

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ ตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในรูปแบบของตารางและกราฟ เรียงตามลำดับ ดังนี้

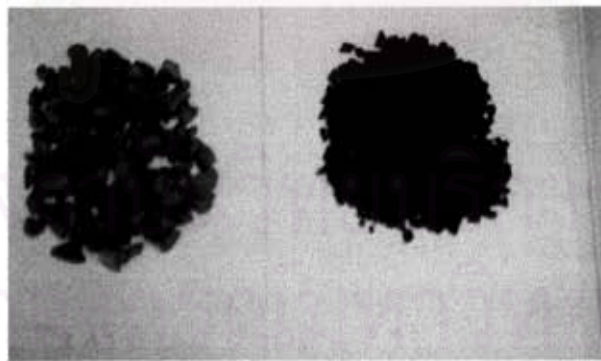
4.1 สมบัติของวัตถุดิบ

4.1.1 สมบัติเบื้องต้นของกะลาปาล์ม มีดังต่อไปนี้

ความชื้น (M)	ร้อยละ	7.45 ± 0.06
ปริมาณเถ้า (A)	ร้อยละ	7.03 ± 0.00
ปริมาณสารระเหย (VM)	ร้อยละ	81.40 ± 0.28
ปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC)	ร้อยละ	4.12 ± 0.22
ความเป็น กรด-ด่าง		4.83

4.1.2 สมบัติทั่วไปของกะลาปาล์มน้ำมันและถ่านกะลาปาล์มน้ำมัน

กะลาปาล์มน้ำมันมีลักษณะ แข็ง เหนียว สีน้ำตาลอ่อน ดังรูปที่ 4.1(A) และเมื่อผ่านการคาร์บอนไนซ์แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีดำ แข็ง เปราะ ดังรูปที่ 4.1(B)



(A)

(B)

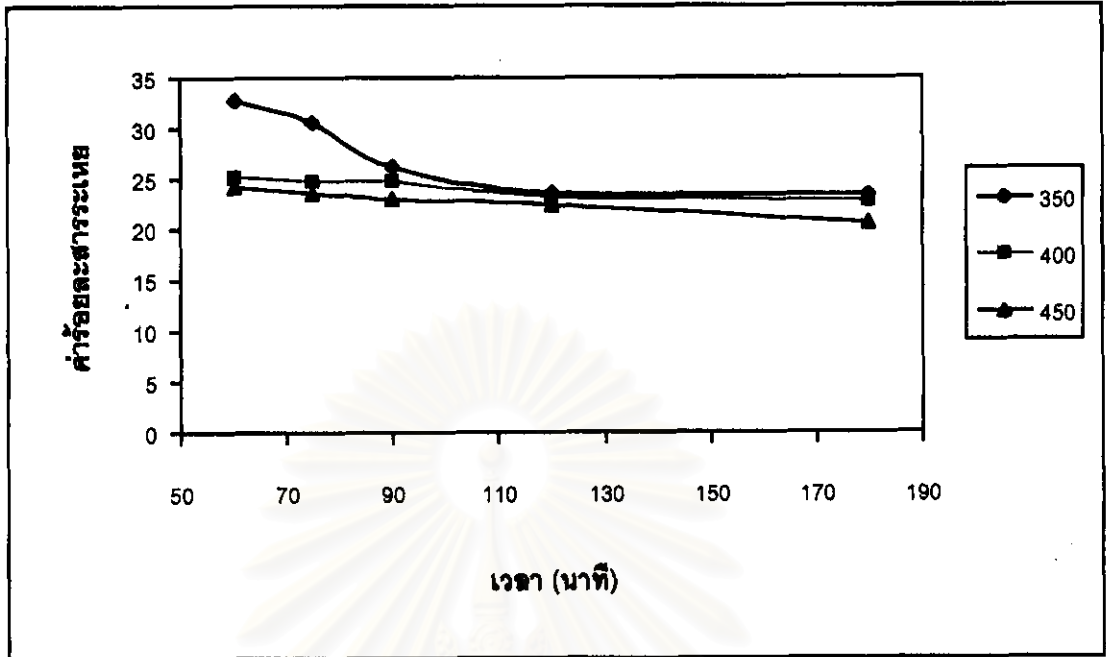
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกะลาปาล์มน้ำมันก่อนการคาร์บอนไนซ์ (A) และหลังคาร์บอนไนซ์ (B)

4.2 ภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์กะลาปาล์ม

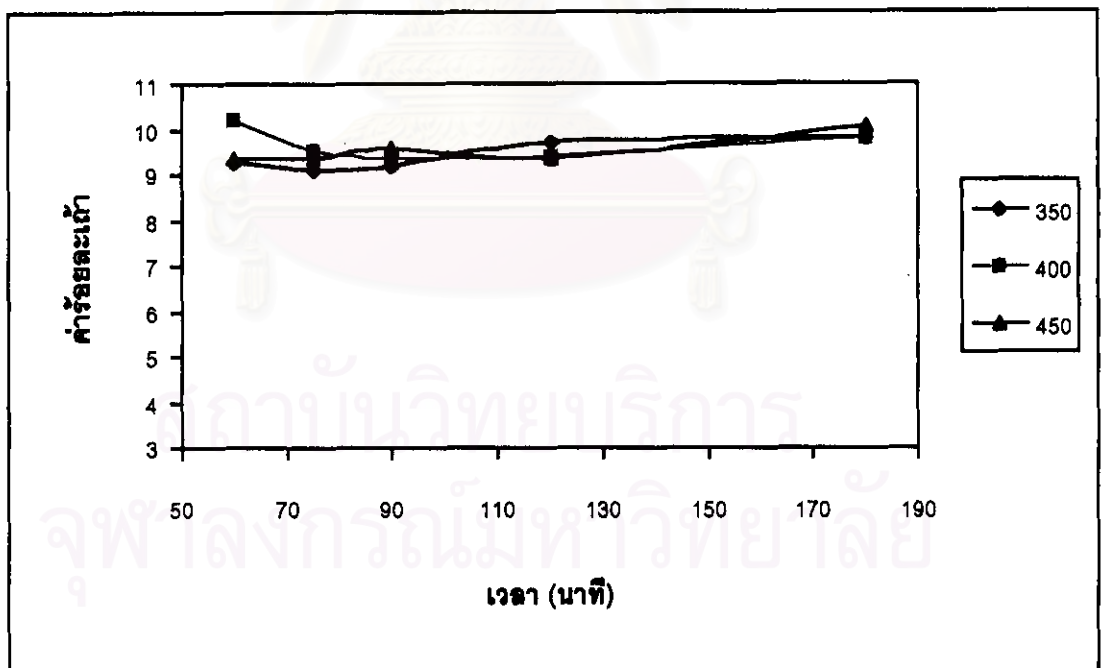
ผลจากการคาร์บอนไนซ์ตัวอย่างกะลาปาล์มน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส 400 องศาเซลเซียส และ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที 75 นาที 90 นาที 120 นาที และ 180 นาที ตามลำดับ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชาร์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (M) ปริมาณเถ้า (A) ปริมาณสารระเหย (VM) และปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และจากข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลของเวลาและอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติของถ่านชาร์ที่ได้ ดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.8

ตารางที่ 4.1 ค่าการวิเคราะห์โดยประมาณของกะลาปาล์มน้ำมันและถ่านกะลาปาล์มน้ำมันที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ ณ. ภาวะต่างๆ

