

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้

เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้มีการทดลองหลายภาวะ จึงนำอักษรย่อมาใช้เพื่อความสะดวกในการเรียก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 คือ

ตารางที่ 4.1 อักษรย่อของตัวอย่างชนิดต่าง ๆ

ประเภท	รหัส	ความหมาย
ถ่านหินดิบ	BP110	ถ่านหินบางปุด้า110
	MM	ถ่านหินแม่เมาะ
	BP163	ถ่านหินบางปุด้า163
ถ่านหินที่ล้างสารอนินทรีย์	DABP110	ถ่านหินบางปุด้า110 ที่ล้างสารอนินทรีย์ออกแล้ว
	DAMM	ถ่านหินแม่เมาะที่ล้างสารอนินทรีย์ออกแล้ว
	DABP163	ถ่านหินบางปุด้า163ที่ล้างสารอนินทรีย์ออกแล้ว
ถ่านชาร์	CBP110	ถ่านชาร์บางปุด้า110
	CMM	ถ่านชาร์แม่เมาะ
	CBP163	ถ่านชาร์บางปุด้า163
ถ่านชาร์ที่ถูกล้างสารอนินทรีย์แล้ว	DACBP110	ถ่านชาร์บางปุด้า110 ที่ถูกล้างสารอนินทรีย์แล้ว
	DACMM	ถ่านชาร์แม่เมาะที่ถูกล้างสารอนินทรีย์แล้ว
	DACBP163	ถ่านหินบางปุด้า163 ที่ถูกล้างสารอนินทรีย์แล้ว

ด้านหลังของอักษรย่อเหล่านี้จะบ่งบอกภาวะที่ทำการศึกษา เช่น

DACMM-800 หมายถึง ศึกษาการแกสไฟฟายที่ 800 องศาเซลเซียส

DACMM-Na₂CO₃ 5% หมายถึง ศึกษาตัวอย่างถ่านชาร์แม่เมาะที่ถูกล้างสารอนินทรีย์ออกแล้ว โดยมีโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งมีปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

4.2 ผลการทดลองวิเคราะห์สมบัติของถ่านหิน

การวิเคราะห์สมบัติของถ่านหินตัวอย่างในที่นี้ได้แก่การวิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณอันประกอบด้วยความชื้น สารระเหย เถ้า และคาร์บอนคงตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.2 นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ถ่านหินแบบแยกธาตุ เพื่อหาปริมาณของ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และออกซิเจน ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3

การวิเคราะห์องค์ประกอบสารอินทรีย์ในถ่านหินที่วิเคราะห์โดยเทคนิค X-ray fluorescence spectrometry แสดงในภาคผนวก ข. พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของถ่านหินเป็น Si, Al, Fe และ Ca ที่เหลืออีกเล็กน้อยเป็น Mg, Na, K เนื่องจากองค์ประกอบที่แสดงในภาคผนวก ข. นี้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ในถ่าน 100 กรัม ซึ่งในถ่านหินแต่ละชนิดมีปริมาณถ่านไม่เท่ากัน จึงได้ทำการหาสมมูลมวลสารดังวิธีในภาคผนวก ค.3 เพื่อหาปริมาณโลหะที่แท้จริงในถ่านหิน 100 กรัม แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ด้านหินแบบประมาณ (air dried basis)

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP110	MM	BP163
ความชื้น	9.92	6.75	5.48
เถ้า	8.02	18.57	41.89
สารระเหย	54.01	49.52	34.58
คาร์บอนคงตัว	28.05	25.16	18.05
รวม	100	100	100
ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)	4765	3818	3314
ศักดิ์	ชั้นบีทูมินัสB	ชั้นบีทูมินัสC	ชั้นบีทูมินัสC

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ด้านหินแบบแยกธาตุ (air dried basis)

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP110	MM	BP163
ความชื้น	9.92	6.75	5.48
คาร์บอน	56.89	39.19	37.17
ไฮโดรเจน	3.83	3.79	3.25
ไนโตรเจน	0.82	1.69	0.67
ซิลเฟออร์	1.19	4.07	1.05
ออกซิเจน	19.33	25.94	10.49
เถ้า	8.02	18.57	41.89
รวม	100	100	100

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบสารอนินทรีย์ในด้านหินตัวอย่างจากการวิเคราะห์แบบ X-ray fluorescence

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP110	MM	BP163
Na	0.089		
Mg	0.045	0.406	0.144
Al	0.545	0.525	5.513
Si	0.855	1.644	11.290
S	0.880	2.506	0.476
K	0.187	0.118	1.387
Ca	1.279	3.582	1.601
Fe	1.074	1.881	2.634



4.3 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินที่ถูกล้างสารอินทรีย์และไพโรไลซ์

ภาคผนวก ข. แสดงผลวิเคราะห์ถ่านหินที่ถูกล้างสารอินทรีย์ออก โดยใช้เทคนิคทาง X-Ray Fluorescence Spectrometry

ตารางที่ 4.5 ถึง 4.13 แสดงสมบัติของถ่านหินที่ผ่านการล้างสารอินทรีย์และไพโรไลซ์เปรียบเทียบกับถ่านหินเริ่มต้น ทั้งการวิเคราะห์แบบประมาณ แบบแยกธาตุ และวิเคราะห์องค์ประกอบได้

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์แบบประมาณ (dry basis) ของถ่านหินบางปด้า110 ที่ผ่านการล้างสารอนินทรีย์และ

ไฟโไลต์

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP110	DABP110	CBP110	DACBP110
เถ้า	8.90	2.37	27.15	7.74
สารระเหย	59.96	49.53	9.15	5.69
คาร์บอนคงตัว	31.14	48.10	63.70	86.57

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (dry basis) ของถ่านหินบางปด้า110 ที่ผ่านการล้างสารอนินทรีย์และไฟโไลต์

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP110	DABP110	CBP110	DACBP110
คาร์บอน	63.15	58.47	70.54	89.74
ไฮโดรเจน	4.25	4.23	0.61	0.53
ไนโตรเจน	0.91	0.76	0.62	0.71
ซัลเฟอร์	1.32	0.15	0.41	0.05
ออกซิเจน	21.46	34.02	0.67	1.23
เถ้า	8.90	2.37	27.15	7.74
รวม	100	100	100	100

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบอนินทรีย์ในถ่านหินบางปด้า110 จากการวิเคราะห์แบบ X-ray fluorescence

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP110	DABP110	CBP110	DACBP110
Na	0.089	0.053	0.272	0.172
Mg	0.045	0.010	0.138	0.032
Al	0.545	0.183	1.664	0.597
Si	0.855	0.494	2.608	1.314
S	0.880	0.131	2.684	0.429
K	0.187	0.160	0.572	0.523
Ca	1.279	0.162	3.901	0.528
Fe	1.074	0.080	3.277	0.260

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์แบบประมาณ (dry basis) ของถ่านหินแม่เมาะที่ผ่านการล้างสารอินทรีย์และไฟโไลต์

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	MM	DAMM	CMM	DACMM
เถ้า	19.91	5.46	58.40	15.69
สารระเหย	53.10	44.16	10.45	6.86
คาร์บอนคงตัว	26.98	50.38	31.15	77.45

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (dry basis) ของถ่านหินแม่เมาะที่ผ่านการล้างสารอินทรีย์และไฟโไลต์

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	MM	DAMM	CMM	DACMM
คาร์บอน	42.03	59.38	36.67	80.51
ไฮโดรเจน	4.06	4.26	0.67	0.44
ไนโตรเจน	1.91	2.42	1.04	1.26
ซัลเฟอร์	4.36	0.11	1.05	0.03
ออกซิเจน	27.82	28.37	2.17	2.07
เถ้า	19.91	5.46	58.40	15.69
รวม	100	100	100	100

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบอินทรีย์ในถ่านหินแม่เมาะ จากการวิเคราะห์แบบ X-ray fluorescence

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	MM	DAMM	CMM	DACMM
Na	~ 0	~ 0	~ 0	~ 0
Mg	0.406	0.007	1.190	0.021
Al	0.525	0.330	1.541	0.949
Si	1.644	1.581	4.822	4.545
S	2.506	0.014	7.351	0.040
K	0.118	0.097	0.346	0.278
Ca	3.582	0.064	10.506	0.185
Fe	1.881	0.741	5.519	2.130

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์แบบประมาณ (dry basis) ของถ่านหินบางปุดำ163 ที่ผ่านการล้างสารอินทรีย์และไฟโไลต์

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP163	DABP163	CBP163	DACBP163
เถ้า	44.32	38.14	62.18	50.53
สารระเหย	36.58	31.12	5.60	4.45
คาร์บอนคงตัว	19.10	30.74	32.22	45.02

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (dry basis) ของถ่านหินบางปุดำ163 ที่ผ่านการล้างสารอินทรีย์และไฟโไลต์

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP163	DABP163	CBP163	DACBP163
คาร์บอน	39.33	45.38	34.97	46.89
ไฮโดรเจน	3.44	3.56	0.31	0.29
ไนโตรเจน	0.71	0.91	0.72	0.84
ซัลเฟอร์	1.11	0.20	0.62	0.03
ออกซิเจน	11.10	11.81	1.20	1.42
เถ้า	44.32	38.14	62.18	50.53
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบอินทรีย์ในถ่านหินบางปุดำ163 จากการศึกษาวิเคราะห์แบบ X-ray fluorescence

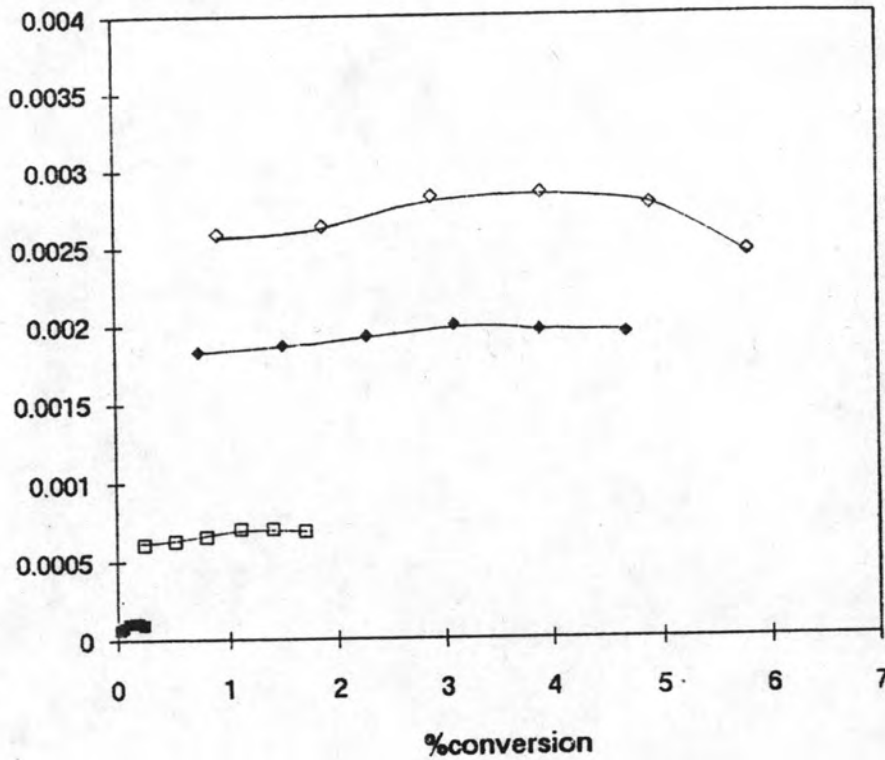
องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	BP163	DABP163	CBP163	DACBP163
Na	~ 0	~0	~ 0	~ 0
Mg	0.144	~ 0	0.202	~ 0
Al	5.513	2.352	7.735	3.117
Si	11.290	11.122	15.839	14.735
S	0.476	0.003	0.667	0.004
K	1.387	0.390	1.946	0.516
Ca	1.601	0.032	2.247	0.042
Fe	2.634	0.294	3.695	0.390

4.4 แผนภูมิแกสเฟีย

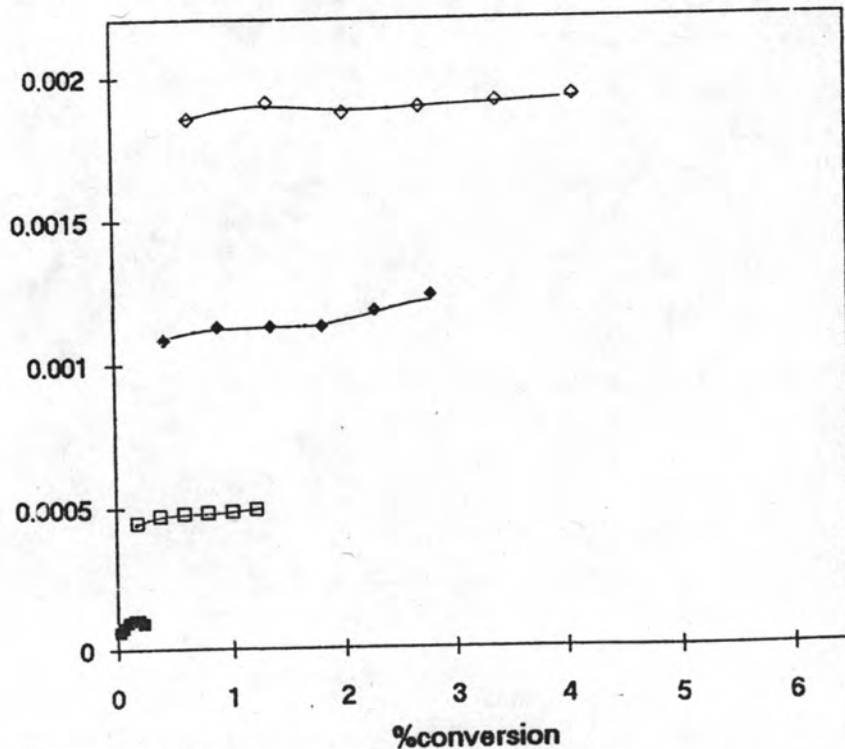
จากเทอร์โมแกรมที่แสดงการลดลงของน้ำหนักตัวอย่างถ่านชาร์ เมื่อผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที และจากน้ำหนักถ่านชาร์หลังจากถูกออกซิไดซ์จนสมบูรณ์แล้ว นำมาคำนวณเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นดังแสดงในภาคผนวก ค.6 ได้เป็นอัตราเร็วของการแกสเฟียถ่านชาร์ มีหน่วยเป็น $\text{mg.mg C}_i^{-1}.\text{min}^{-1}$ ซึ่งหมายถึงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงต่อน้ำหนักเริ่มต้นต่อเวลา นำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงมาเขียนกราฟ

รูปที่ 4.1-4.8 ,รูปที่ 4.9-4.16 และรูปที่ 4.17-4.24 แสดงอัตราเร็วของการแกสเฟียของถ่านชาร์บางปุด้า 110,ถ่านชาร์แม่เกาะ และถ่านชาร์บางปุด้า163 ทั้งที่ล้างและไม่ล้างสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิ 600, 700, 800 และ 850 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ก.

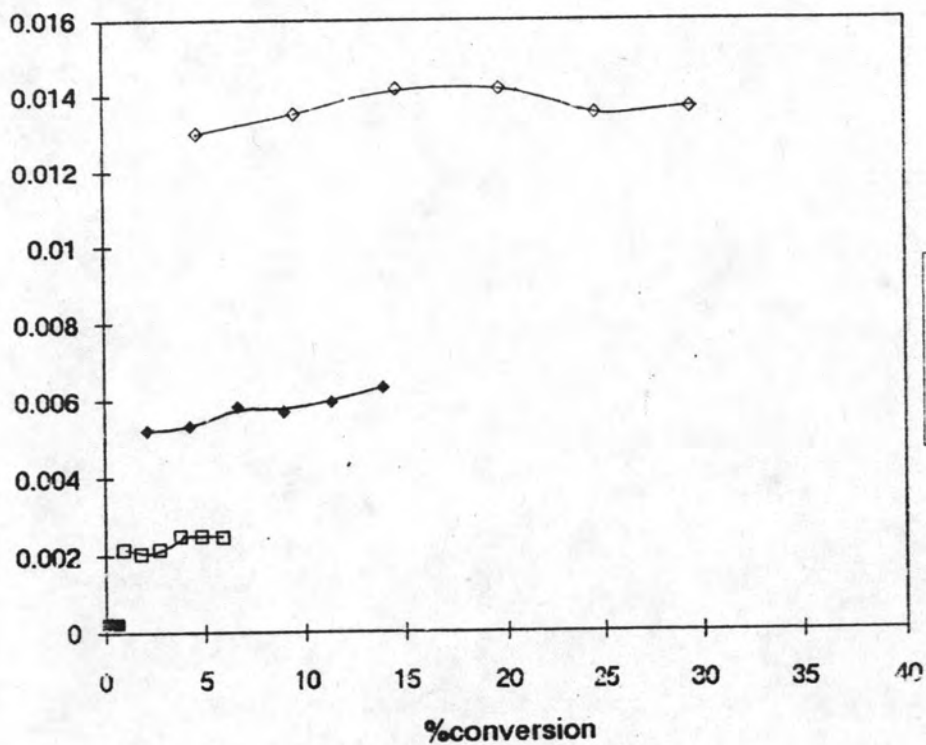
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

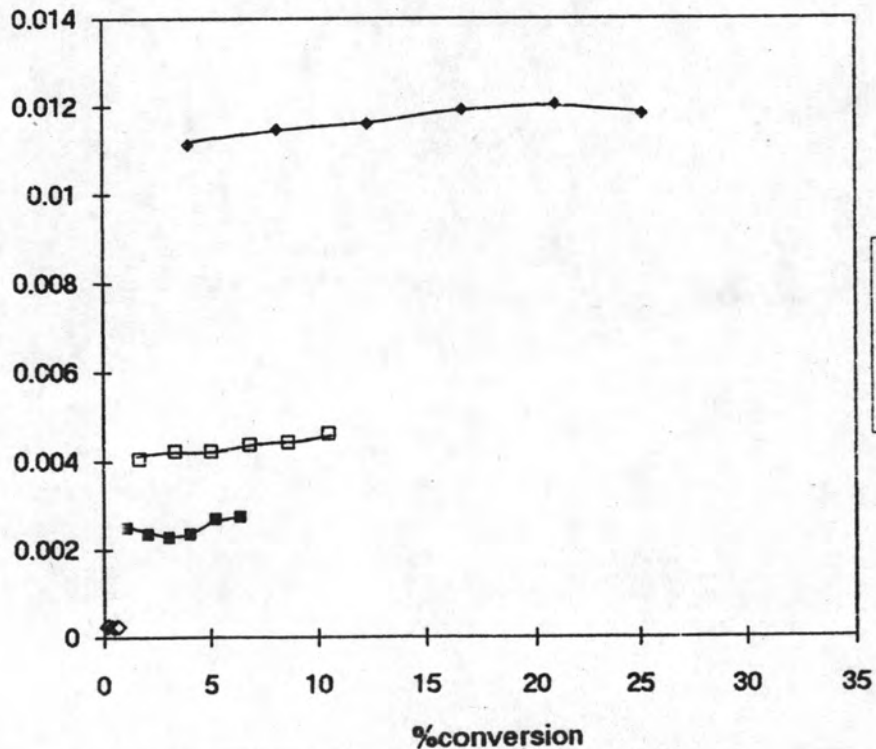
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์
บางปุด้า 110 ที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสฟาย 600 องศาเซลเซียส
ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

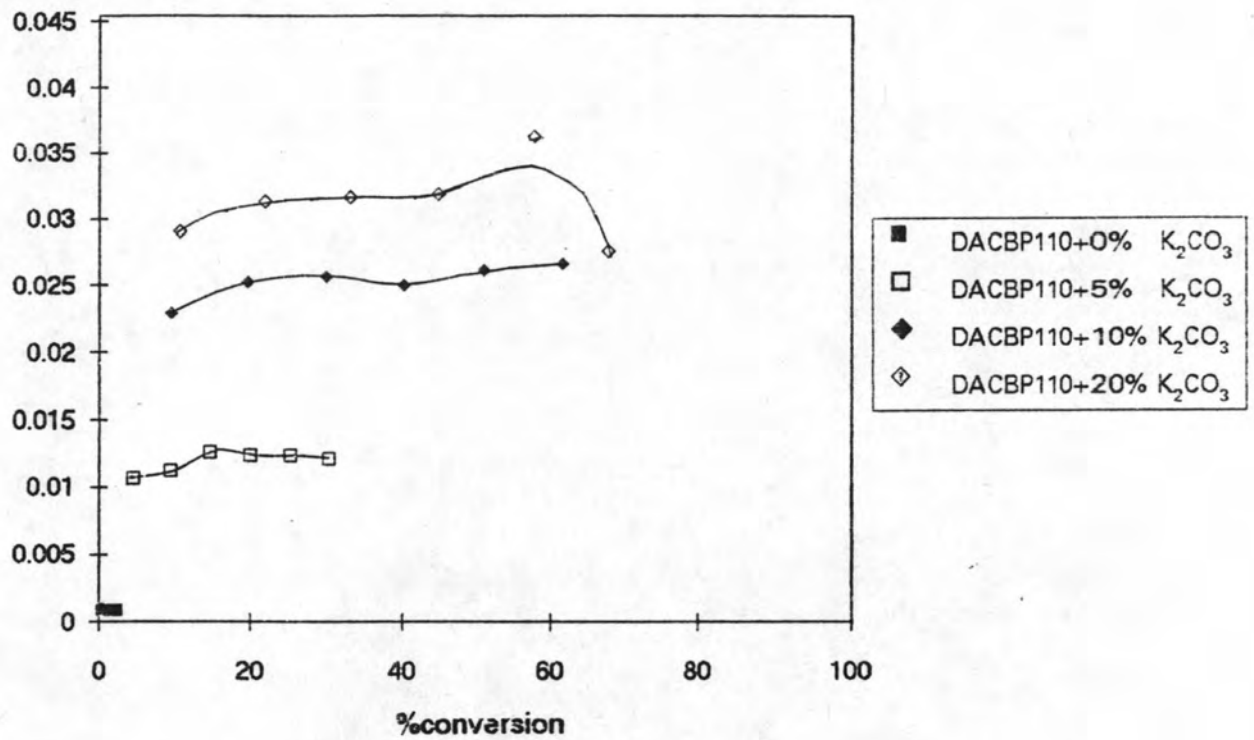
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

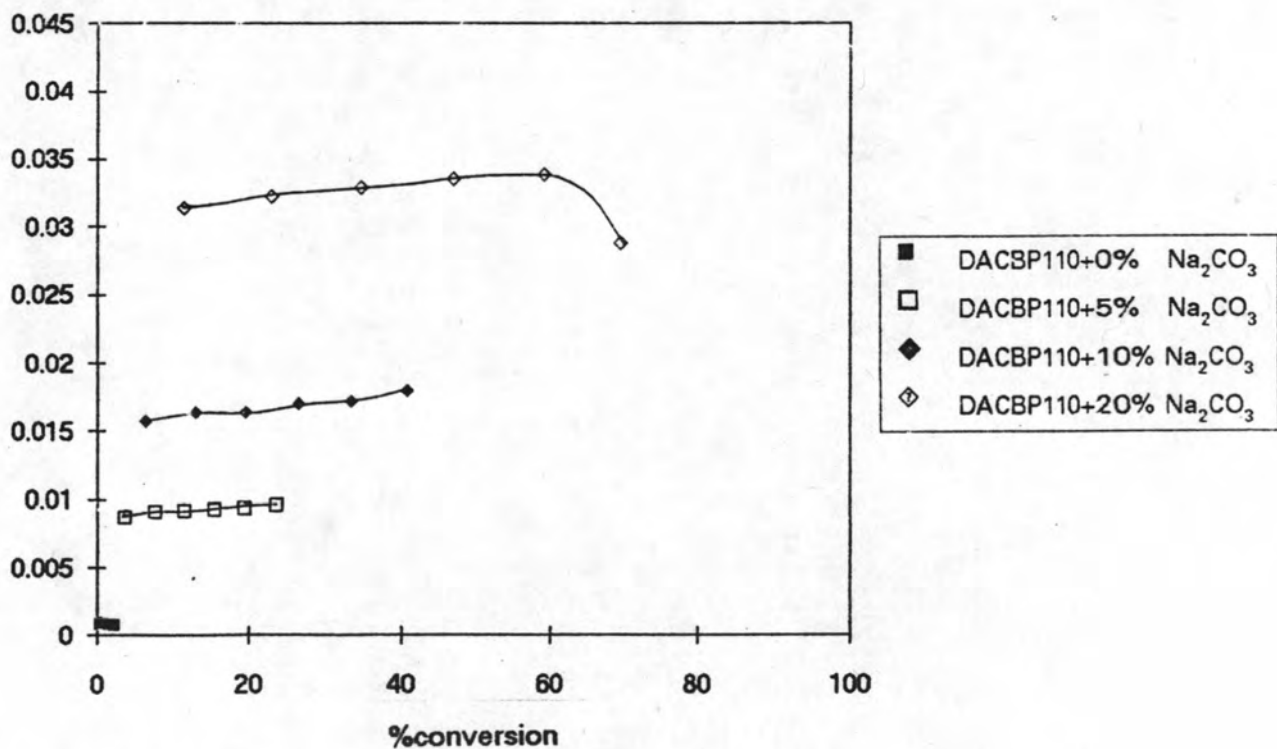
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสไฟกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์บางปุด้า110 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสไฟ 700 องศาเซลเซียส
 ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

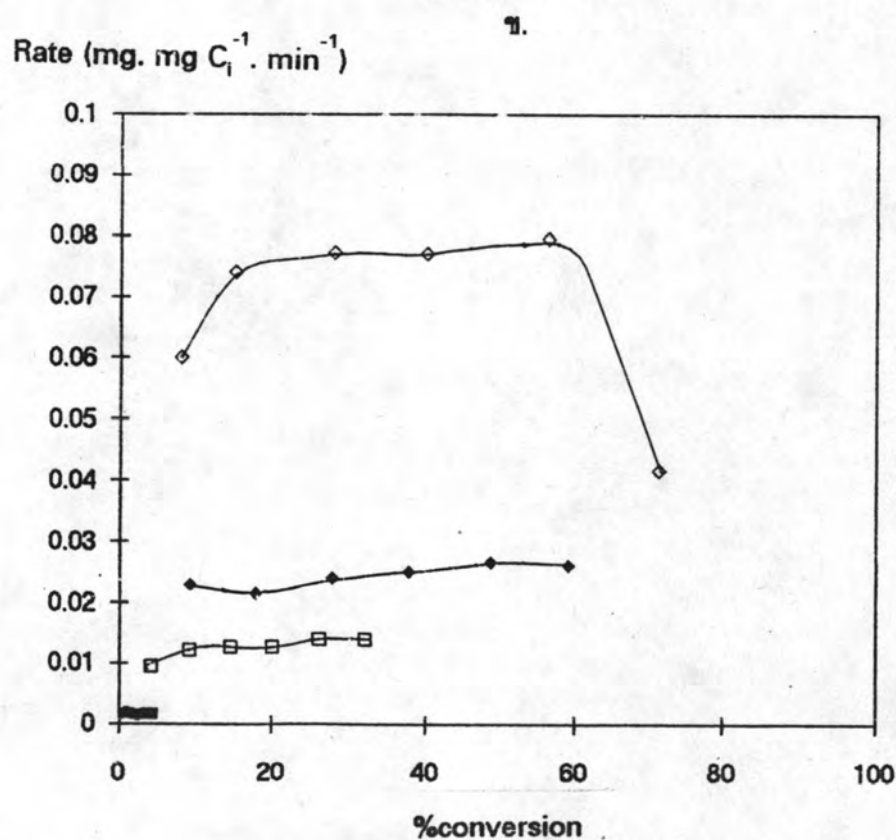
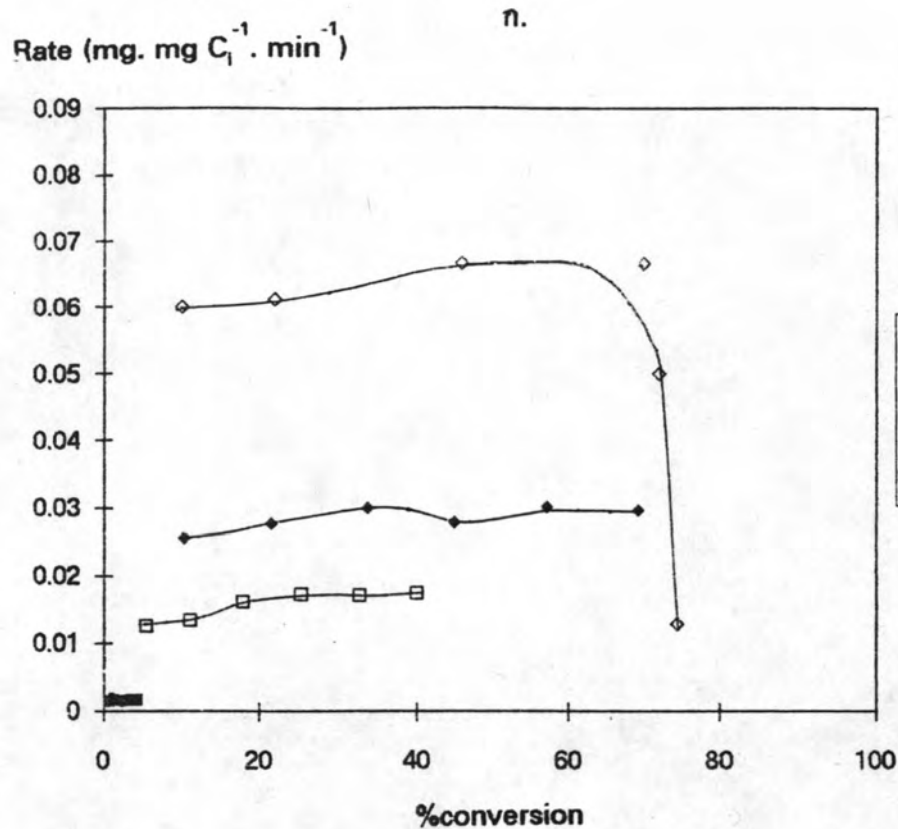
ข.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของอัตราการแก๊สฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์

