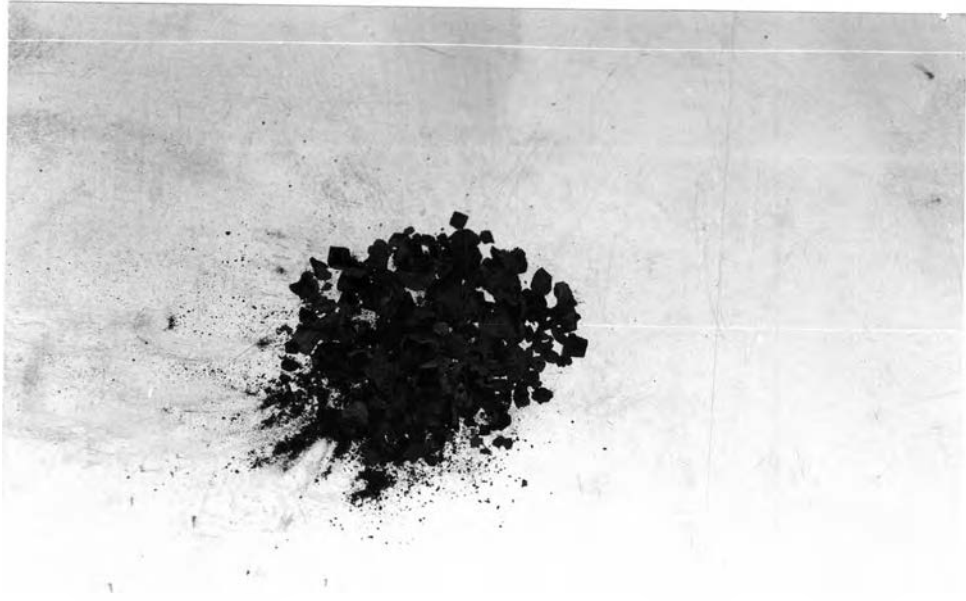


## บทที่ 5

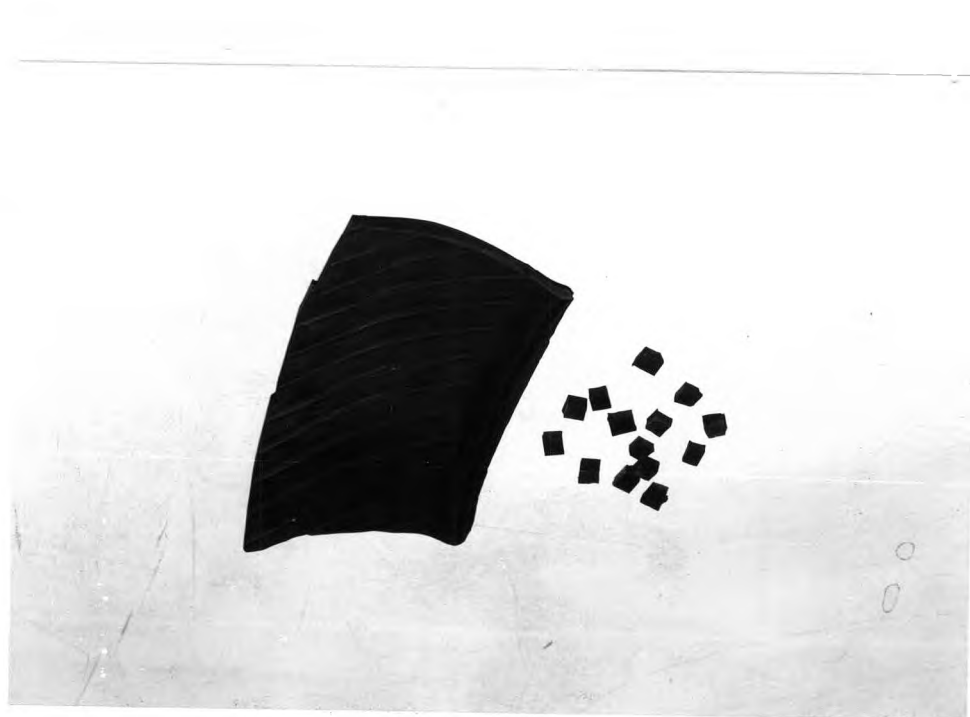
### ผลการทดลอง

#### 1. ลักษณะทั่วไปของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์

ยางรถยนต์ที่ผ่านการคาร์บอนไนซ์แล้ว จะมีลักษณะทั่วไปเหมือนเดิม แต่มีความเปราะมากขึ้น แสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ก) ถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ที่ 450 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที



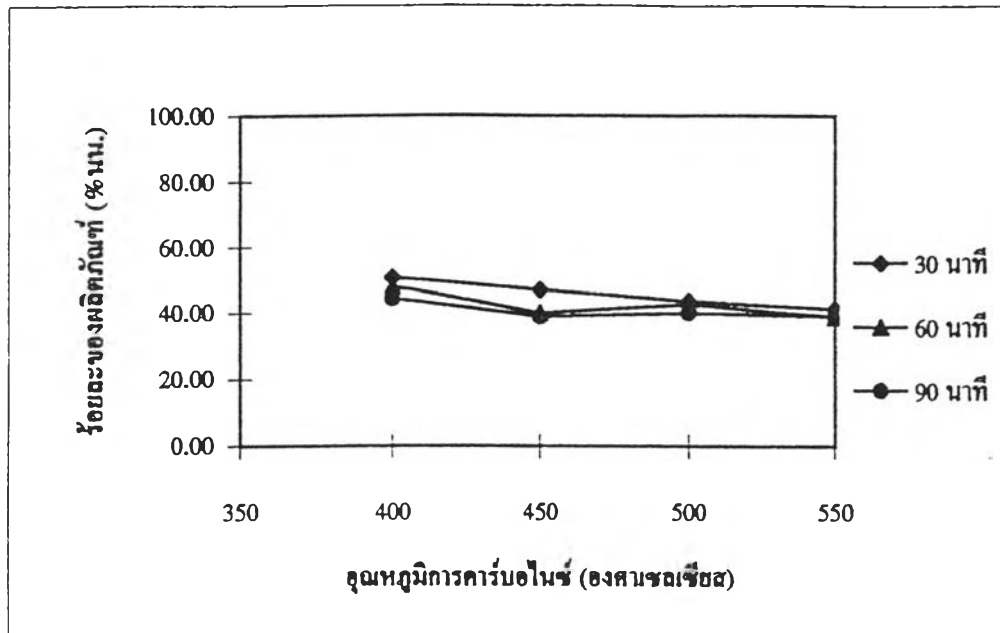
รูปที่ 5.1(ต่อ) ข) ยางรถยนต์ก่อนการคาร์บอนไนซ์

2. ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) ของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์

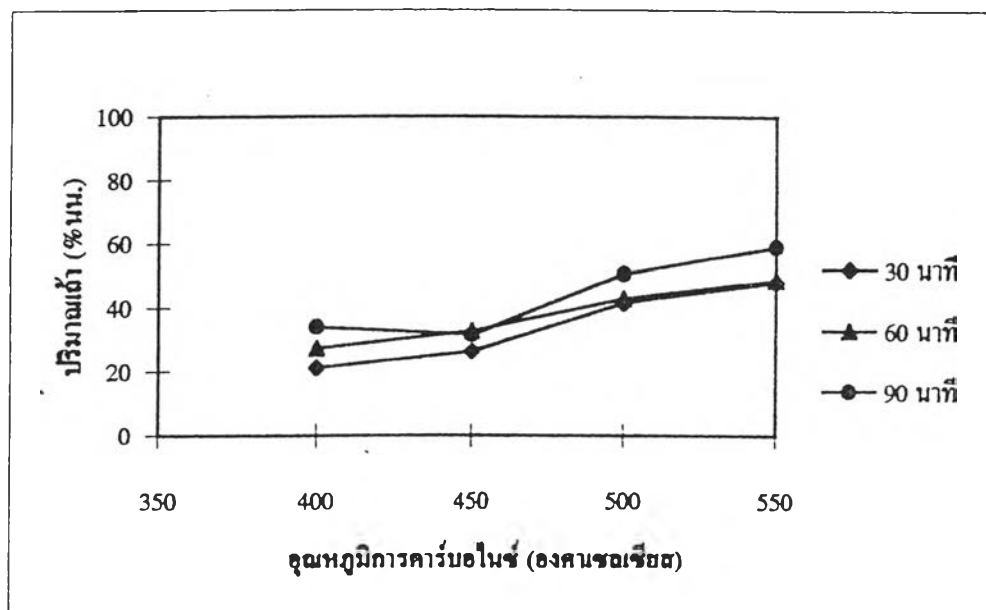
จากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ที่ตัดขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน วิเคราะห์สมบัติของถ่าน คือ ปริมาณความชื้น, ปริมาณเถ้า, ปริมาณสารระเหย, ปริมาณคาร์บอนคงตัว ได้ผลแสดงดังตารางที่ 5.1 จากข้อมูลในตารางนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติของถ่านที่ได้ ที่เวลาต่างๆ ในรูปที่ 5.2 ถึง 5.5 และกราฟความสัมพันธ์แสดงผลของเวลาที่มีต่อสมบัติของถ่านที่ได้ ที่อุณหภูมิต่างๆ ในรูปที่ 5.6 ถึง 5.9