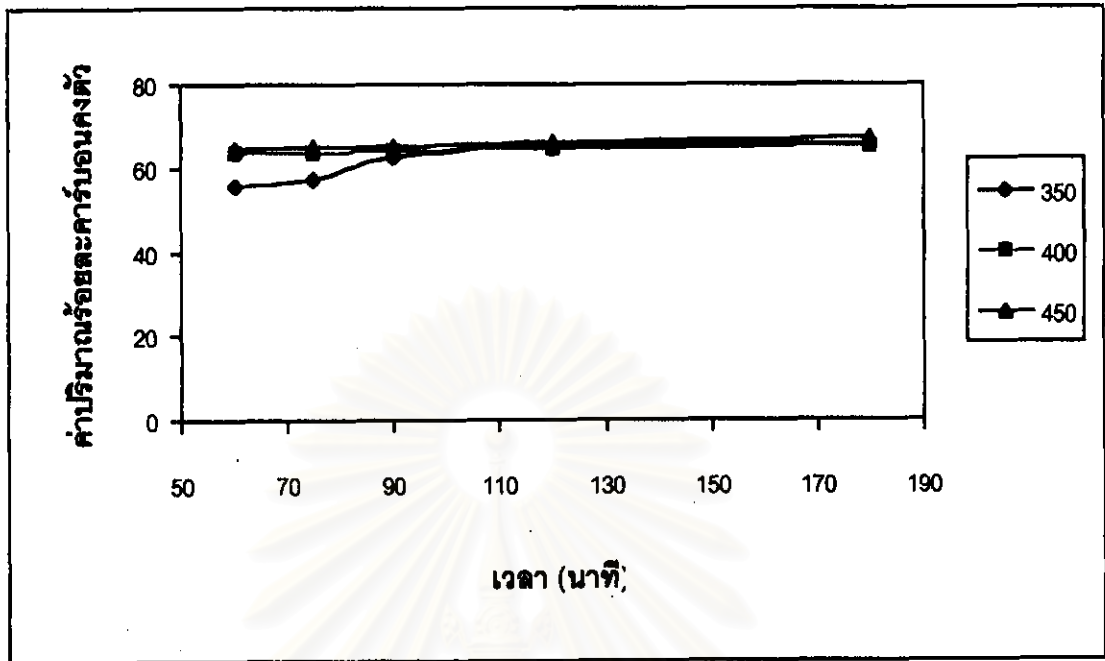
ชนิดของวัสดุ ดิบ	ภาวะการเตรียม		On dry basis				
	วัตถุดิบ		YC (% wt)	M (% wt)	A (% wt)	VM (% wt)	FC (% wt)
	อุณหภูมิ (° C)	ระยะเวลา (min)					
กะลาปาล์ม	-	-	-	7.45±0.06	7.03±0.00	81.4±0.28	4.12±0.22
ถ่านกะลา	350	60	33.32	2.23±0.11	9.28±0.01	32.80±0.43	55.69±0.54
ปาล์มน้ำมัน	350	75	33.08	2.86±0.11	9.10±0.01	30.69±0.56	57.35±0.67
	350	90	32.79	2.41±0.03	9.16±0.19	26.20±0.15	62.23±0.08
	350	120	32.43	1.73±0.03	9.70±0.12	23.69±0.82	64.88±0.89
	350	180	31.53	1.24±0.04	9.81±0.07	23.38±0.53	65.57±0.59
ถ่านกะลา	400	60	30.06	1.22±0.05	10.22±0.07	25.22±0.12	63.34±0.13
ปาล์มน้ำมัน	400	75	29.58	2.17±0.07	9.52±0.06	24.73±0.06	63.58±0.08
	400	90	29.45	1.75±0.10	9.36±0.10	24.76±0.83	64.13±0.70
	400	120	29.32	2.87±0.07	9.38±0.06	23.28± 0.24	64.47±0.25
	400	180	29.12	2.26±0.07	9.78±0.04	22.75± 0.08	65.20±0.19
ถ่านกะลา	450	60	28.42	1.94±0.02	9.37±0.16	24.30±0.16	64.40±0.17
ปาล์มน้ำมัน	450	75	28.34	2.09±0.10	9.35±0.08	23.69±0.03	64.87±0.03
	450	90	27.74	2.35±0.07	9.60±0.12	23.10±0.35	64.95±0.29
	450	120	27.48	2.32±0.11	9.37±0.13	22.48±0.15	65.83±0.19
	450	180	27.29	2.05±0.01	10.08±0.05	20.62±0.64	67.25±0.62



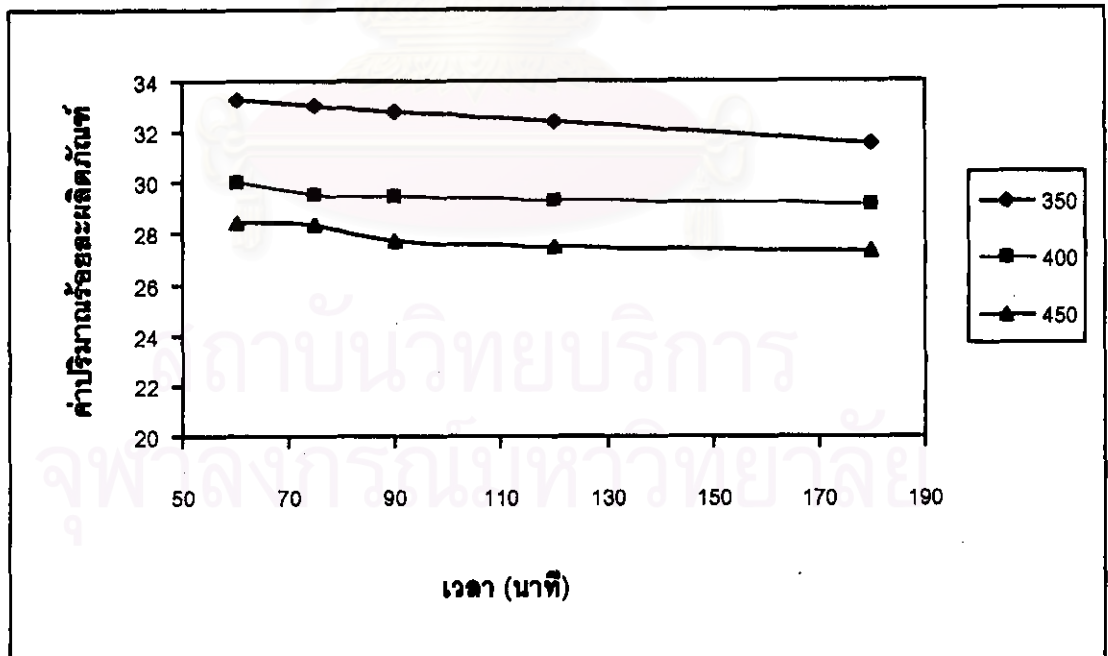
รูปที่ 4.2 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ ต่อค่าร้อยละสารระเหยที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้กะลาปาล์ม น้ำมัน 500 กรัม



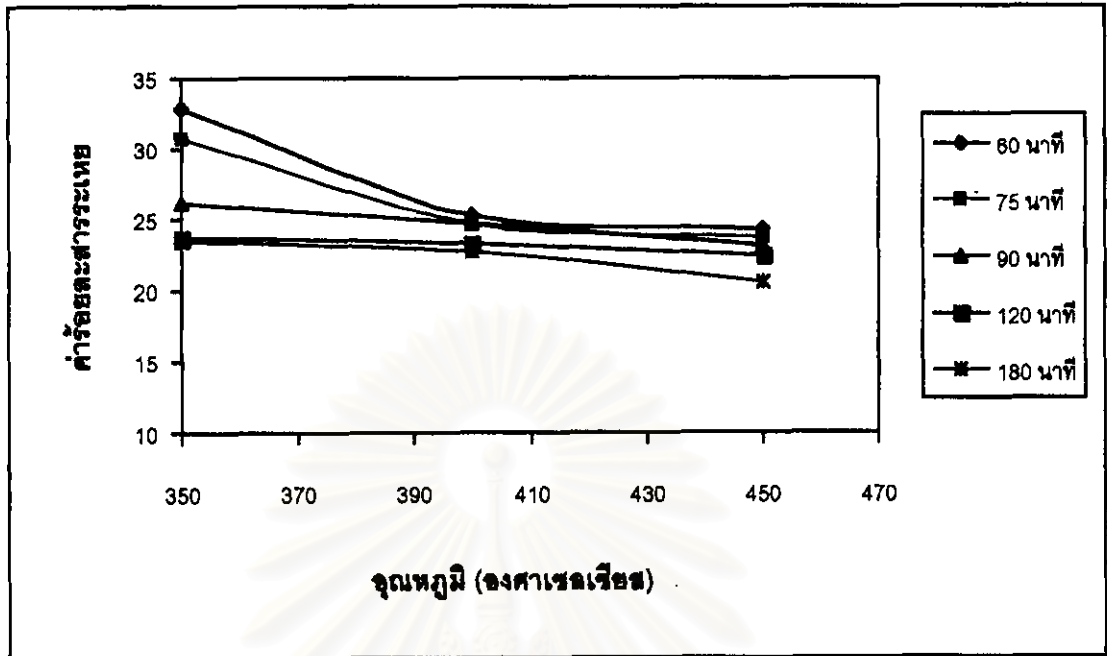
รูปที่ 4.3 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ ต่อค่าร้อยละน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้กะลาปาล์ม น้ำมัน 500 กรัม