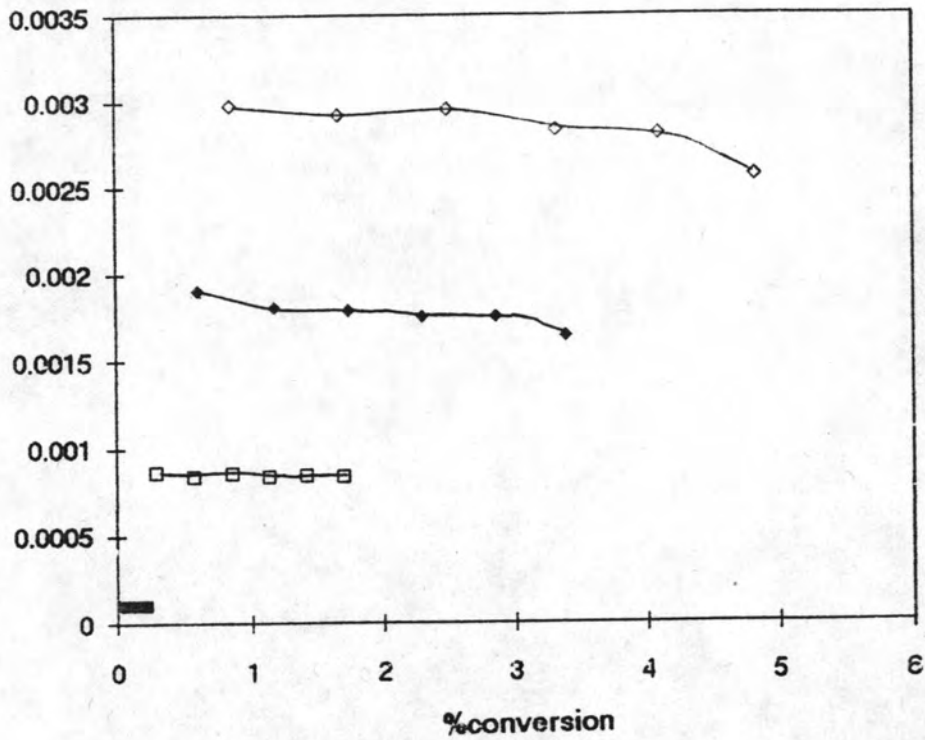
บางปุด้า 110 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแก๊สฟาย 800 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

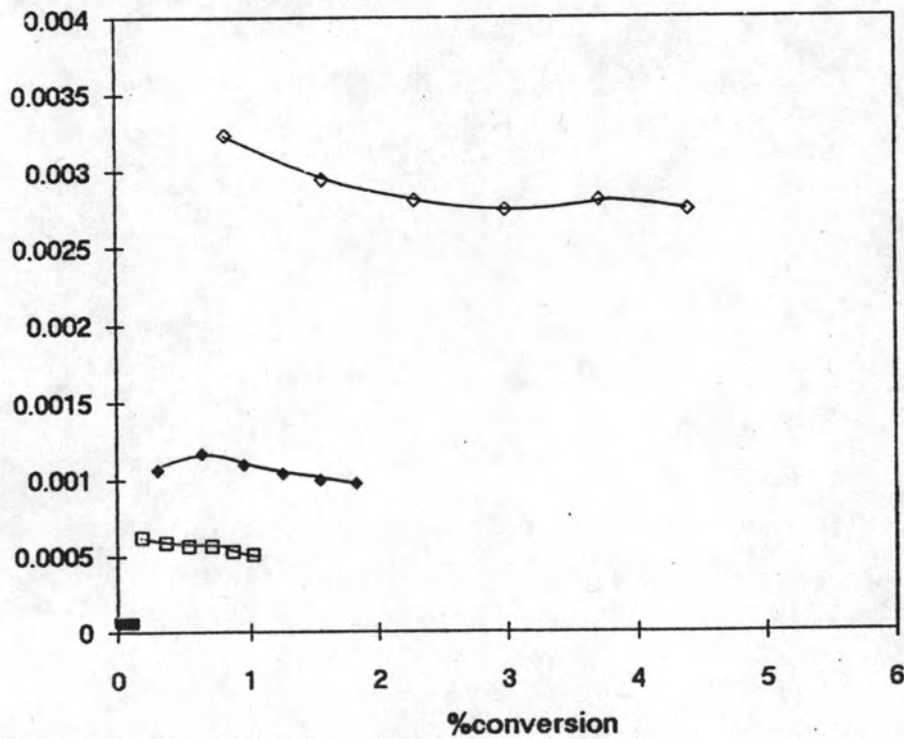


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสไฟกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์
บางปุดา 110 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสไฟ 850 องศาเซลเซียส
ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

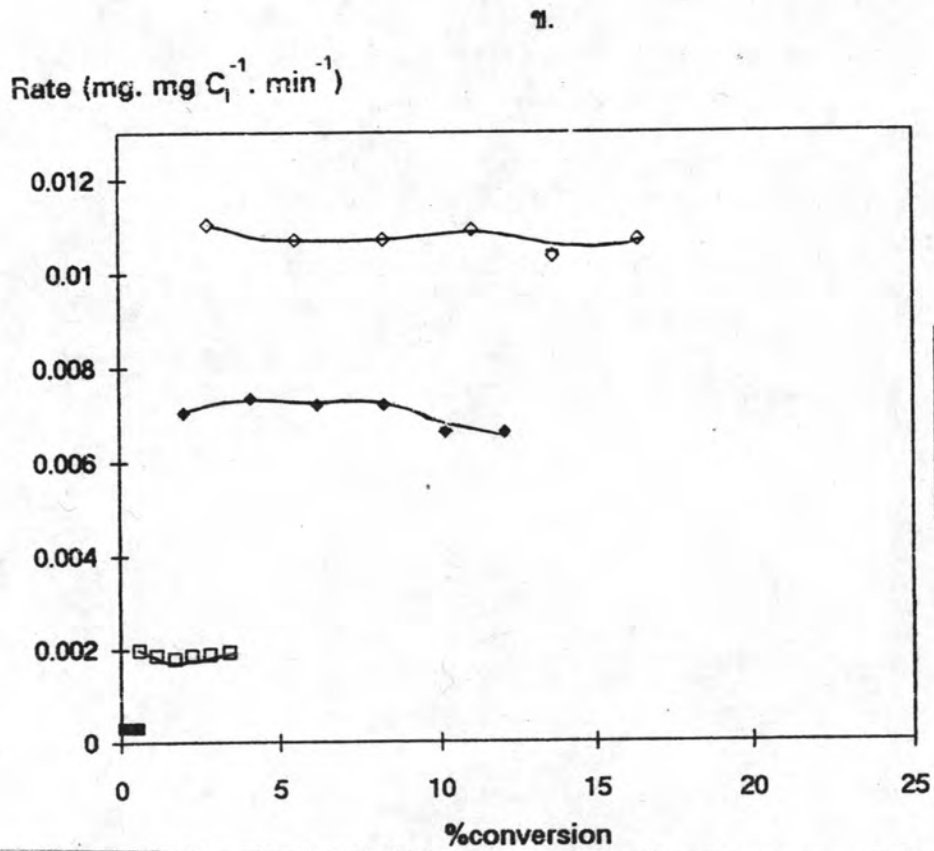
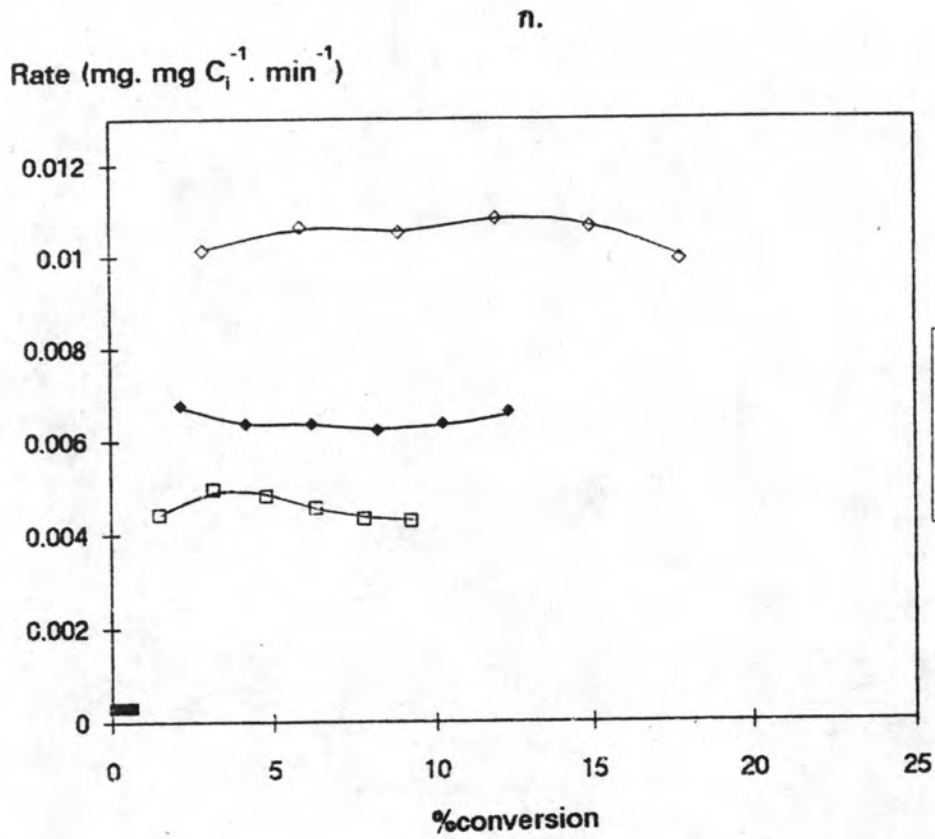
ข.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสไฟกับ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยน ของถ่านชาร์

บางปุด้า 110 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสไฟ 600 องศาเซลเซียส

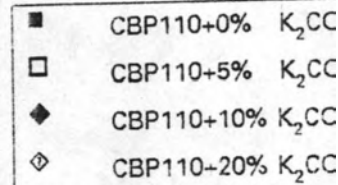
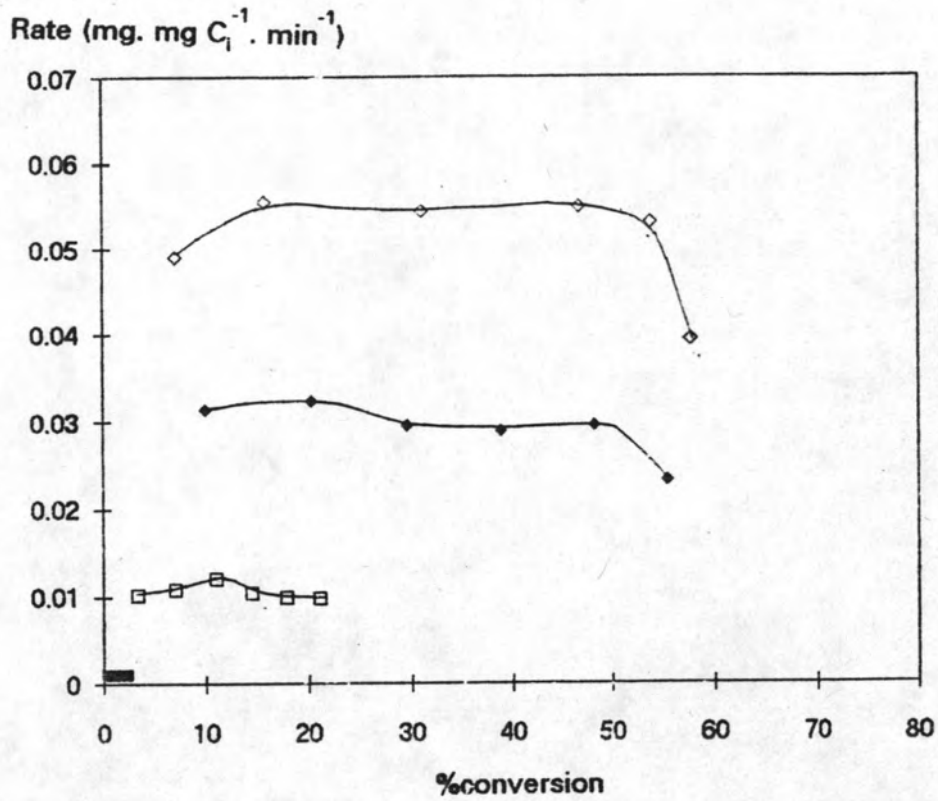
ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



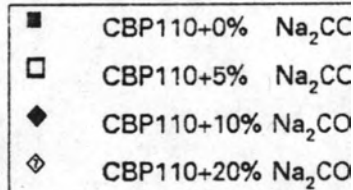
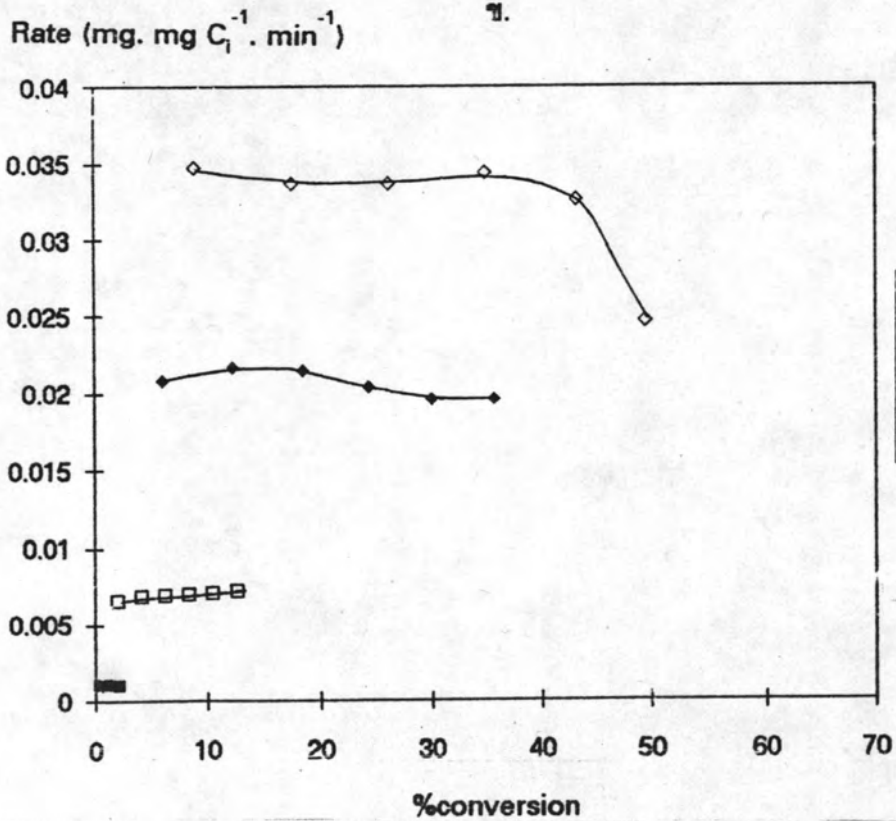
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์
บางปุด้า 110 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 700 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

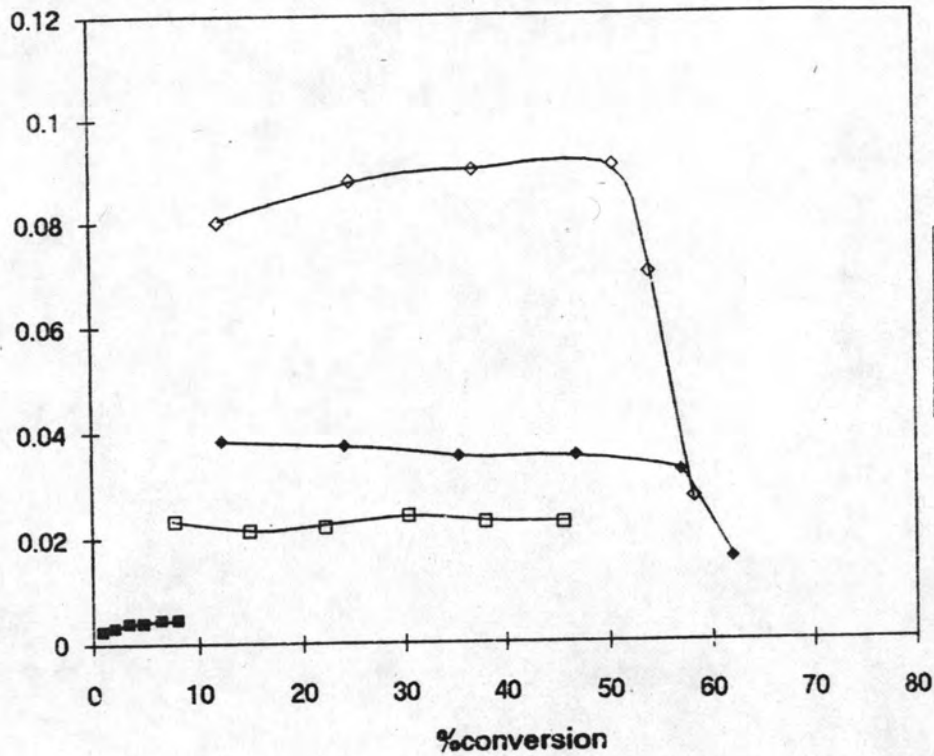


ข.

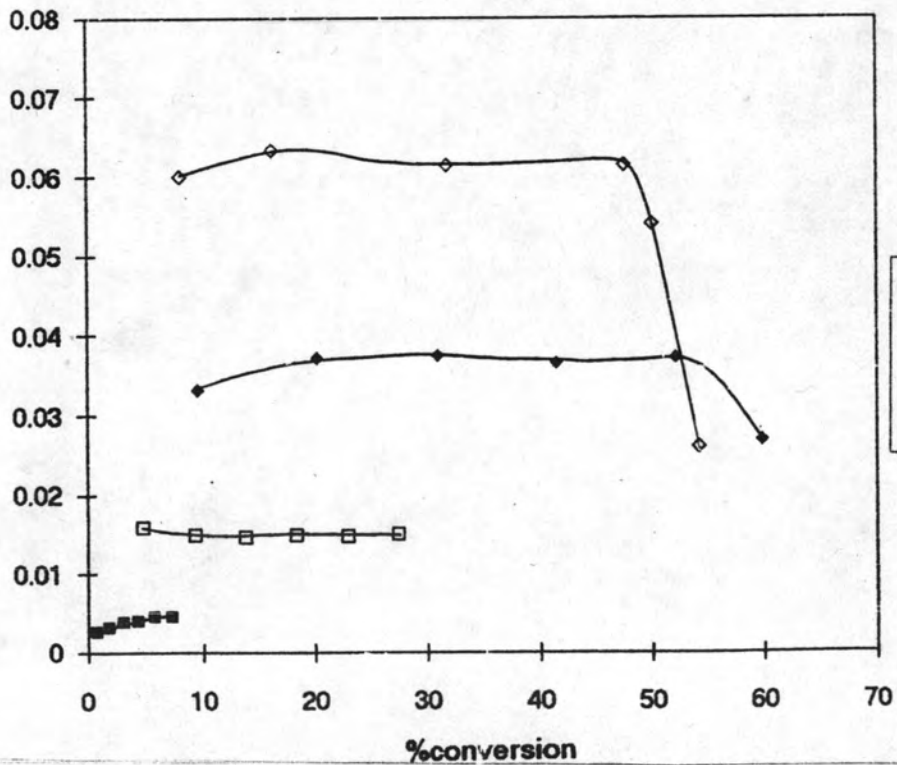


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์บางปุด้า110 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 800 องศาเซลเซียส
 ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

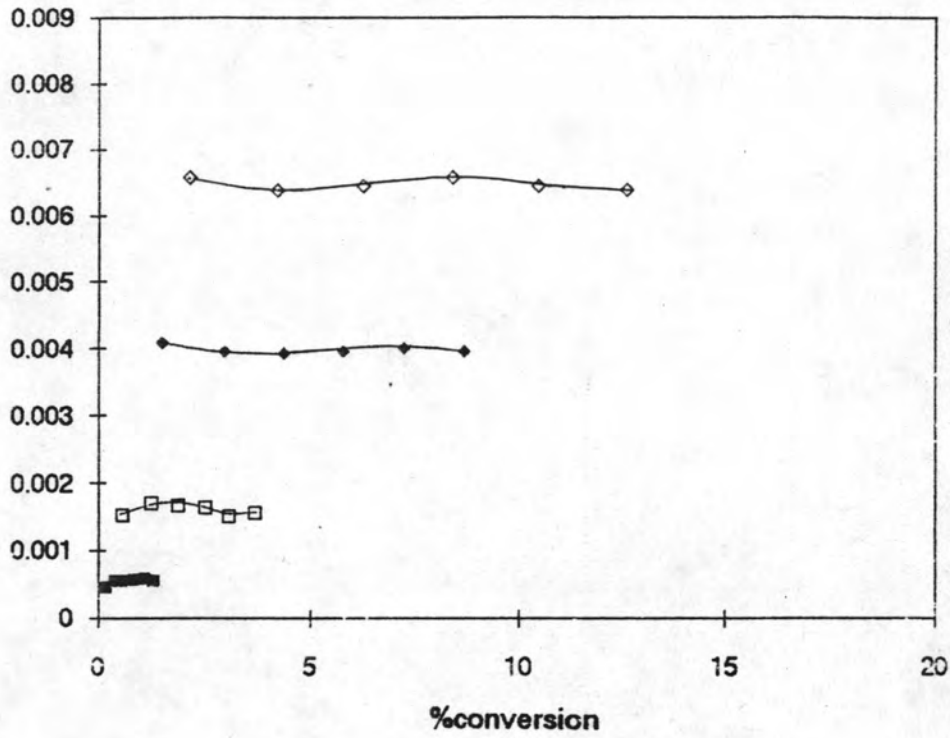
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของอัตราการแก๊สฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์บางปุด้า 110 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแก๊สฟาย 850 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

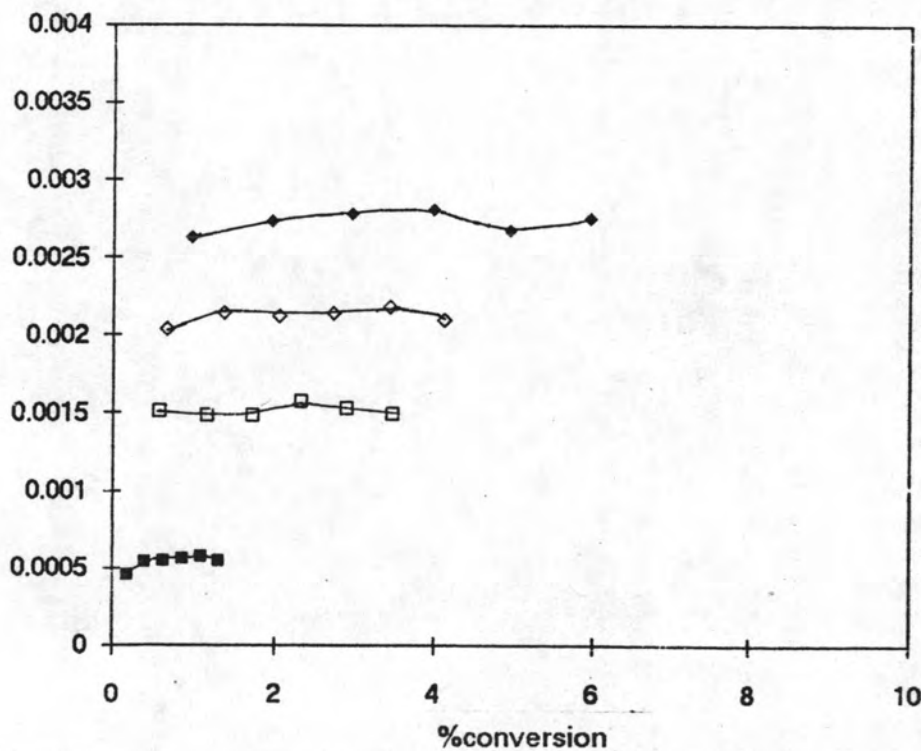
ก.

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)



ข.

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

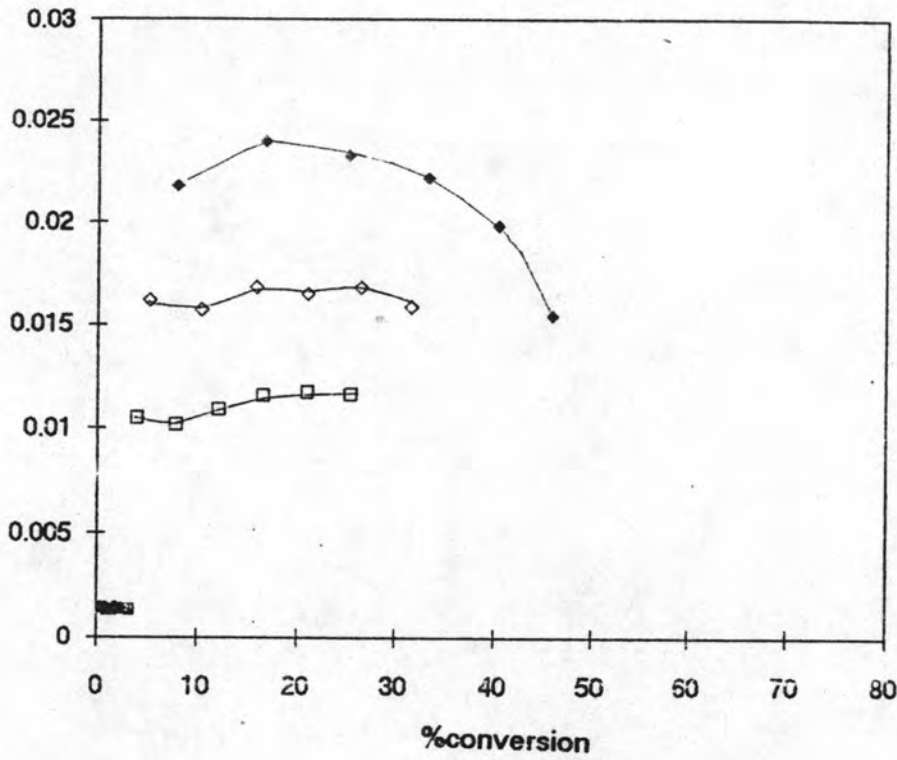


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เมาะที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสฟาย 600 องศาเซลเซียส

ก. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โพแทสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

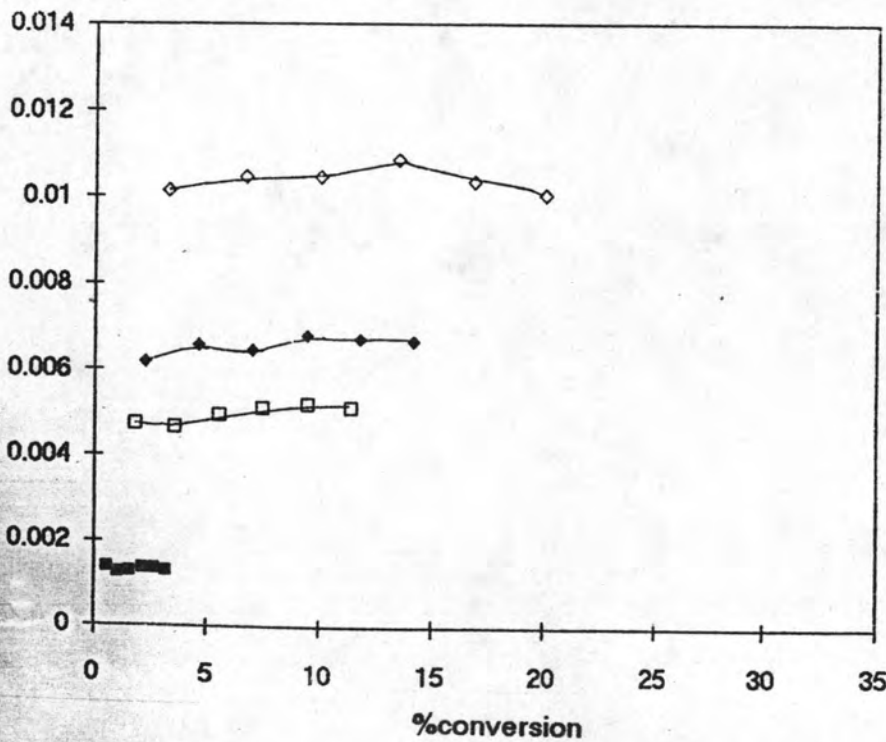
ก.

Rate (mg. mg C₁⁻¹. min⁻¹)



ข.