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์

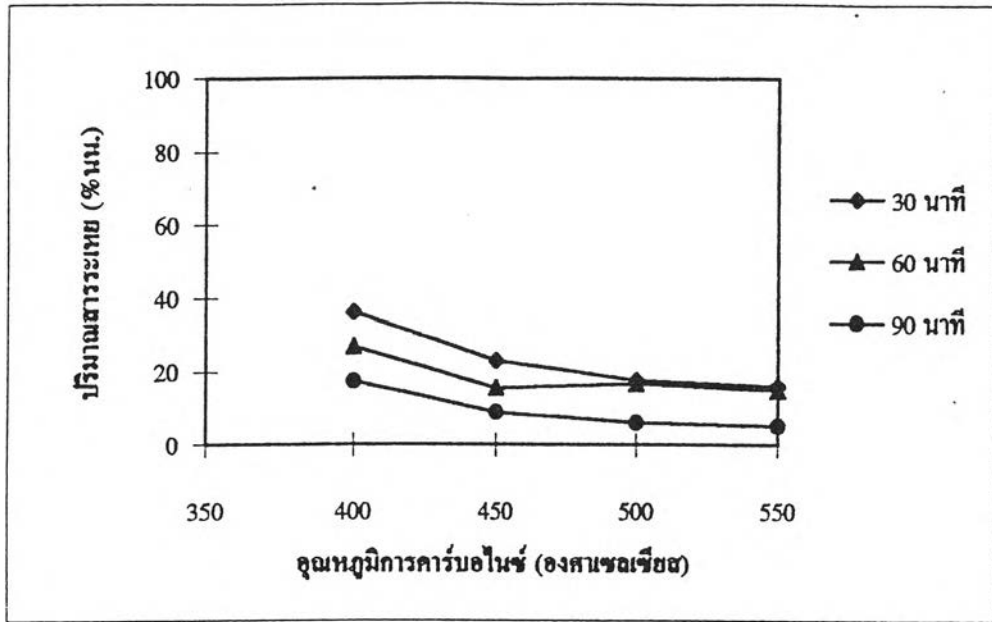
ภาวะวัตถุดิบ		ร้อยละของผลิตภัณฑ์ (% นน)	ความชื้น (% นน)	ร้อยละของสารเกี่ยวกับน้ำหนักของสารไม่มีความชื้น		
อุณหภูมิ (°ซ)	ระยะเวลา (นาที)			เถ้า (% นน)	สารระเหย (% นน)	คาร์บอนคงตัว (% นน)
400	30	50.82	1.27	21.16	36.27	42.57
400	60	48.17	0.78	27.41	26.99	45.60
400	90	44.47	0.76	34.10	17.39	48.51
450	30	47.20	0.86	26.41	23.11	50.48
450	60	40.18	1.10	32.77	15.52	51.71
450	90	39.01	0.82	31.54	8.88	59.58
500	30	43.82	0.36	41.63	17.73	40.64
500	60	42.85	0.23	42.92	16.85	40.23
500	90	40.15	0.55	50.74	6.11	43.15
550	30	41.50	0.79	48.10	16.15	35.74
550	60	39.13	0.58	48.89	14.89	36.22
550	90	39.25	0.22	59.29	5.22	35.49



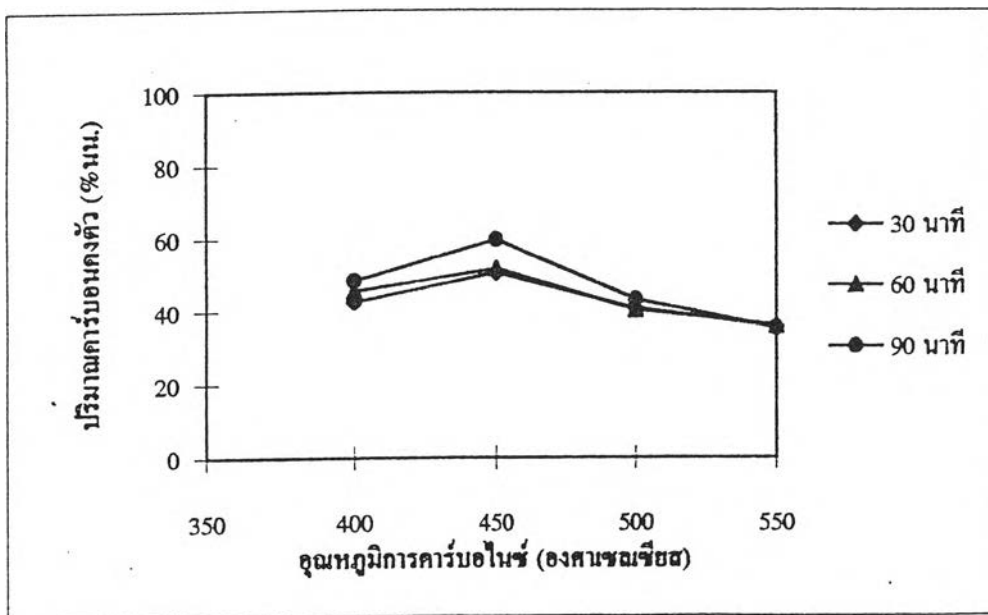
รูปที่ 5.2 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ ที่เวลาต่างๆ โดยใช้อย่างรวดยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน



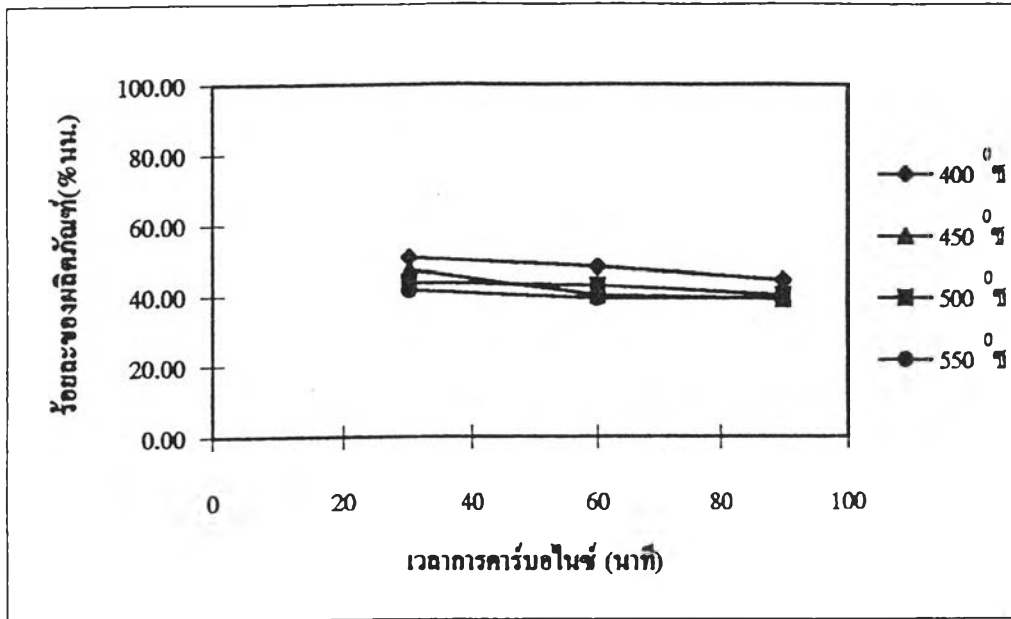
รูปที่ 5.3 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อปริมาณเข้า ที่เวลาต่างๆ โดยใช้อย่างรวดยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน