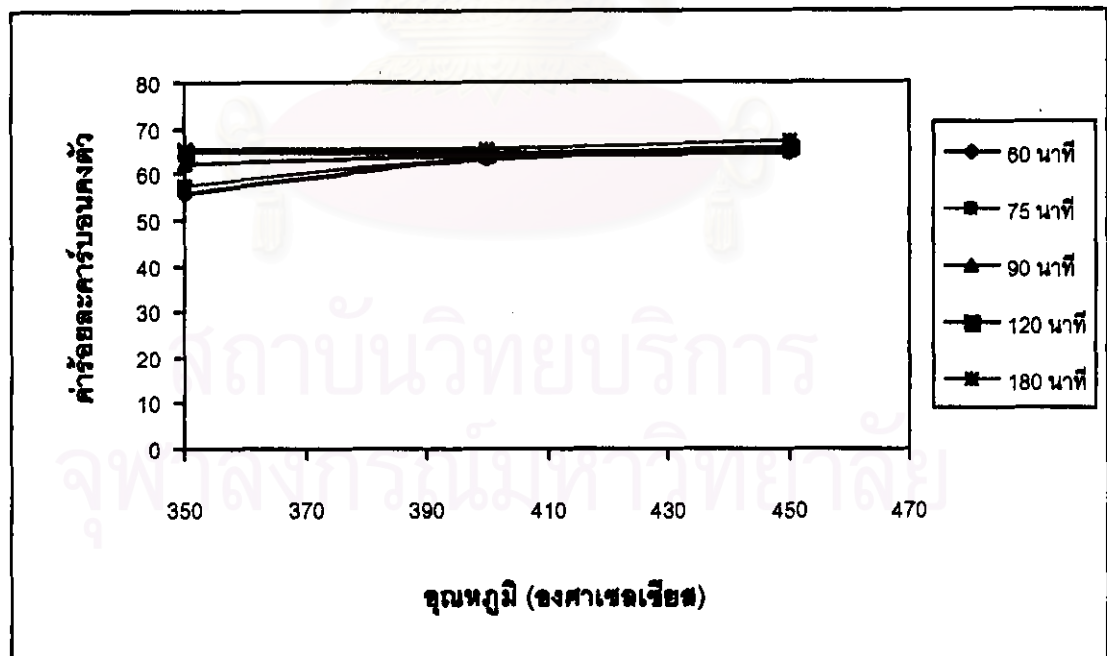
รูปที่ 4.4 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ ต่อค่าร้อยละคาร์บอนคงตัวที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างกะลาปาล์ม 500 กรัม



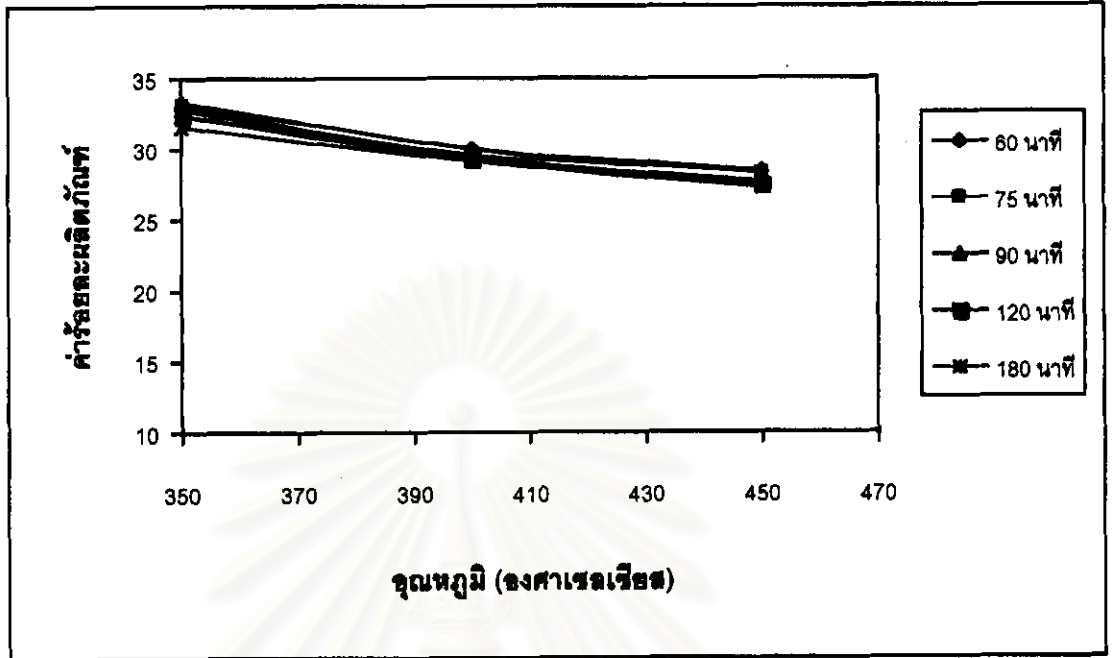
รูปที่ 4.5 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ ต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้กะลาปาล์มน้ำมัน 500 กรัม



รูปที่ 4.6 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าร้อยละการระเหยที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างกะลาปาล์ม 500 กรัม



รูปที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าคาร์บอนคงตัวที่เวลาต่างกัน โดยใช้ตัวอย่างกะลาปาล์ม 500 กรัม



รูปที่ 4.8 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ที่เวลาต่างกัน โดยใช้ตัวอย่างกะลาปาล์ม 500 กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นผ่านจากกะลาปาล์มด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อได้ภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอน (ที่ภาวะ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) จากขั้นตอนที่ 4.2 แล้วนำผ่านซาร์ ที่ได้มาคัดขนาดจากนั้นนำไปกระตุ้น โดยมีตัวแปรดังนี้ เวลา 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที โดยใช้อัตราการไหลของแก๊สกระตุ้น (คาร์บอนไดออกไซด์) 0.2 ลิตรต่อนาที 0.5 ลิตรต่อนาที 1.0 ลิตรต่อนาที และ 1.5 ลิตรต่อนาที แล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติการดูดซับไอโอดีนและการดูดซับเมทธิลีนบลูรวมทั้งค่าพื้นที่ผิว เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลของเวลาการกระตุ้นกับสมบัติของถ่านกัมมันต์ และอัตราการไหลของแก๊สกระตุ้นกับสมบัติของถ่านกัมมันต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ถึง 4.19

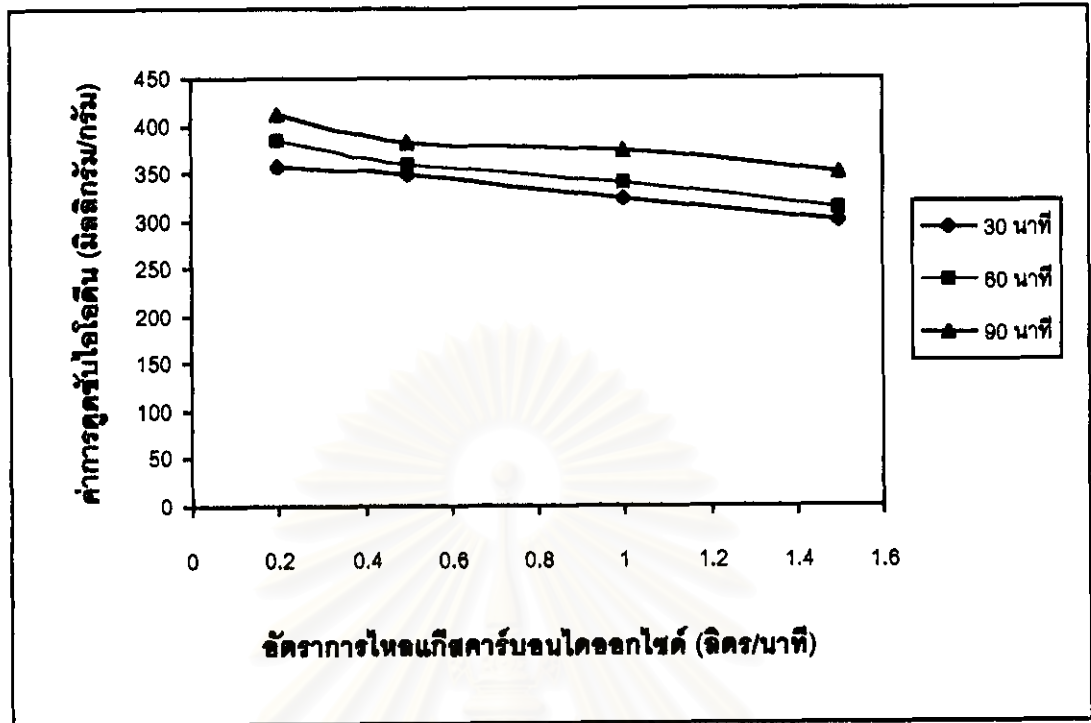
ตารางที่ 4.2 ผลการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมันโดยการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กระตุ้น และให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (ขนาดตัวอย่างถ่าน 1.18-2.36 มิลลิเมตร) ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการดูดซับไอโอดีน ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู และค่าความหนาแน่นปรากฏ