Rate (mg. mg C₁⁻¹. min⁻¹)

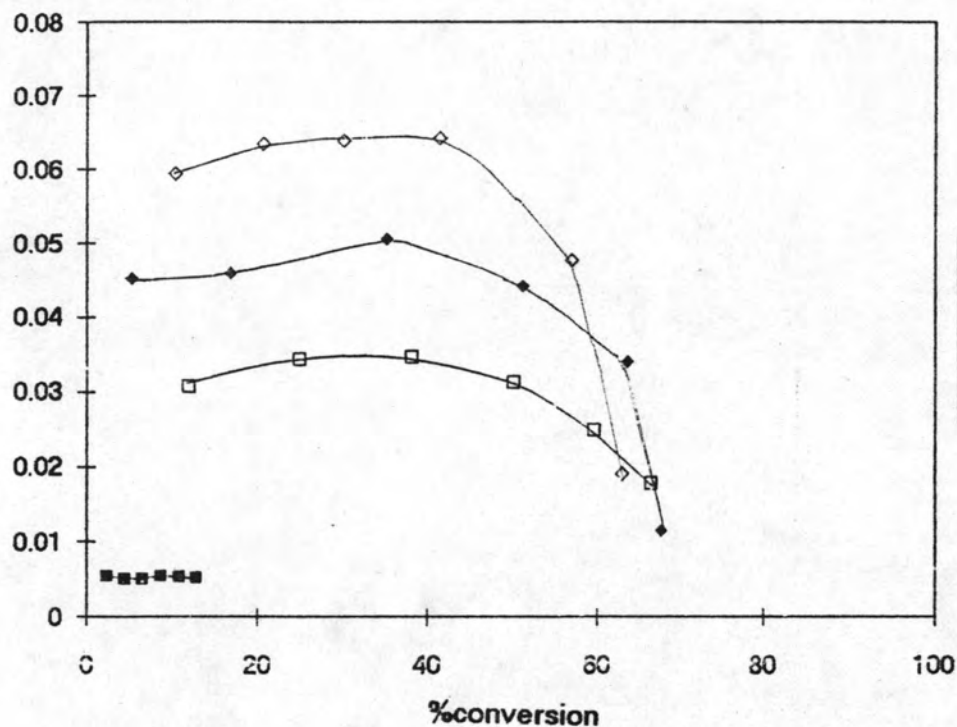


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เมาะที่

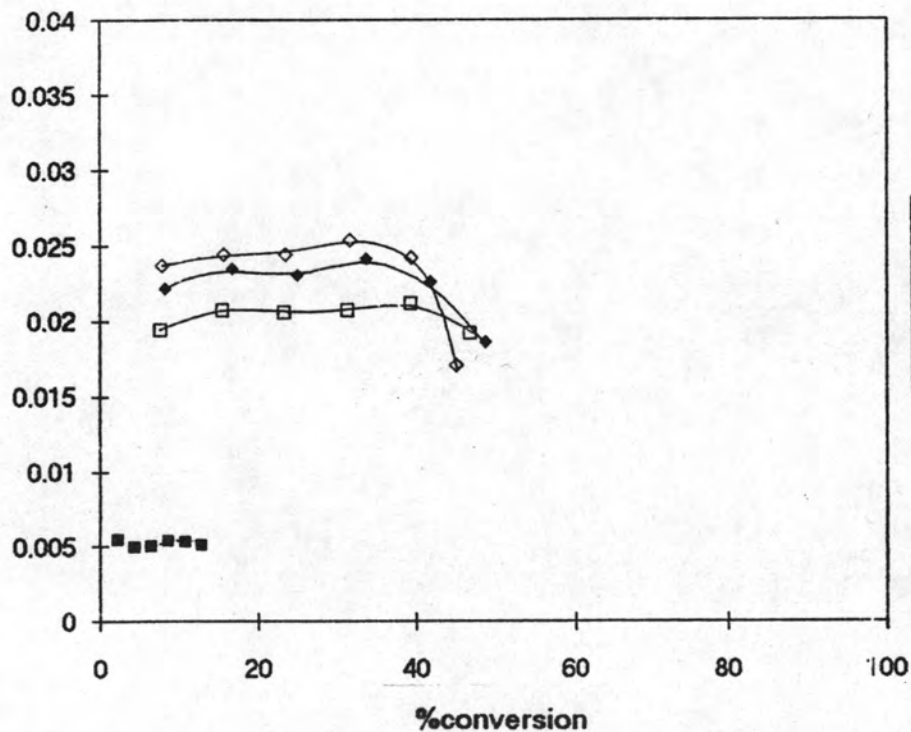
ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสฟาย 700 องศาเซลเซียส

ก. โปแตสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

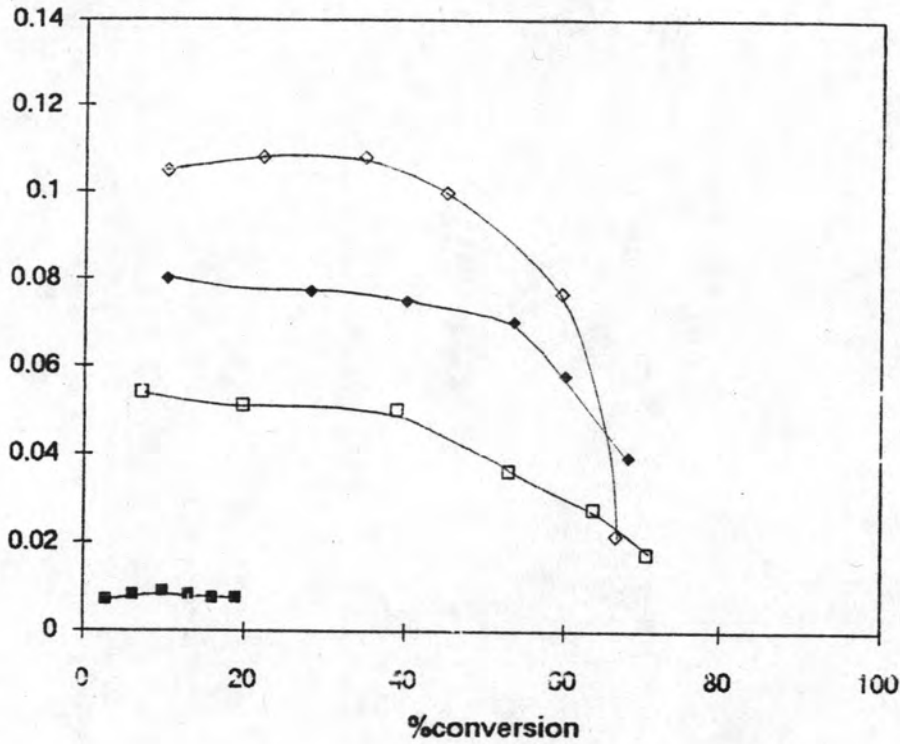
ข.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

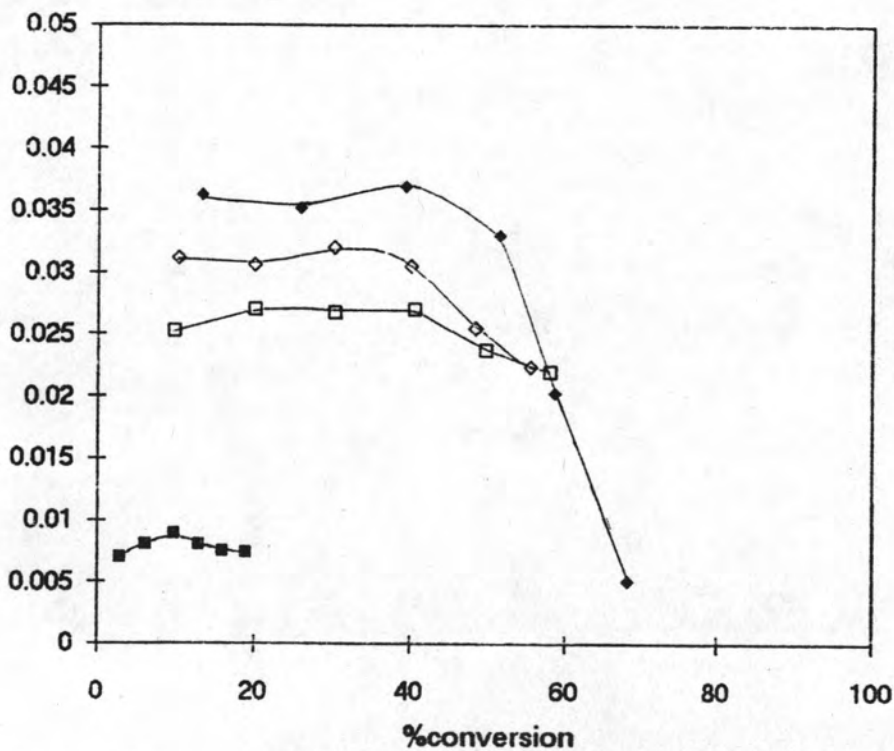
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดฟลายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เมาะที่
 ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสฟาย 800 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

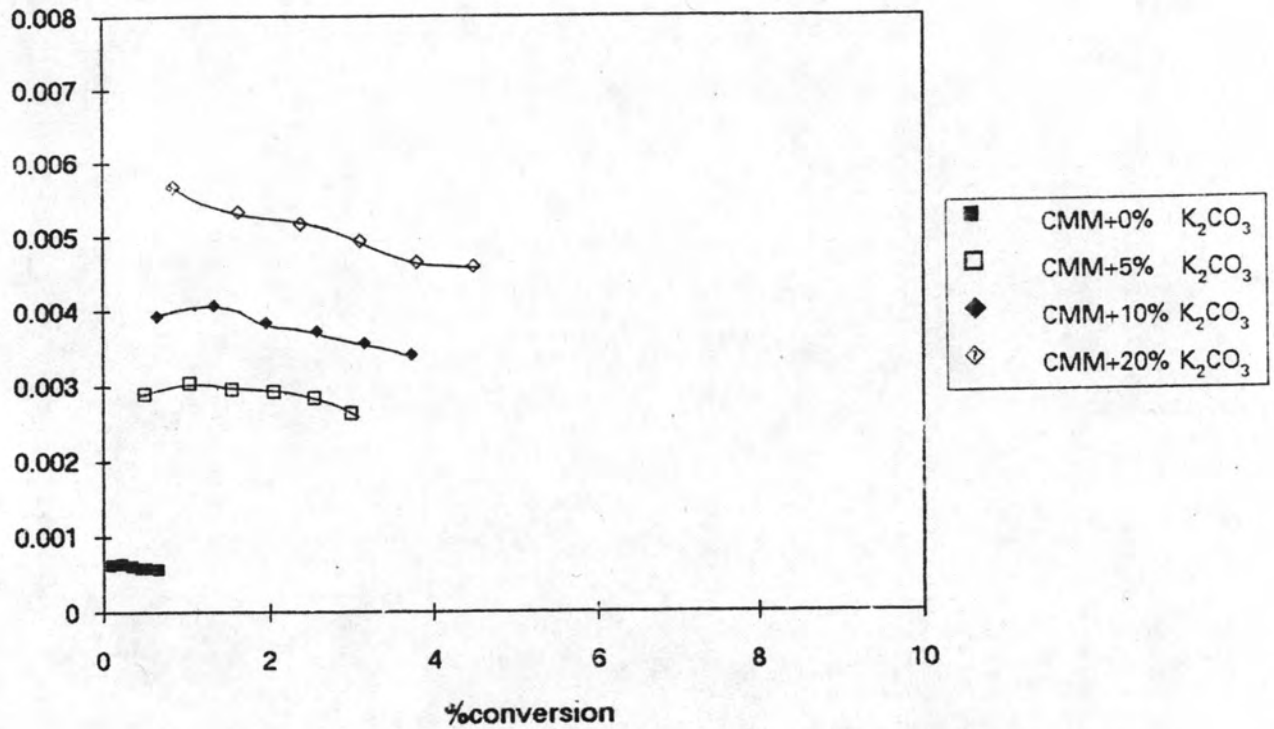
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เมาะที่

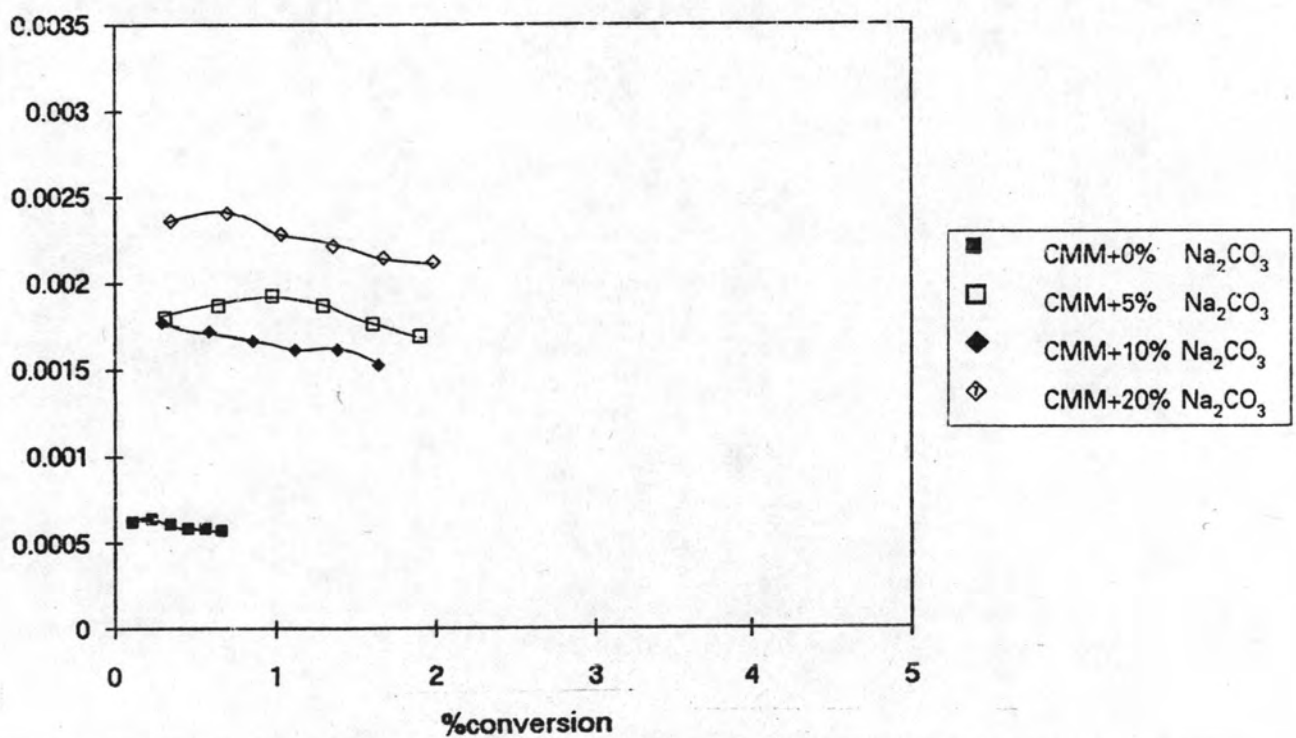
ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสฟาย 850 องศาเซลเซียส

ก. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โพแทสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

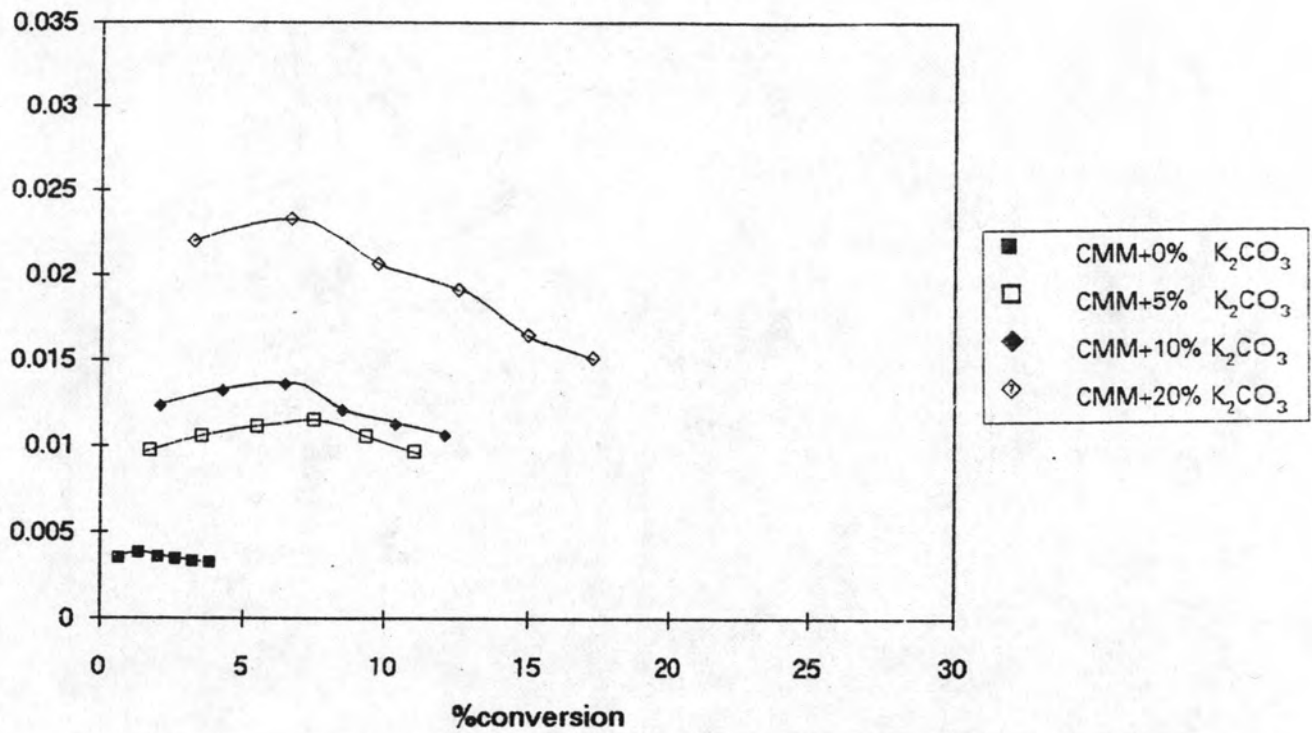
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เกาะที่

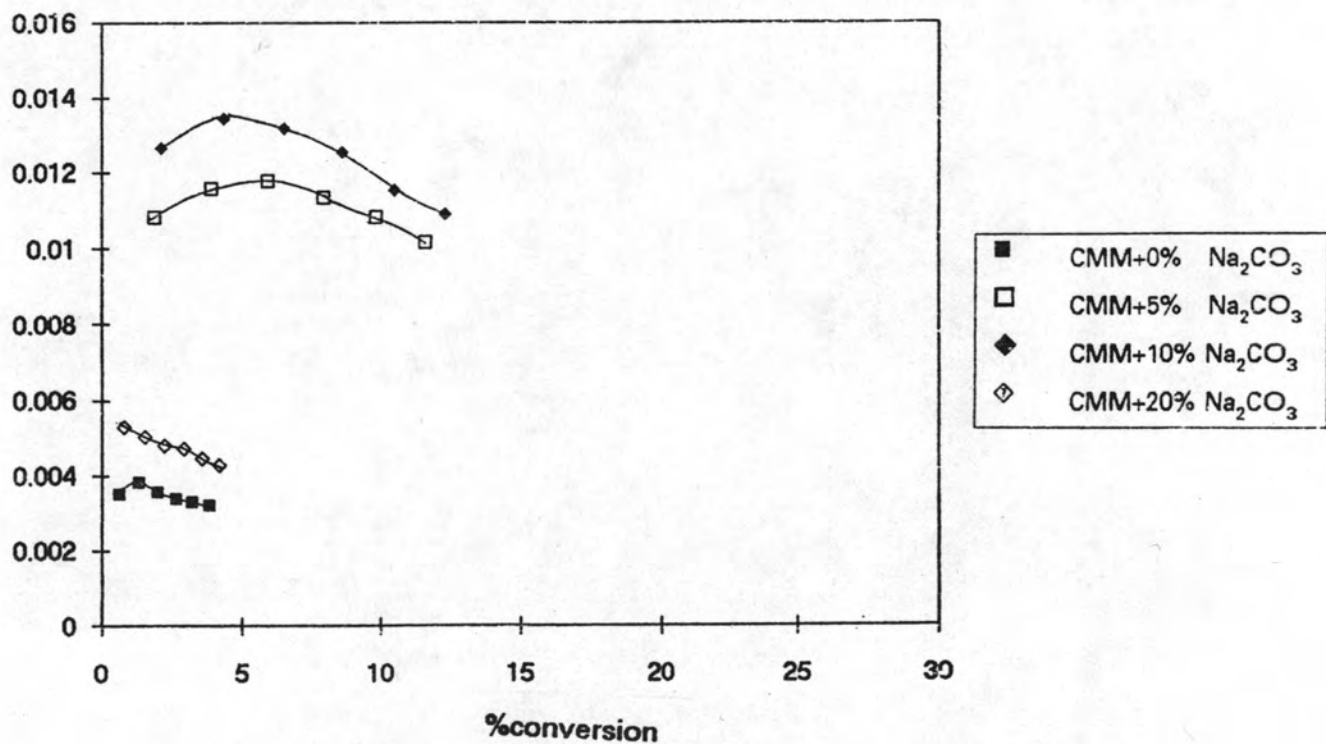
ไม่ล้างสารอินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 600 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

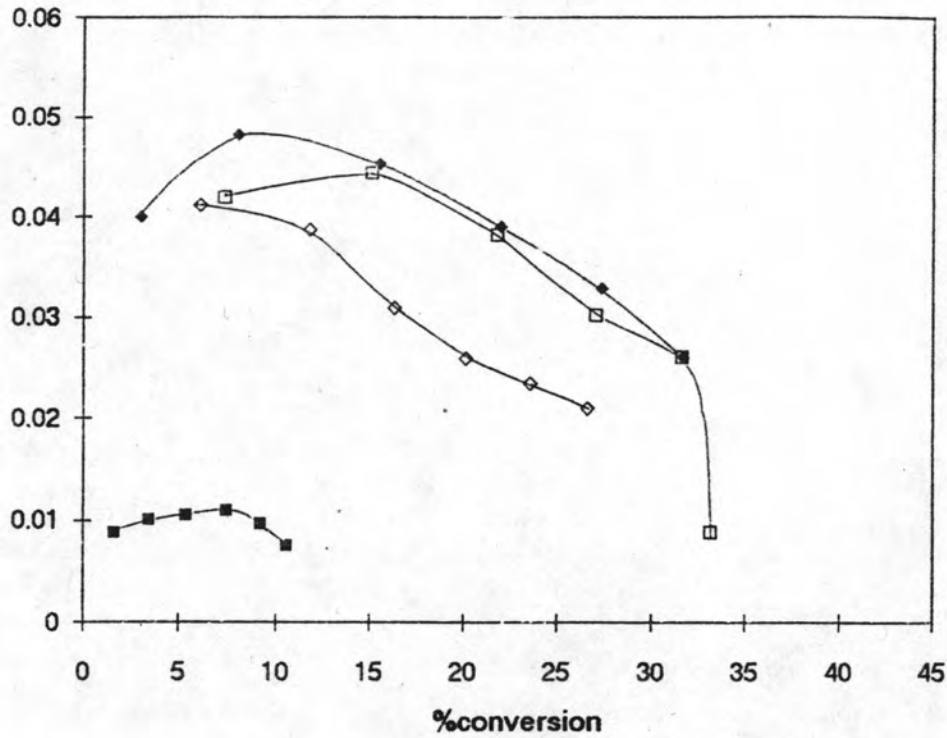
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เมาะที่

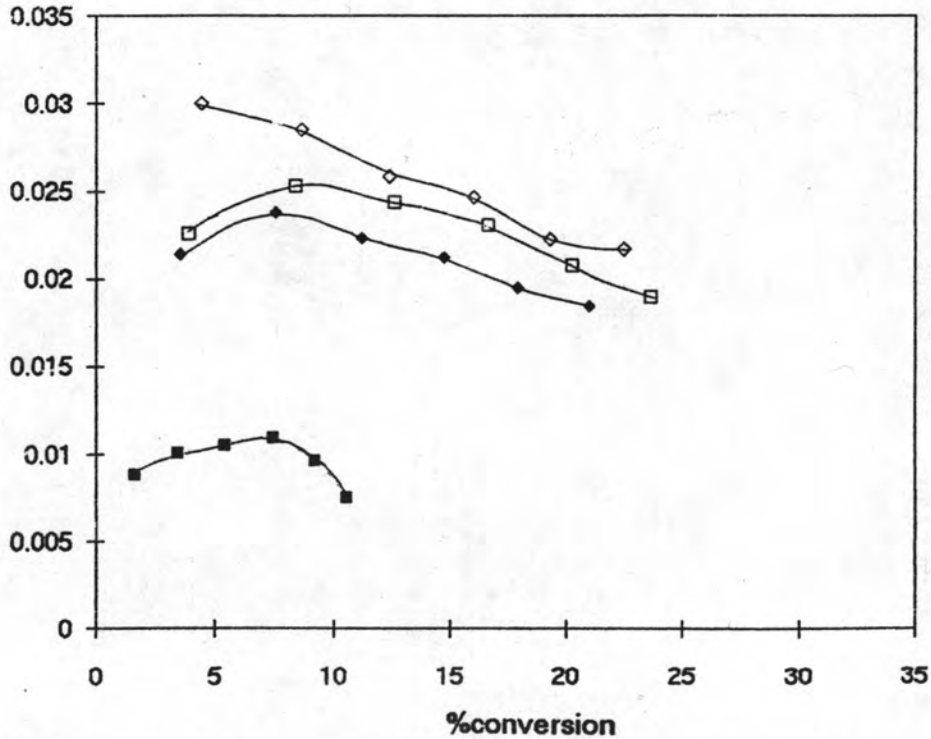
ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 700 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

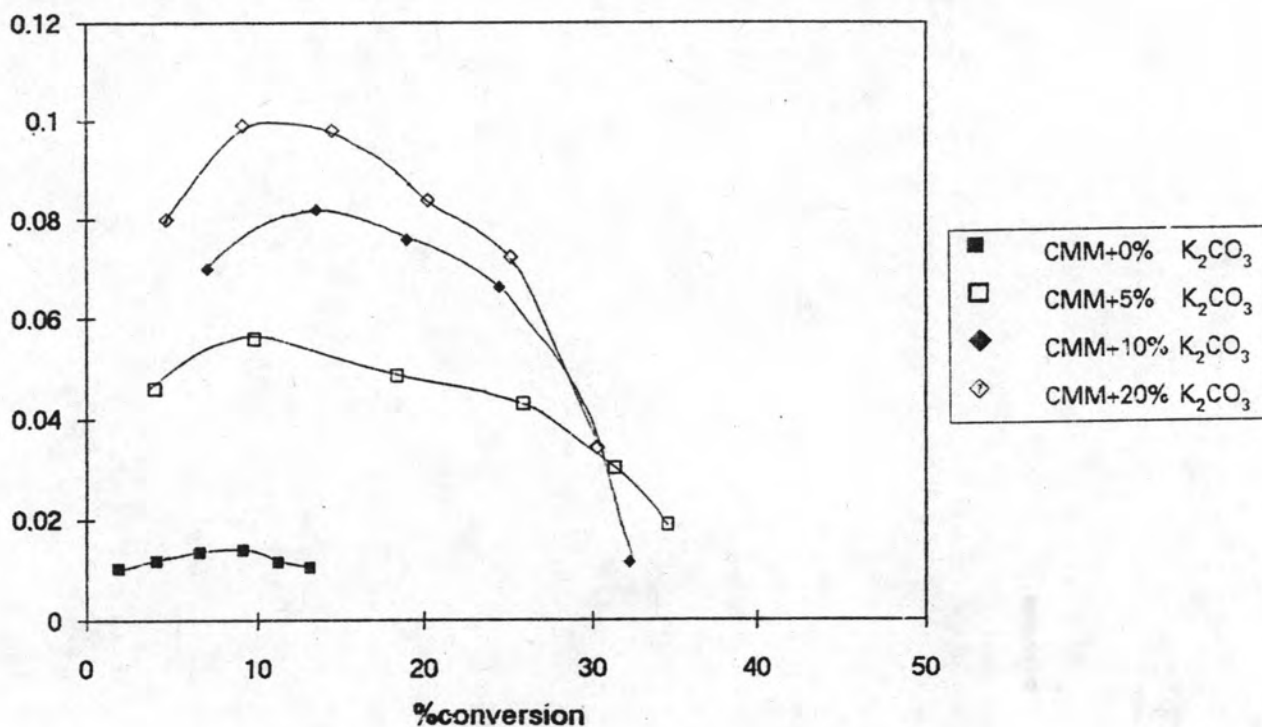
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เมาะที่

ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 800 องศาเซลเซียส

ก. โปแตสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

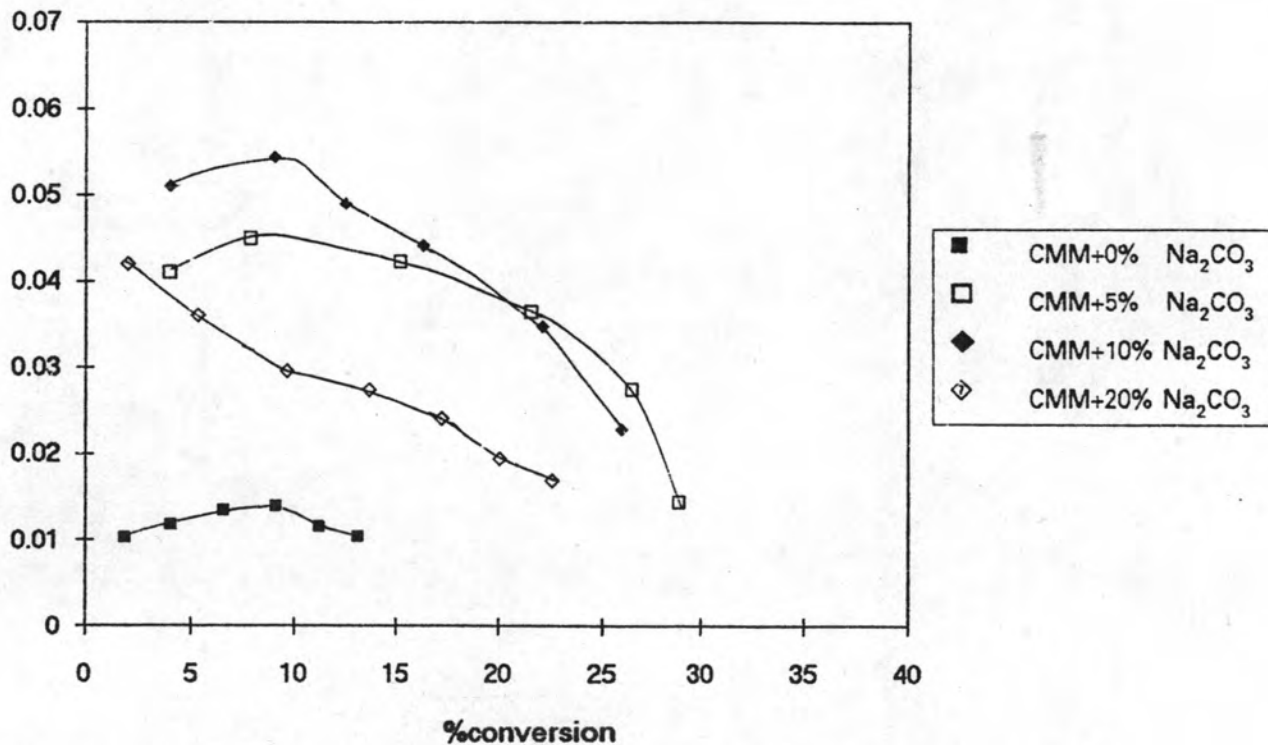
ก.

Rate (mg. mg C₁⁻¹. min⁻¹)



ข.