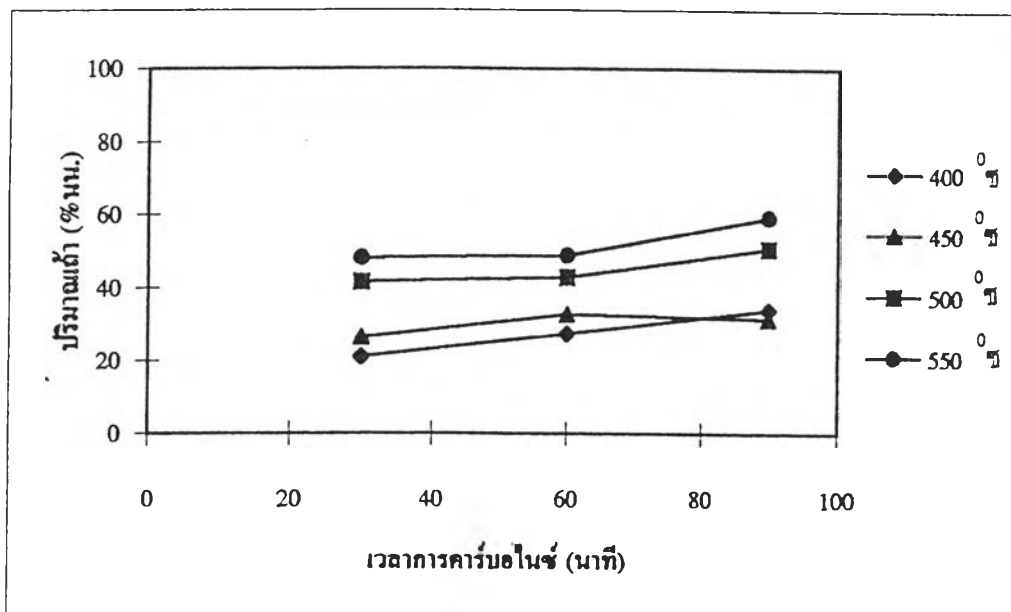
รูปที่ 5.4 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อปริมาณสารระเหย ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ยางรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน



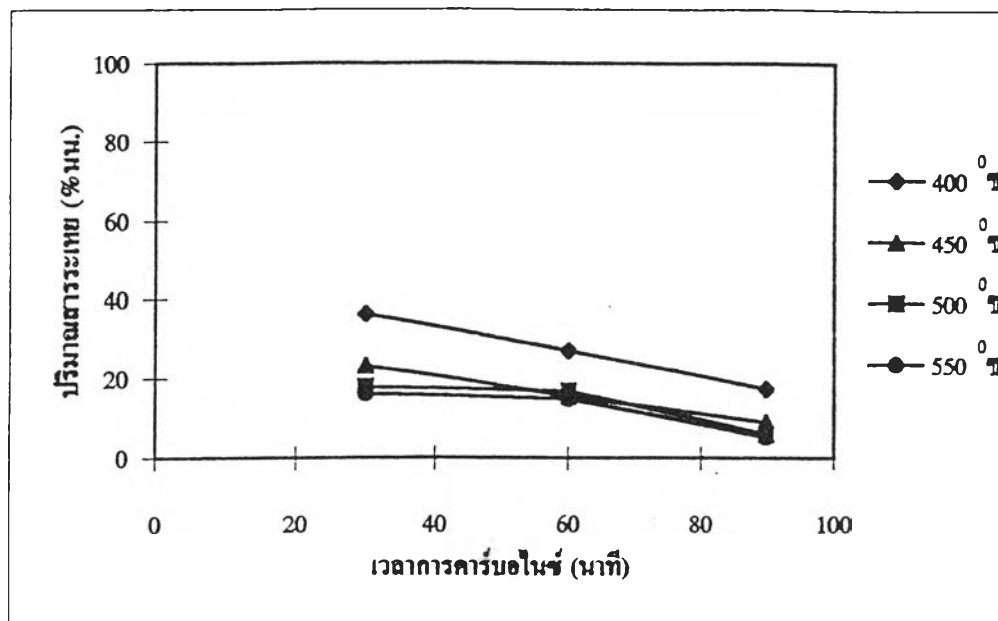
รูปที่ 5.5 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อปริมาณคาร์บอนคงตัว ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ยางรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน



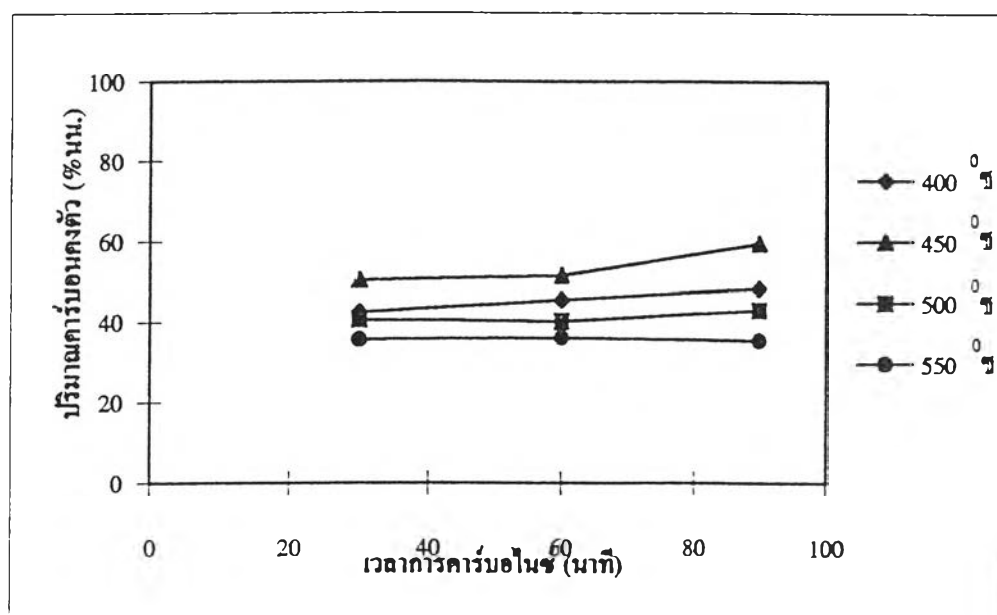
รูปที่ 5.6 ผลของเวลาการคาร์บอไนซ์ที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ยางรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอไนซ์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน



รูปที่ 5.7 ผลของเวลาการคาร์บอไนซ์ที่มีต่อปริมาณเถ้า ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ยางรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอไนซ์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน



รูปที่ 5.8 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณสารระเหย ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้อย่างรวดยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน



รูปที่ 5.9 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณคาร์บอนคงตัว ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้อย่างรวดยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน

3. ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์สำหรับนำไปกระตุ้นด้วย  
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

เมื่อพิจารณาถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าถ่านที่คาร์บอนไนซ์ที่ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที มีปริมาณร้อยละของสารระเหยเท่ากับ 23.11 ซึ่งเหมาะสมในการนำไปกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จึงนำไปคัดและคัดขนาดถ่านด้วยแรงให้ได้ขนาด 3 ช่วงขนาดคือ 0.35 - 1.18, 1.18 - 2.36 และ 2.36 - 4.75 มิลลิเมตร และวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณของถ่านขนาดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ที่อุณหภูมิ  
450 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาทีสำหรับนำไปกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