ภาวะในการกระตุ้น		ความเป็นกรด-ด่าง	ความหนาแน่นปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าการดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)	ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู (มิลลิกรัมต่อกรัม)
อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	เวลา (นาที)				
0.2	30	9.65	0.535±0.03	356.44±4.12	223.45±3.94
	60	9.34	0.531±0.04	383.23±3.54	205.52±5.91
	90	9.84	0.524±0.03	411.27±2.81	174.94±4.59
0.5	30	9.54	0.536±0.03	347.55±4.06	231.96±4.13
	60	9.47	0.532±0.05	358.77±3.10	218.17±3.04
	90	9.55	0.525±0.05	382.66±2.56	217.96±1.91
1.0	30	9.56	0.537±0.02	321.83±6.07	242.73±4.50
	60	9.60	0.532±0.04	339.44±3.86	232.32±6.25
	90	9.41	0.526±0.01	372.74±5.08	225.26±3.95
1.5	30	9.26	0.538±0.03	299.76±3.47	261.67±1.24
	60	9.78	0.532±0.02	312.50±1.64	239.44±2.68
	90	9.60	0.528±0.06	349.89±1.69	238.52±2.24

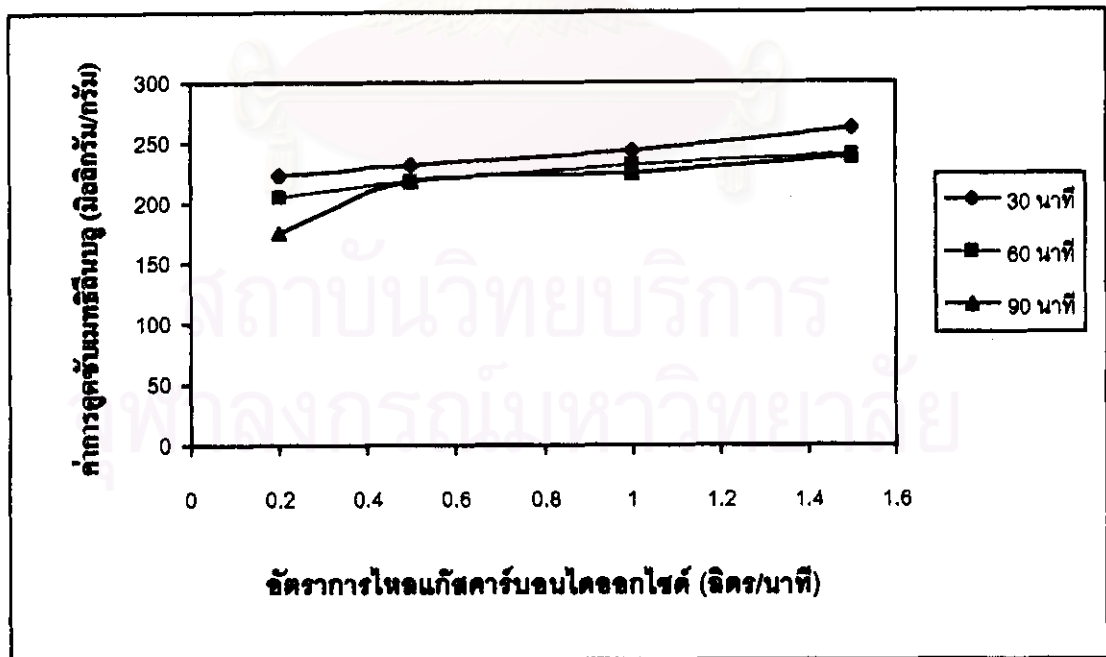
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองกระตุ้นด้วยไอน้ำจากกะลาปาล์มน้ำมันโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กระตุ้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟต่อค่าพื้นที่ผิว และ ปริมาตรรูพรุนขนาดเล็ก (ขนาดตัวอย่างด้านซาร์ 1.18-2.36 มิลลิเมตร)

ภาวะในการกระตุ้น		S_{BET} (m^2/g)	S_{Langmuir} (m^2/g)	$S_{\text{Micropore}}$ (m^2/g)	$V_{\text{Micropore}}$ (cm^3/g)
อัตราการไหล แก๊ส (ลิตรต่อนาที)	เวลา (นาที)				
0.2	30	368.55±8.75	485.47±1.63	311.15	0.1429
	60	386.03±7.86	516.08±1.83	285.94	0.1341
	90	476.64±11.54	628.86±2.05	365.93	0.1696
0.5	30	338.62±7.66	447.65±1.80	261.37	0.1214
	60	381.95±8.93	504.52±1.29	326.31	0.1503
	90	457.78±10.29	607.34±1.76	353.57	0.1649
1.0	30	314.63±7.86	452.78±1.04	279.33	0.1305
	60	386.21±8.56	512.71±1.22	316.15	0.1478
	90	408.86±10.25	542.17±1.17	333.77	0.1561
1.5	30	272.80±6.73	362.30±0.80	224.15	0.1048
	60	337.46±8.07	448.50±0.56	267.76	0.1252
	90	400.85±9.41	528.91±1.90	328.67	0.1519

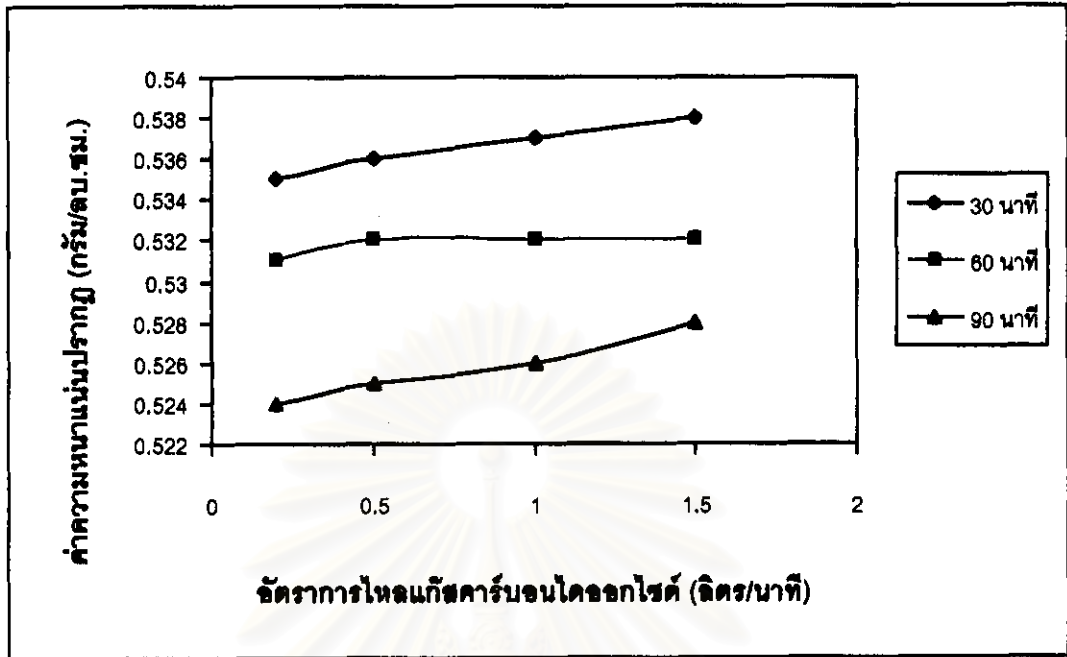
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



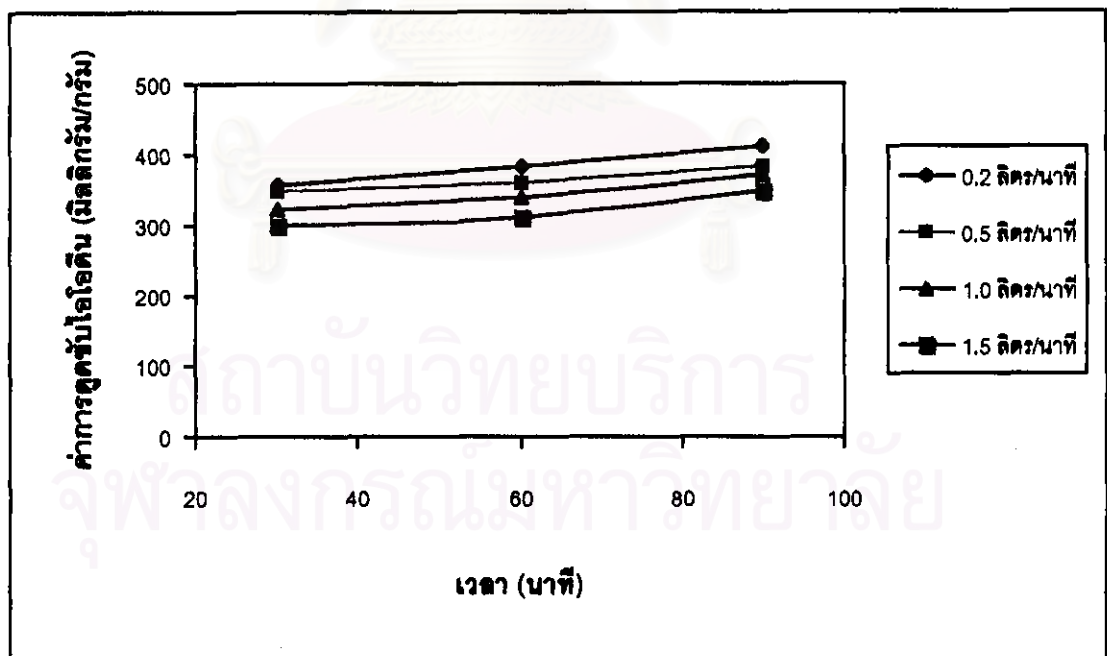
รูปที่ 4.9 ผลของอัตราการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าการดูดซับไอโอดีนที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ขนาดตัวอย่างถ่านซาร์ 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