Rate (mg. mg C₁⁻¹. min⁻¹)

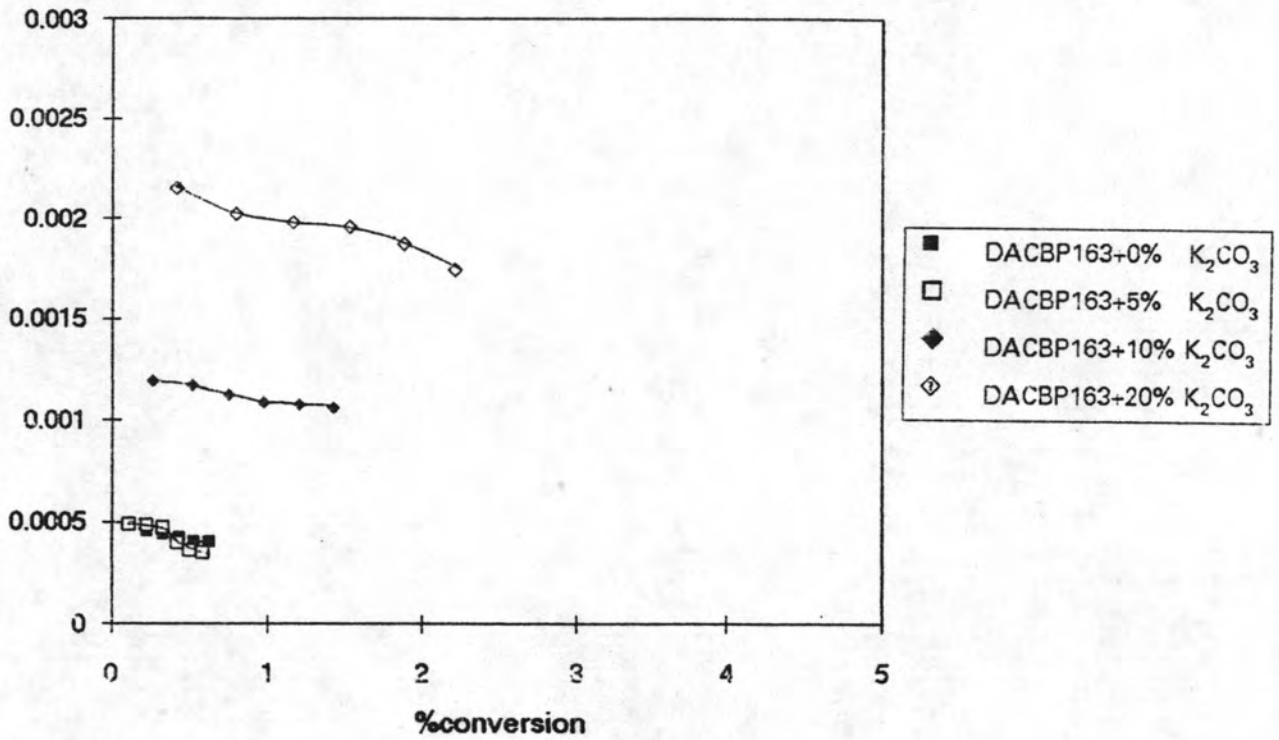


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์แม่เมาะที่

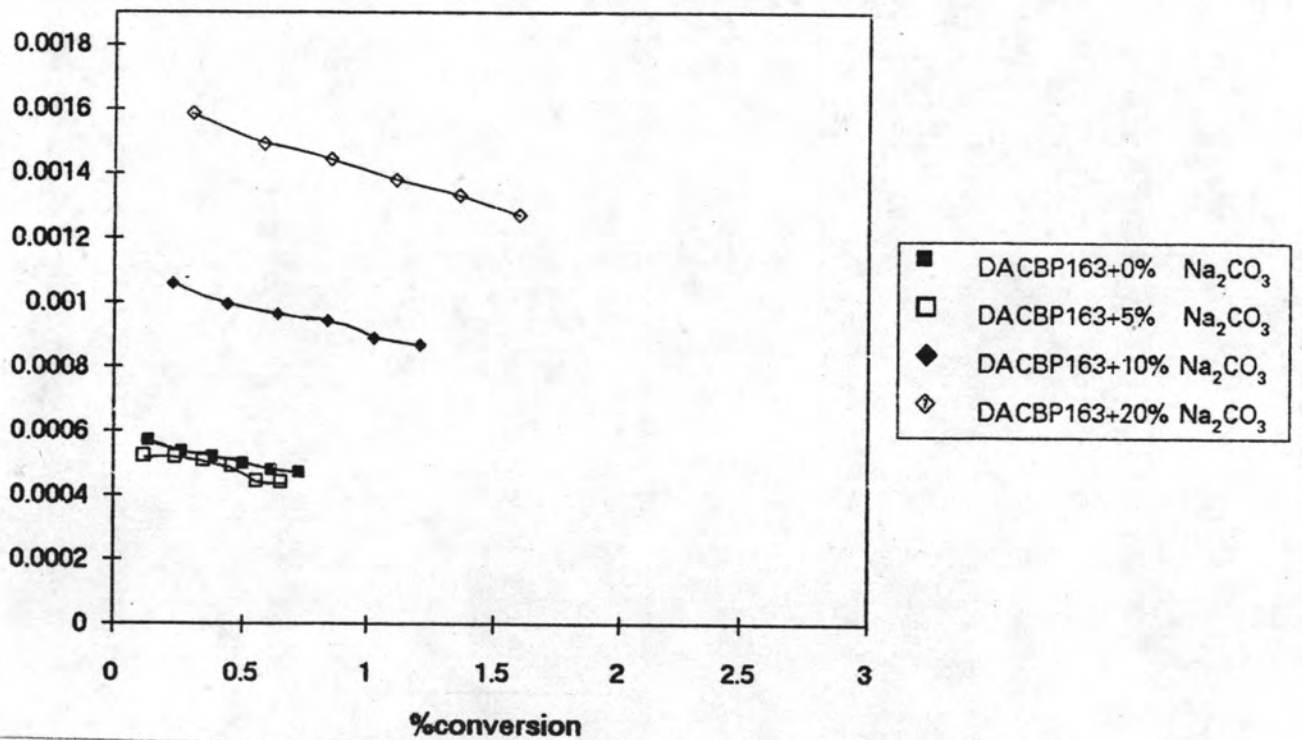
ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 850 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

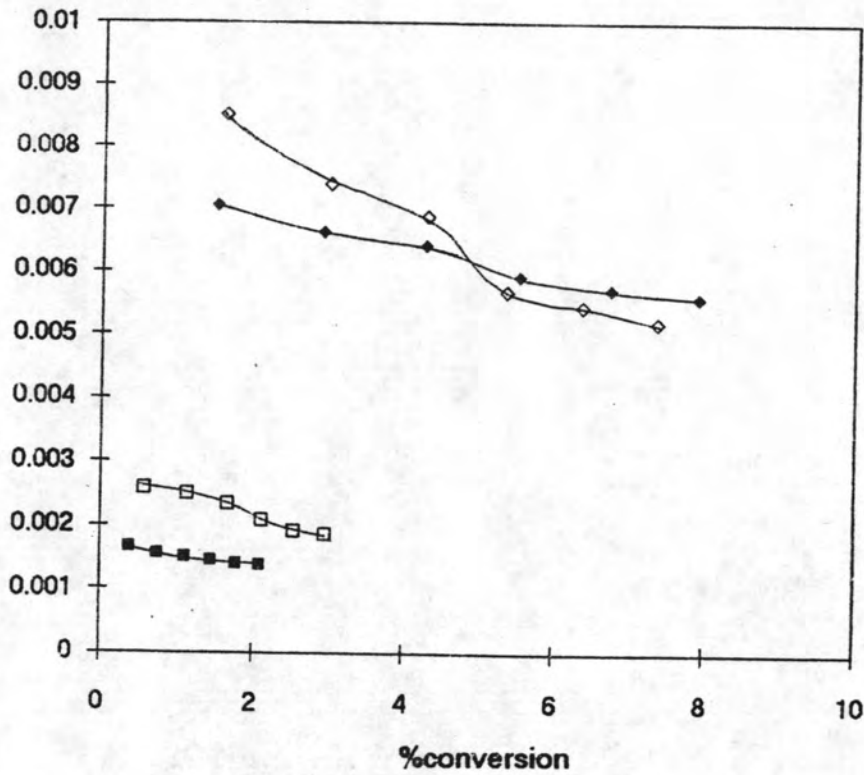
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

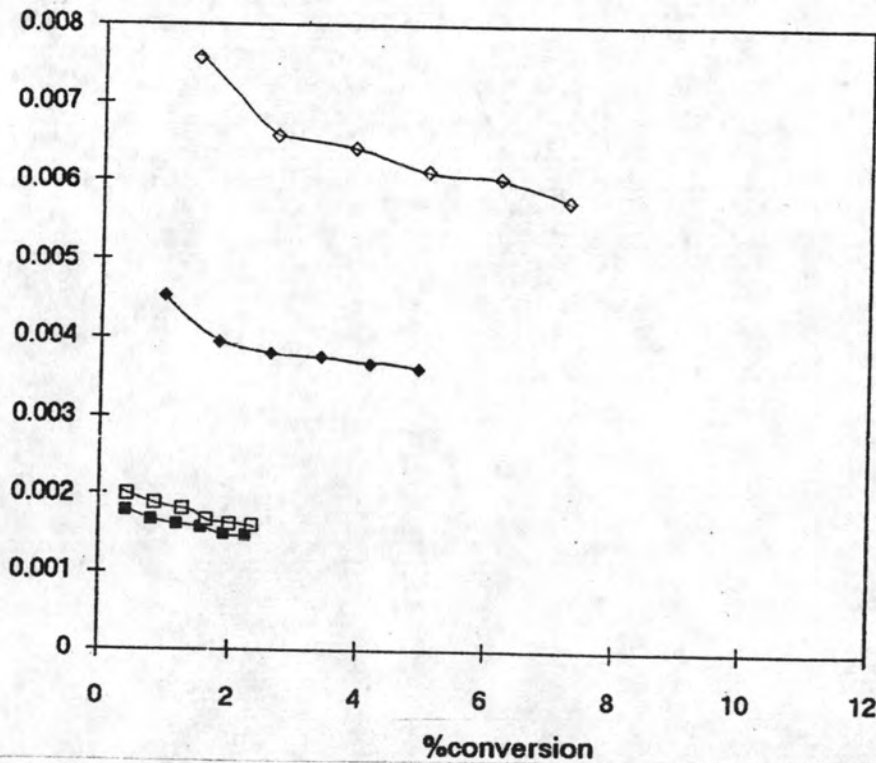
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของอัตราการแก๊สฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์
บางปุด้า163 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแก๊สฟาย 600 องศาเซลเซียส
ก. โปแตสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_i^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

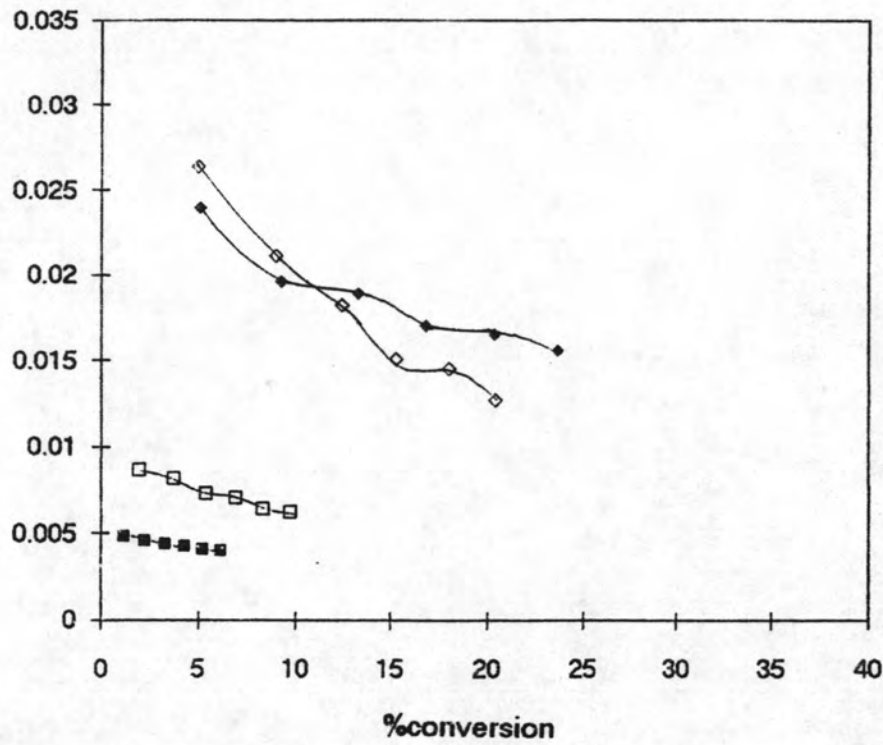
Rate (mg. mg C_i^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์

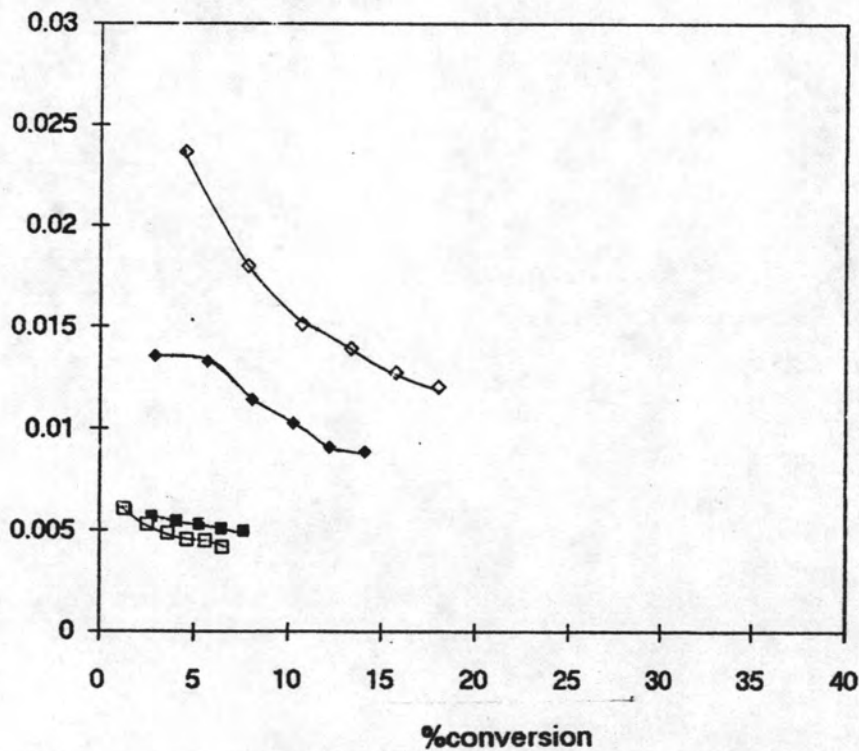
บางปุด้า163 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสฟาย 700 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

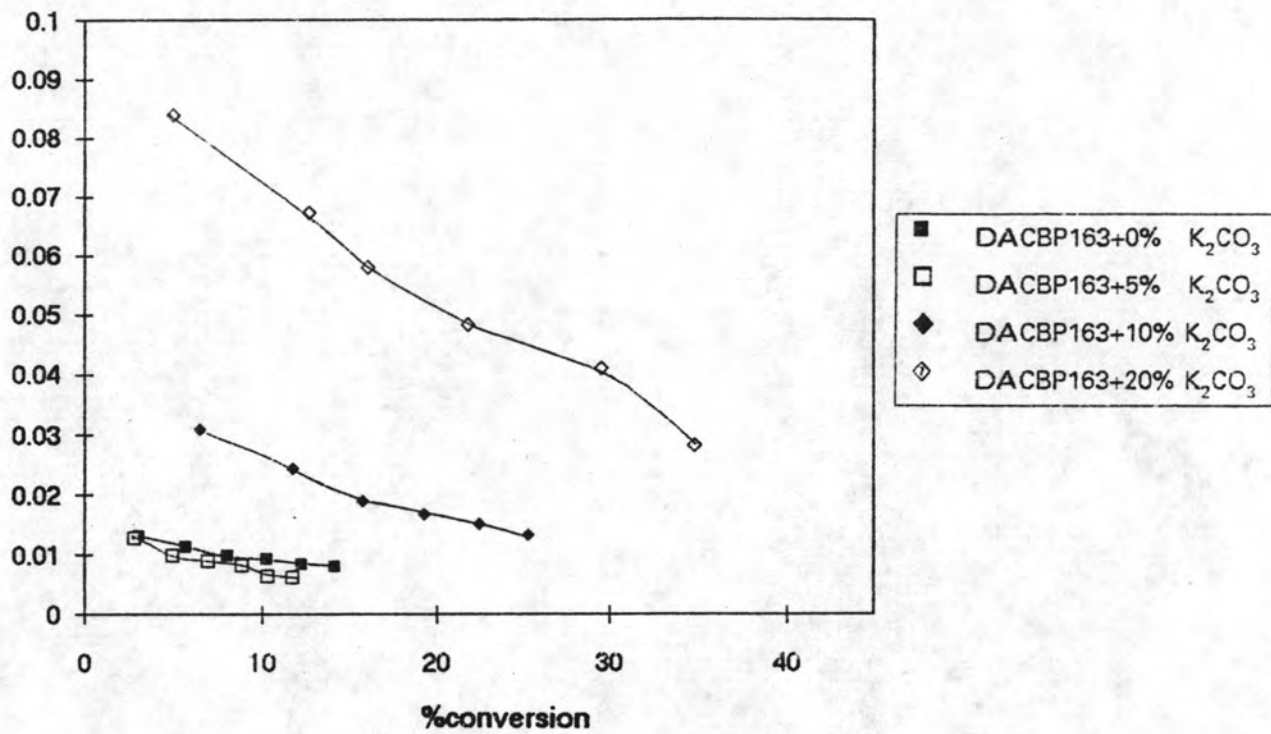
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์

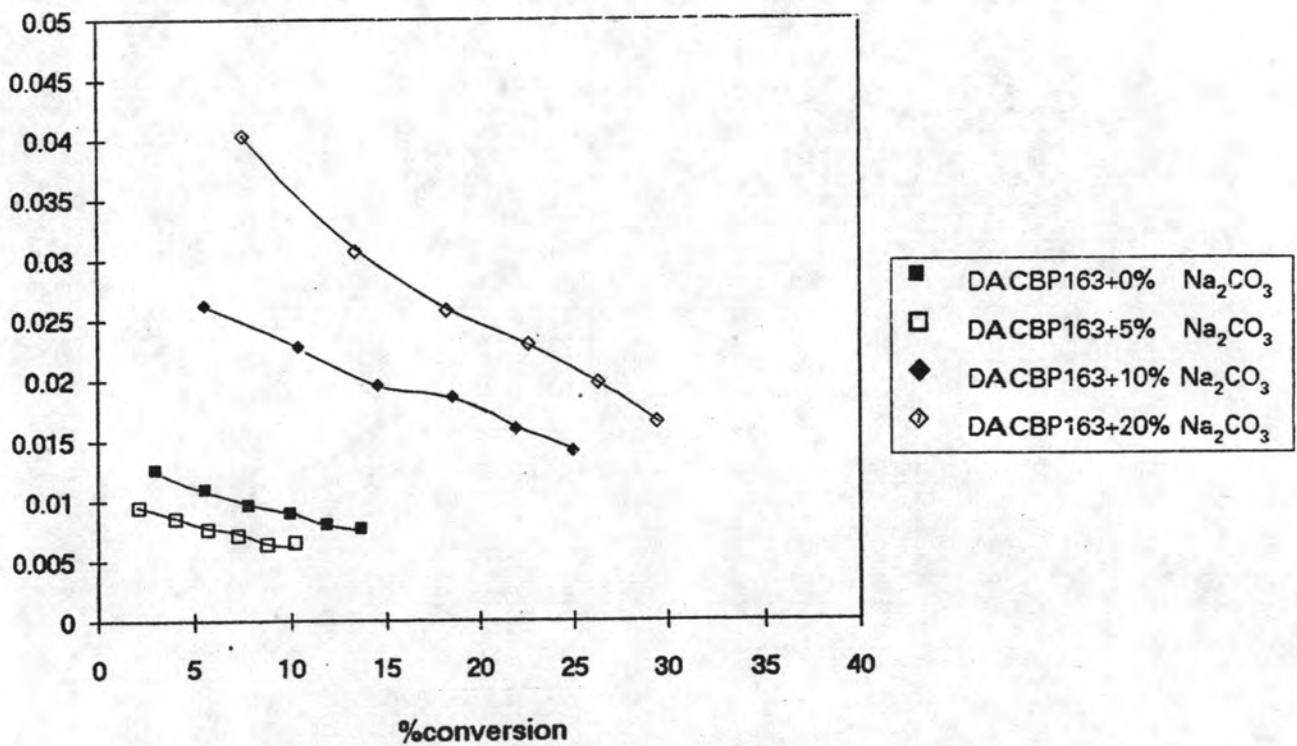
บางปุด้า 163 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสฟาย 800 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

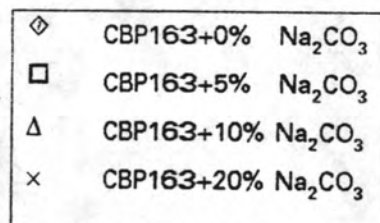
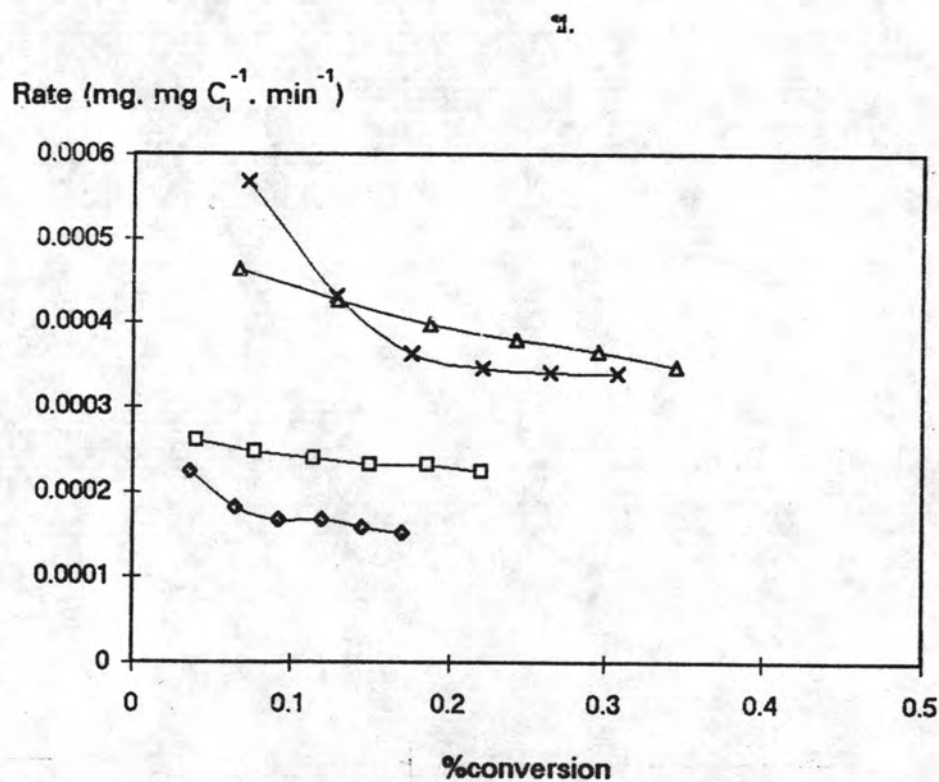
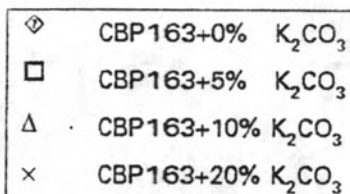
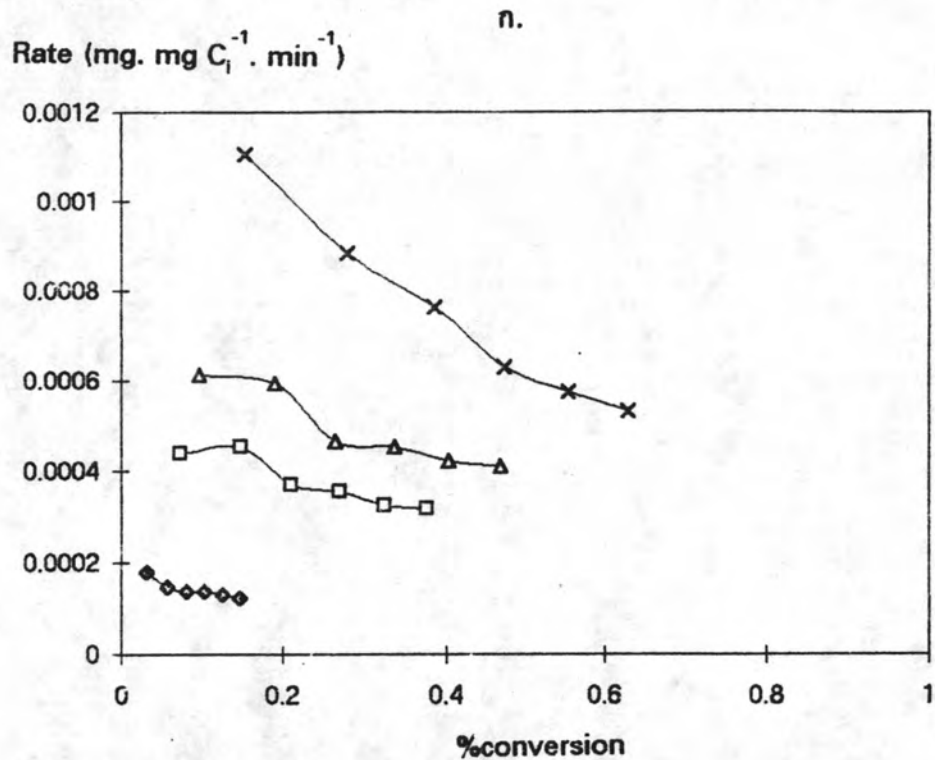
ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

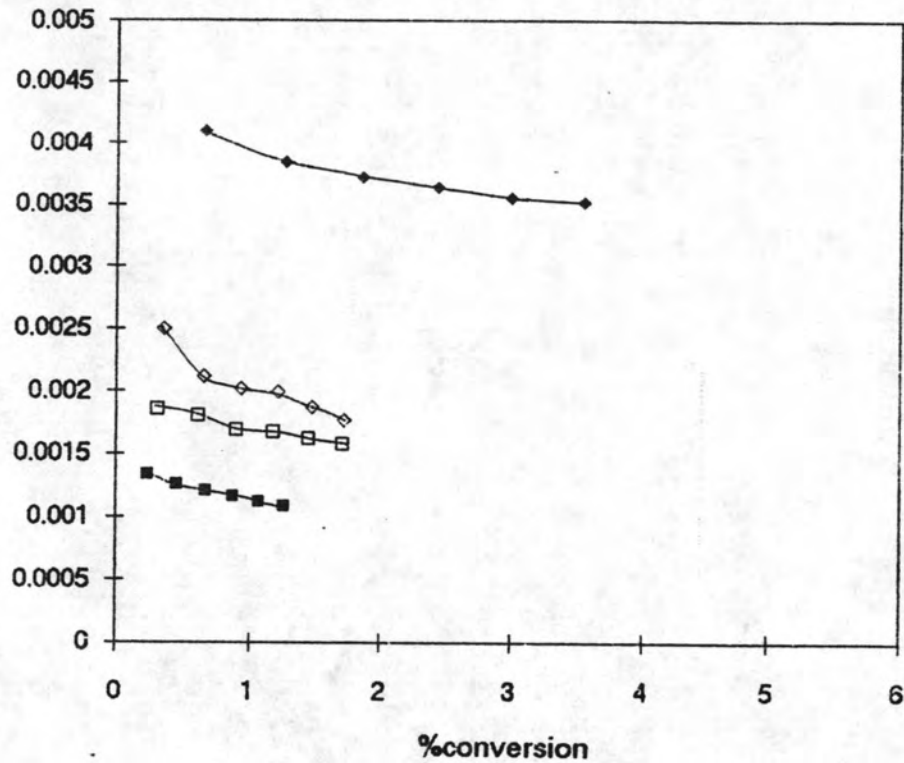
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของอัตราการแก๊สฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์
บางปุด้า163 ที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแก๊สฟาย 850 องศาเซลเซียส
ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

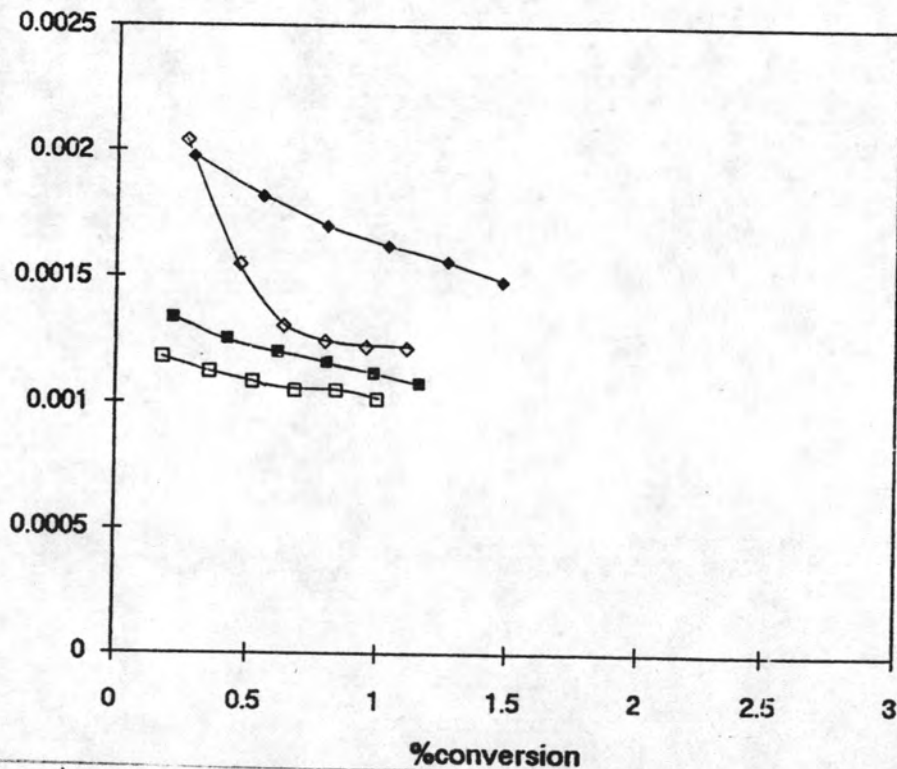


รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์บางปุด้า163 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 600 องศาเซลเซียส
 ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