ขนาดของเม็ดถ่าน (มม)	ความชื้น (%นน)	ร้อยละของสารเทียบกับน้ำหนักของสาร ที่ไม่มีความชื้น		
		เถ้า (%นน)	สารระเหย (%นน)	คาร์บอน คงตัว (%นน)
0.35 - 1.18	0.21	23.26	22.53	54.21
1.18 - 2.36	0.24	23.17	23.17	53.66
2.36 - 4.75	0.38	22.63	23.57	53.80



#### 4. สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

##### 4.1 แปรอุณหภูมิและระยะเวลาการกระตุ้น

นำถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที ขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร มากระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที และอัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของถ่านกัมมันต์ที่ได้คือ ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร, ปริมาณเถ้า, ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู, ค่าการดูดซับไอโอดีน และค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด แสดงในตารางที่ 5.3 และจากข้อมูลในตารางนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่เวลาต่างๆ ในรูปที่ 5.10 ถึง 5.15 และเขียนกราฟความสัมพันธ์แสดงผลของเวลาที่มีต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่างๆ ในรูปที่ 5.16 ถึง 5.21

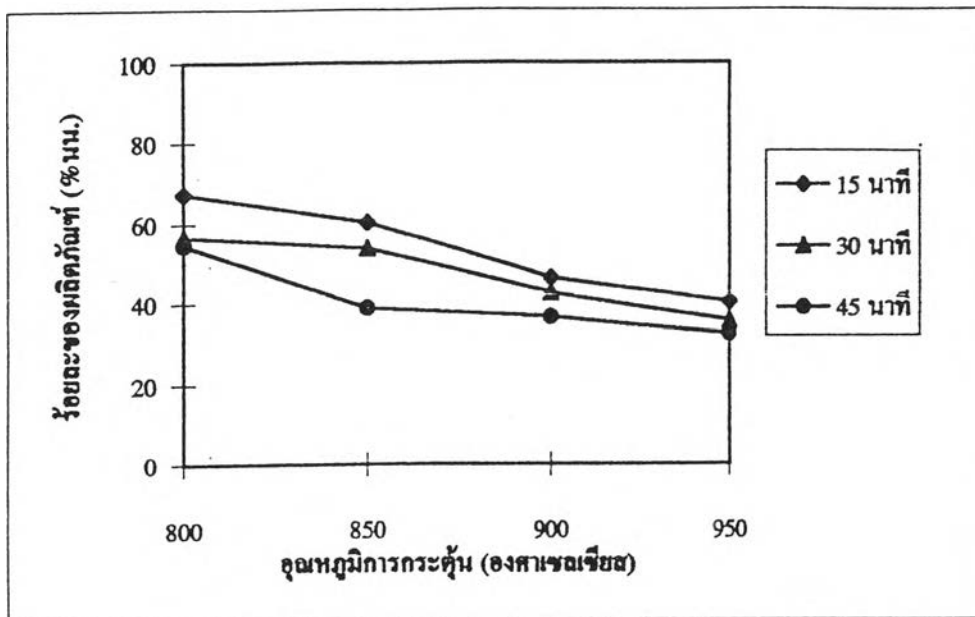
ตารางที่ 5.3 ผลการกระตุ้นและสมบัติของถ่านกัมมันต์เมื่อกระตุ้นที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ

ขนาดถ่าน 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร

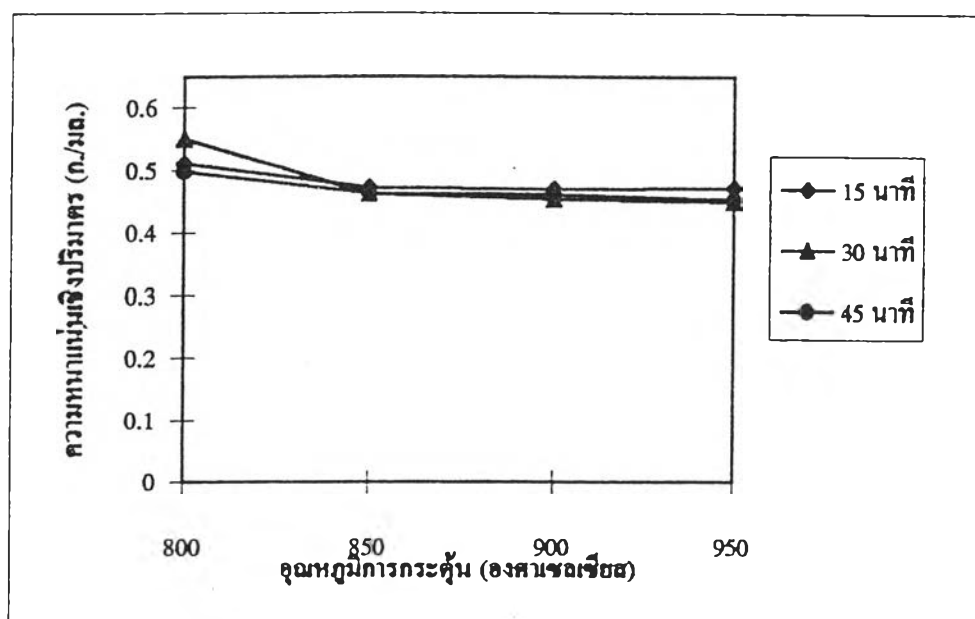
อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที

อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที

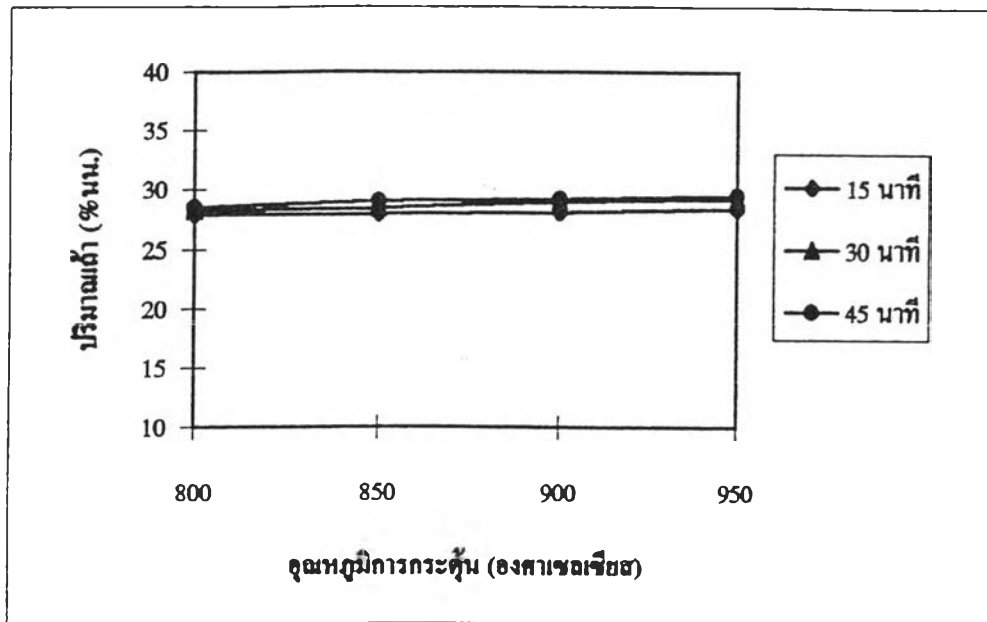
ภาวะการกระตุ้น		ร้อยละ ของผลิตภัณฑ์ กัมมันต์ (%นน.)	ความ หนาแน่น เชิง ปริมาตร (ก./มล.)	ปริมาณ เถ้า (% นน.)	ค่าการ ดูดซับ เมทธิลีนบลู (มก./ก.)	ค่าการ ดูดซับ ไอโอดีน (มก./ก.)	ค่า พื้นที่ผิว ทั้งหมด (ม <sup>2</sup> /ก.)
อุณหภูมิ (°ซ)	ระยะเวลา (นาที)						
-	-	-	0.580	23.26	0	151.36	28.93
800	15	67.37	0.511	27.90	74.84	466.66	224.11
800	30	56.63	0.550	28.24	96.42	531.76	380.61
800	45	54.59	0.498	28.52	111.72	530.88	387.52
850	15	60.30	0.472	27.96	81.82	575.44	424.11
850	30	53.84	0.462	28.43	128.51	658.63	495.12
850	45	38.76	0.463	29.01	131.73	657.66	497.41
900	15	46.40	0.470	28.10	88.96	602.56	438.91
900	30	42.64	0.453	28.96	131.76	776.08	552.96
900	45	36.55	0.461	29.21	137.26	660.69	511.81
950	15	40.25	0.472	28.42	121.73	599.79	464.52
950	30	35.63	0.450	29.22	150.79	787.05	571.06
950	45	32.36	0.453	29.52	173.13	690.24	541.18