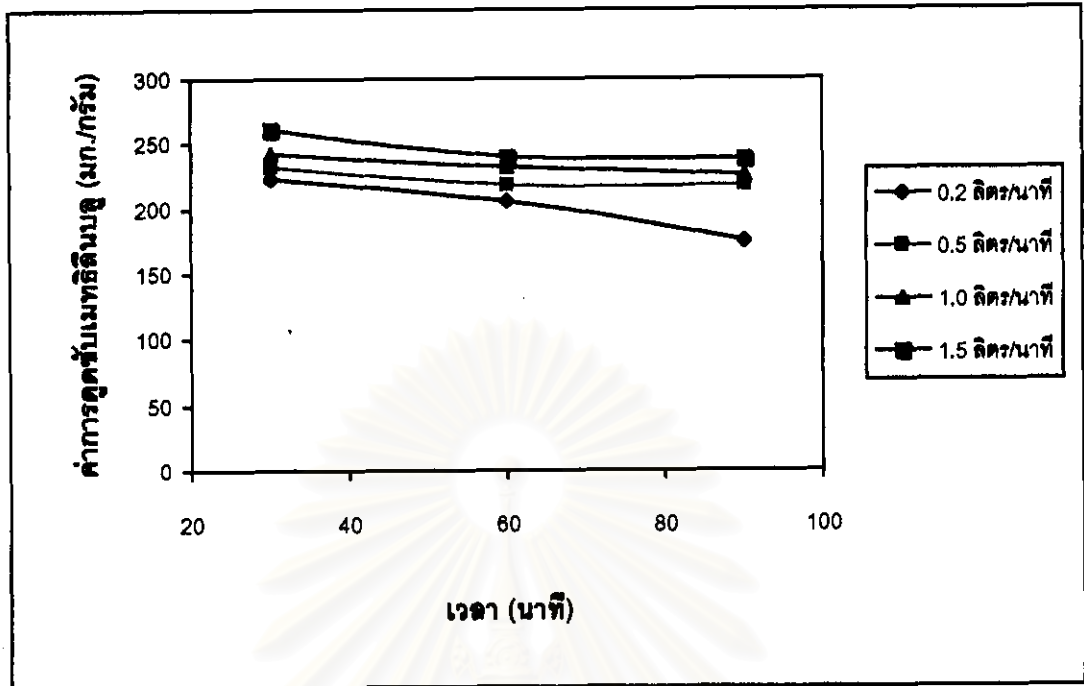
รูปที่ 4.10 ผลของอัตราการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าการดูดซับเมทิลีนบลูที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ขนาดตัวอย่างถ่านซาร์ 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



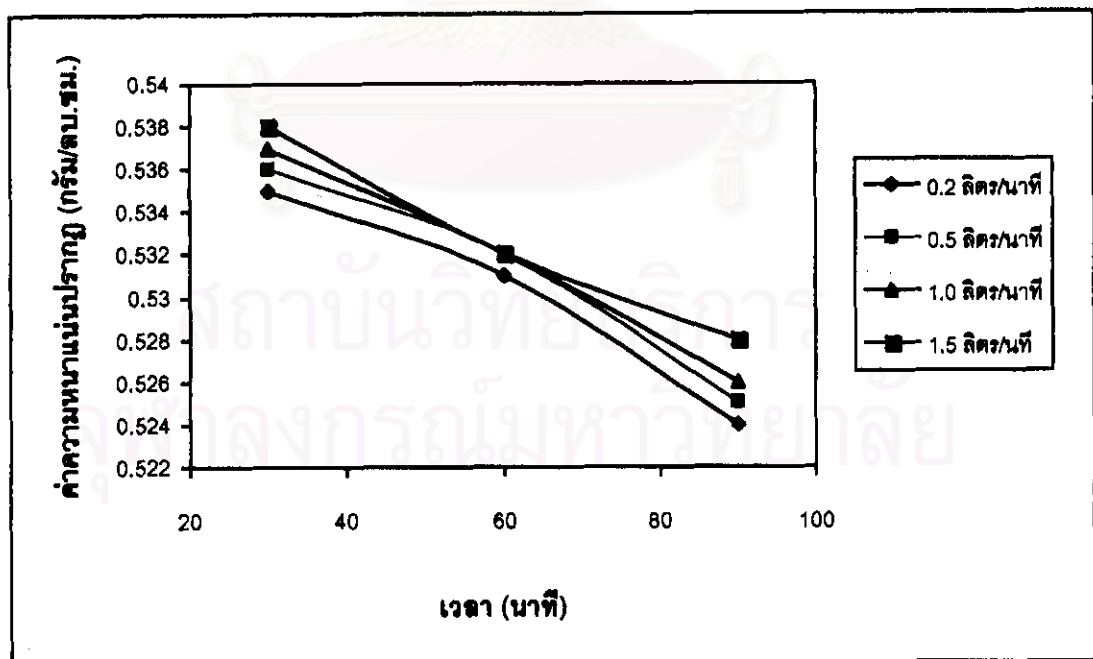
รูปที่ 4.11 ผลของอัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าความหนาแน่นปรากฏที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



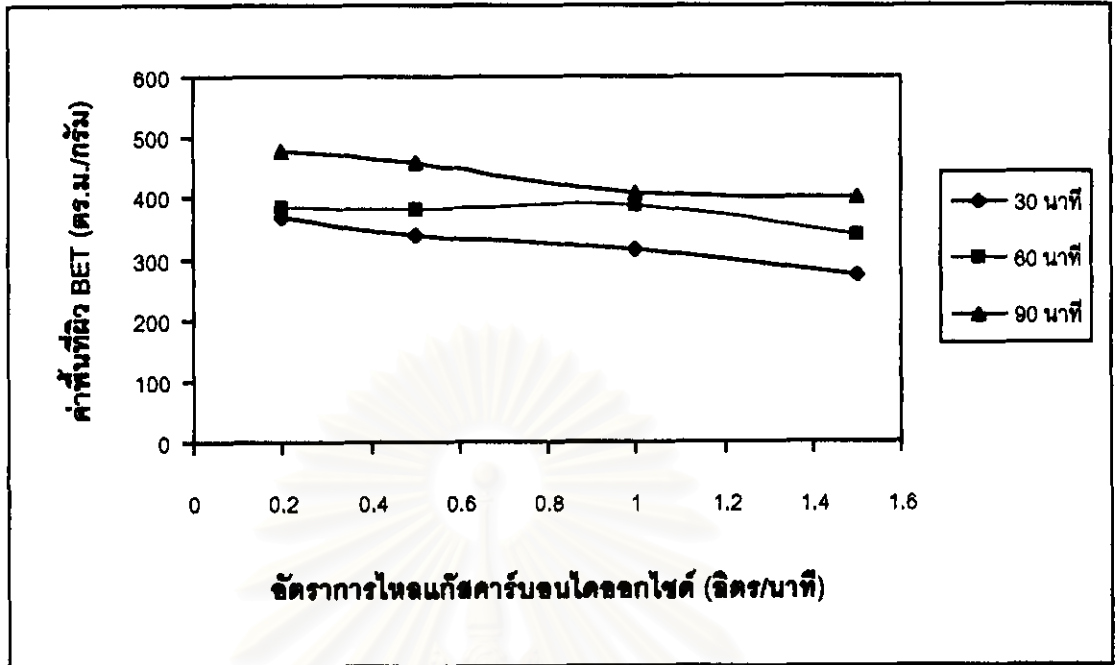
รูปที่ 4.12 ผลของเวลาในการกระตุ้นต่อค่าการดูดซับไอโอดีน ที่อัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



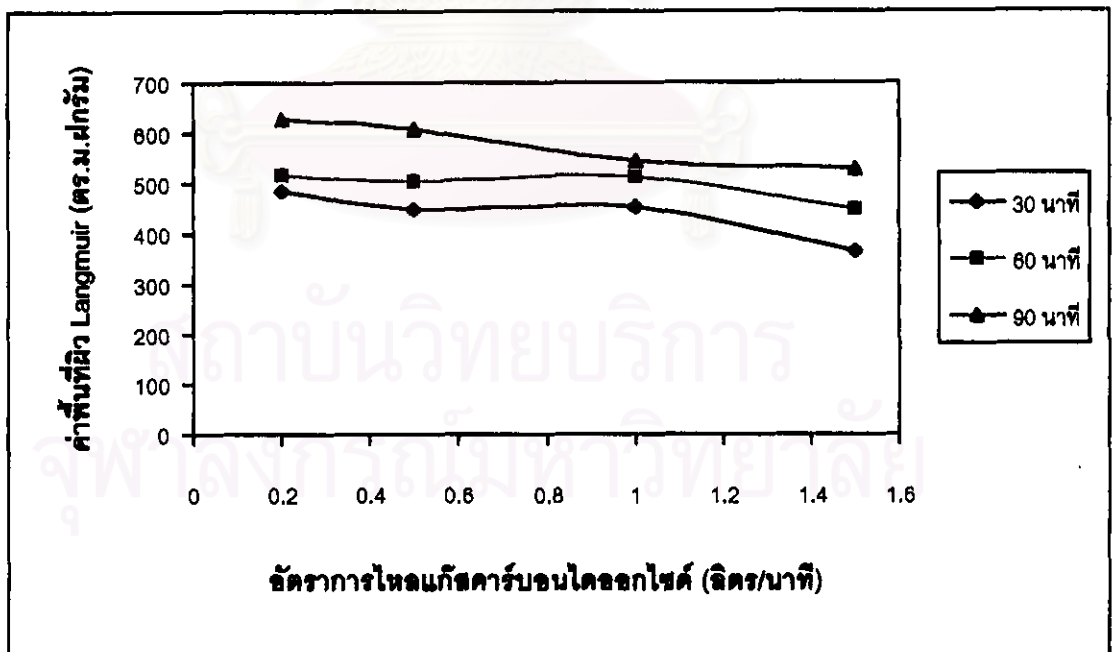
รูปที่ 4.13 ผลของเวลาในการกระตุ้น ต่อค่าการดูดซับเมทิลซัลโฟน ที่อัตราการไหลเกิดขึ้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



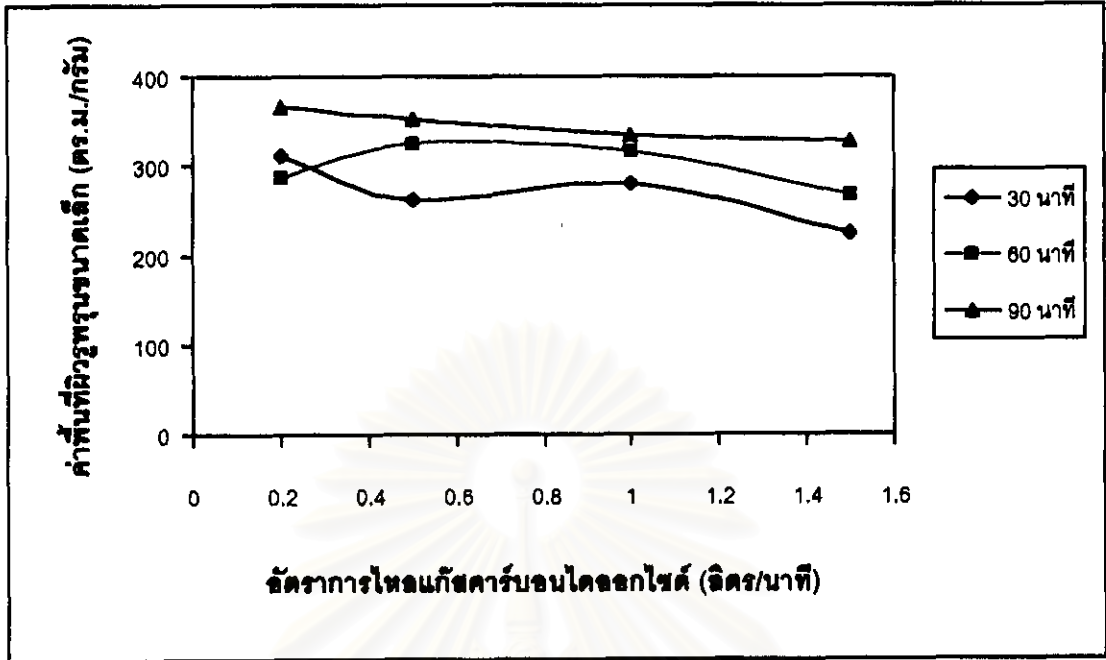
รูปที่ 4.14 ผลของเวลาในการกระตุ้น ต่อค่าความหนาแน่นปรากฏ ที่อัตราการไหลเกิดขึ้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



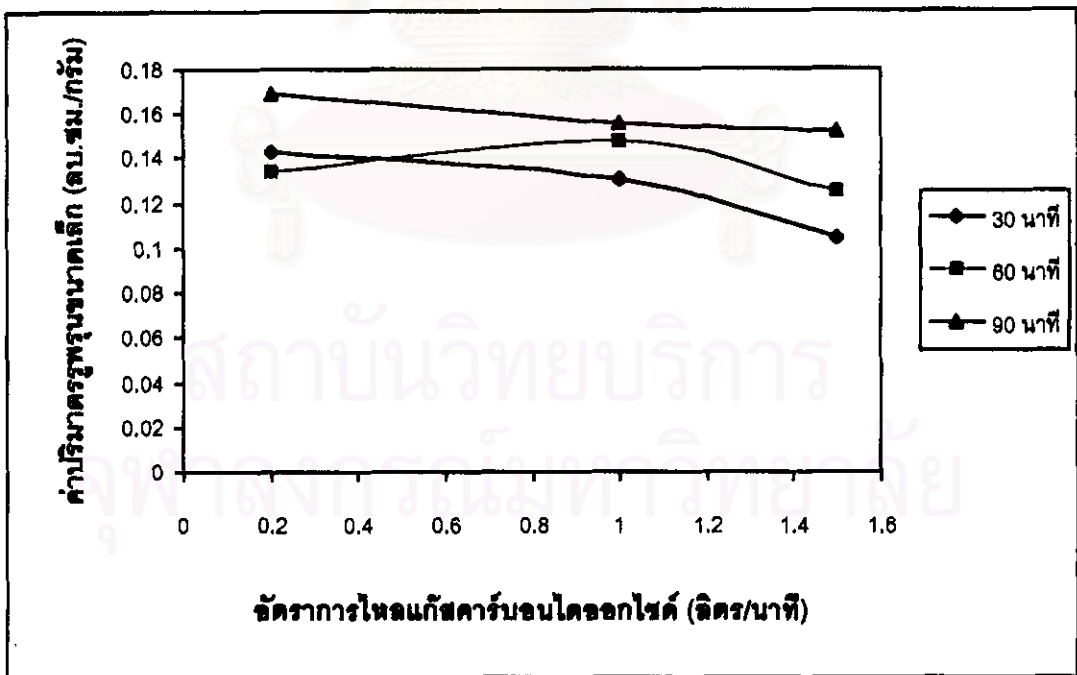
รูปที่ 4.15 ผลของอัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าพื้นที่ผิว BET ที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



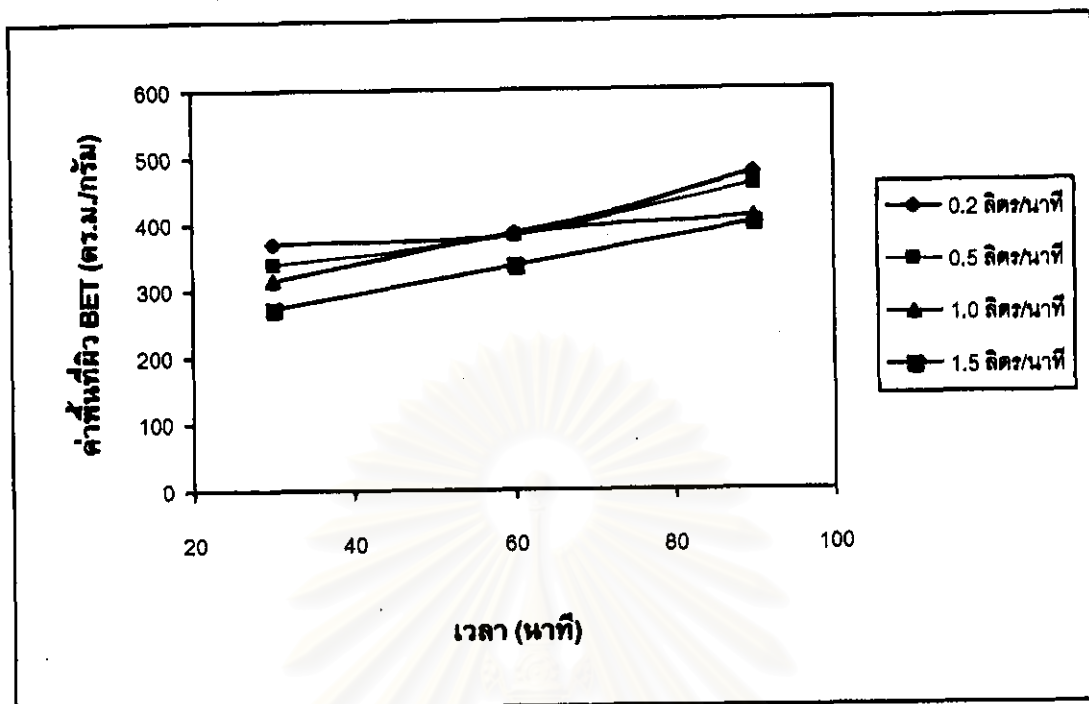
รูปที่ 4.16 ผลของอัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าพื้นที่ผิว Langmuir ที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