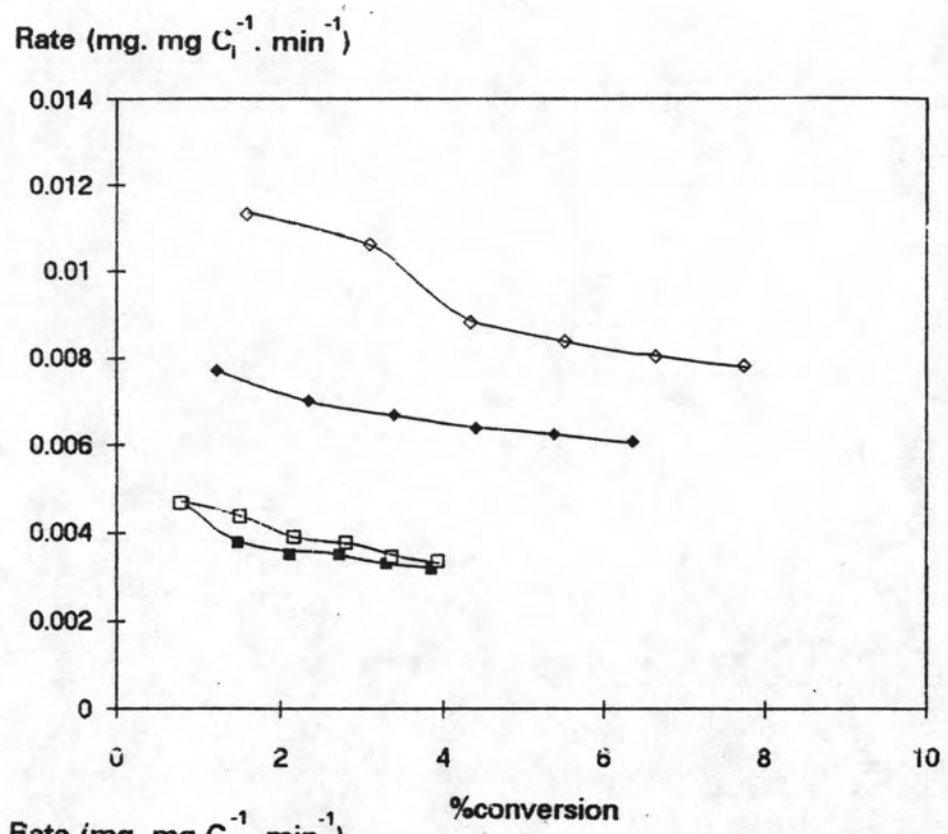
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์

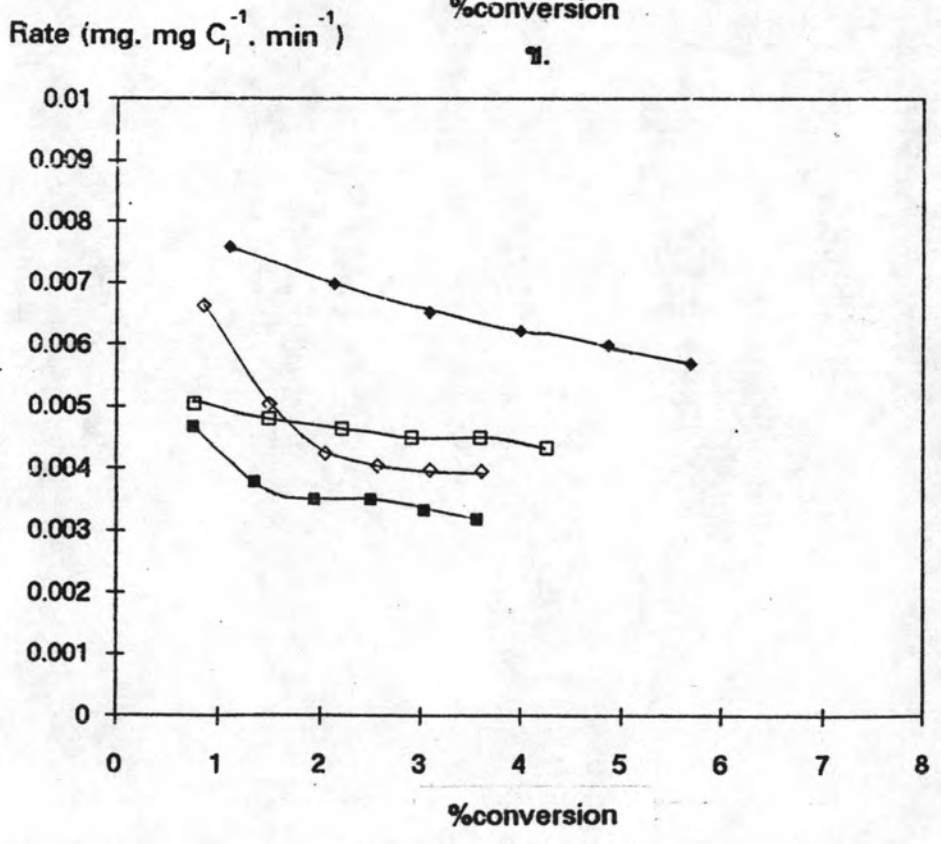
บางปุด้า163 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 700 องศาเซลเซียส

ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.



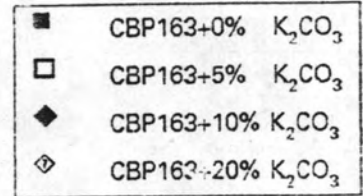
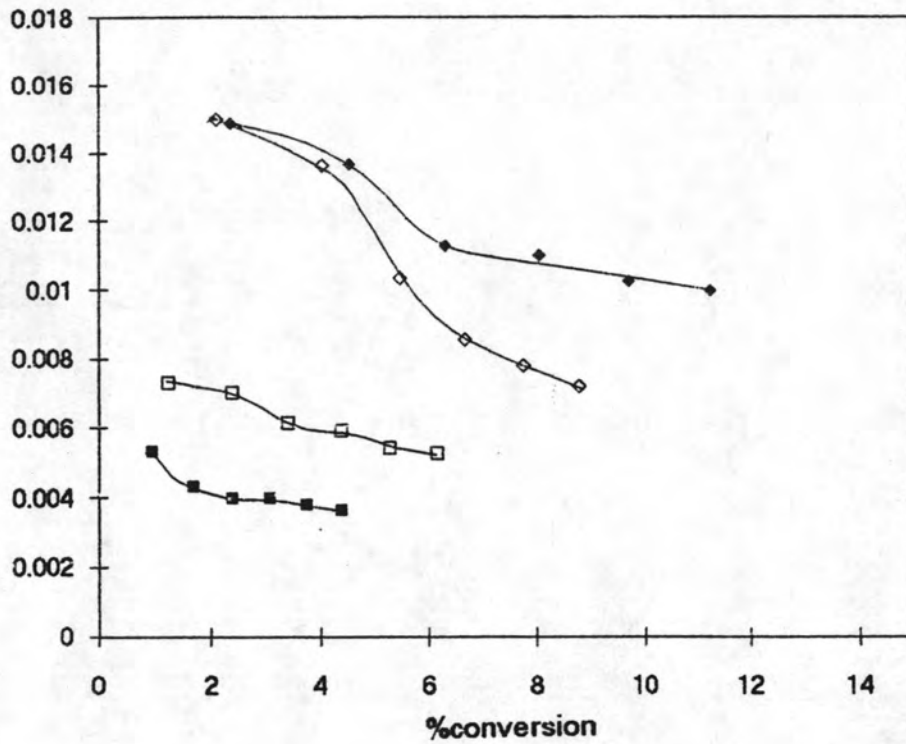
- CBP163+0% K₂CO₃
- CBP163+5% K₂CO₃
- ◆ CBP163+10% K₂CO₃
- ◇ CBP163+20% K₂CO₃



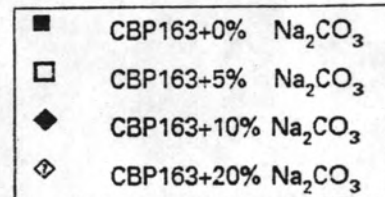
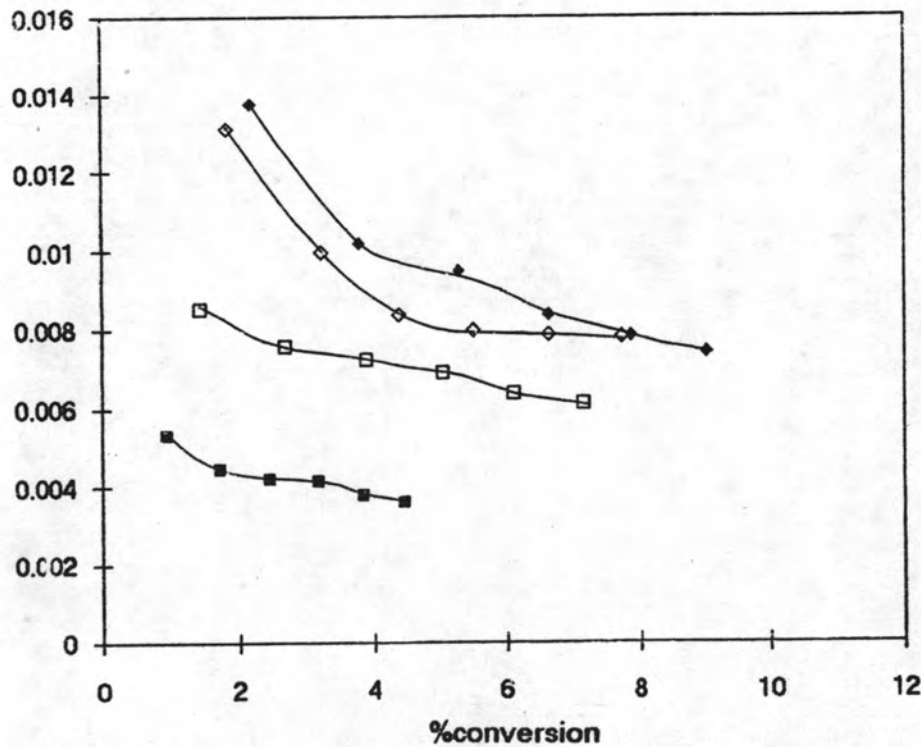
- CBP163+0% Na₂CO₃
- CBP163+5% Na₂CO₃
- ◆ CBP163+10% Na₂CO₃
- ◇ CBP163+20% Na₂CO₃

รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของอัตราการแกสฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์บางปุด้า163 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสฟาย 800 องศาเซลเซียส
 ก. โพตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ก.

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

ข.

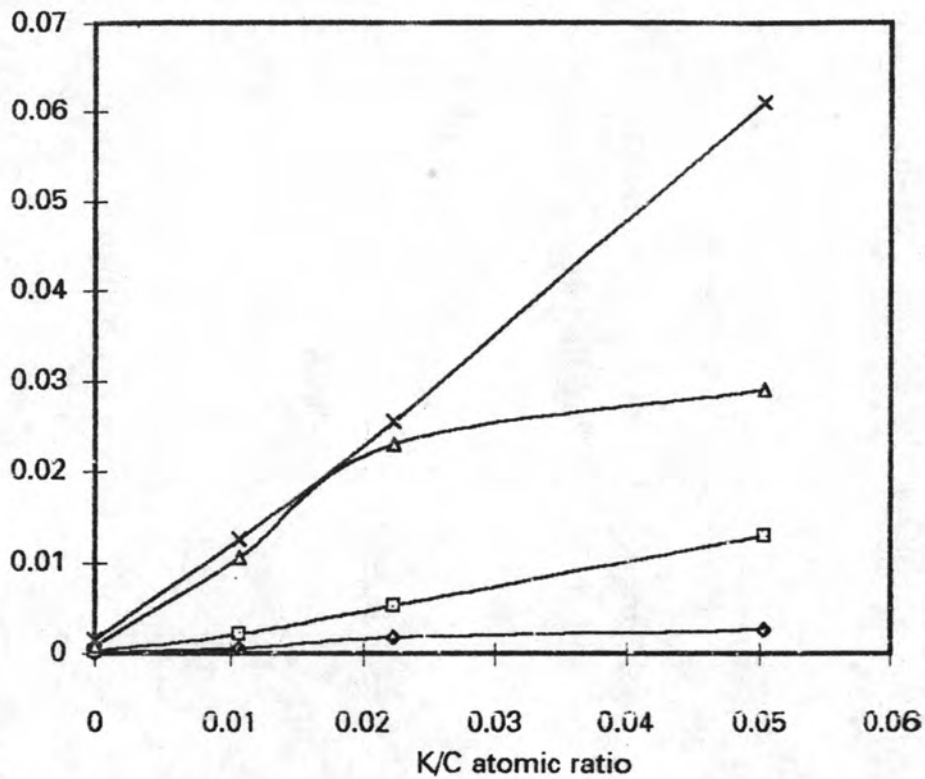
Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ของอัตราการแก๊สฟายกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์บางปุด้า163 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแก๊สฟาย 850 องศาเซลเซียส
 ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

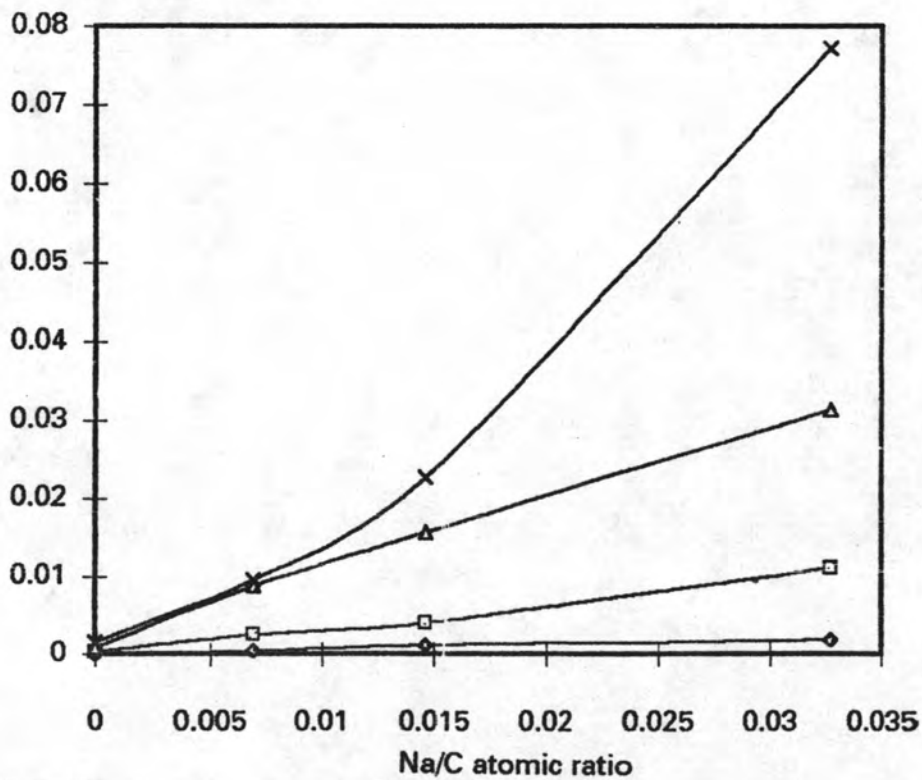
4.6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วกับปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

ในหัวข้อ 4.5 เปรียบเทียบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสอง โดยคิดจากเปอร์เซ็นต์ของตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นในแต่ละตัวอย่างไม่เท่ากัน อีกวิธีหนึ่งอาจเปรียบเทียบโดยใช้อัตราส่วนโดยอะตอมตัวเร่งปฏิกิริยาต่อคาร์บอน (M/C ratio) ดังแสดงการคำนวณในภาคผนวกที่ ค.6

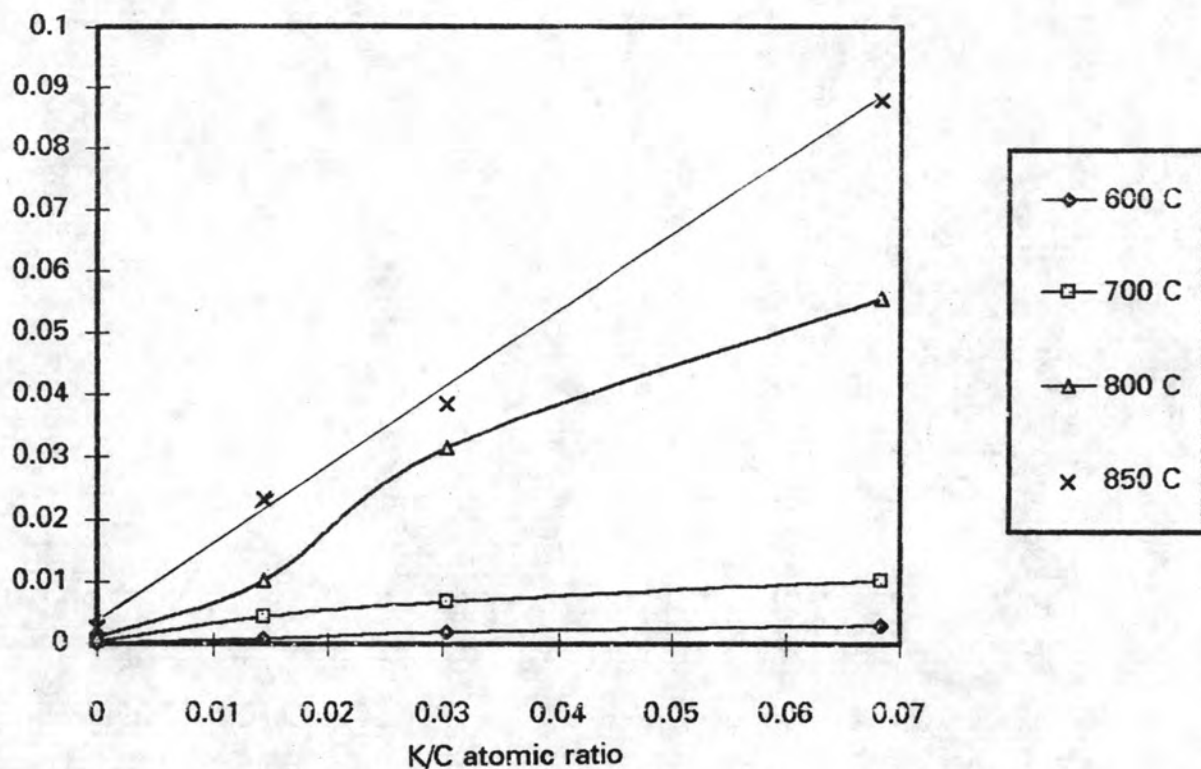
รูปที่ 4.25-4.28, รูปที่ 4.29-4.32 และรูปที่ 4.33-4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง M/C ratio กับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของถ่านชาร์บางปุดำ 110, ถ่านชาร์แม่เมาะ และถ่านชาร์บางปุดำ 163 ทั้งที่ล้างและไม่ล้างสารอินทรีย์ ที่อุณหภูมิ 600, 700, 800 และ 850 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

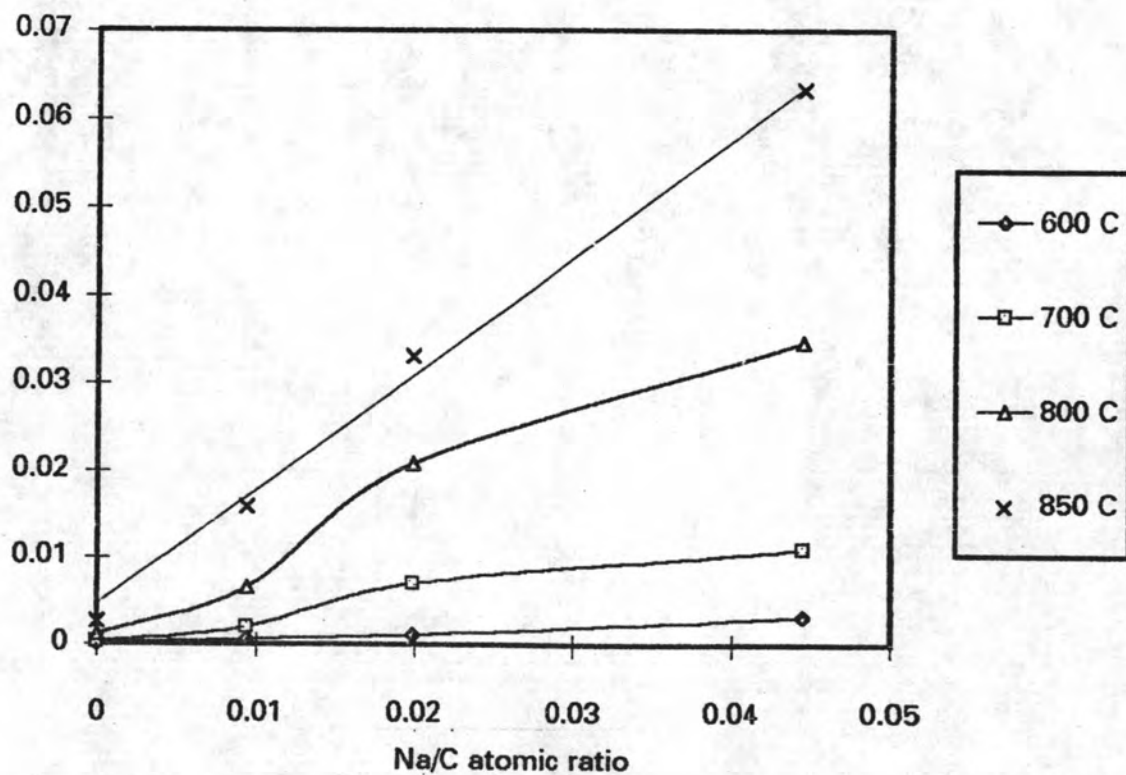
รูปที่ 4.25 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโปตัสเซียมคาร์บอเนตต่อการแกสฟายถ่านชาร์บางปุด้า 110 ที่ล่างสารอนินทรีย์แล้ว

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

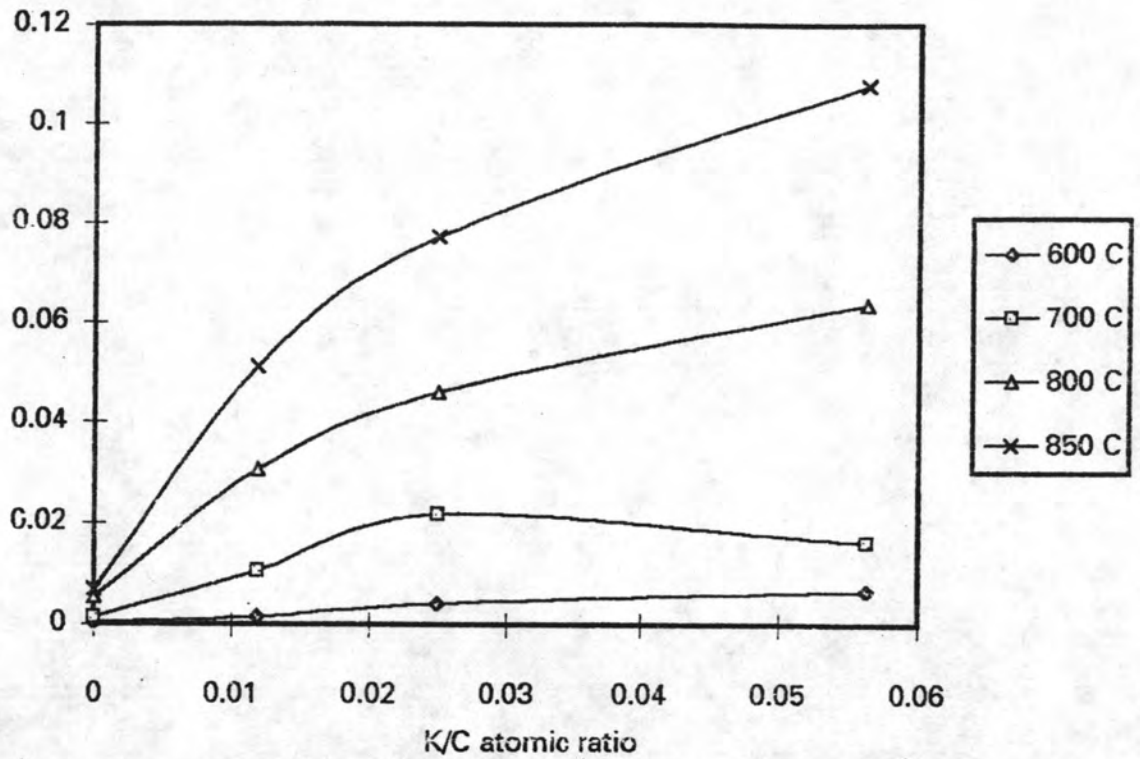
รูปที่ 4.26 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตต่อการแกสฟายถ่านชาร์บางปุด้า 110 ที่ล่างสารอนินทรีย์แล้ว

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

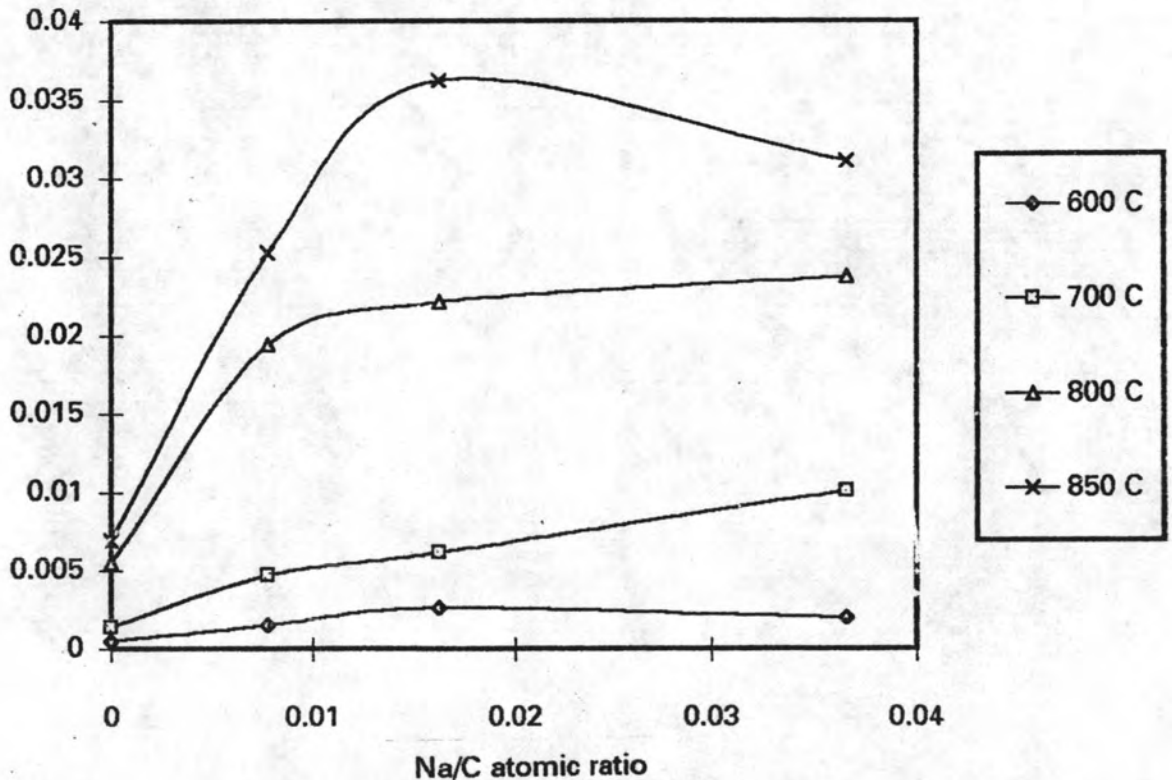
รูปที่ 4.27 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโปตัสเซียมคาร์บอเนตต่อการแกสฟายถ่านชาร์บางปุด้า 110 ที่
ไม่ล้างสารอนินทรีย์

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

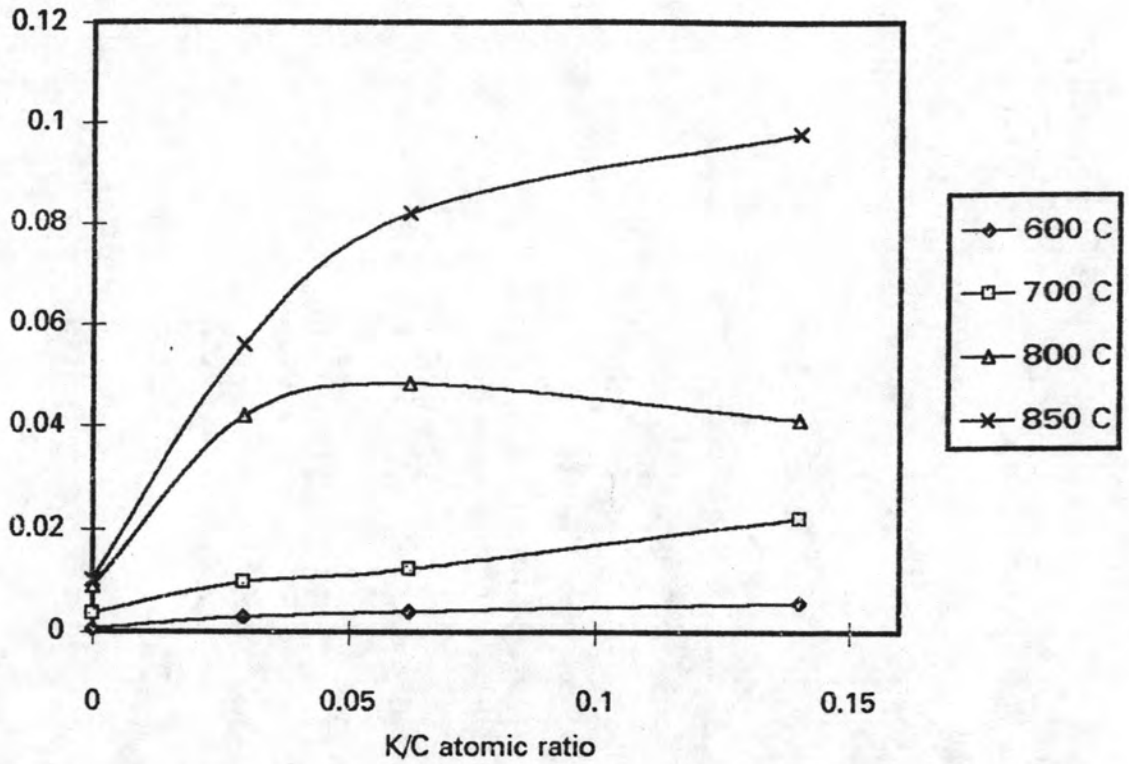
รูปที่ 4.28 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตต่อการแกสฟายถ่านชาร์บางปุด้า 110 ที่
ไม่ล้างสารอนินทรีย์