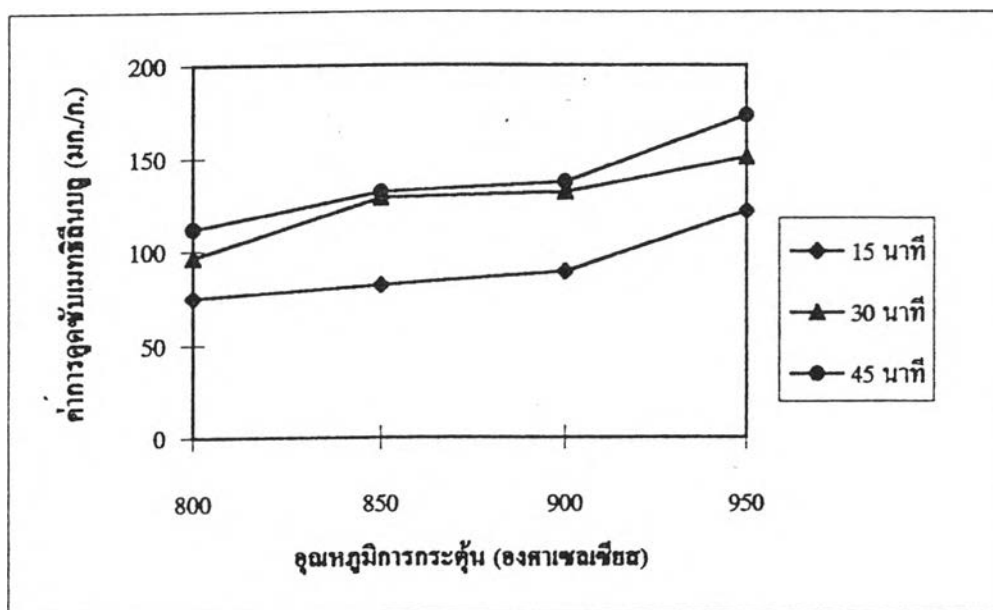
รูปที่ 5.10 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



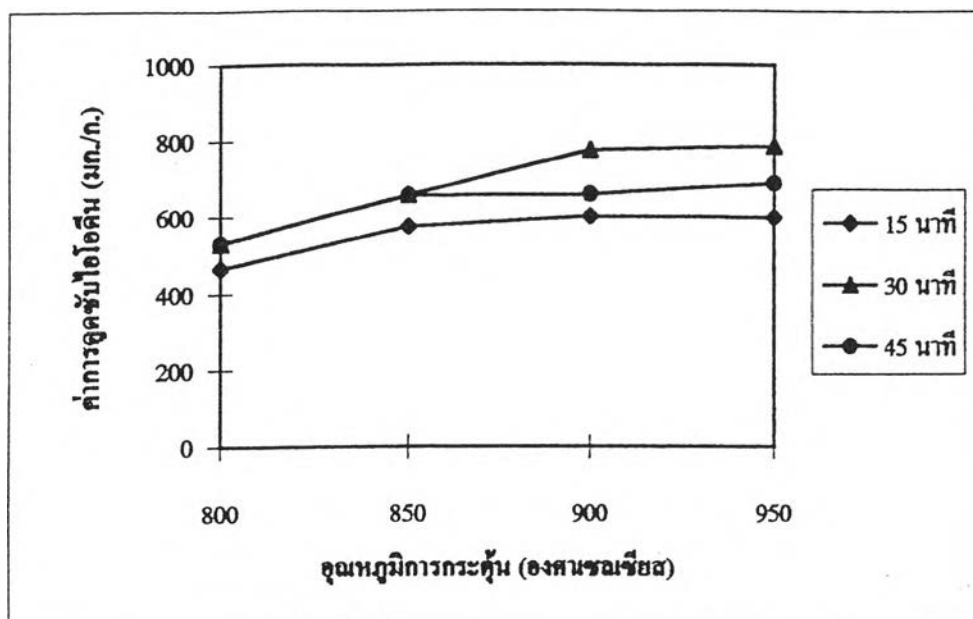
รูปที่ 5.11 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



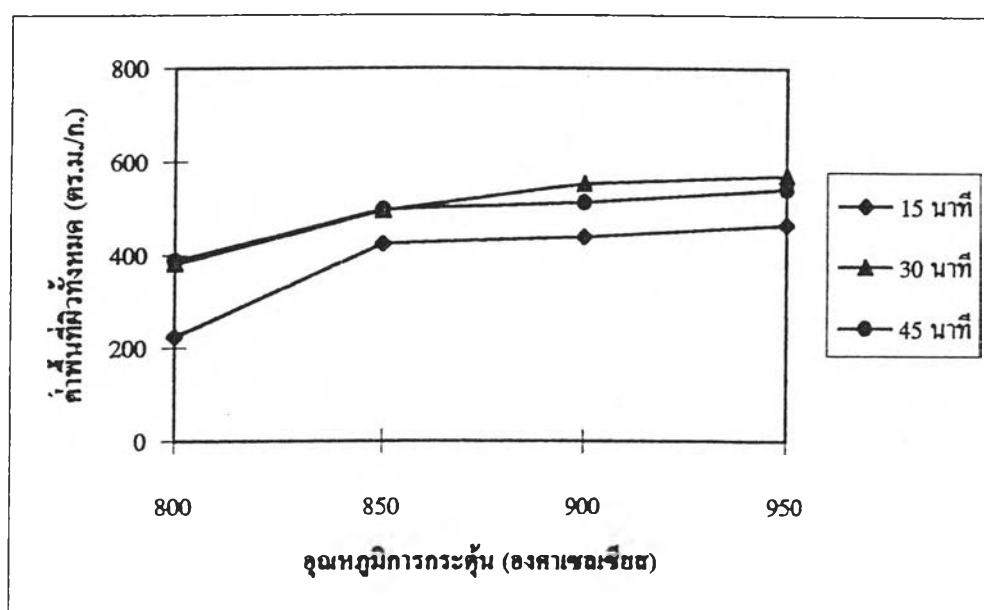
รูปที่ 5.12 ผลขององศงอการกระตุนที่มีต่อปริมาณง้า ที่เวลาต่างงอ  
โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิมเอตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ  
2.06 กรัมต่อนาที่ อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



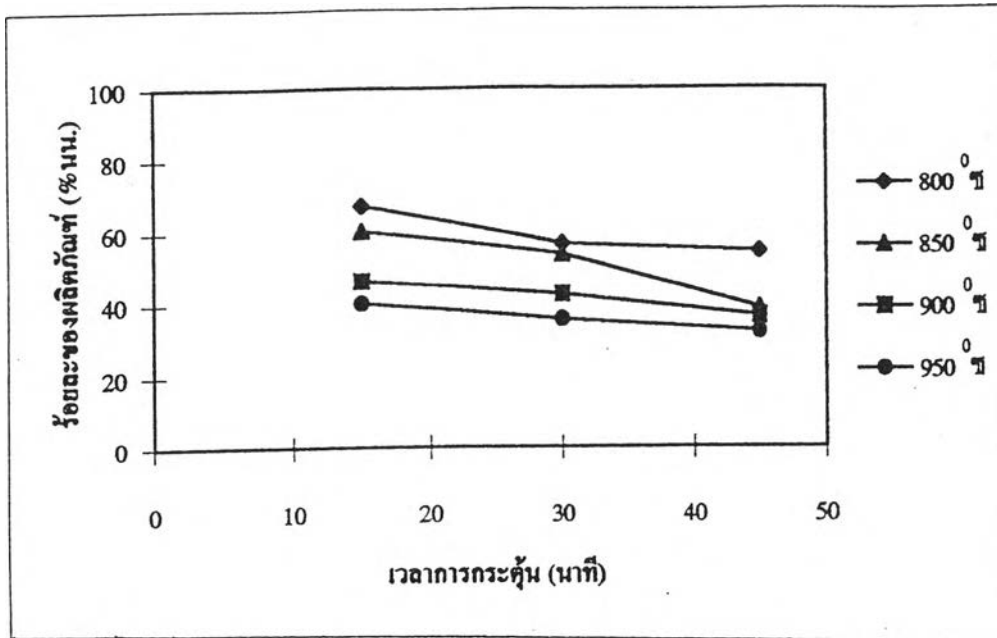
รูปที่ 5.13 ผลขององศงอการกระตุนที่มีต่อค่าการงอช้บเมทอธิลีนบง ที่เวลาต่างงอ  
โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิมเอตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ  
2.06 กรัมต่อนาที่ อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