รูปที่ 4.17 ผลของอัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าพื้นที่ผิวอนุภาคเล็ก ที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



รูปที่ 4.18 ผลของอัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่าปริมาตรอนุภาคเล็ก ที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างถ่านชาร์ ขนาด 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม



รูปที่ 4.19 ผลของเวลาในการกระตุ้น ต่อค่าพื้นที่ผิว BET ที่อัตราการไหล แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่าง ๆ โดยใช้ขนาดตัวอย่างถ่านชาร์ 1.18-2.36 มม. จำนวน 40 กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลจากการแปรขนาดอนุภาคถ่านซาร์ในการกระตุ้นด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อได้ภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านซาร์ ด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากขั้นตอนที่ 4.3 (ดูจากค่าการดูดซับไอโอดีน และพื้นที่ผิว คือภาวะ ใช้อัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.2 ลิตรต่อนาที เวลากระตุ้น 90 นาที) นำภาวะที่ได้มาศึกษาถึงผลของขนาดอนุภาคถ่าน ต่อความสามารถในการดูดซับ ไอโอดีน เมทิลีนบลู ค่าพื้นที่ผิว ค่าปริมาตรรูพรุนขนาดเล็ก และค่าความหนาแน่นปรากฏ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 และนำความสัมพันธ์ที่ได้แสดงเป็นกราฟในรูปที่ 4.20 และ 4.21

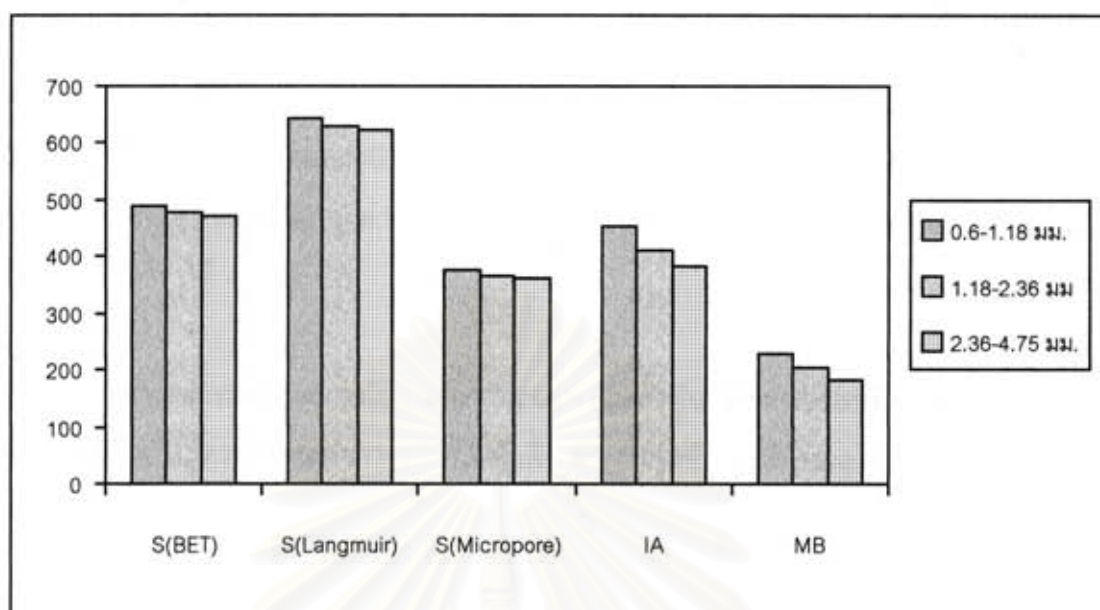
ตารางที่ 4.4 ค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์โดยการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กระตุ้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (ผลการแปรขนาดถ่านซาร์)

ขนาดถ่านที่ใช้กระตุ้น	S_{BET} (m^2/g)	S_{Langmuir} (m^2/g)	$S_{\text{Micropore}}$ (m^2/g)	$V_{\text{Micropore}}$ (cm^3/g)
0.6-1.18 มม.	487.28±11.80	644.56±1.69	374.71	0.1741
1.18-2.36 มม.	476.64±11.54	628.86±2.05	365.93	0.1696
2.36-4.75 มม.	471.94±11.33	622.08±2.06	362.34	0.1678

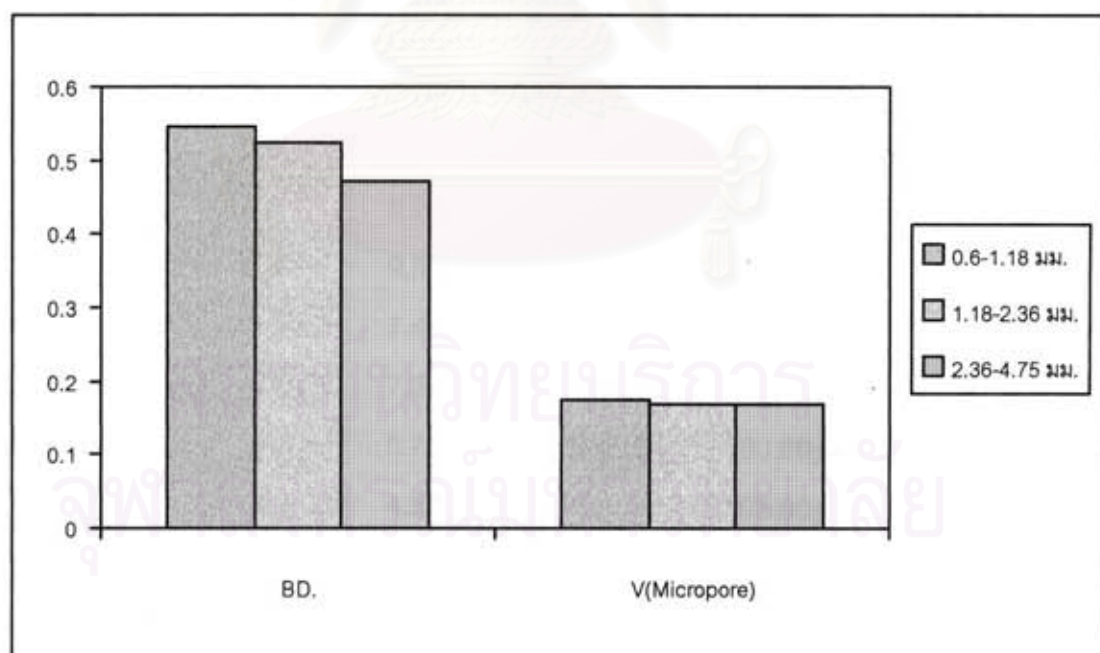
ตารางที่ 4.5 ค่าการดูดซับไอโอดีน เมทิลีนบลูและค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์โดยการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กระตุ้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (ผลการแปรขนาดถ่านซาร์)

ขนาดถ่าน	ค่าความหนาแน่นปรากฏ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าการดูดซับ ไอโอดีน (มิลลิกรัม/กรัม)	ค่าการดูดซับ เมทิลีนบลู (มิลลิกรัม/กรัม)
0.6-1.18 มม.	0.545±0.02	455.17±4.04	228.45±0.77
1.18-2.36 มม.	0.524±0.03	411.27±2.81	205.52±5.91
2.36-4.75 มม.	0.473±0.15	382.21±5.77	183.65±2.71

หมายเหตุ : อัตราการไหลของ CO_2 คงที่ 0.2 ลิตรต่อนาที และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 90 นาที



รูปที่ 4.20 ผลจากการแปรขนาดถ่านชาร์ ต่อค่าพื้นที่ผิวและค่าการดูดซับ โดยการกระตุ้นด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 90 นาที จำนวนตัวอย่างถ่าน 40 กรัม



รูปที่ 4.21 ผลจากการแปรขนาดถ่านชาร์ ต่อค่าความหนาแน่นปรากฏ และค่าปริมาตรรูพรุนขนาดเล็ก โดยการกระตุ้นด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 90

4.5 ผลจากการแปรชนิดแก๊สในการกระตุ้น

เป็นการเปรียบเทียบถึงผลของการใช้แก๊สกระตุ้นต่างกัน ในการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟ เพื่อศึกษาถึงผลของชนิดตัวกระตุ้น ต่อสมบัติที่ได้ของถ่านกัมมันต์ เช่น ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน เมทธิลีนบลู ค่าพื้นที่ผิว ค่าปริมาตรรูพรุนขนาดเล็ก และค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ถึง 4.8

ตารางที่ 4.6 ผลการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยการแปรชนิดก๊าซกระตุ้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ต่อค่าการดูดซับไอโอดีน ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่าความหนาแน่นปรากฏ (ขนาดตัวอย่างถ่านชาร์ 1.18-2.36 มิลลิเมตร)

ภาวะในการกระตุ้น		กรด-ด่าง	ค่าความหนาแน่นปรากฏ (กรัม/ลบ.ซม.)	ค่าการดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัม/กรัม)	ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู (มิลลิกรัม/กรัม)
ชนิดก๊าซกระตุ้น	อัตราการไหล (ลิตร/นาท)				
CO ₂	0.2	9.84	0.524±0.03	411.27±2.81	174.94±4.59
O ₂	0.4	9.73	0.544±0.12	282.23±0.86	226.58±4.77
O ₂	0.6	9.86	0.560±0.18	213.67±5.14	195.69±5.70
CO ₂ +O ₂	0.4	9.24	0.535±0.05	364.83±6.07	198.59±4.55
CO ₂ +O ₂	0.6	9.53	0.539±0.11	346.05±4.82	142.29±1.94
CO ₂ +Steam	-	7.43	0.532±0.01	183.52±3.93	142.49±3.91
Steam	-	7.35	0.534±0.02	147.17±4.14	137.18±4.69
ถ่าน(400 °C)	-	6.75	0.536±0.01	130.98±4.88	119.01±0.72
วัสดุดิบ	-	4.83	-	106.66±4.53	-

หมายเหตุ : อัตราการไหลของ CO₂ คงที่ 0.2 ลิตร/นาท และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 90 นาที

ตารางที่ 4.7 ผลการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยการแปรชนิดก๊าซกระตุ้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ต่อค่าพื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุนขนาดเล็ก

(ขนาดตัวอย่างถ่านชาร์ 1.18-2.36 มิลลิเมตร)

ก๊าซกระตุ้น	อัตราการไหล ก๊าซ (ลิตร/นาที)	S_{BET} (m^2/g)	$S_{Langmuir}$ (m^2/g)	$S_{Micropore}$ (m^2/g)	$V_{Micropore}$ (cm^3/g)
CO ₂	0.2	476.64±11.5	628.86±2.05	365.93	0.1696
O ₂	0.4	131.06±2.98	174.18±0.05	91.54	0.0426
O ₂	0.6	57.65±1.33	76.72±0.19	39.96	0.0186
CO ₂ +O ₂	0.4	327.15±8.10	431.94±1.22	260.82	0.1212
CO ₂ +O ₂	0.6	259.96±6.20	344.27±0.68	208.86	0.0975
Steam	-	12.86±0.42	-	4.49	0.0020
CO ₂ +Steam	-	11.79±0.66	15.64±0.49	17.08	0.0081
Char(400 °C)	-	3.45±0.16	-	0.3566	0.0002

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการใช้ก๊าซกระตุ้นต่างกัน

(ขนาดตัวอย่างถ่านชาร์ 1.18-2.36 มิลลิเมตร)

ก๊าซกระตุ้น	อัตราการไหล ไหลก๊าซ (ลิตร/นาที)	%ความชื้น (M)	%สารระเหย (VM)	%เถ้า (A)	%ผลิตภัณฑ์ (YC)
CO ₂	0.2	2.12±0.02	5.90±0.05	4.28±0.12	81.23
O ₂	0.4	2.00±0.17	6.41±0.17	6.72±0.10	66.31
O ₂	0.6	3.56±0.20	6.53±0.21	6.39±0.15	58.17
CO ₂ +O ₂	0.4	2.85±0.05	6.35±0.06	3.98±0.05	71.20
CO ₂ +O ₂	0.6	2.50±0.08	6.26±0.08	4.97±0.01	60.85
Steam	-	-	24.85±0.37	3.87±0.06	93.07
CO ₂ +Steam	-	-	23.66±0.64	4.03±0.06	92.24

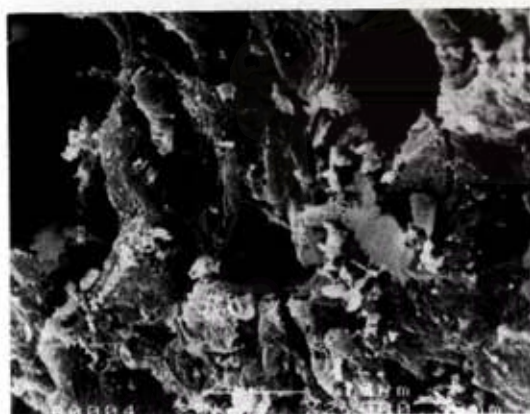
4.6 รูปลักษณะพื้นผิวของกะลาปาล์ม ผ่านซาร์ และผ่านกัมมันต์ที่ได้จากการ กระตุ้นที่ภาวะต่าง ๆ โดยใช้กัลลิ่งอิเลคตรอนไมโครสโคปกำลังขยาย 2,000 เท่า



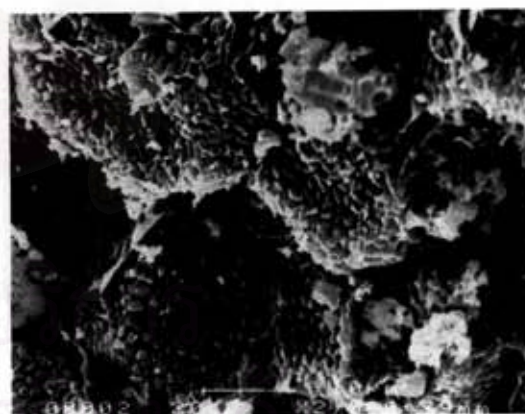
รูปที่ 4.22 ผิวกะลาปาล์มน้ำมัน



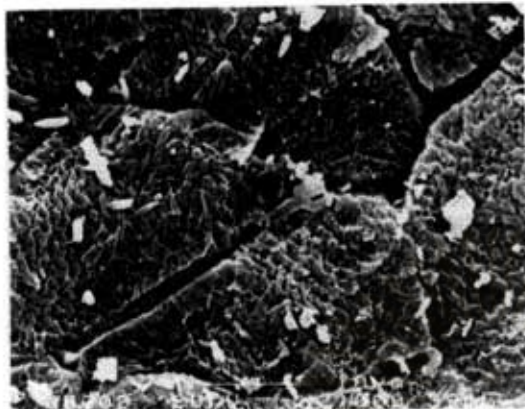
รูปที่ 4.23 ผิวผ่านซาร์ ที่ได้จากการ คาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



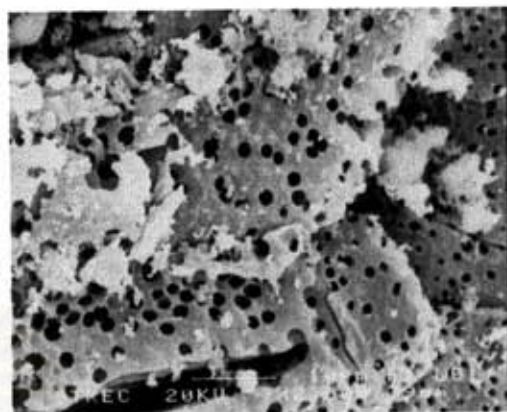
รูปที่ 4.24 ผิวผ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้น ด้วยแก๊สออกซิเจน (0.4 ลิตรต่อนาที)



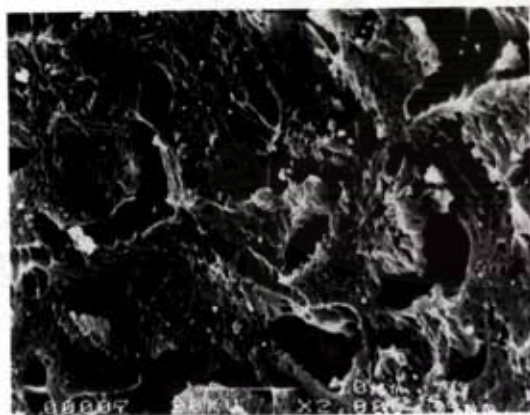
รูปที่ 4.25 ผิวผ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วย แก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์ (0.2 ลิตรต่อนาที) กับออกซิเจน (0.4 ลิตรต่อนาที)



รูปที่ 4.26 ผิวถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ



รูปที่ 4.27 ผิวถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (0.2 ลิตรต่อนาที)



รูปที่ 4.28 ผิวถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์ (0.2 ลิตรต่อนาที) กับออกซิเจน (0.6 ลิตรต่อนาที)



รูปที่ 4.29 ผิวถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยแก๊สออกซิเจน (0.6 ลิตรต่อนาที)