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

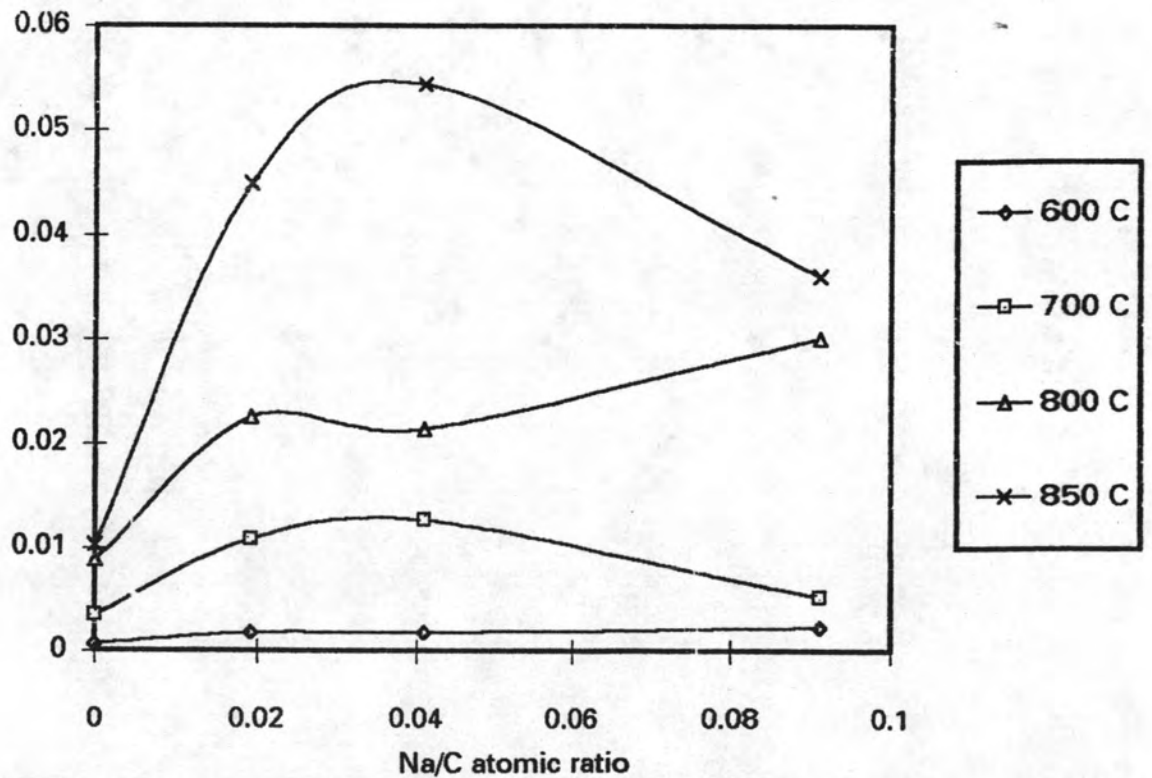
รูปที่ 4.29 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโปตัสเซียมคาร์บอเนตต่อการแกสไฟเอชันชาร์แม่เมาะที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

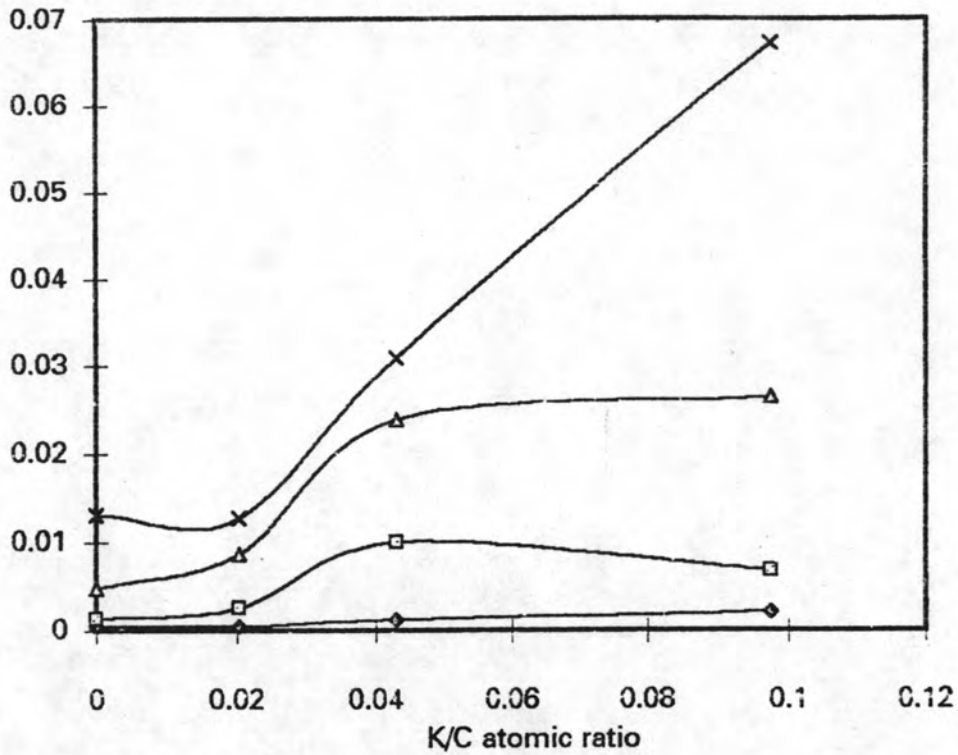
รูปที่ 4.30 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตต่อการแกสไฟเอชันชาร์แม่เมาะที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

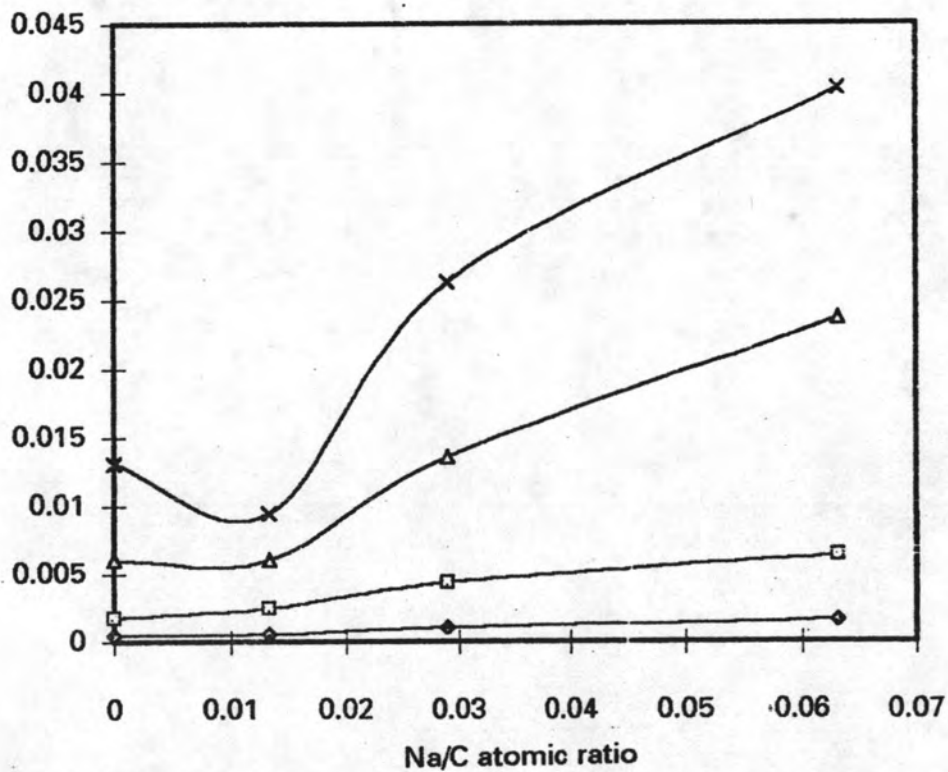
รูปที่ 4.31 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโปตัสเซียมคาร์บอนेटต่อการแกสไฟยถ่านชาร์แม่เมาะที่ไม่ล้างสารอินทรีย์

Rate (mg. mg C_1^{-1} . min $^{-1}$)

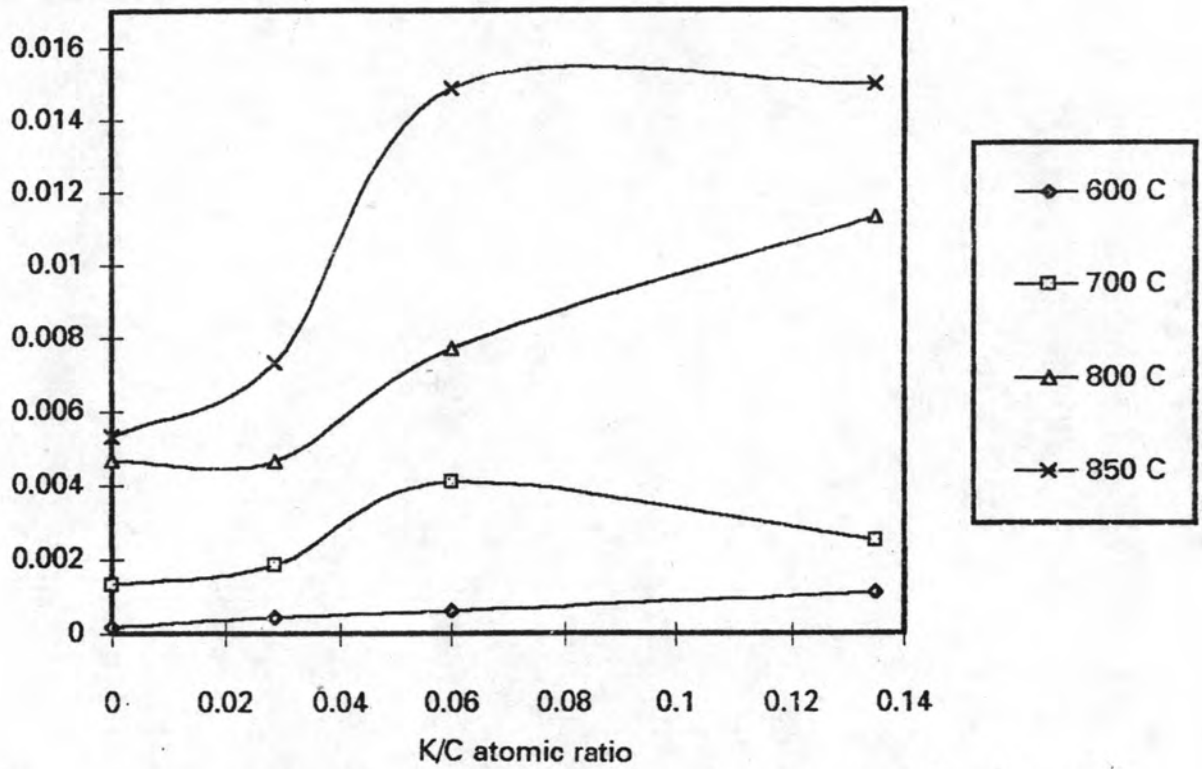
รูปที่ 4.32 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอนेटต่อการแกสไฟยถ่านชาร์แม่เมาะที่ไม่ล้างสารอินทรีย์

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

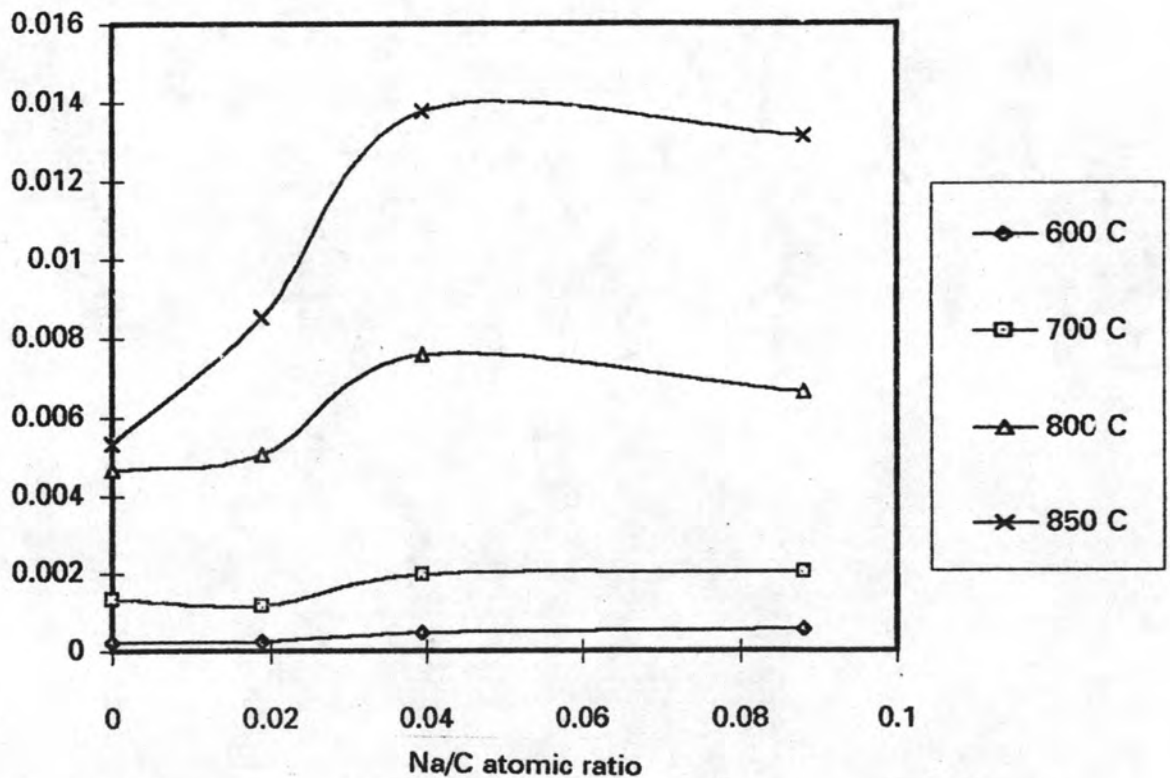
รูปที่ 4.33 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโปตัสเซียมคาร์บอเนตต่อการแกสฟายถ่านซาร์บางปุด้า 163 ที่ล่างสารอนินทรีย์แล้ว

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

รูปที่ 4.34 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตต่อการแกสฟายถ่านซาร์บางปุด้า 163 ที่ล่างสารอนินทรีย์แล้ว

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

รูปที่ 4.35 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโปตัสเซียมคาร์บอเนตต่อการแกสไฟผ่านซาร์บางปูดำ 163 ที่
ไม่ล้างสารอินทรีย์

Rate (mg. mg C₁⁻¹ . min⁻¹)

รูปที่ 4.36 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตต่อการแกสไฟผ่านซาร์บางปูดำ 163 ที่
ไม่ล้างสารอินทรีย์

4.7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซกับอัตราเร็ว

จากการเก็บก๊าซในระหว่างแกสไฟล่ายทุก ๆ 5 นาที โดยช่วงเวลาที่เก็บก๊าซแต่ละครั้ง คือ 1 นาที เปลี่ยนกระบอกเก็บก๊าซขนาด 140 ลูกบาศก์เซนติเมตรสลับกันไป แล้ววิเคราะห์ก๊าซที่ได้ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ สามารถคำนวณปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากพื้นที่ใต้กราฟเทียบกับก๊าซมาตรฐาน ดังแสดงวิธีคำนวณในภาคผนวกที่ ค.7 ในตารางที่ 4.14 แสดงการวิเคราะห์ก๊าซ 1 ชุดจากการแกสไฟล่ายถ่านชาร์บางปุด้า110 ที่ยังไม่ล้างสารอินทรีย์ ที่ 800 องศาเซลเซียส และมี Na_2CO_3 10% เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (CBP110+ Na_2CO_3 10%)

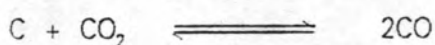
ตารางที่ 4.14 พื้นที่ใต้กราฟและองค์ประกอบของก๊าซจากการวิเคราะห์ด้วย

ก๊าซโครมาโตกราฟ จากการแกสไฟล่าย CBP110+ Na_2CO_3 10% ที่ 800 องศาเซลเซียส.

องค์ประกอบ	5 นาที		10 นาที		15 นาที	
	พื้นที่ ใต้กราฟ	ไมโครโมล /นาที	พื้นที่ ใต้กราฟ	ไมโครโมล /นาที	พื้นที่ ใต้กราฟ	ไมโครโมล /นาที
O_2	208728	30	241592	35	231754	34
N_2	2595722	846	714253	233	398582	130
CO	395757	76	466887	91	467827	90
CO_2	10265941	excess	12147812	excess	12241914	excess

องค์ประกอบ	ที่ 20 นาที		ที่ 25 นาที		ที่ 30 นาที	
	พื้นที่ ใต้กราฟ	ไมโครโมล /นาที	พื้นที่ ใต้กราฟ	ไมโครโมล /นาที	พื้นที่ ใต้กราฟ	ไมโครโมล /นาที
O_2	245179	36	252174	37	231754	34
N_2	401794	131	417120	136	397451	129
CO	428150	85	416438	82	426799	82
CO_2	12157947	excess	12189442	excess	11946147	excess

จากผลวิเคราะห์ก๊าซที่ได้แสดงว่าเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้นจริง นอกจากนั้น ยังสามารถคำนวณเป็นโมลของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ควรเกิดจากน้ำหนักถ่านชาร์ที่สูญเสียไปจากการทำปฏิกิริยาของตัวอย่างในเครื่อง Thermogravimetric analyzer โดยตั้งสมมติฐานว่าคาร์บอนทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์เกิดเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์เพียงสมการเดียว คือ

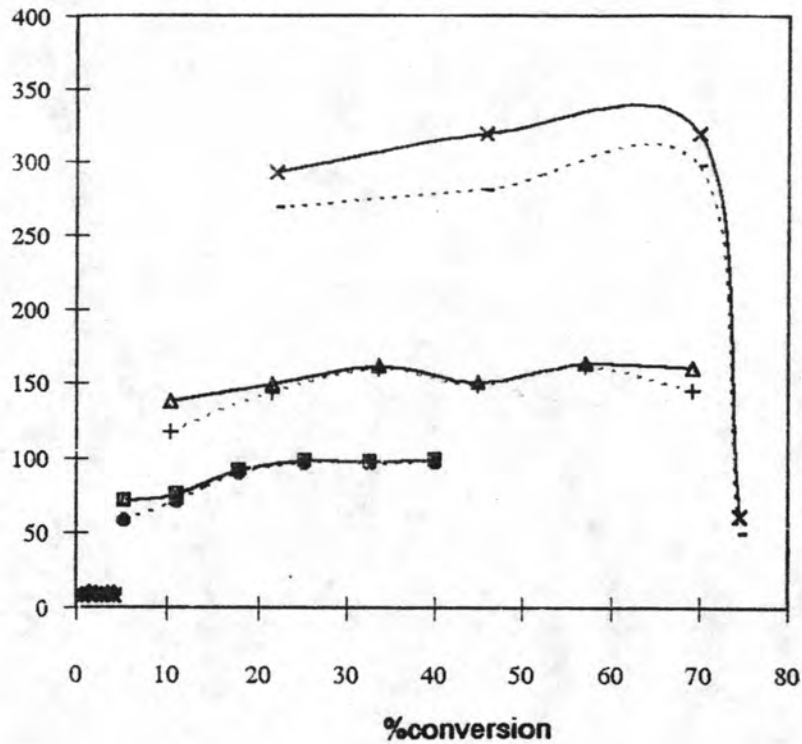


ซึ่งแสดงการคำนวณในภาคผนวกที่ ค.7

ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่คำนวณได้นำมาเปรียบเทียบกับคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จริงจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟ แสดงในรูปที่ 4.37-4.42 ซึ่งเป็นชุดทดลองที่อุณหภูมิแก๊สพาย 850 องศาเซลเซียส สำหรับการทดลองที่อุณหภูมิต่ำกว่าไม่ได้แสดงในที่นี้ เนื่องจากกราฟมีแนวโน้มเดียวกัน แต่ปริมาณก๊าซเกิดขึ้นน้อยกว่า ทำให้เห็นแนวโน้มได้ไม่ชัดเจนเท่า

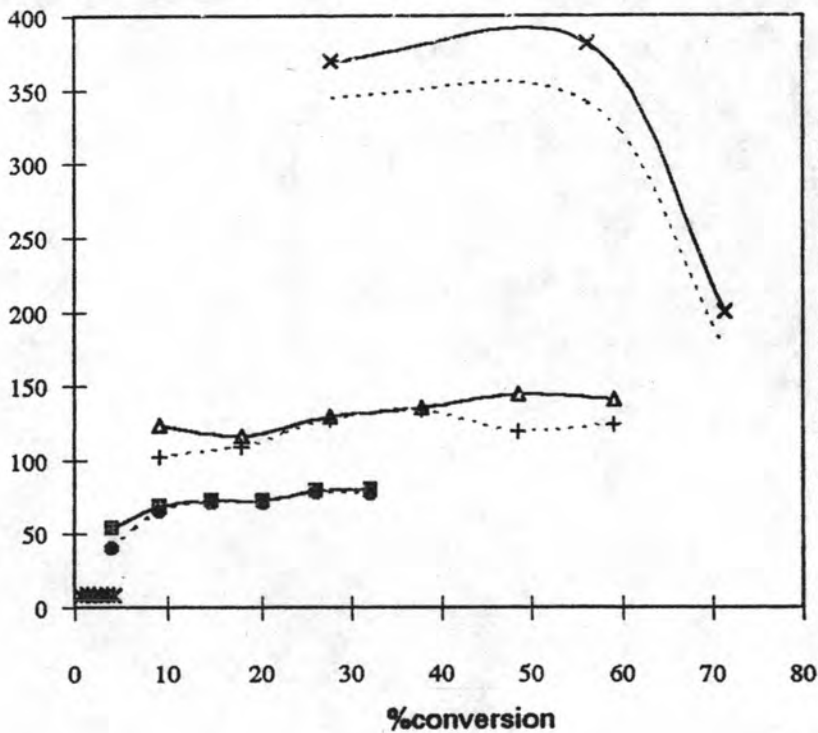
ก.

CO (micromole/min)



ข.

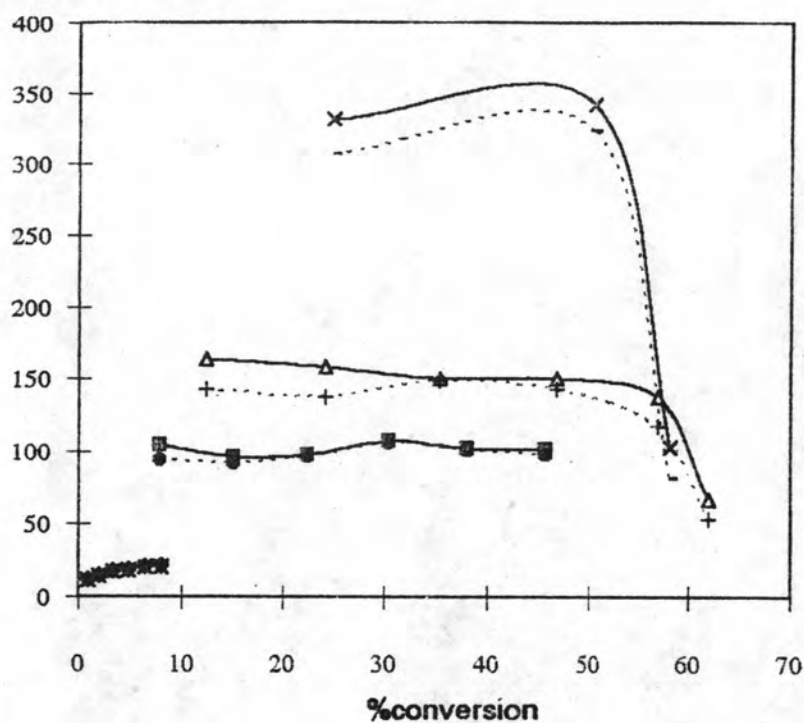
CO (micromole/min)



รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ กับจากการคำนวณ จากการแกสไฟต์่านซาร์บางปุด้า110 ที่ล่างสารอนินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสไฟต์่าน 850 องศาเซลเซียส
 ก. โปดัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

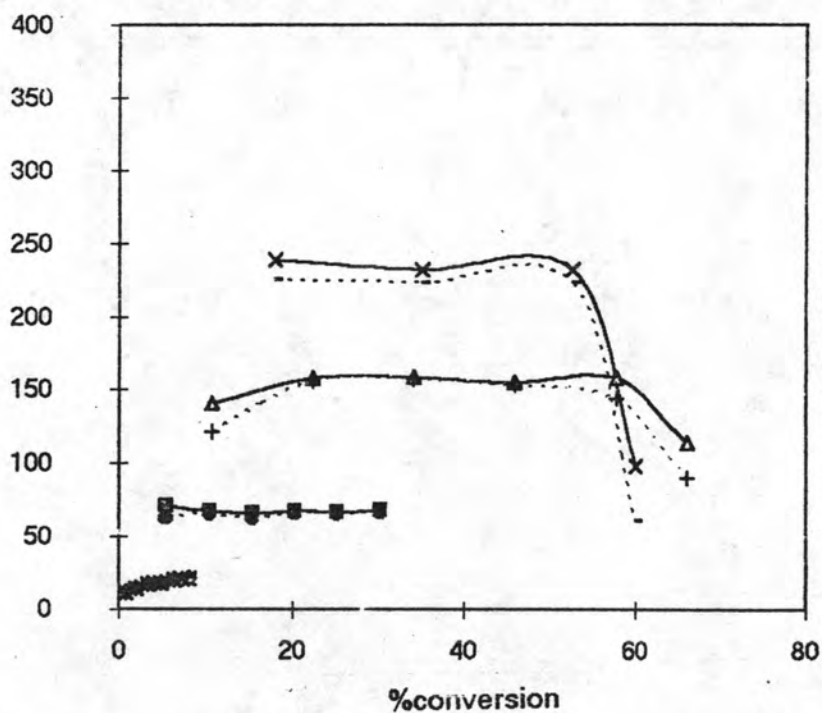
ก.

CO (micromole/min)



ข.

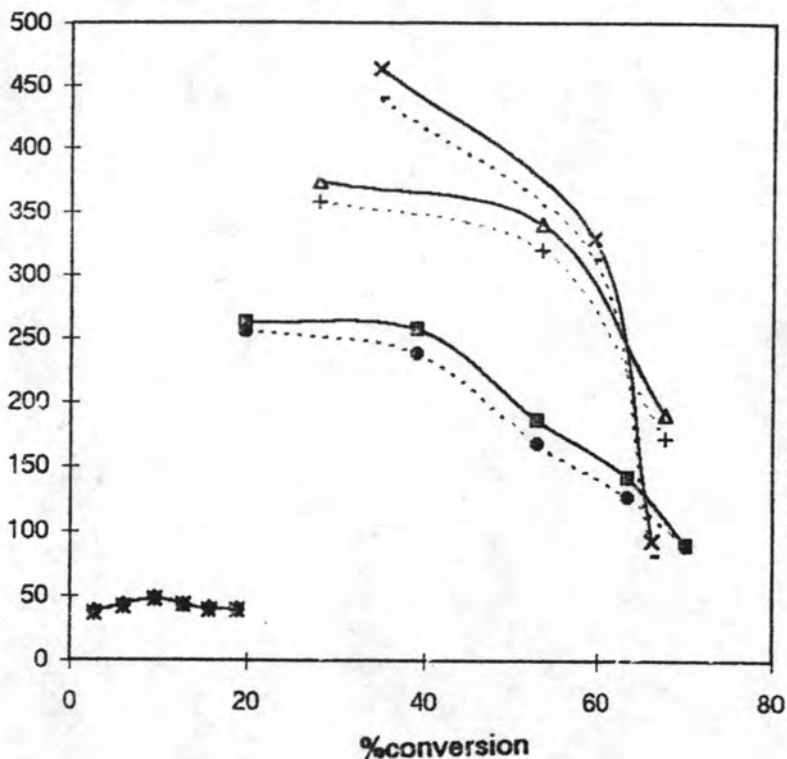
CO (micromole/min)



รูปที่ 4.38 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ กับจากการคำนวณ จากการแกสเฟาย่านซาร์บางปุด้า110 ที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสเฟาย 850 องศาเซลเซียส
 ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

CO (micromole/min)

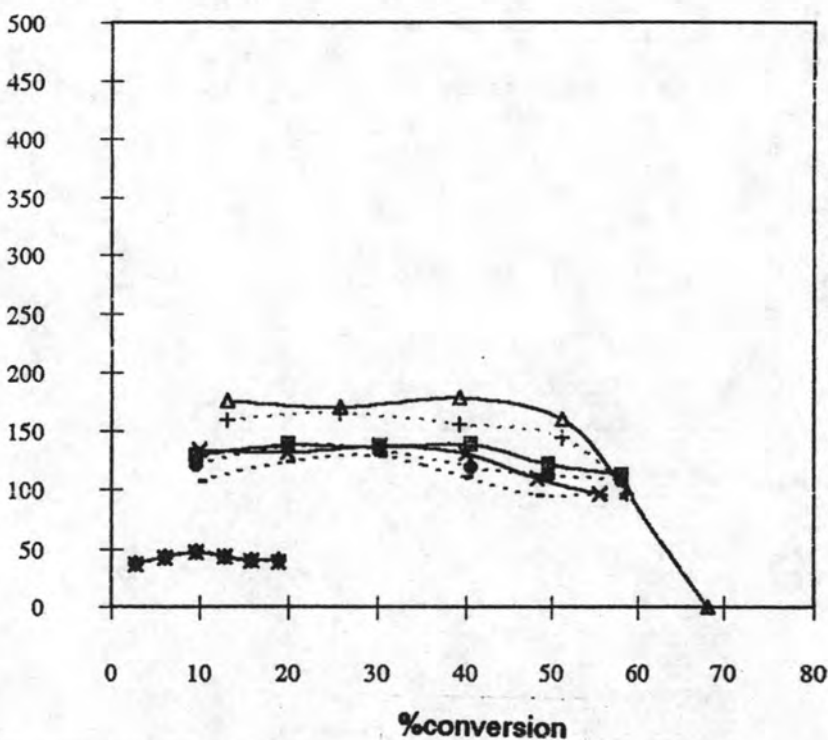
ก.



