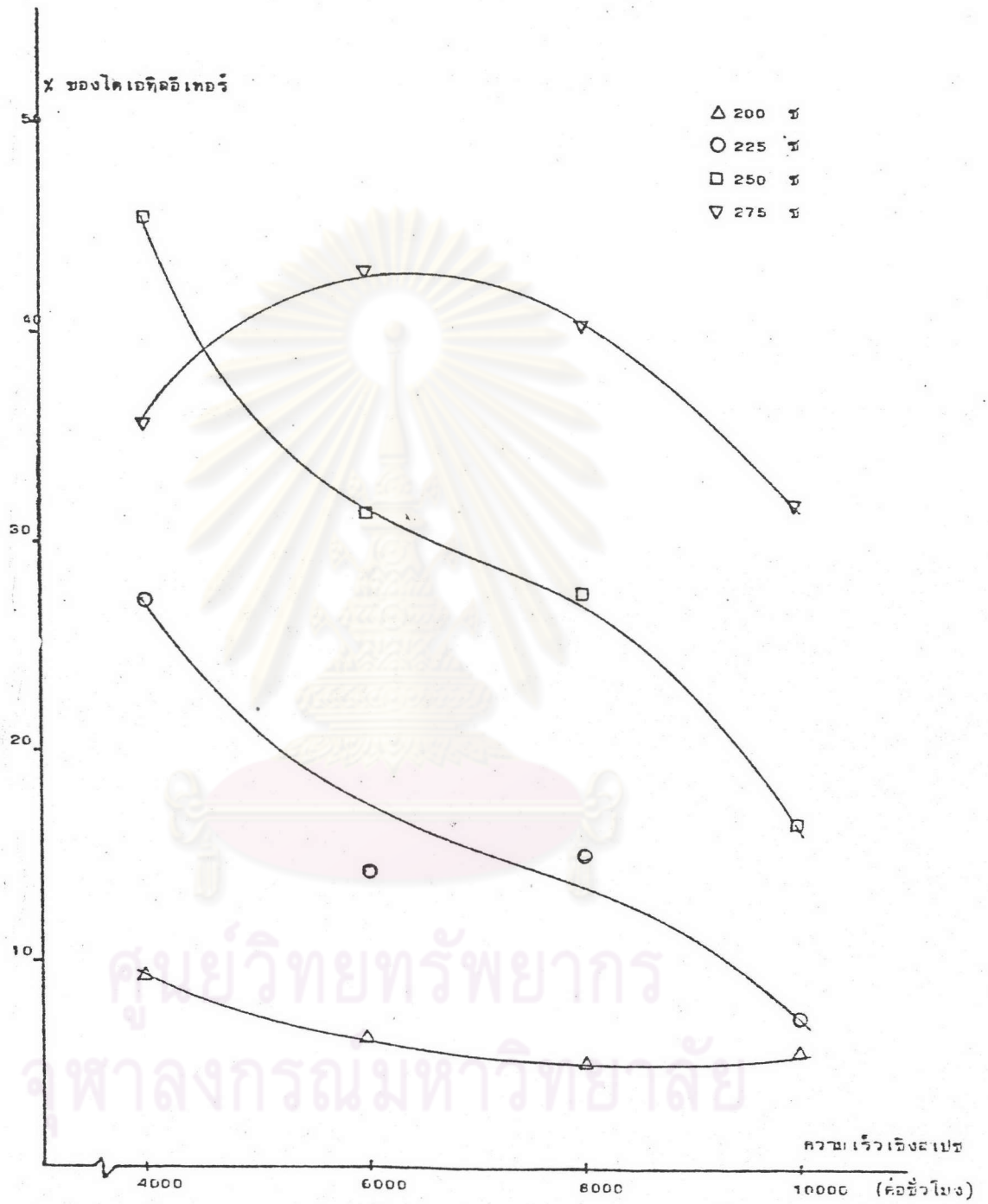
ตารางที่ 4.3.24 ตัวเร่งปฏิกิริยาอะลูมินา ความเร็วเชิงสเปซ 12000 ต่อชั่วโมง

อุณหภูมิ	เอทิลีน	ไดเอทิลอีเทอร์	เอทานอล	ร้อยละการเปลี่ยน	ร้อยละการเลือก
200	-	5.64	94.36	5.64	100.
225	-	7.17	92.31	7.69	100.
250	0.51	16.41	83.08	16.92	96.98
275	2.56	31.79	65.13	34.87	91.17
300	18.46	35.90	45.13	54.87	65.43



รูปที่ 4.15 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณไฮเอทิลเทอร์จากตัวเร่งปฏิกิริยา





รูปที่ 4.16 ผลของความเร็วเชิงสเปซที่มีต่อปริมาณไดออกไซด์ทอเรียม จากตัวเร่งปฏิกิริยา Al_2O_3