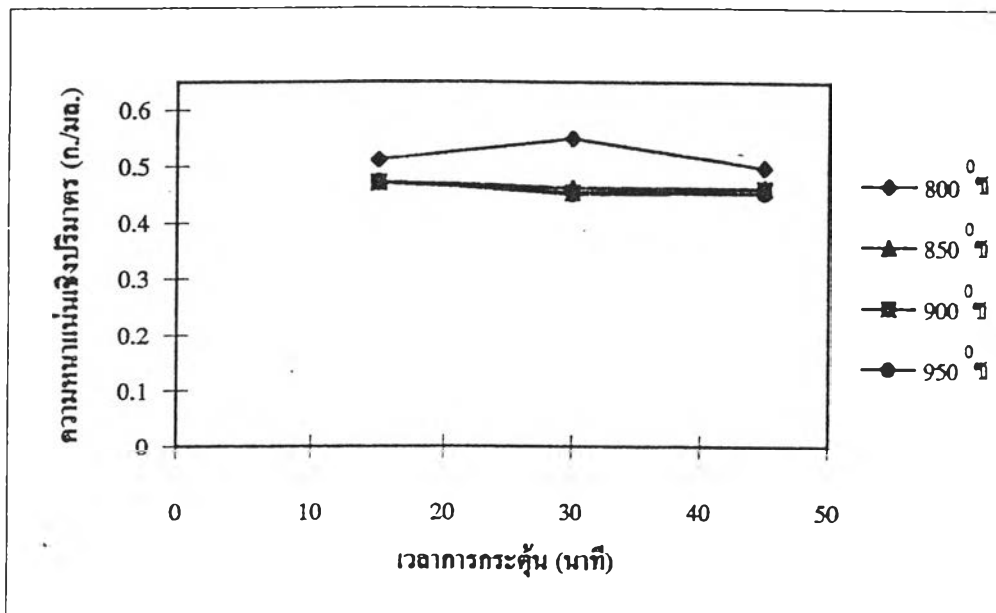
รูปที่ 5.14 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าการดูดซับไอโอดีน ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



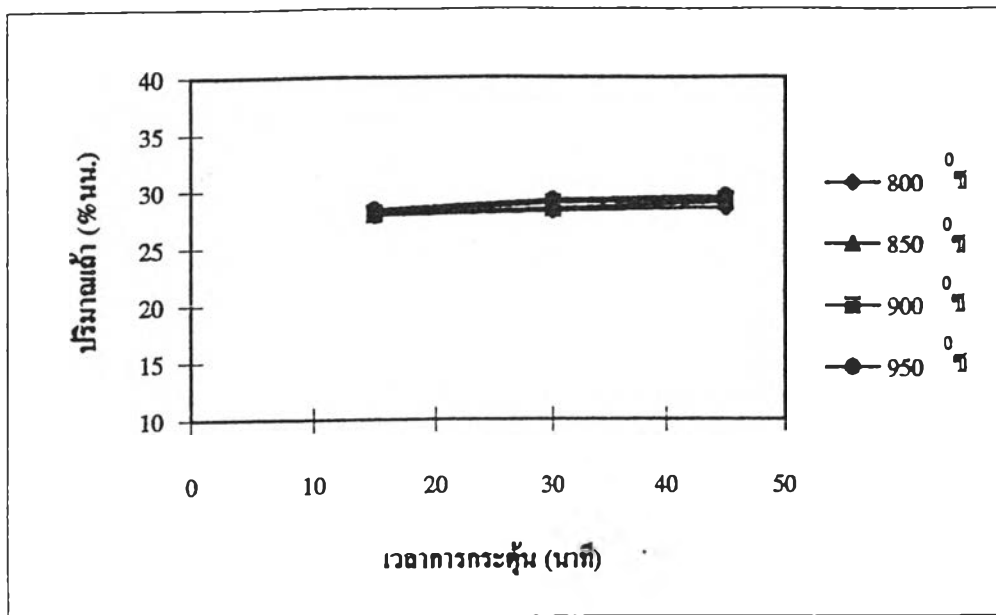
รูปที่ 5.15 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



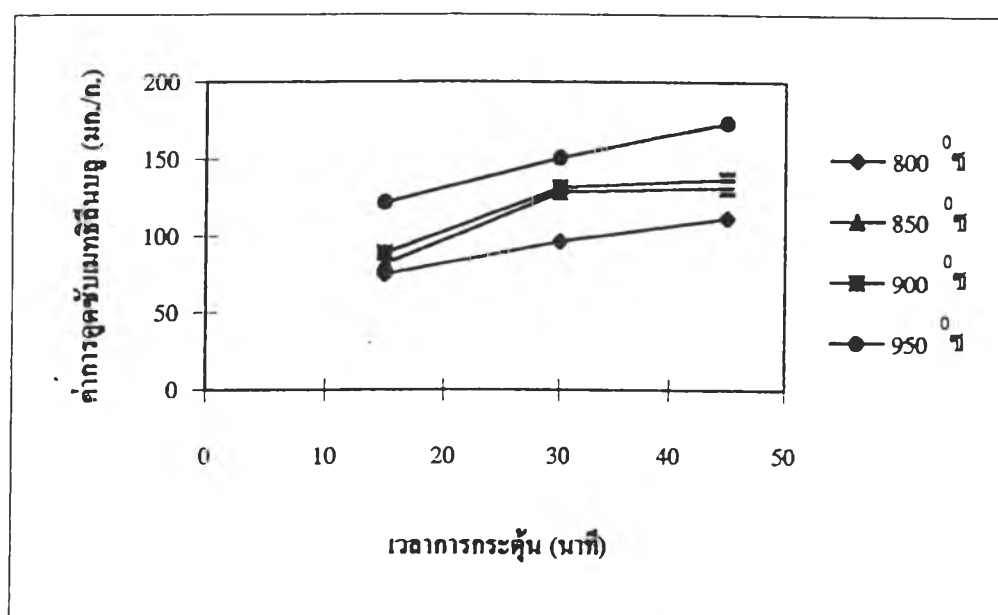
รูปที่ 5.16 ผลของเวลาการกระตุ่นที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อวินาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



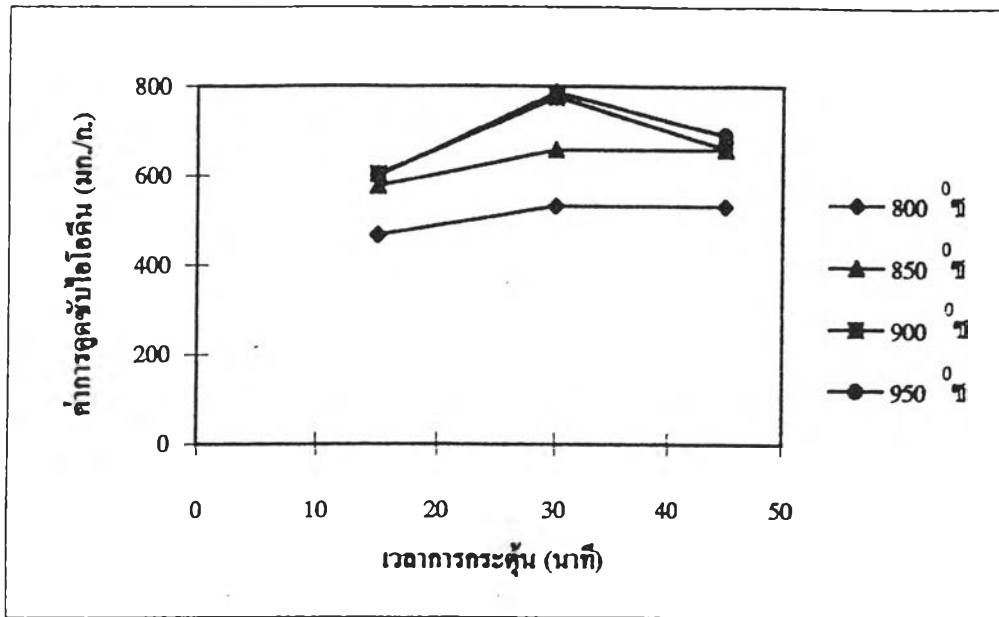
รูปที่ 5.17 ผลของเวลาการกระตุ่นที่มีต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อวินาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