- ◇ DACMM+0% K_2CO_3 T.G.
- DACMM+5% K_2CO_3 T.G.
- △ DACMM+10% K_2CO_3 T.G.
- × DACMM+20% K_2CO_3 T.G.
- * DACMM+0% K_2CO_3 G.C.
- DACMM+5% K_2CO_3 G.C.
- + DACMM+10% K_2CO_3 G.C.
- ≡ DACMM+20% K_2CO_3 G.C.

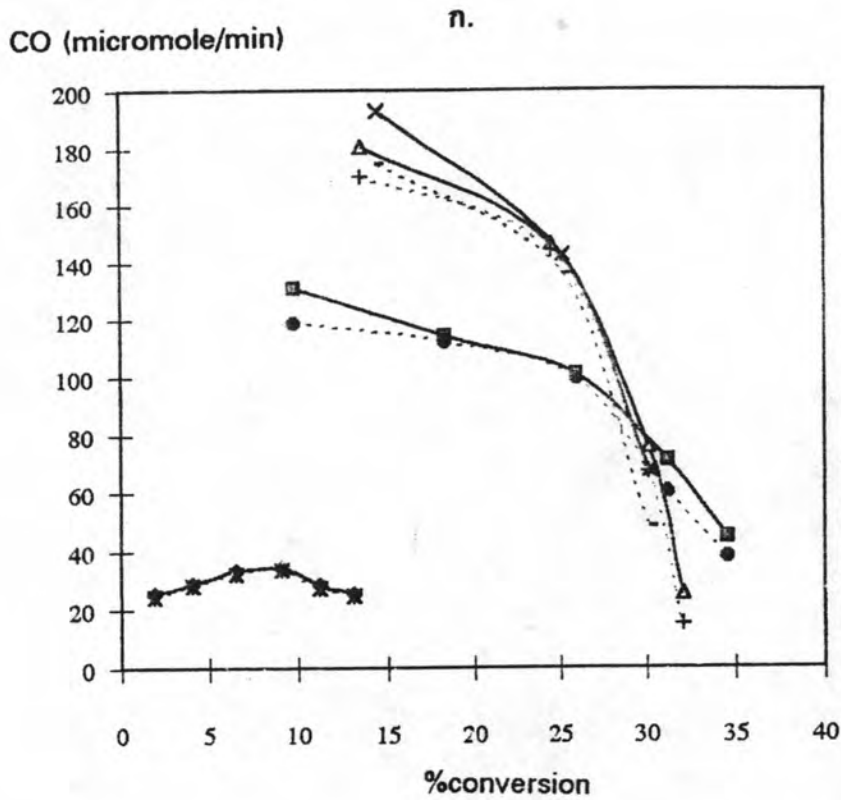
CO (micromole/min)

ข.

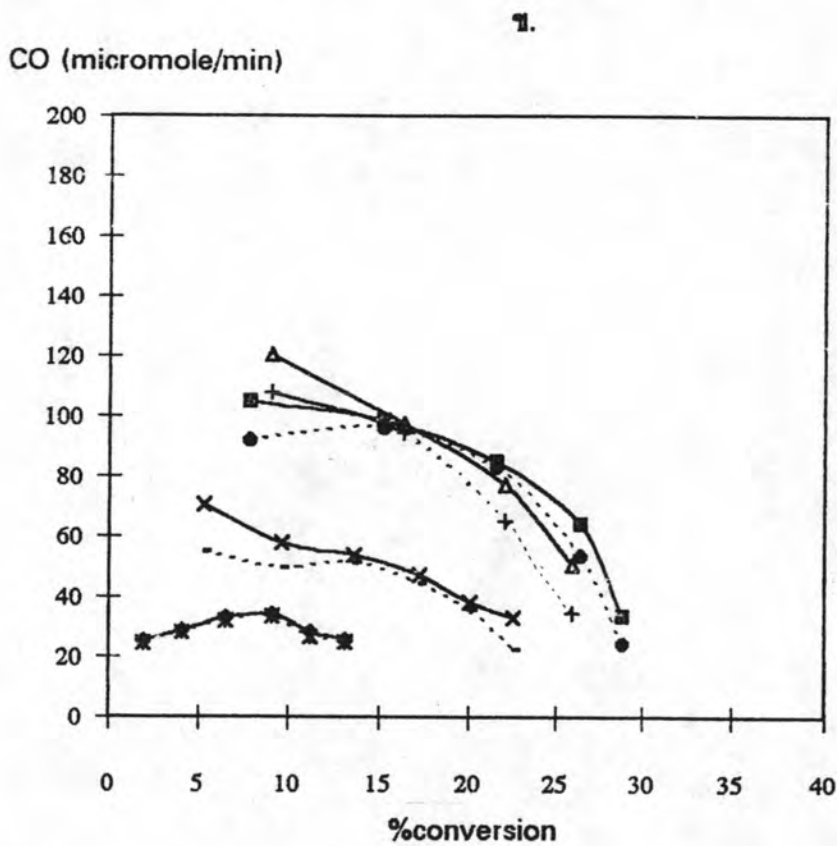


- ◇ DACMM+0% Na_2CO_3 T.G.
- DACMM+5% Na_2CO_3 T.G.
- △ DACMM+10% Na_2CO_3 T.G.
- × DACMM+20% Na_2CO_3 T.G.
- * DACMM+0% Na_2CO_3 G.C.
- DACMM+5% Na_2CO_3 G.C.
- + DACMM+10% Na_2CO_3 G.C.
- ≡ DACMM+20% Na_2CO_3 G.C.

รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ กับจากการคำนวณ จากการแกสไฟฟายถ่านซาร์แมแมะที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสไฟฟาย 850 องศาเซลเซียส
 ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

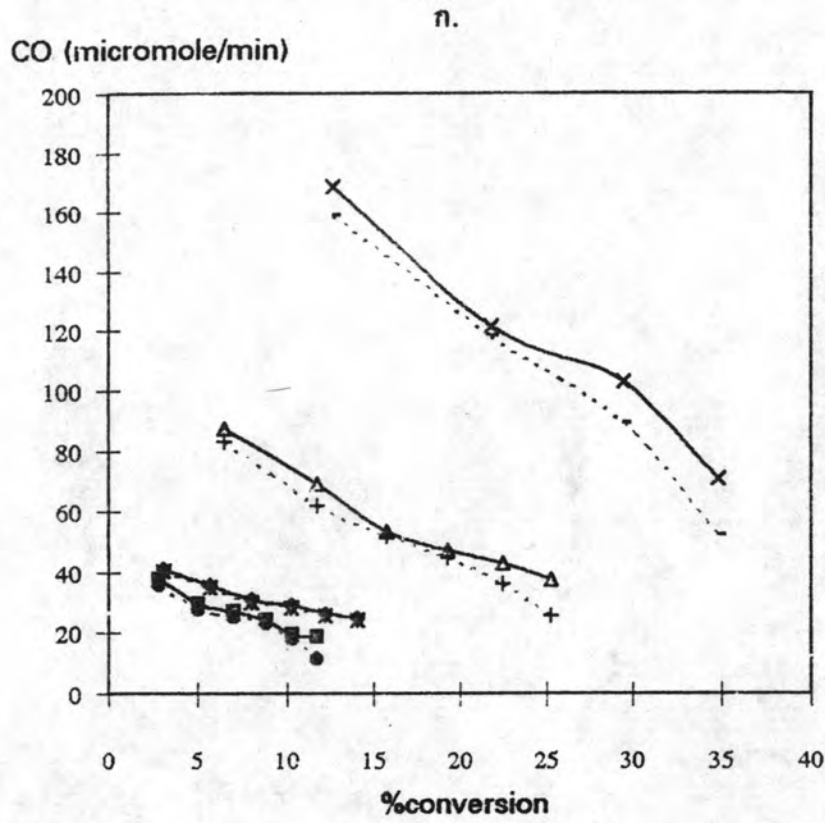


- ◇ CMM+0% K₂CO₃ T.G.
- CMM+5% K₂CO₃ T.G.
- △ CMM+10% K₂CO₃ T.G.
- × CMM+20% K₂CO₃ T.G.
- * CMM+0% K₂CO₃ G.C.
- CMM+5% K₂CO₃ G.C.
- + CMM+10% K₂CO₃ G.C.
- ≡ CMM+20% K₂CO₃ G.C.

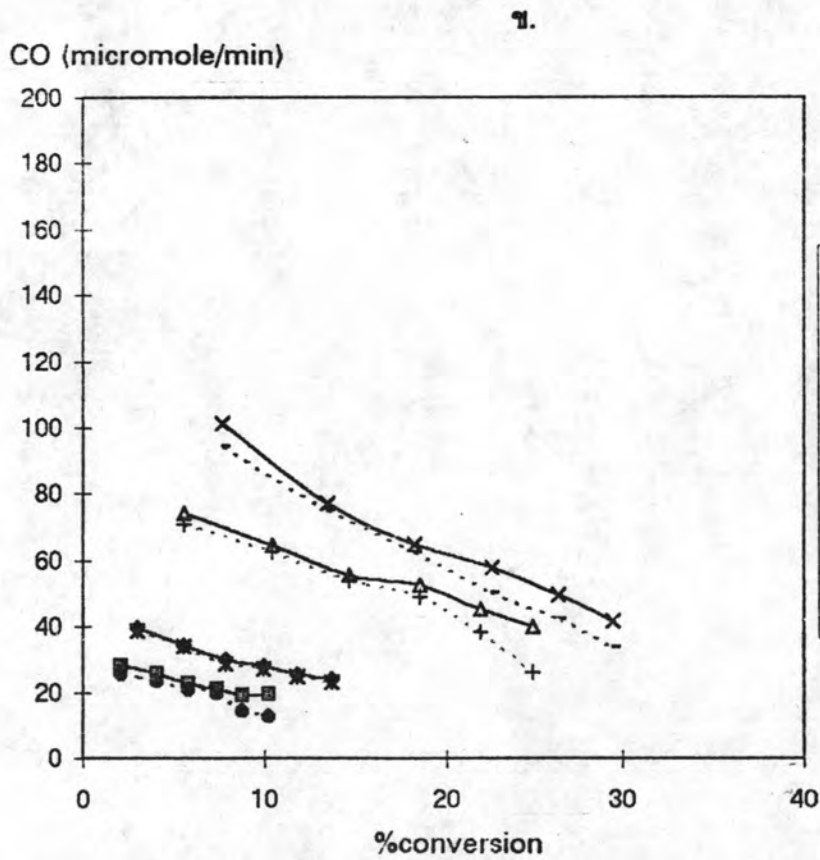


- ◇ CMM+0% Na₂CO₃ T.G.
- CMM+5% Na₂CO₃ T.G.
- △ CMM+10% Na₂CO₃ T.G.
- × CMM+20% Na₂CO₃ T.G.
- * CMM+0% Na₂CO₃ G.C.
- CMM+5% Na₂CO₃ G.C.
- + CMM+10% Na₂CO₃ G.C.
- ≡ CMM+20% Na₂CO₃ G.C.

รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ กับจากการคำนวณ จากการแกสเฟียผ่านซาร์แม่มะที่ไมลั้งสารอนินทรีย์ ที่อุณหภูมิแกสเฟีย 850 องศาเซลเซียส
 ก. โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



- ◇ DACBP163+0% K₂CO₃ T.G.
- DACBP163+5% K₂CO₃ T.G.
- △ DACBP163+10% K₂CO₃ T.G.
- × DACBP163+20% K₂CO₃ T.G.
- * DACBP163+0% K₂CO₃ G.C.
- DACBP163+5% K₂CO₃ G.C.
- + DACBP163+10% K₂CO₃ G.C.
- ≡ DACBP163+20% K₂CO₃ G.C.

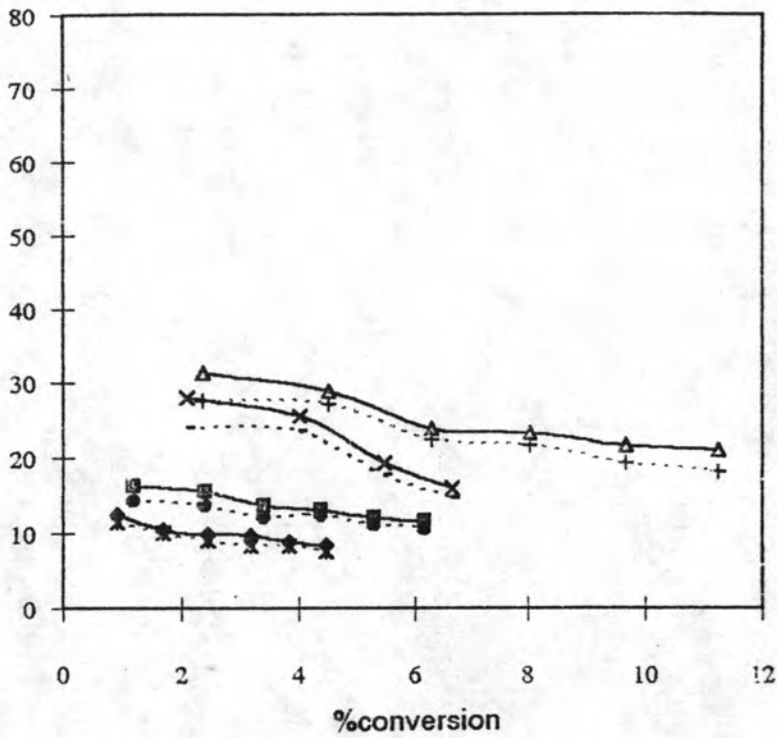


- ◇ DACBP163+0% Na₂CO₃ T.G.
- DACBP163+5% Na₂CO₃ T.G.
- △ DACBP163+10% Na₂CO₃ T.G.
- × DACBP163+20% Na₂CO₃ T.G.
- * DACBP163+0% Na₂CO₃ G.C.
- DACBP163+5% Na₂CO₃ G.C.
- + DACBP163+10% Na₂CO₃ G.C.
- ≡ DACBP163+20% Na₂CO₃ G.C.

รูปที่ 4.41 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ กับจากการคำนวณ จากการแกสไฟต์ผ่านซาร์บางปูด้า 163 ที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว ที่อุณหภูมิแกสไฟต์ 850 องศาเซลเซียส
 ก. โพตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

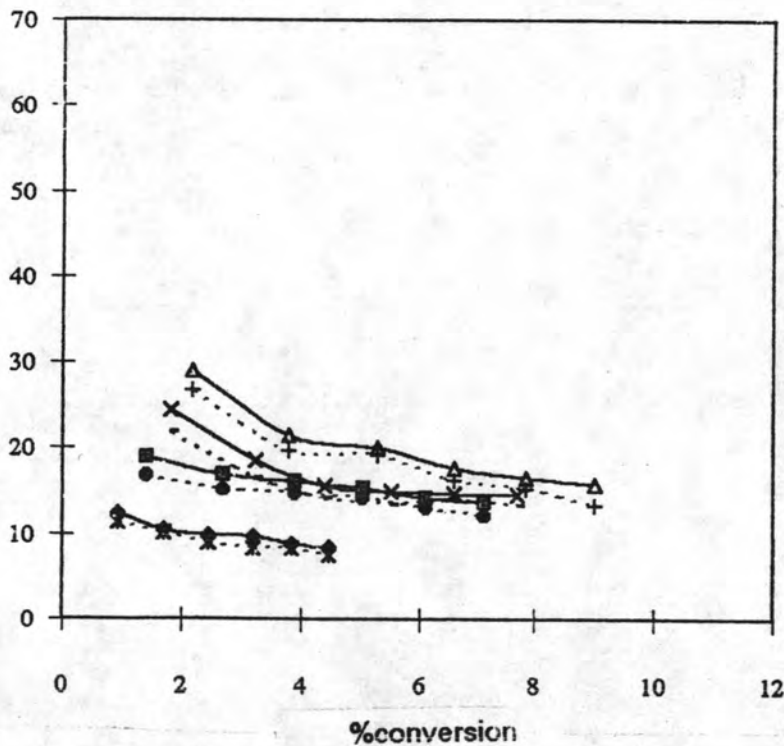
CO (micromole/min)

ก.



CO (micromole/min)

ข.



รูปที่ 4.42 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ

กับจากการคำนวณ จากการแกสไฟต์ผ่านซาร์บางปุด้า 163 ที่ไม่ล้างสารอินทรีย์

ที่อุณหภูมิแกสไฟต์ 850 องศาเซลเซียส

ก. โปดัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ข. โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

4.7 ค่าพลังงานกระตุ้น

คำนวณจาก

$$k(T) = f_0 \exp(-E/RT)$$

หรือ $\log k = \log f_0 - E/2.303RT$

โดย $k =$ ค่าคงที่ปฏิกิริยา
 $E =$ ค่าพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา, จูลต่อโมล
 $f_0 =$ ค่าคงที่ (pre-exponential factor)
 $R =$ ค่าคงที่ก๊าซ
 $T =$ อุณหภูมิสัมบูรณ์, เคลวิน

นั่นคือ สามารถหาค่าพลังงานกระตุ้นได้จากความชันของกราฟอาร์เรเนียส ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าลอการิทึมของค่าคงที่ปฏิกิริยากับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ ในการหาค่าคงที่ปฏิกิริยาจำเป็นจะต้องเลือกช่วงที่ไม่มีอิทธิพลจากการระเหยของตัวเร่งปฏิกิริยาและอิทธิพลจากการหน่วงปฏิกิริยาของสารอนินทรีย์

ในถ่านชาร์บางปุด้า110 และถ่านชาร์แม่เกาะ พบว่าอัตราเร็วค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองหรือเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์จึงสามารถนำอัตราเร็วมาเฉลี่ยเป็นค่าคงที่ปฏิกิริยาได้ และจากการศึกษาในหัวข้อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซกับอัตราเร็ว พบว่าการระเหยของตัวเร่งปฏิกิริยามักเกิดในช่วงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเท่ากับ 0-15 และยังพบว่าในตอนท้ายของการแกสไฟยมีการลดลงของอัตราเร็วอย่างรวดเร็วตั้งแต่เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยน 50 ดังนั้นจึงเลือกเฉลี่ยอัตราเร็วในช่วงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยน 15-40 ซึ่งเป็นช่วงที่อัตราเร็วค่อนข้างคงที่ สำหรับการทดลองที่เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเกิดไม่ถึง 15 ซึ่งจะเกิดในการแกสไฟยที่อุณหภูมิต่ำหรือไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา มักมีการระเหยของตัวเร่งปฏิกิริยาค่อนข้างต่ำ จึงสามารถเลือกเฉลี่ยตลอดช่วงที่แกสไฟยได้

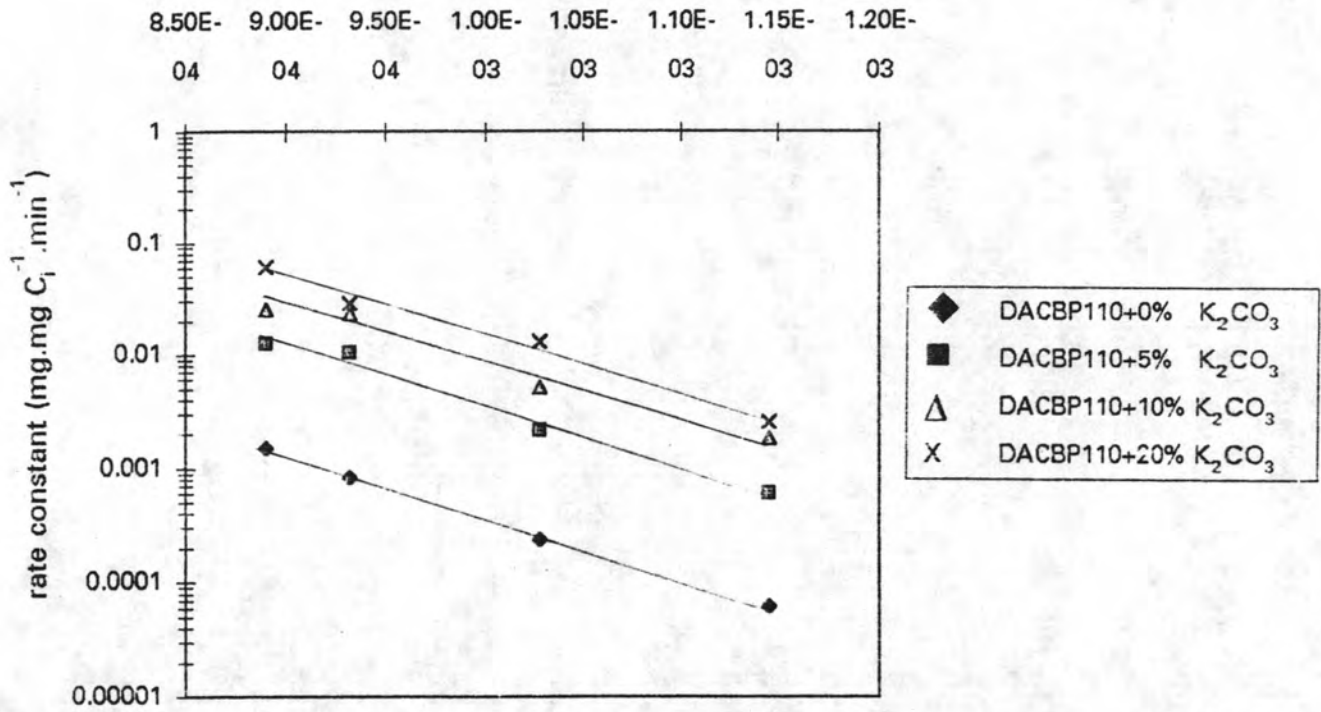
สำหรับในถ่านชาร์บางปุด้า163 มีแนวโน้มอัตราเร็วแตกต่างไปจากถ่านชาร์บางปุด้า110 และถ่านชาร์แม่เกาะ คืออัตราเร็วลดลงตลอดการทดลอง ซึ่งไม่ได้เป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ จึงได้ทดสอบหาอันดับปฏิกิริยา พบว่าเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง สามารถหาค่าคงที่ปฏิกิริยาได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1-x_0)$ กับ t ดังแสดงในภาคผนวก ค.8

$$\text{โดย } x = \text{fractional conversion of carbon}$$

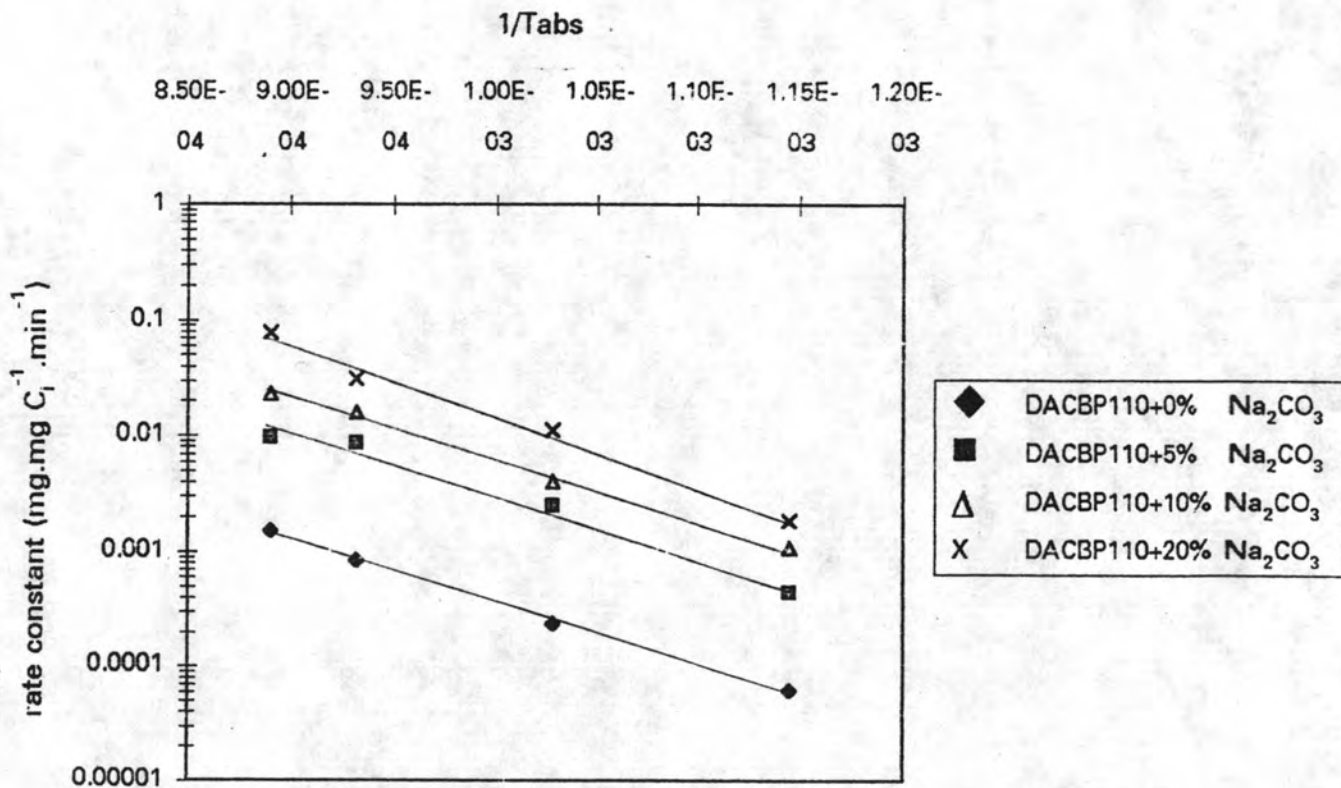
$$t = \text{time}$$

ค่าคงที่ปฏิกิริยาของตัวอย่างแต่ละชนิดได้แสดงในภาคผนวก ง

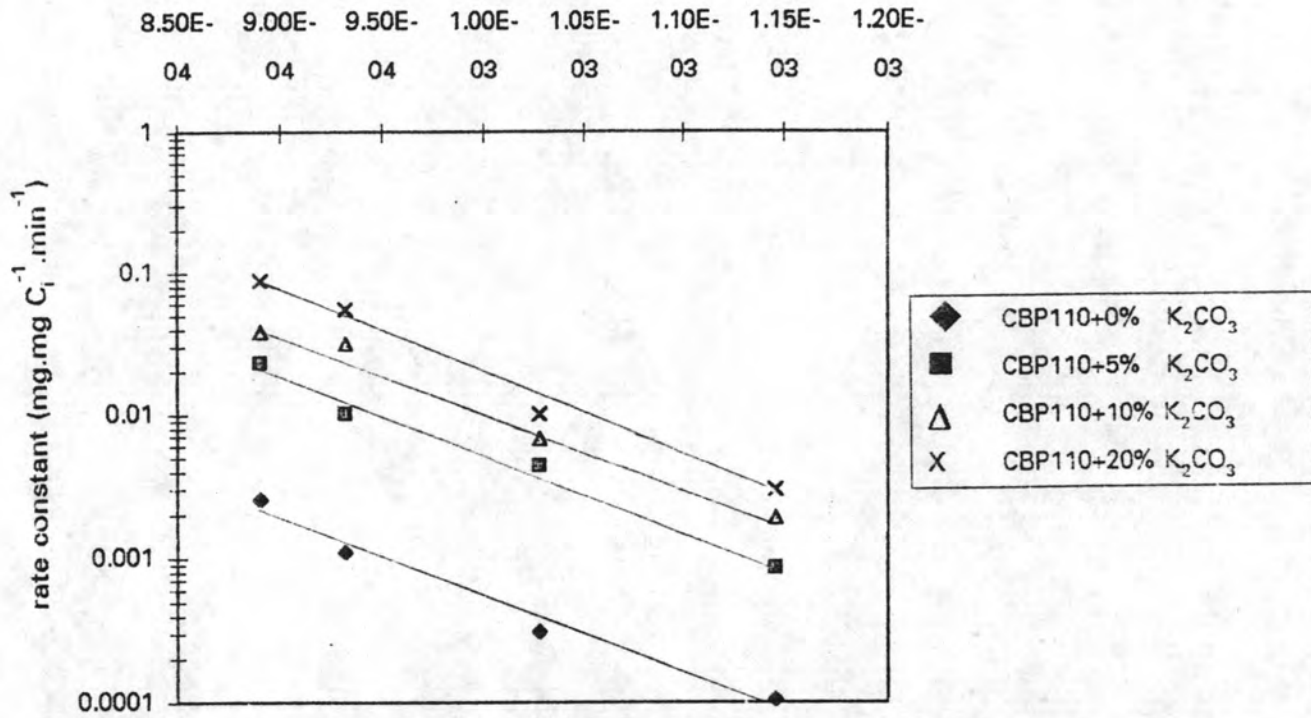
จากกราฟอาร์เรเนียสในรูปที่ 4.43-4.54 นำมาคำนวณค่าพลังงานกระตุ้นดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค.9 และนำมาแสดงค่าทั้งหมดของถ่านชาร์บางปุด้า110, ถ่านชาร์แม่เมาะ และถ่านชาร์บางปุด้า163 ในตารางที่ 4.15-4.20



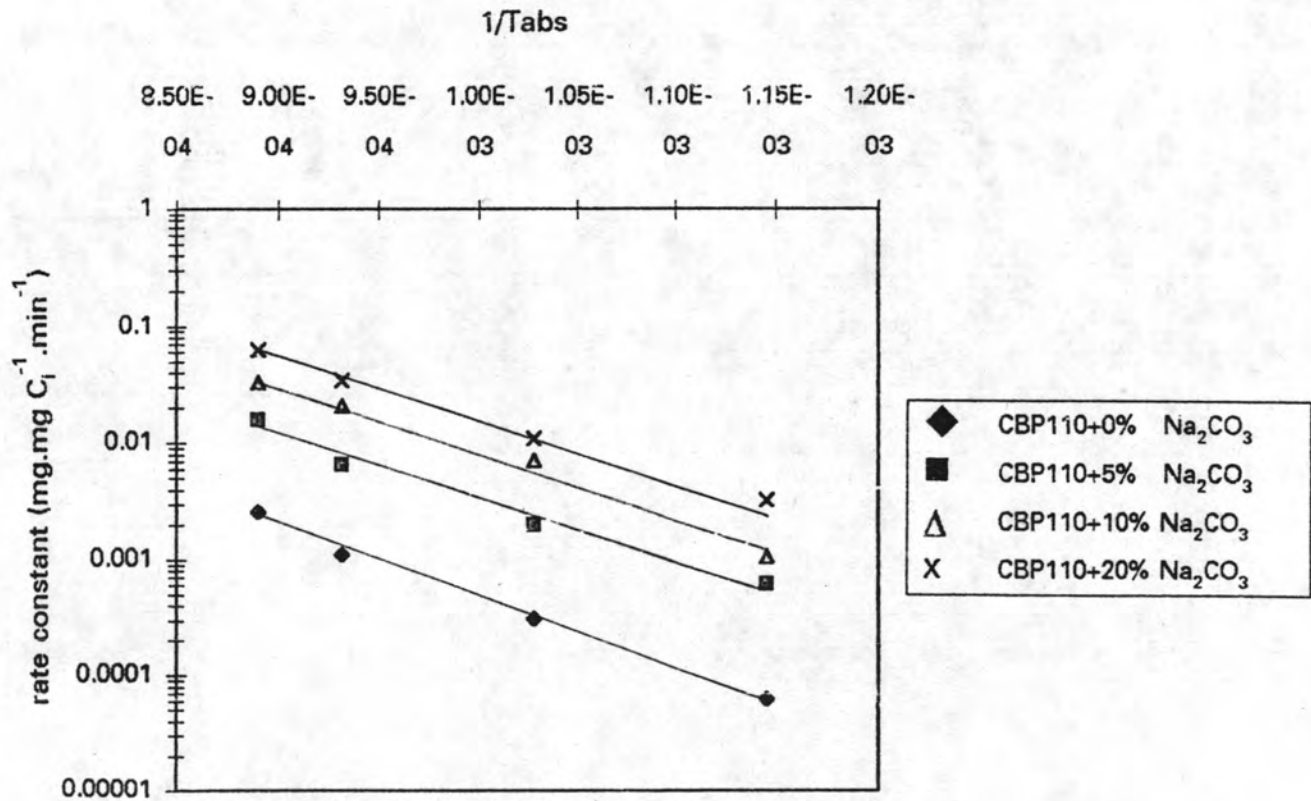
รูปที่ 4.43 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บางปุด้า110 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว โดยมีโปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



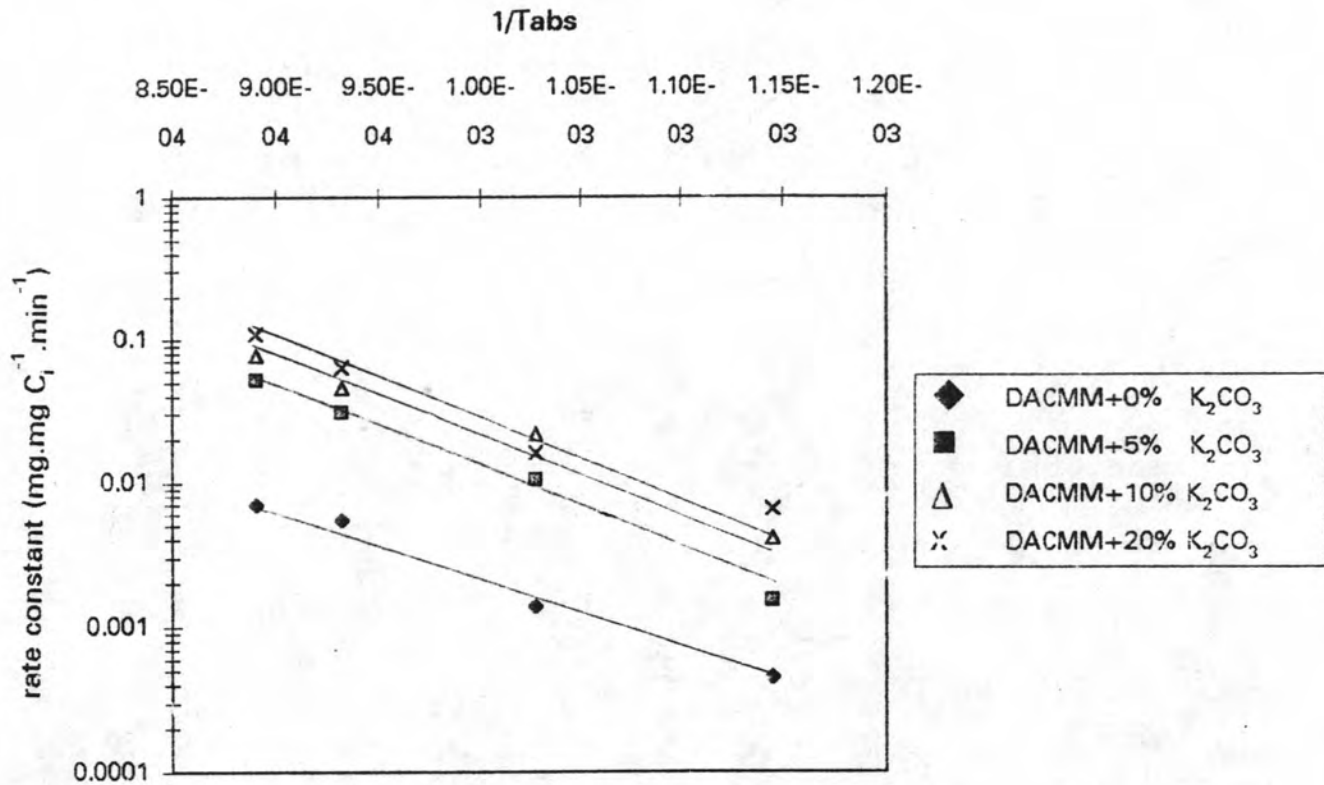
รูปที่ 4.44 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บางปุด้า110 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว โดยมีโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



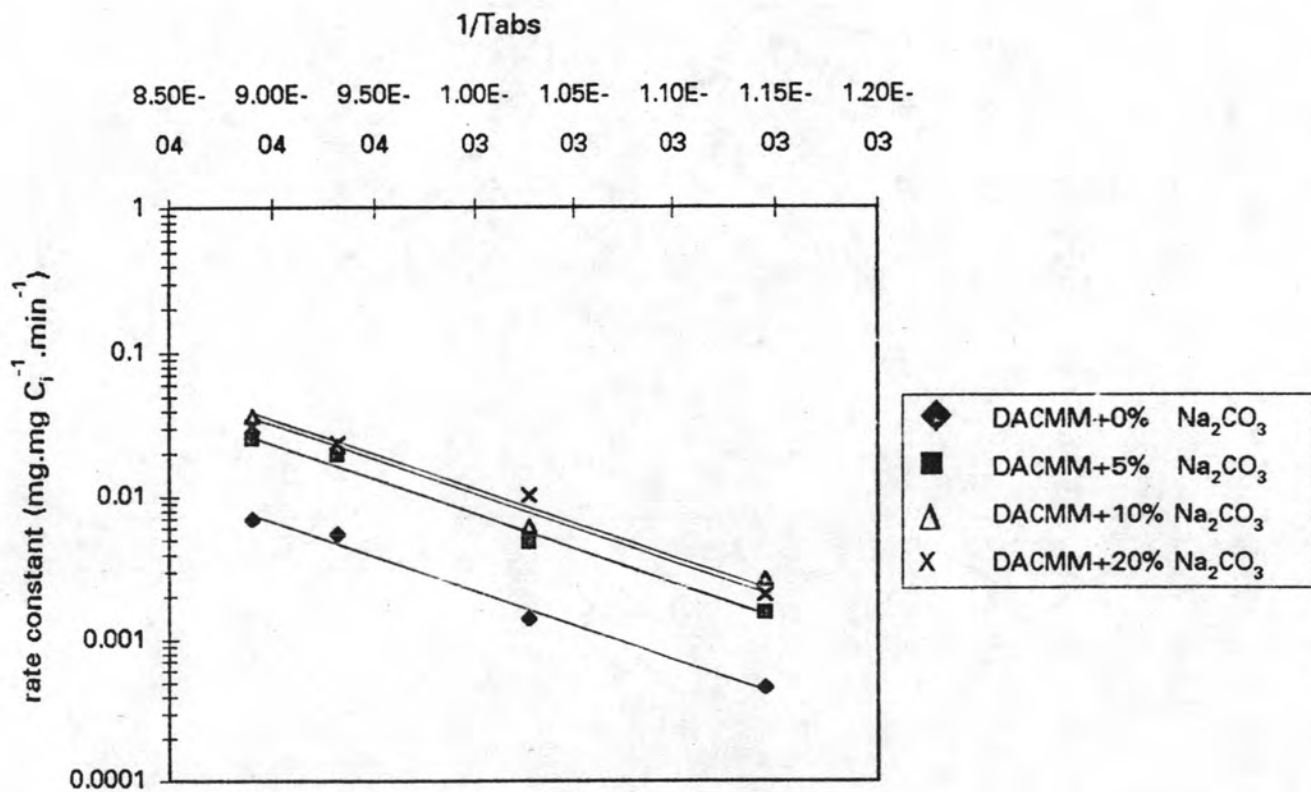
รูปที่ 4.45 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บวงปุด้า110 ที่ไม่ล้างสารอินทรีย์ โดยมี โปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



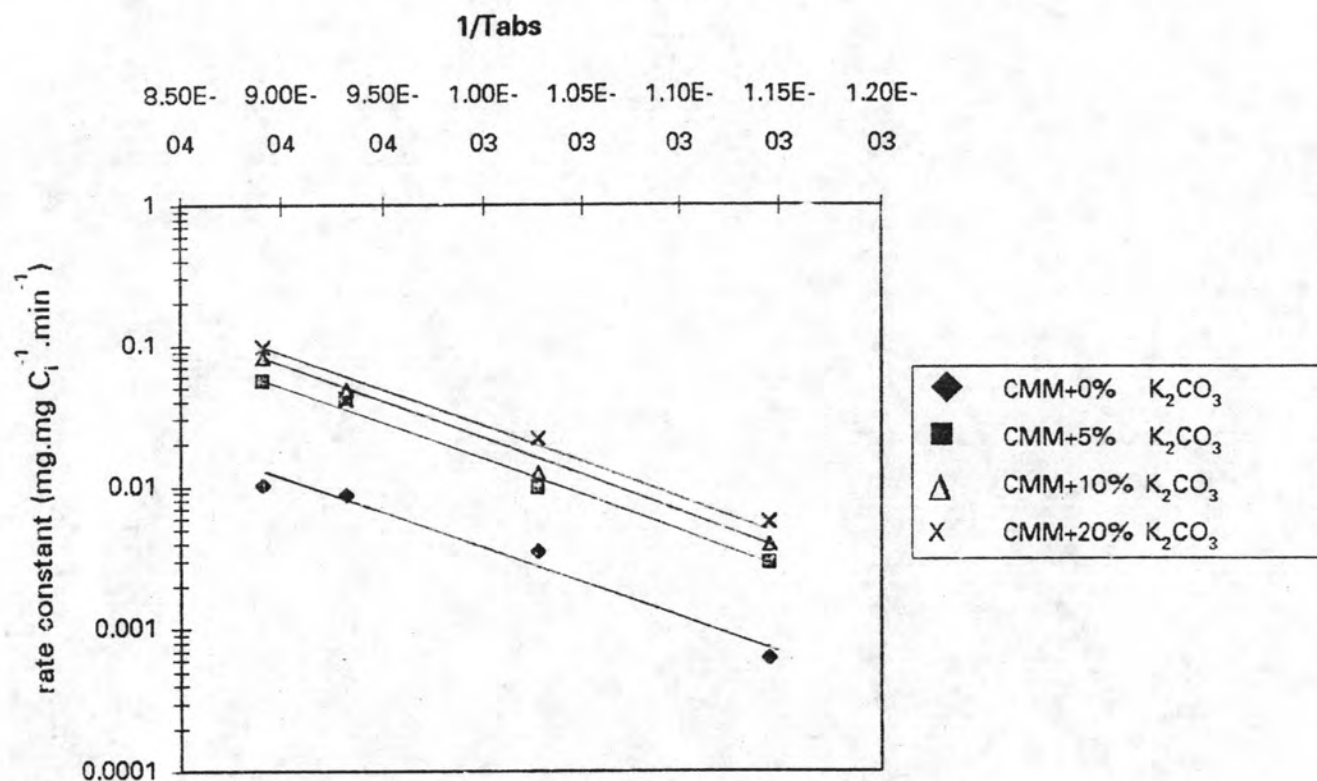
รูปที่ 4.46 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บวงปุด้า110 ที่ไม่ล้างสารอินทรีย์ โดยมี โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



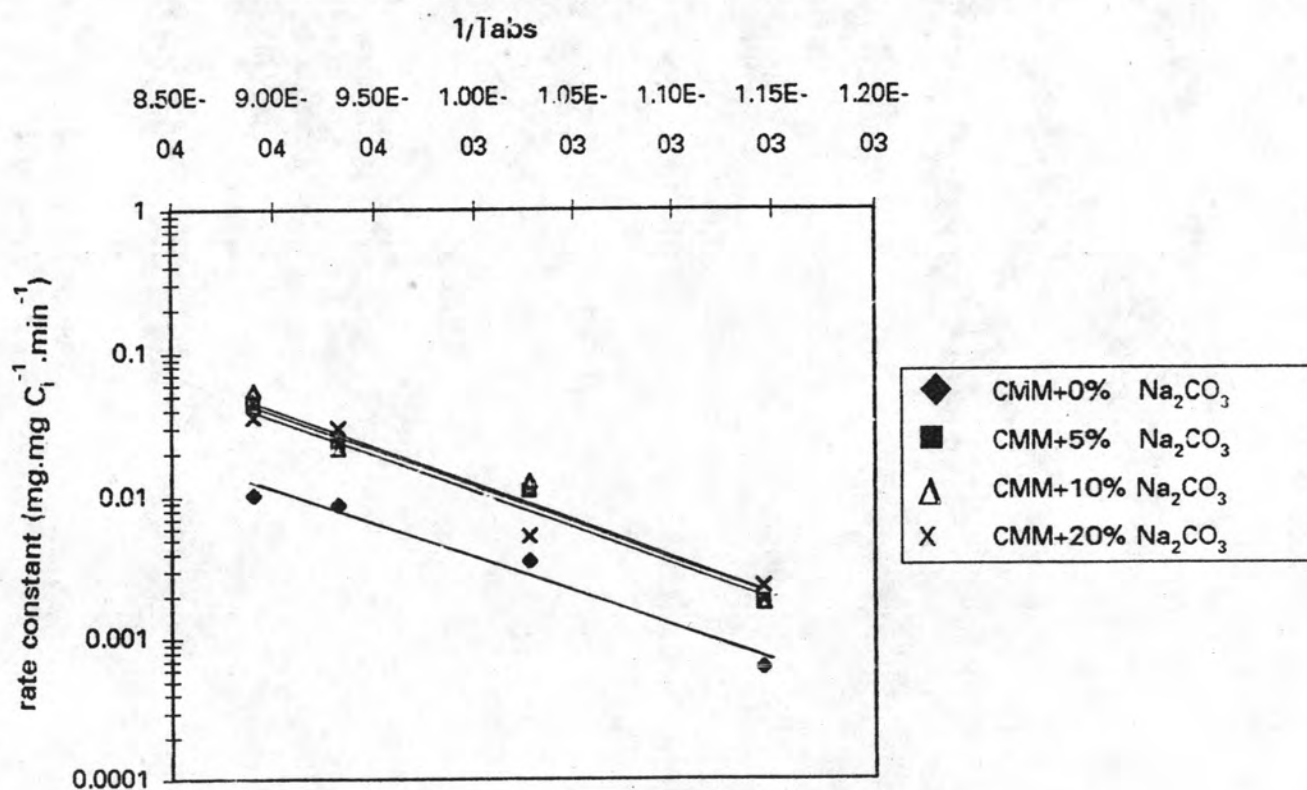
รูปที่ 4.47 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์แม่เมาะที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว โดยมีโปแตสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



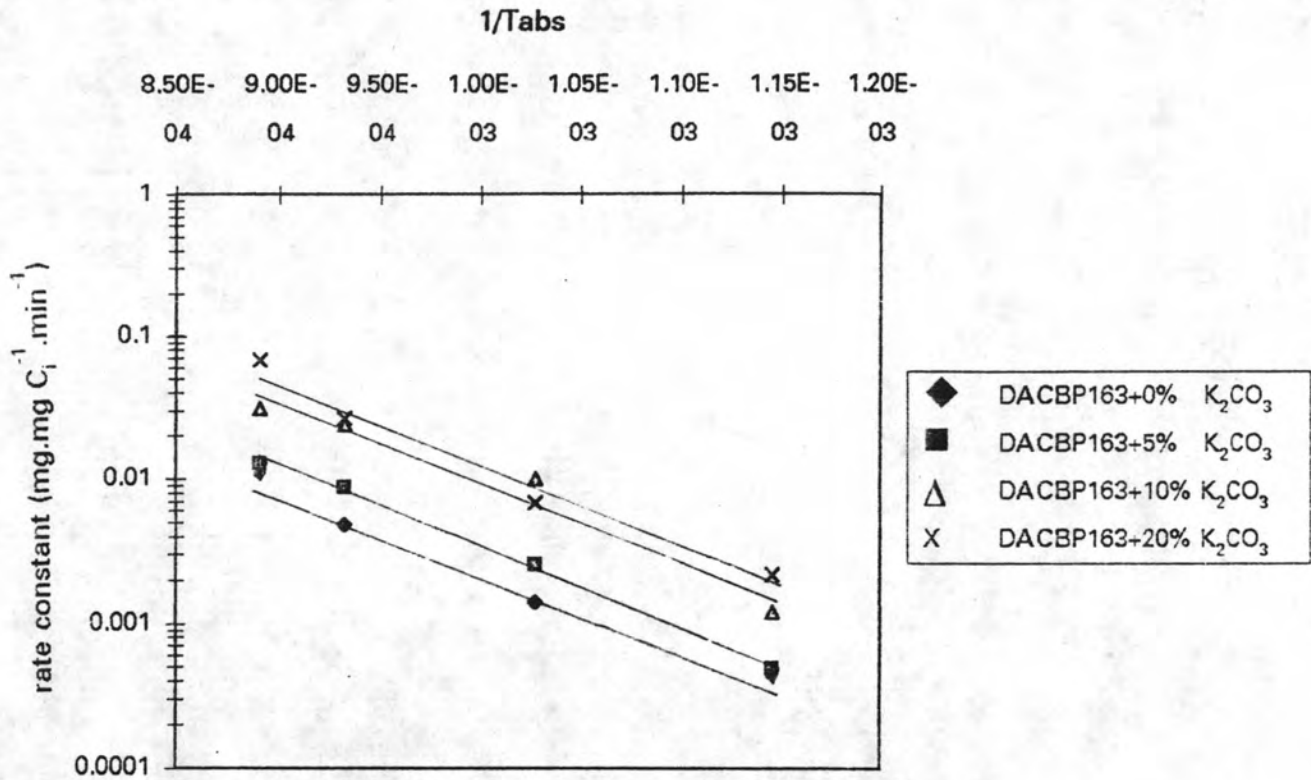
รูปที่ 4.48 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์แม่เมาะที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว โดยมีโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



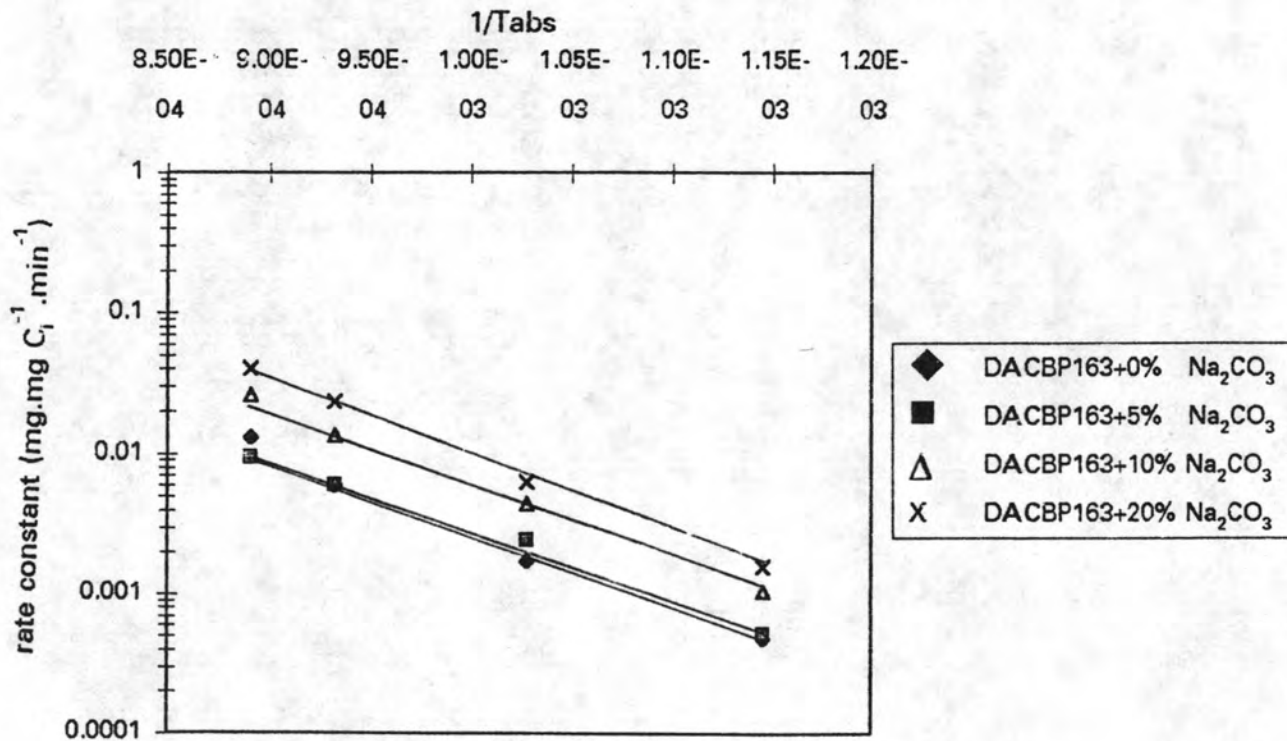
รูปที่ 4.49 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านซาร์แม่เมาะที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ โดยมี
โปแตสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



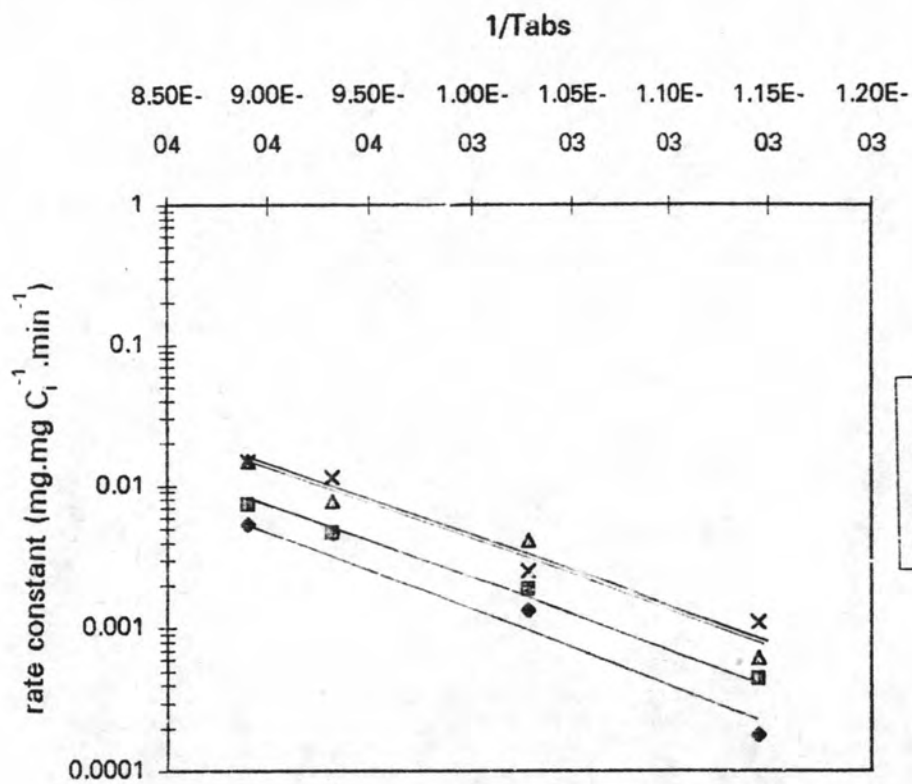
รูปที่ 4.50 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านซาร์แม่เมาะที่ไม่ล้างสารอนินทรีย์ โดยมี
โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



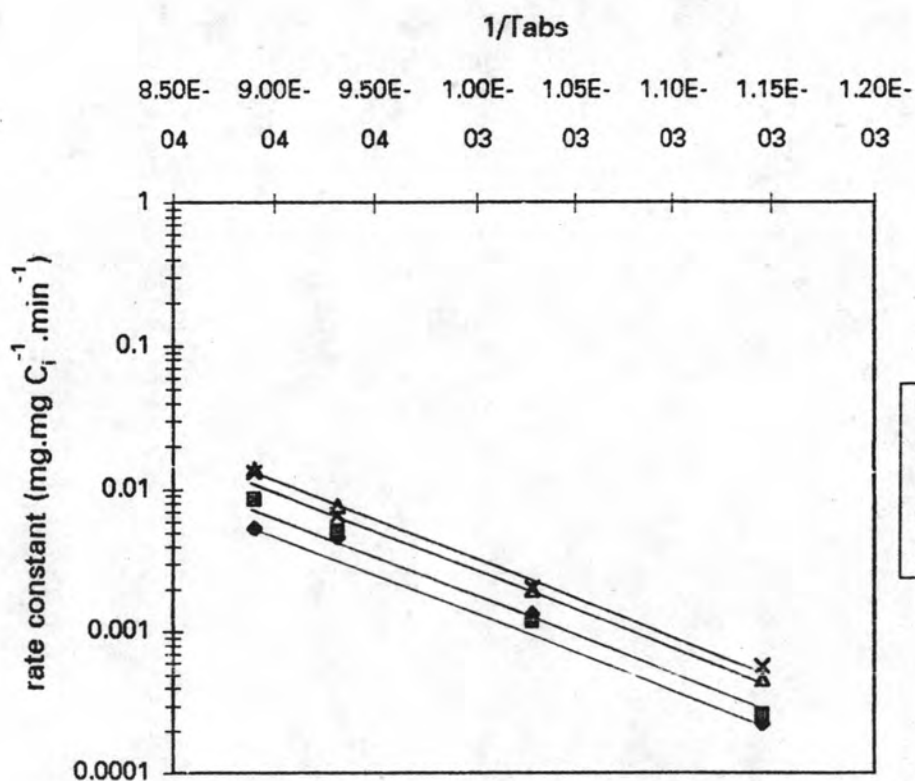
รูปที่ 4.51 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บางปุด้า163 ที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว โดยมีโปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.52 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บางปุด้า163 ที่ล้างสารอนินทรีย์แล้ว โดยมีโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.53 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บางปุด้า163 ที่ไม่ล้างสารอินทรีย์ โดยมีโปตัสเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.54 กราฟของอาร์เรเนียสของถ่านชาร์บางปุด้า163 ที่ไม่ล้างสารอินทรีย์ โดยมีโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ตารางที่ 4.15 ค่าพลังงานกระตุ้นของถ่านชาร์บางปูดำ110 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว

ตัวเร่งปฏิกิริยา	เปอร์เซ็นต์	ค่าพลังงานกระตุ้น, E (กิโลจูล/โมล)
K ₂ CO ₃	0	109.42
	5	103.29
	10	102.68
	20	102.04
Na ₂ CO ₃	0	109.42
	5	106.18
	10	104.16
	20	102.19

ตารางที่ 4.16 ค่าพลังงานกระตุ้นของถ่านชาร์บางปูดำ110 ที่ไม่ล้างสารอินทรีย์

ตัวเร่งปฏิกิริยา	เปอร์เซ็นต์	ค่าพลังงานกระตุ้น, E (กิโลจูล/โมล)
K ₂ CO ₃	0	110.78
	5	104.24
	10	105.16
	20	105.28
Na ₂ CO ₃	0	110.78
	5	104.12
	10	102.77
	20	102.21

ตารางที่ 4.17 ค่าพลังงานกระตุ้นของถ่านชาร์แม่เมาะที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว

ตัวเร่งปฏิกิริยา	เปอร์เซ็นต์	ค่าพลังงานกระตุ้น, E (กิโลจูล/โมล)
K ₂ CO ₃	0	98.84
	5	96.14
	10	95.12
	20	95.10
Na ₂ CO ₃	0	98.84
	5	94.69
	10	92.23
	20	91.17

ตารางที่ 4.18 ค่าพลังงานกระตุ้นของถ่านชาร์แม่เมาะที่ไม่ล้างสารอินทรีย์

ตัวเร่งปฏิกิริยา	เปอร์เซ็นต์	ค่าพลังงานกระตุ้น, E (กิโลจูล/โมล)
K ₂ CO ₃	0	101.18
	5	99.14
	10	99.82
	20	98.14
Na ₂ CO ₃	0	101.18
	5	98.58
	10	97.06
	20	99.12

ตารางที่ 4.19 ค่าพลังงานกระตุ้นของถ่านชาร์บางปูดำ 163 ที่ล้างสารอินทรีย์แล้ว

ตัวเร่งปฏิกิริยา	เปอร์เซ็นต์	ค่าพลังงานกระตุ้น, E (กิโลจูล/โมล)
K ₂ CO ₃	0	108.42
	5	105.37
	10	109.11
	20	107.42
Na ₂ CO ₃	0	108.42
	5	100.67
	10	102.94
	20	101.18

ตารางที่ 4.20 ค่าพลังงานกระตุ้นของถ่านชาร์บางปูดำ 163 ที่ไม่ล้างสารอินทรีย์

ตัวเร่งปฏิกิริยา	เปอร์เซ็นต์	ค่าพลังงานกระตุ้น, E (กิโลจูล/โมล)
K ₂ CO ₃	0	108.19
	5	105.34
	10	107.87
	20	109.45
Na ₂ CO ₃	0	108.19
	5	110.57
	10	105.84
	20	104.59