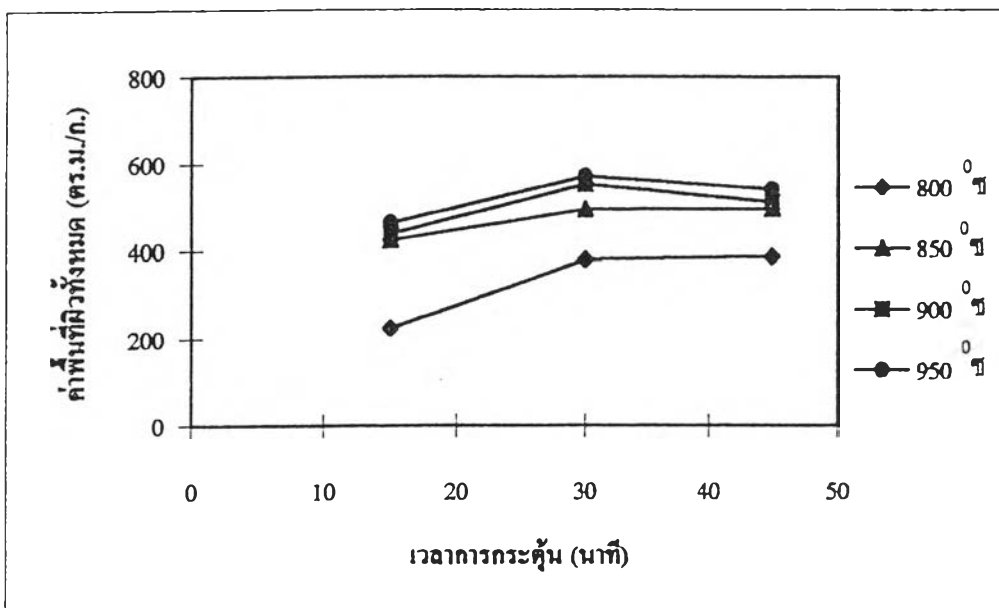
รูปที่ 5.18 ผลของเวลาการกระตุ่นที่มีต่อปริมาณเถ้า ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.19 ผลของเวลาการกระตุ่นที่มีต่อค่าการดูดซับเมทิลีนบลู ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.20 ผลของเวลาการกระตุ่นที่มีต่อค่าการดูดซับไอโอดีน ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.21 ผลของเวลาการกระตุ่นที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที





#### 4.3 แปรอัตราการป้อนไอน้ำ

นำถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ผ่านอากาศอัตรา 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที โดยแปรอัตราการป้อนไอน้ำ 1.51, 1.83, 2.92, 4.18 กรัมต่อนาที วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ได้ แสดงในตารางที่ 5.5 และจากข้อมูลในตารางนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์แสดงผลของปริมาณการป้อนไอน้ำที่มีต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ แสดงในรูปที่ 5.22 ถึง 5.26

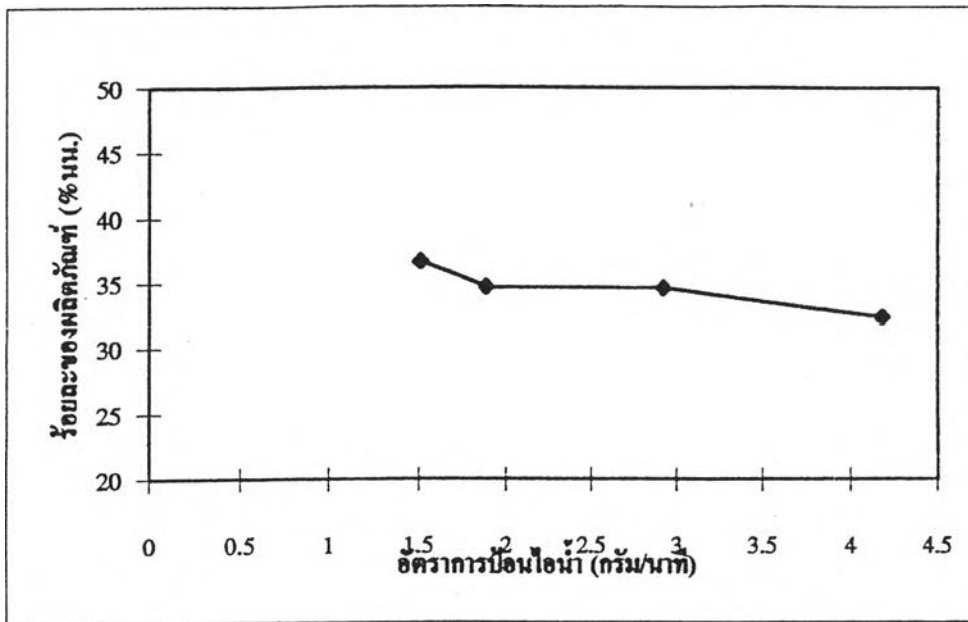
ตารางที่ 5.5 สมบัติของถ่านกัมมันต์เมื่อแปรอัตราการป้อนไอน้ำ  
อุณหภูมิของการกระตุ้น 900 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที  
ขนาดของเม็ดถ่าน 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร  
อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที

อัตรา การป้อนไอน้ำ (กรัม/นาที)	ร้อยละ ของ ผลิตภัณฑ์ (% นน.)	ความ หนาแน่น เชิงปริมาตร (ก./มล.)	ปริมาณ เถ้า (% นน.)	ค่า การดูดซับ เมทิลีนบลู (มก./ก.)	ค่า การดูดซับ ไอโอดีน (มก./ก.)	ค่าพื้นที่ผิว ทั้งหมด (ม. <sup>2</sup> /ก.)
1.51	36.68	0.448	29.00	159.51	838.96	652.11
1.88	34.70	0.44	29.05	172.03	891.11	691.51
2.92	34.63	0.441	29.14	175.92	889.01	694.11
4.18	32.40	0.439	29.32	177.44	893.25	702.02

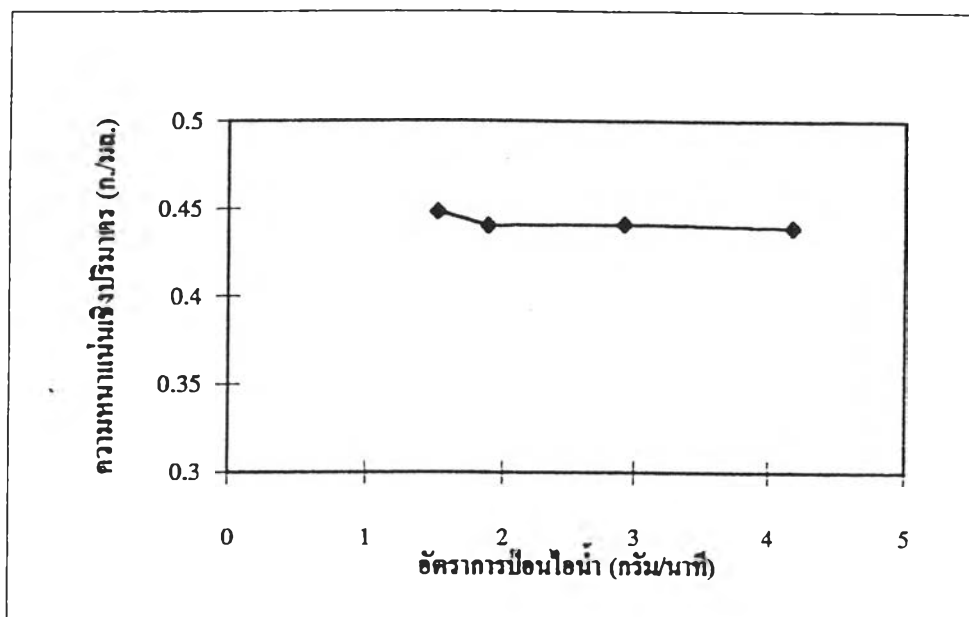
#### 4.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติประมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์

ผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ที่ภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 1.88 กรัมต่อนาที และอัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที นำมาวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณเทียบกับน้ำหนักของสารที่ไม่มีน้ำ (dry basis) ได้ดังนี้

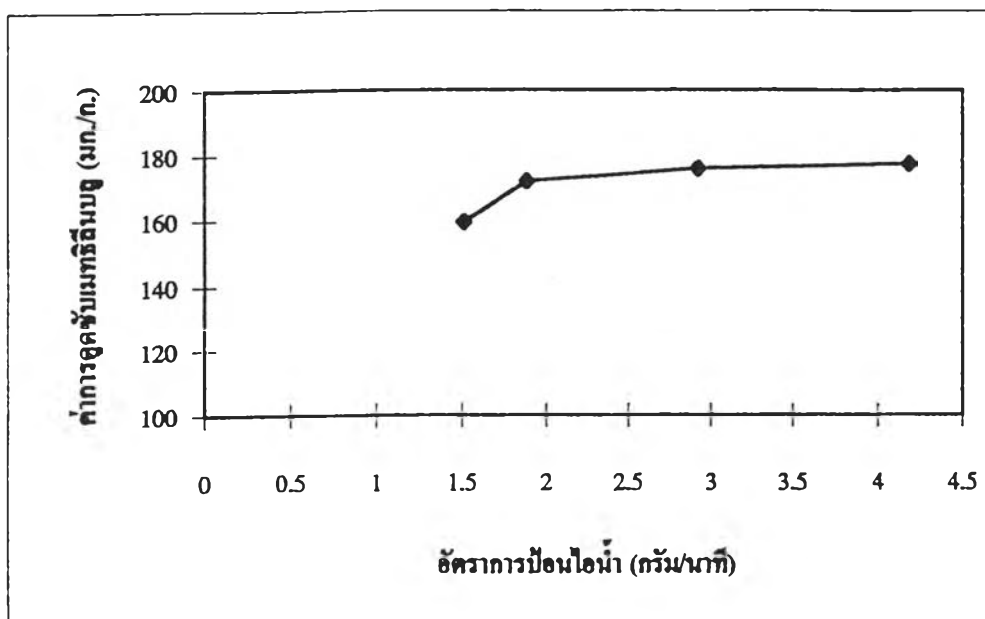
ปริมาณเถ้า ร้อยละ	30.13
ปริมาณสารระเหย ร้อยละ	18.41
ปริมาณคาร์บอนคงตัว ร้อยละ	51.46



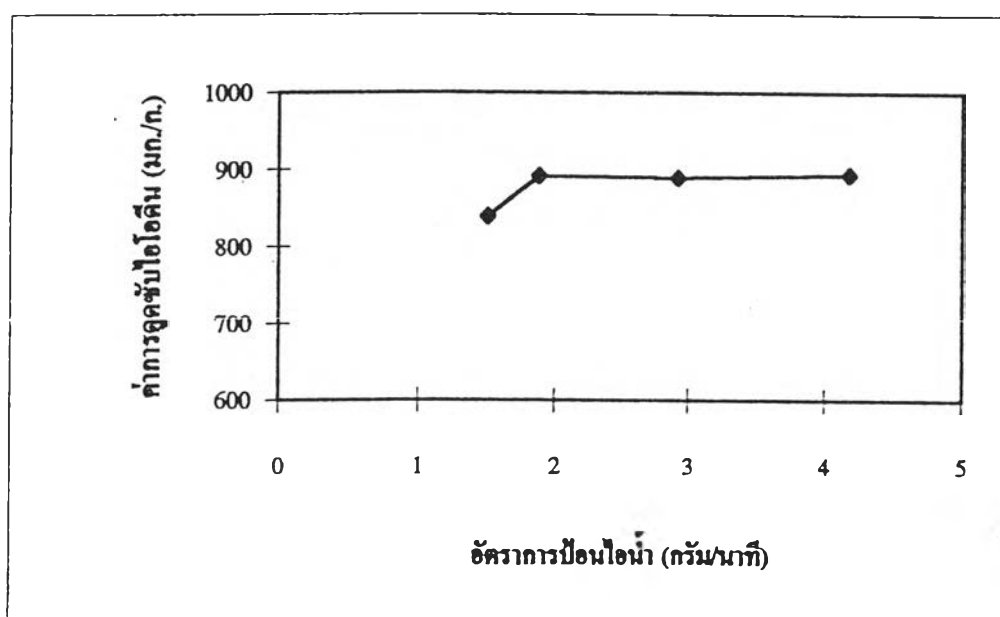
รูปที่ 5.22 ผลของอัตราการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่มีต่อค่าร้อยละคลอรีนตกค้าง  
เมื่อใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร  
กระตุ้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที



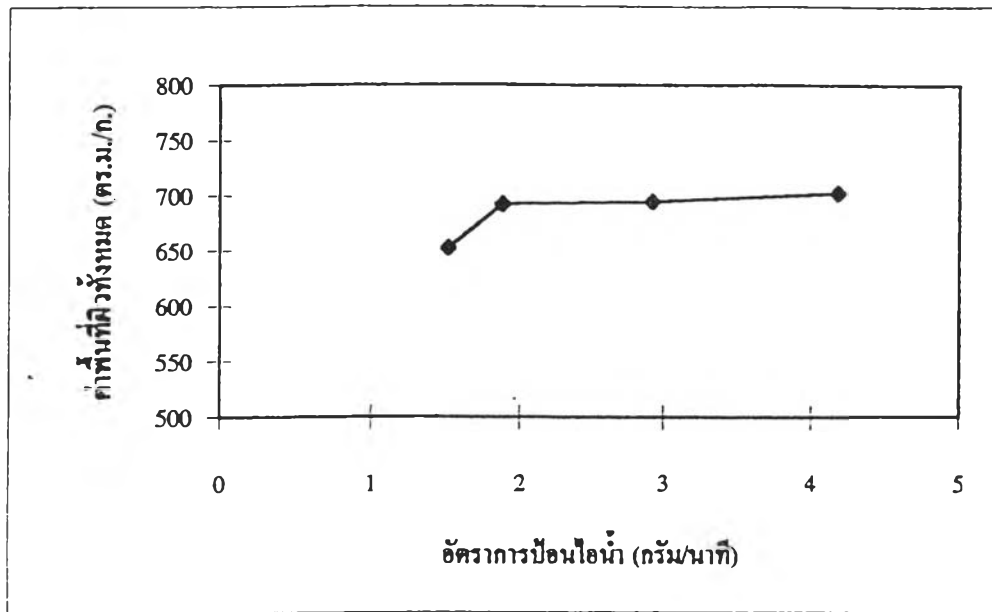
รูปที่ 5.23 ผลของอัตราการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่มีต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร  
เมื่อใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร  
กระตุ้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที



รูปที่ 5.24 ผลของอัตราการป้อนน้ำที่มีต่อค่าการดูดซับเมทิลีนบลู  
เมื่อใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร  
กระดุนที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที



รูปที่ 5.25 ผลของอัตราการป้อนน้ำที่มีต่อค่าการดูดซับไอโอดีน  
เมื่อใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร  
กระดุนที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที



รูปที่ 5.26 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด  
เมื่อใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร  
กระดุนที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที