บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติของพืดที่ใช้ในการทดลอง

พืดที่ใช้ในการทดลองนำมาจากพรุบาเจาะ จ.นราธิวาส โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ลักษณะของแหล่งที่ขุดแสดงดังรูปที่ 4.1 พืดที่ขุดขึ้นมามีความชื้นประมาณร้อยละ 70-80 นำมาผึ่งแดดให้เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 10-20 แล้วอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง จะได้พืดที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแสดงดังตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แสดงแหล่งของพืดที่นรุบาเจาะ จ.นราธิวาส

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบ

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (ร้อยละ)
0	16.79
1	10.67
2	9.65
3	7.48
4	5.99
5	4.59

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของพืดก่อนการบด

หลังจากนั้นนำมาบด และคัดแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงให้ได้ขนาด 0.5-2.0 มิลลิเมตร แล้วจึงแยกเส้นใยและวัสดุที่มีน้ำหนักเบาโดยใช้ลม ผืดที่ได้และส่วนเส้นใยที่แยกออกมีลักษณะดังรูปที่ 4.3 และการกระจายของขนาดดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของผืดที่คัดขนาดแล้ว และเส้นใยที่ต้องแยกออก

ก. ผืดที่คัดขนาดและแยกเส้นใยออกแล้ว

ข. เส้นใยและวัสดุน้ำหนักเบาที่แยกออก

ตารางที่ 4.2 แสดงการกระจายขนาดของพีตที่แยกขนาดแล้ว

ขนาด (มิลลิเมตร)	ร้อยละโดยน้ำหนัก
<0.25	-
0.25-0.5	2.56
0.5-1.0	19.82
1.0-1.4	23.32
1.4-2.0	41.34
2.0-2.25	12.96

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของพีต (วิเคราะห์โดยประมาณ) แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของพีต (วิเคราะห์โดยประมาณ)

คุณสมบัติ	ร้อยละ	ร้อยละไม่รวมความชื้น
ความชื้น	5.48	-
สารระเหย	59.40	61.88
คาร์บอนคงตัว	32.37	35.81
เถ้า	2.11	2.31

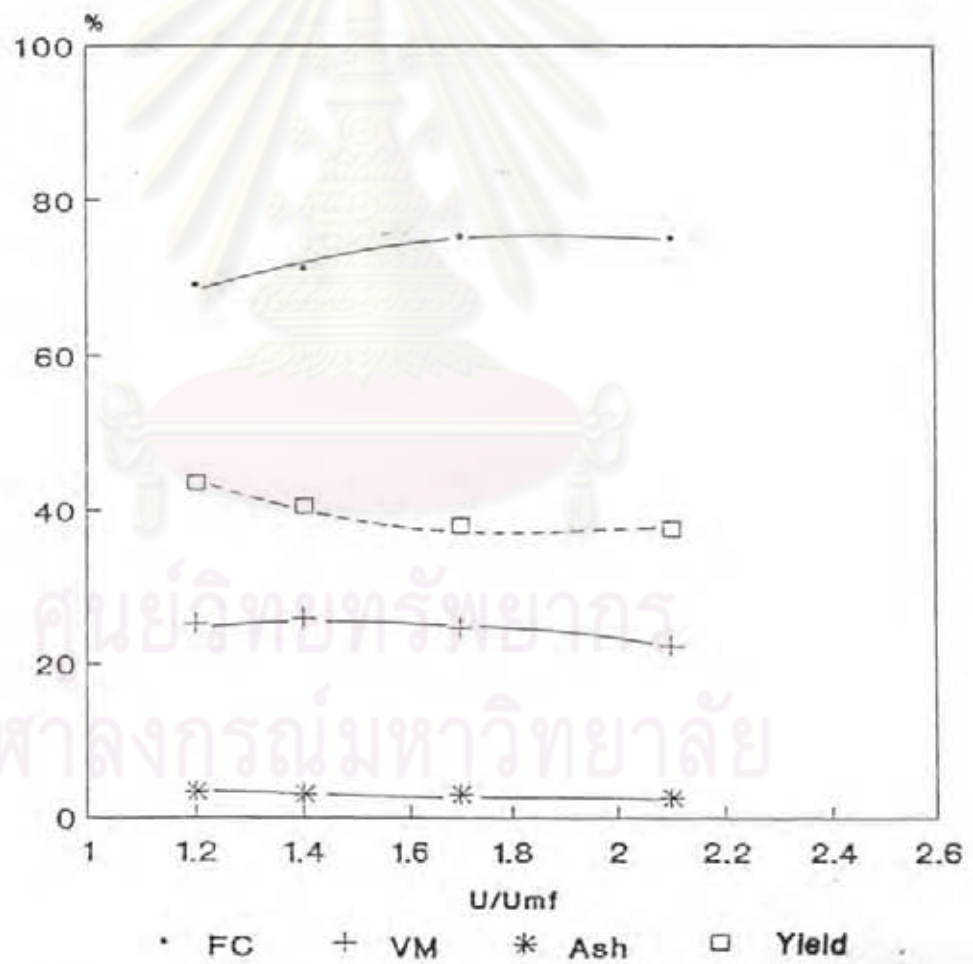
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การคาร์บอไนซ์นิดในฟลูอิไดซ์เบด

การทดลองนี้ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการคาร์บอไนซ์ และทำให้เกิดฟลูอิไดซ์ อุณหภูมิเริ่มต้นในการทดลอง คือที่ 400 องศาเซลเซียส โดยมีการแปรค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อัตราการป้อนอากาศ และเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์

4.2.1 อิทธิพลของอัตราป้อนอากาศต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

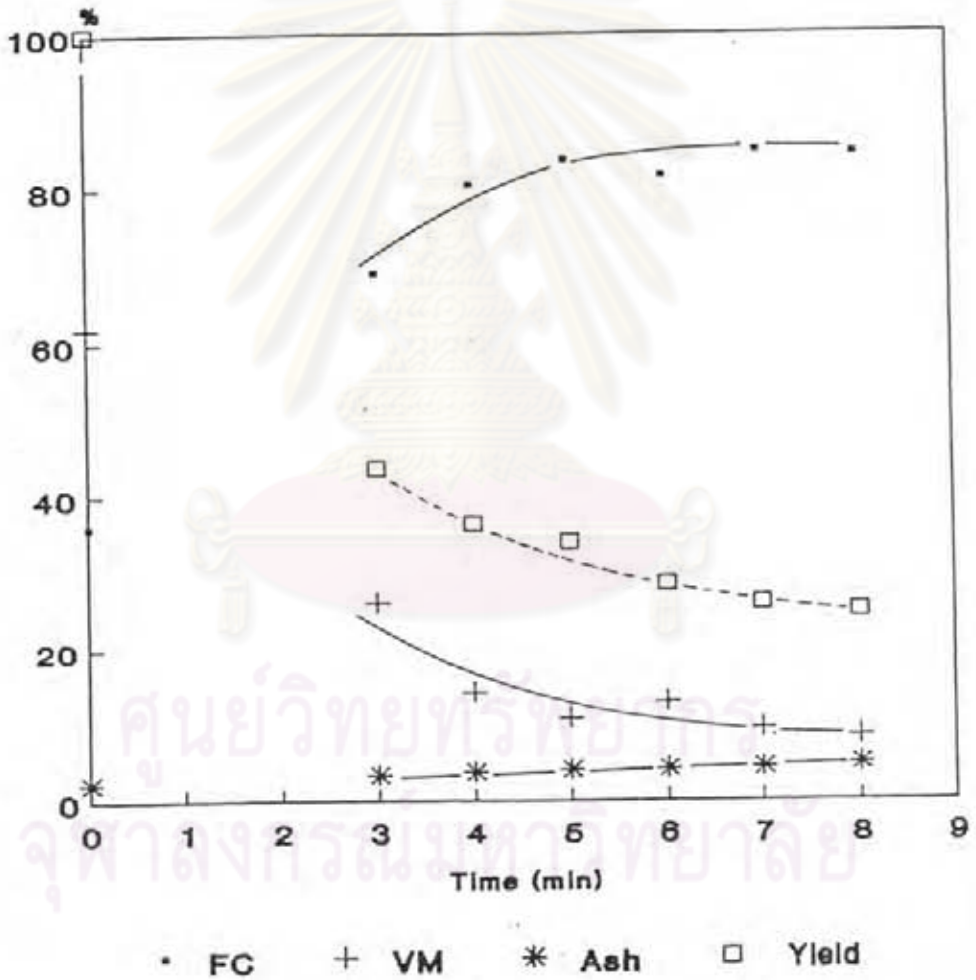
การศึกษาถึงอัตราการไหลของอากาศ ที่มีต่อคุณสมบัติของนิดที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ โดยทำการทดลองกับนิดขนาด 0.5-2.0 มิลลิเมตร ปริมาณ 2.0 กิโลกรัม อุณหภูมิเริ่มต้น 400 องศาเซลเซียส เวลาคาร์บอไนซ์ 3 นาที ที่ความเร็วอากาศเท่ากับ 1.2, 1.4, 1.7 และ 2.1 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน(ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลอากาศกับคุณสมบัติของนิด

4.2.2 อิทธิพลของเวลาที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

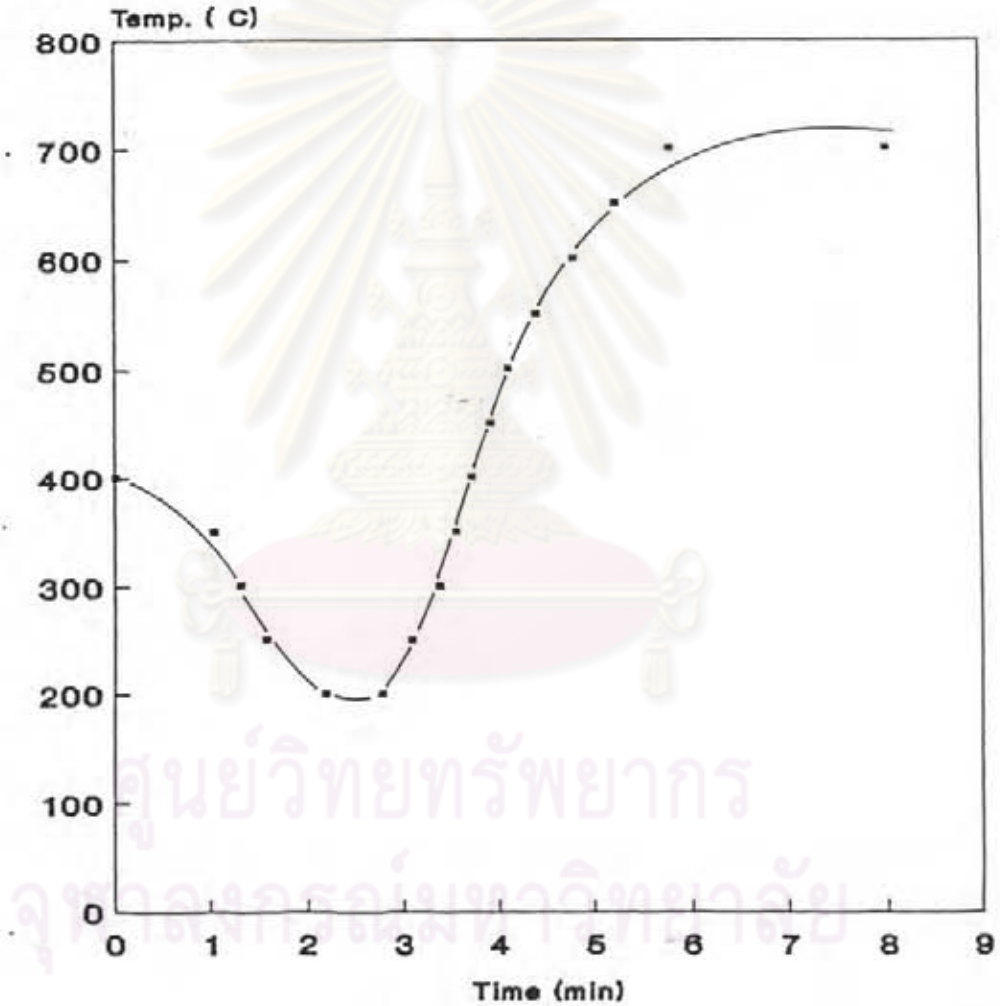
ระยะเวลาในการคาร์บอไนซ์เป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่ทำการศึกษา โดยมีการแปรค่าเวลาต่าง ๆ คือ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 นาที โดยใช้ขนาดของนิด 0.5-2.0 มิลลิเมตร ปริมาณ 2.0 กิโลกรัม อัตราการป้อนอากาศ 1.2 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน อุณหภูมิเริ่มต้น 400 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ระหว่างการคาร์บอไนซ์

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างการคาร์บอไนซ์ ผีตขนาด 0.5-2.0 มิลลิเมตร ปริมาณ 2.0 กิโลกรัม อัตราส่วนระหว่างความเร็วอากาศกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เท่ากับ 1.2 อุณหภูมิเริ่มต้น 400 องศาเซลเซียส ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ระหว่างการคาร์บอไนซ์

4.3 การกระตุ้นในฟลูอิไดซ์เบด

4.3.1 คุณสมบัติของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองใช้ถ่านพืชที่ได้มาจากการคาร์บอไนซ์ในฟลูอิไดซ์เบด เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งมีการกระจายของขนาดแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงการกระจายขนาดของถ่านพืชจากการคาร์บอไนซ์ 5 นาที

ขนาด (มิลลิเมตร)	ร้อยละโดยน้ำหนัก
<0.25	0.11
0.25-0.5	1.38
0.5-1.0	29.08
1.0-1.4	36.98
1.4-2.0	32.45

นำถ่านพืชที่คาร์บอไนซ์ประมาณ 5 นาที จากหลายการทดลองมารวมกัน แล้วแยกถ่านพืชออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาด 0.5-1.0, 1.0-1.4 และ 1.4-2.0 มิลลิเมตร ผลการวิเคราะห์โดยประมาณของถ่านพืชหลังจากการแยกขนาด แสดงดังตารางที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

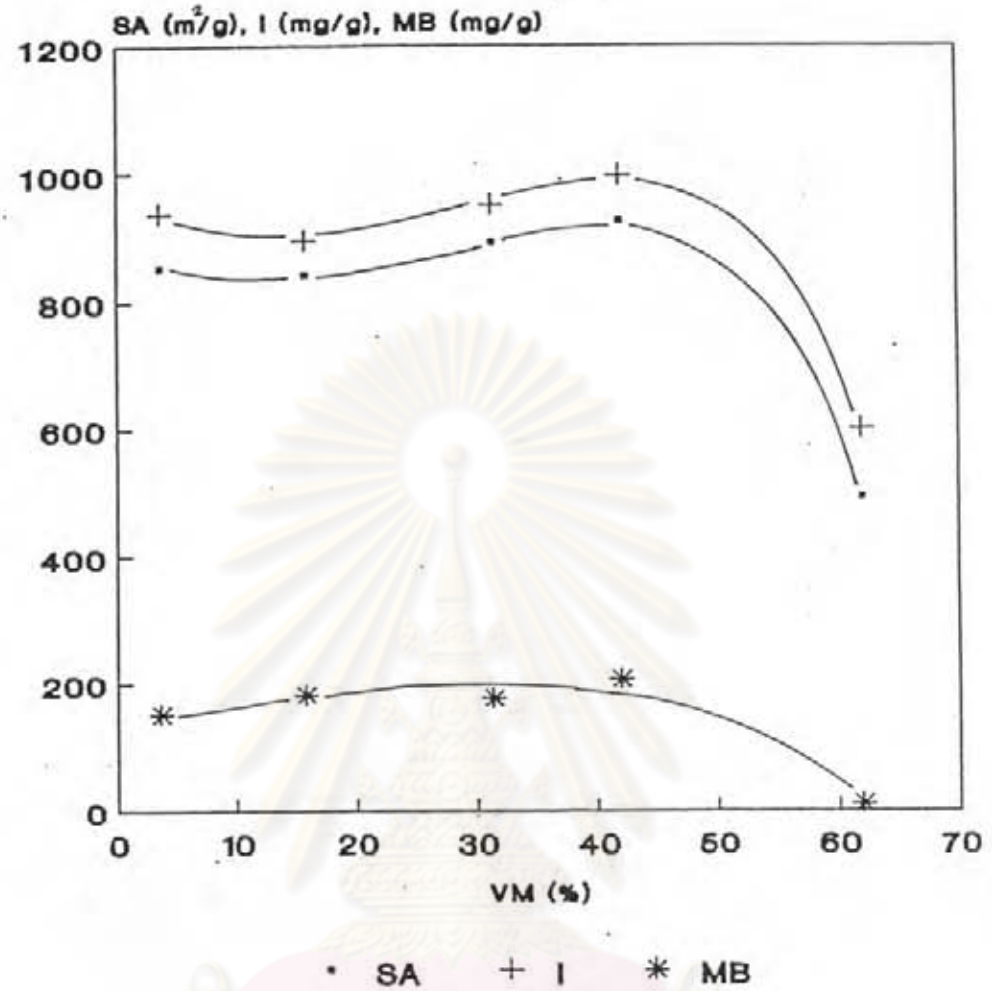
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการวิเคราะห์โดยประมาณของถ่านพืชขนาดต่างๆ

ขนาด (มิลลิเมตร)	ความชื้น (ร้อยละ)	สารระเหย (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)
0.5-1.0	8.07	6.60	9.45	75.88
1.0-1.4	7.51	10.58	10.58	66.23
1.4-2.0	8.34	16.90	9.08	65.68

4.3.2 อิทธิพลของปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบที่มีต่อคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารระเหยในวัตถุดิบต่อคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์นั้นได้ใช้ถ่านพืชที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ โดยเลือกตัวอย่างที่มีค่าร้อยละสารระเหยในช่วงที่ต้องการ แต่ไม่ทำการแยกขนาด ปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ค่าร้อยละสารระเหยที่ศึกษา คือ 3.6, 16.2, 31.3, 41.9 และ 61.9 อุณหภูมิเริ่มต้นของเบด 500 องศาเซลเซียส อุณหภูมิก๊าซก่อนเข้าเบดประมาณ 450 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3.21 เมตรต่อวินาทีหรือประมาณ 1.4 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน (ของถ่านพืชขนาด 1.4-2.0 มิลลิเมตร) (ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส) เริ่มป้อนไอน้ำเมื่ออุณหภูมิของเบดถึง 700 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ ให้ถ่านได้รับไอน้ำนาน 5 นาที คุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ทำการวิเคราะห์ คือ ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ และค่าการดูดซับเมทิลีนบลู ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

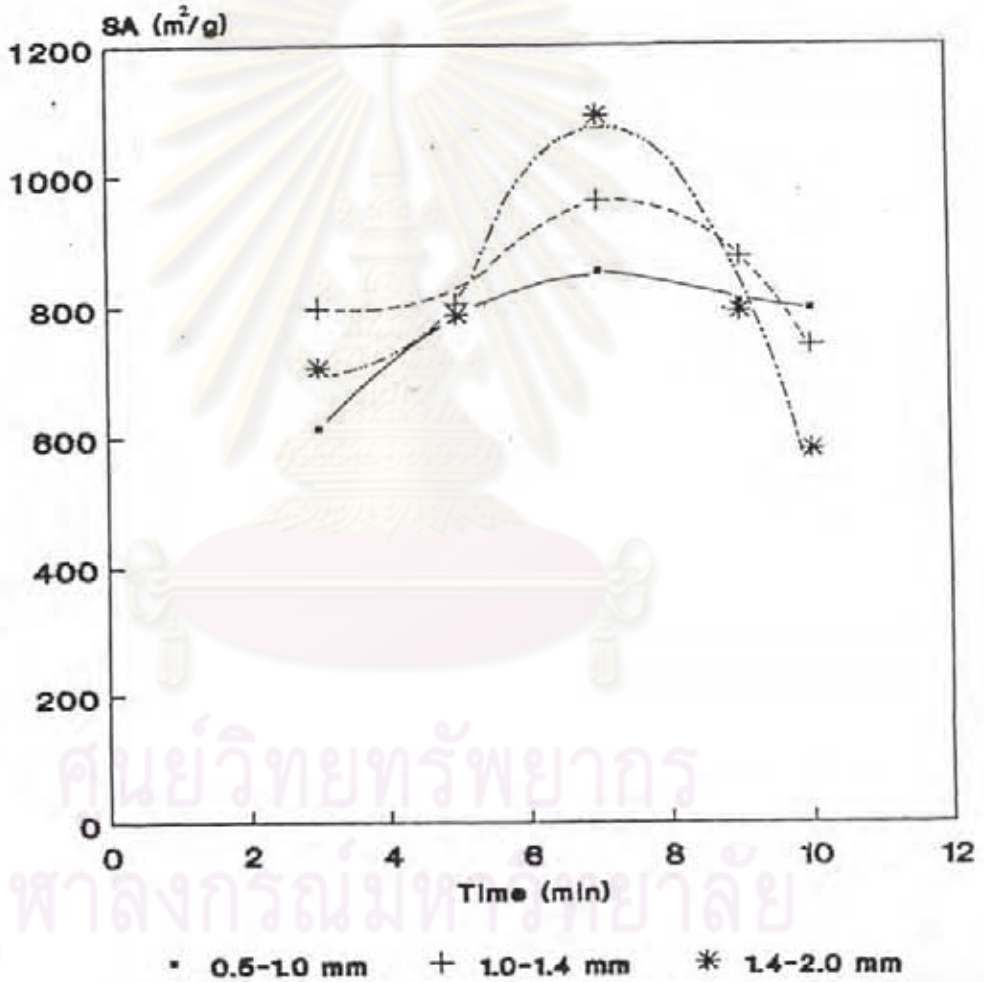


รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสารระเหยของวัตถุดิบกับคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 อิทธิพลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาที่ได้รับไอน้ำที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ

การศึกษาอิทธิพลของขนาดวัตถุดิบและเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ ได้แปรขนาดผีตออกเป็นขนาด 0.5-1.0, 1.0-1.4 และ 1.4-2.0 มิลลิเมตร และแปรเวลาที่ได้รับไอน้ำเป็น 3, 5, 7, 9 และ 10 นาที ปริมาณวัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม อุณหภูมิเริ่มต้นป้อนวัตถุดิบ 500 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3.21 เมตรต่อวินาที (ที่ 700 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิเริ่มได้รับไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไอน้ำและก๊าซก่อนเข้าเบดประมาณ 450 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8

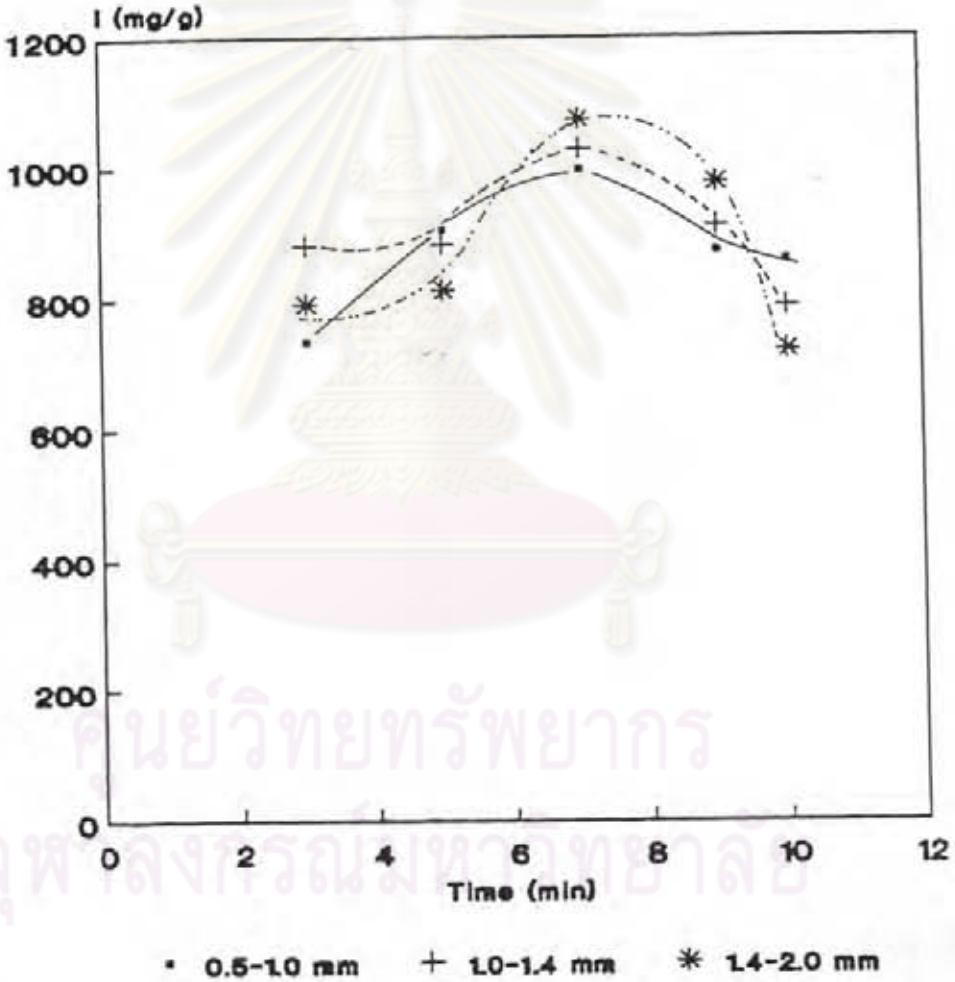


รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาได้รับไอน้ำกับค่าพื้นที่ผิวจำเพาะที่วัตถุดิบขนาดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4 อิทธิพลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อไอโอดีนนัมเบอร์

การศึกษาอิทธิพลของขนาดวัตถุดิบและเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อไอโอดีนนัมเบอร์ ทดลองที่ขนาดของวัตถุดิบเป็น 0.5-1.0, 1.0-1.4 และ 1.4-2.0 มิลลิเมตร เวลาในการรับไอน้ำ 3, 5, 7, 9 และ 10 นาที ปริมาณวัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม อุณหภูมิเริ่มต้นก่อนป้อนวัตถุดิบ 500 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3.21 เมตรต่อวินาที(ที่ 700 องศาเซลเซียส) เริ่มป้อนไอน้ำเมื่ออุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิไอน้ำและก๊าซก่อนเข้าเบดประมาณ 450 องศาเซลเซียส

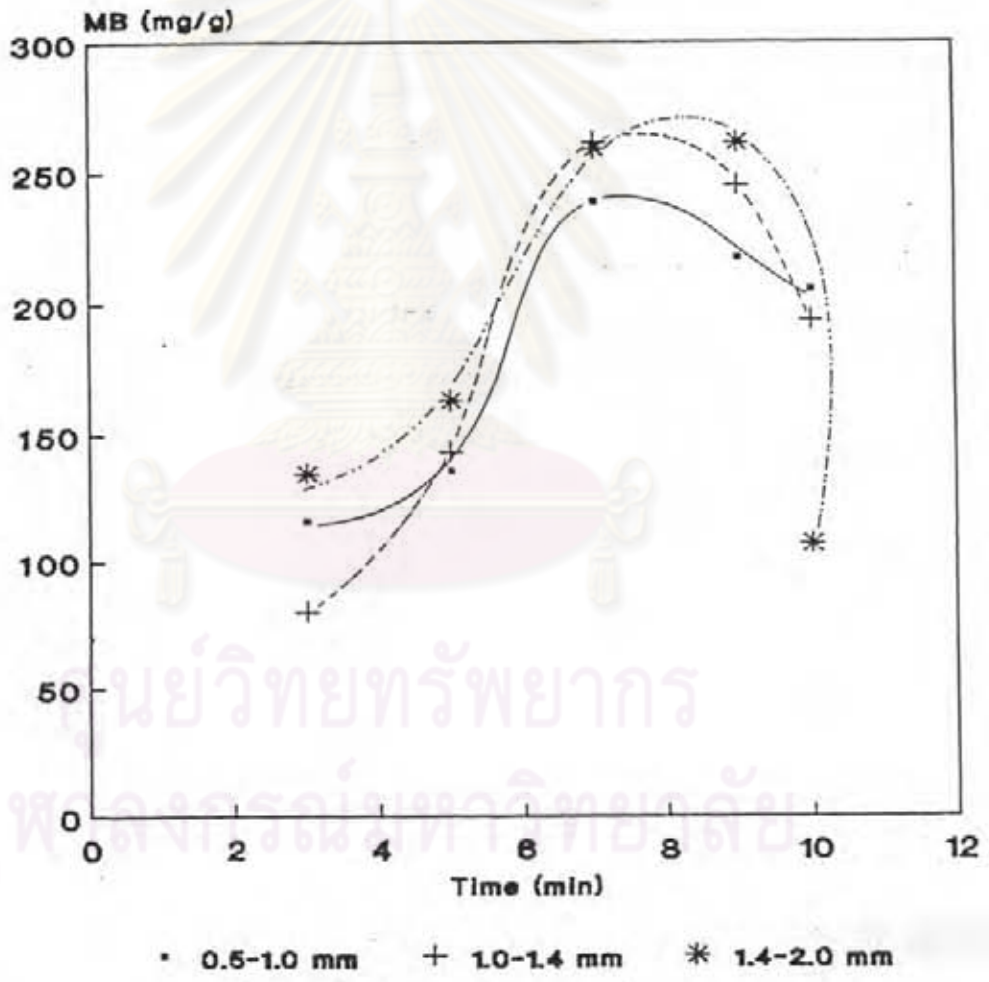


รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาได้รับไอน้ำกับไอโอดีนนัมเบอร์ที่วัตถุดิบขนาดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.5 อิทธิพลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อการดูดซับเมทิลีนบลู

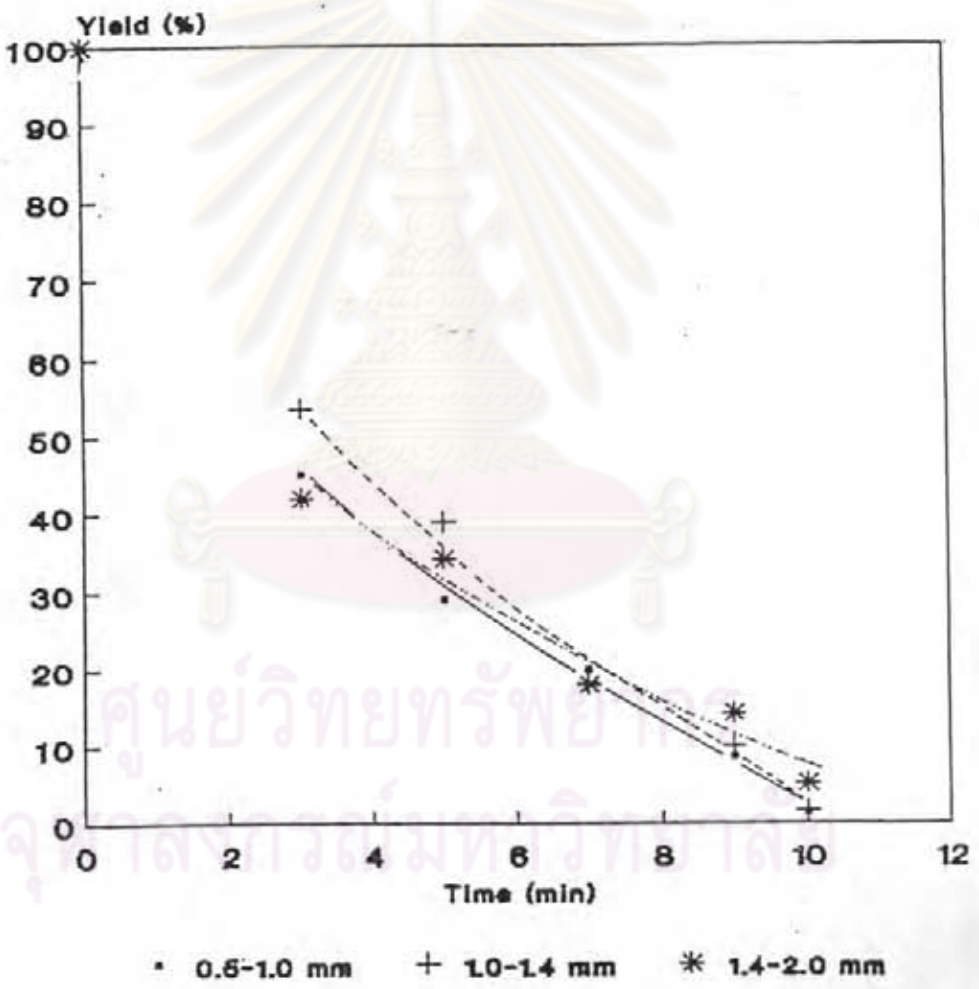
การศึกษาอิทธิพลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อการดูดซับเมทิลีนบลู ได้ทำการทดลองที่วัตถุดิบขนาด 0.5-1.0, 1.0-1.4 และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร ที่เวลาในการรับไอน้ำ 3, 5, 7, 9 และ 10 นาที ปริมาณวัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม ความเร็วลม 2.31 เมตรต่อวินาที(ที่ 700 องศาเซลเซียส) เริ่มป้อนวัตถุดิบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เริ่มป้อนไอน้ำ คือ 700 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไอน้ำ และก๊าซก่อนเข้าเบดประมาณ 450 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาได้รับไอน้ำกับค่าการดูดซับเมทิลีนบลูที่วัตถุดิบขนาดต่างๆ

4.3.6 อิทธิพลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ (%yield)

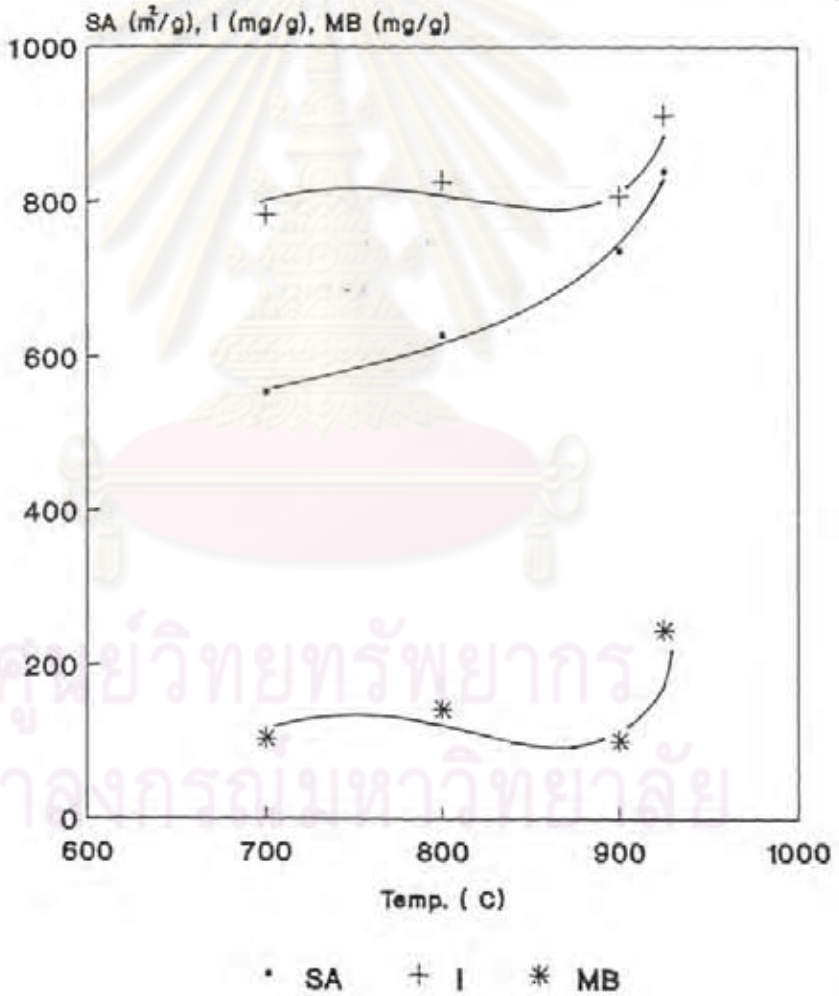
การศึกษาอิทธิพลของขนาดวัตถุดิบ และเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ ได้แปรขนาดวัตถุดิบออกเป็นขนาด 0.5-1.0, 1.0-1.4 และ 1.4-2.0 มิลลิเมตร เวลาที่รับไอน้ำ 3, 5, 7, 9 และ 10 นาที ปริมาณวัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม อุณหภูมิเริ่มต้น 500 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3.21 เมตรต่อวินาที (ที่ 700 องศาเซลเซียส) เริ่มป้อนไอน้ำเมื่อถึงอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไอน้ำและก๊าซก่อนเข้าเบดประมาณ 450 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.11



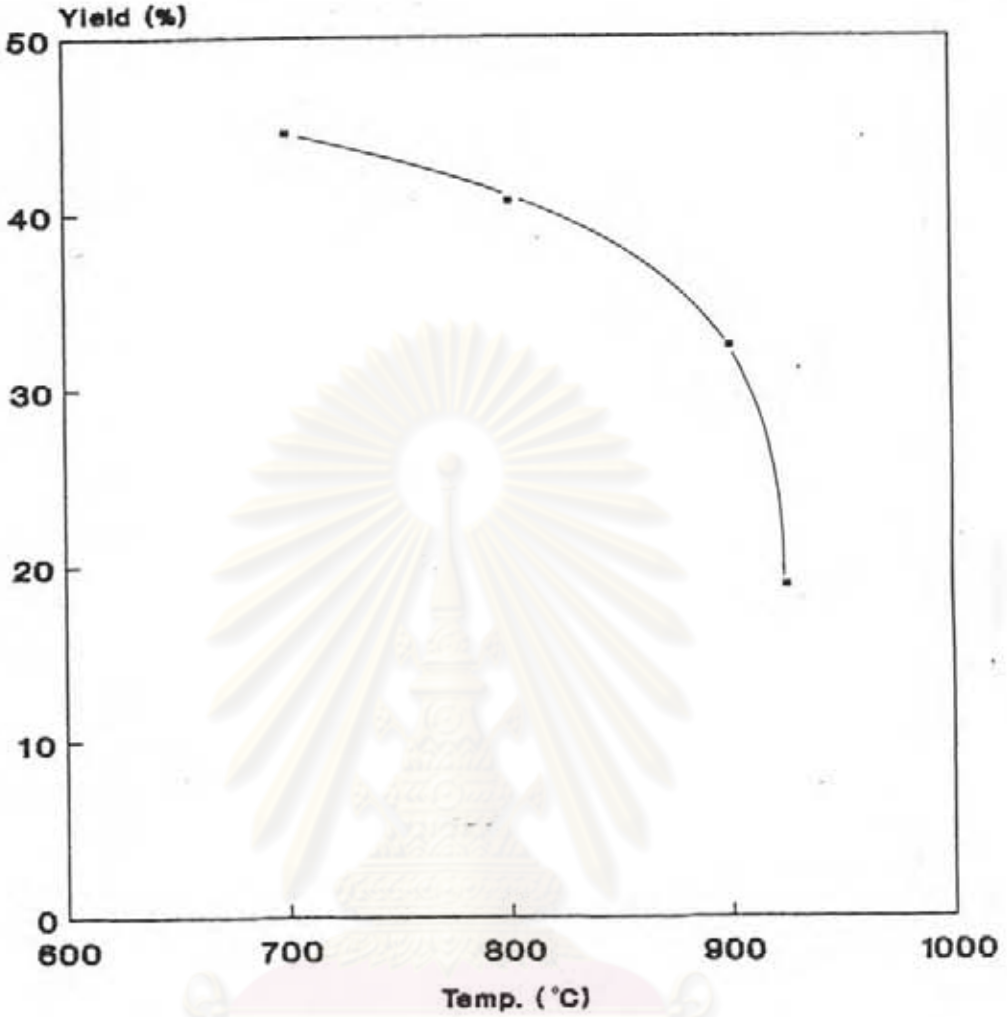
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาได้รับไอน้ำที่มีต่อผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่วัตถุดิบขนาดต่างๆ

4.3.7 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มป้อนไอน้ำที่มีต่อคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มป้อนไอน้ำที่มีต่อคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ได้แปรอุณหภูมิเริ่มป้อนไอน้ำเป็น 700, 800, 900 และ 925 องศาเซลเซียส โดยใช้ถ่านนึดขนาด 2.0-4.0 มิลลิเมตรที่ได้จากการคาร์บอไนซ์แบบเบดนิ่ง ซึ่งมีค่าสารระเหยประมาณร้อยละ 9 มาทดลองเพื่อให้สามารถทำอุณหภูมิได้สูงตามต้องการได้ ปริมาณของวัตถุดิบ 1.0 กิโลกรัม อุณหภูมิเริ่มป้อนวัตถุดิบ 500 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3.21 เมตรต่อวินาที (ที่ 700 องศาเซลเซียส) อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิไอน้ำและก๊าซก่อนเข้าเบดประมาณ 450 องศาเซลเซียส คุณสมบัติการดูดซับที่ศึกษาได้แก่ ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะไอโอดีนนัมเบอร์ และค่าการดูดซับเมทิลีนบลู ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.12 และ 4.13



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มป้อนไอน้ำกับคุณสมบัติการดูดซับ

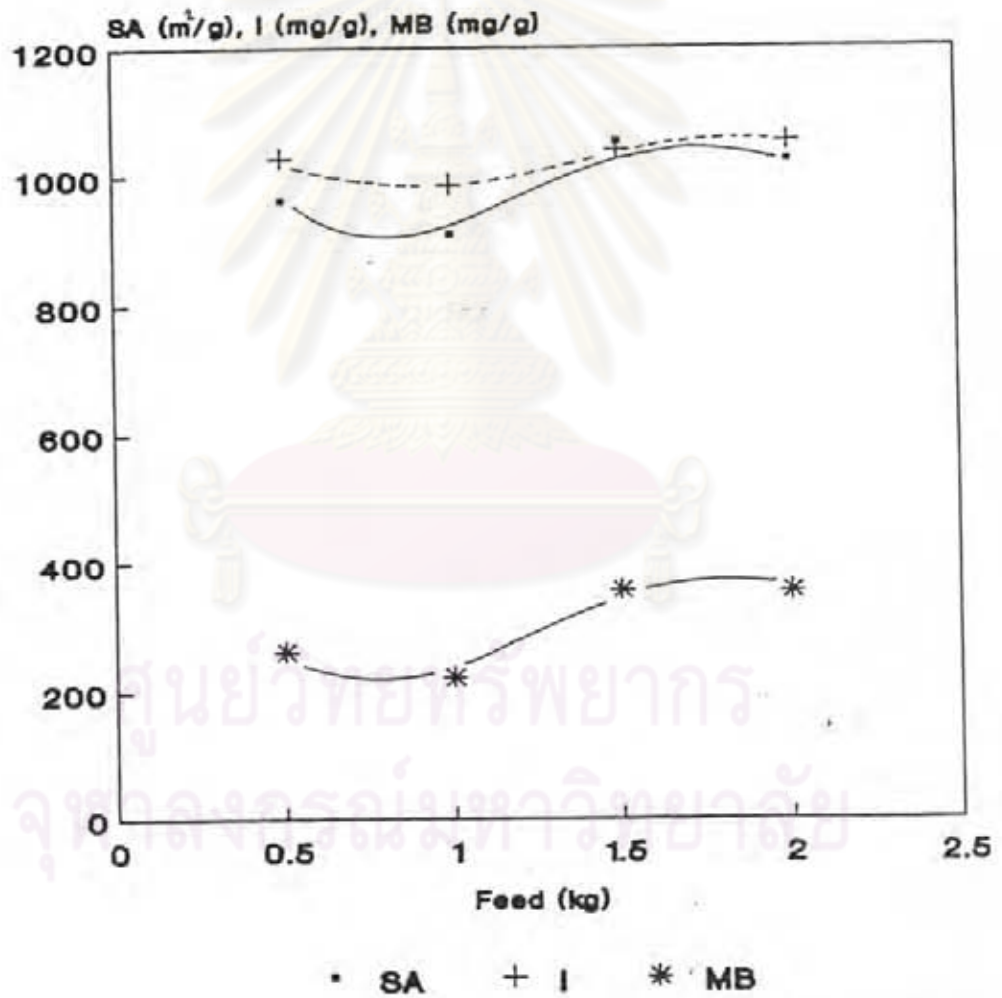


รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มป่อนไอน้ำกับผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

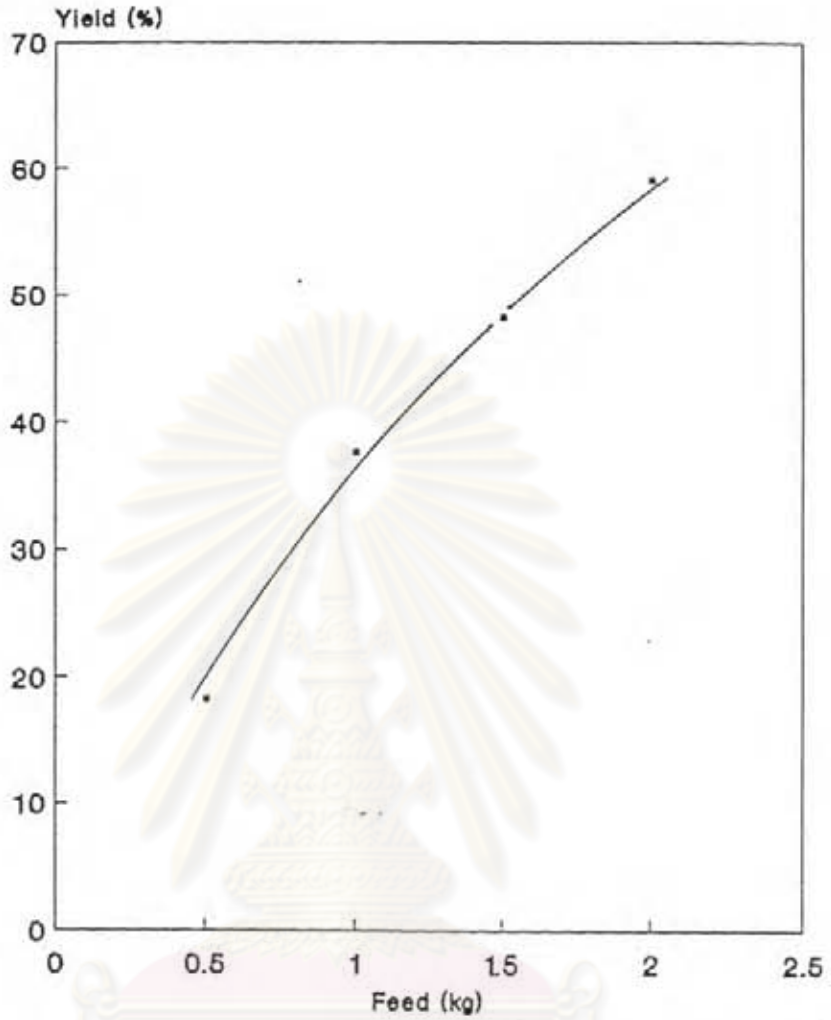
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.8 อิทธิพลของปริมาณวัตถุดิบที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณวัตถุดิบที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ทำการแปรค่าปริมาณวัตถุดิบที่ป้อนเป็น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม ใช้วัตถุดิบขนาด 1.0-1.4 มิลลิเมตร อุณหภูมิเริ่มต้น 500 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2.31 เมตรต่อวินาที (ที่ 30 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิเริ่มป้อนไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิไอน้ำและก๊าซก่อนเข้าเบด 450 องศาเซลเซียส คุณสมบัติที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ ไอโอดีนนัมเบอร์ ค่าเมทิลีนบลูนัมเบอร์ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.14 และผลของปริมาณวัตถุดิบที่มีต่อต่อผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัตถุดิบกับคุณสมบัติการดูดซับ

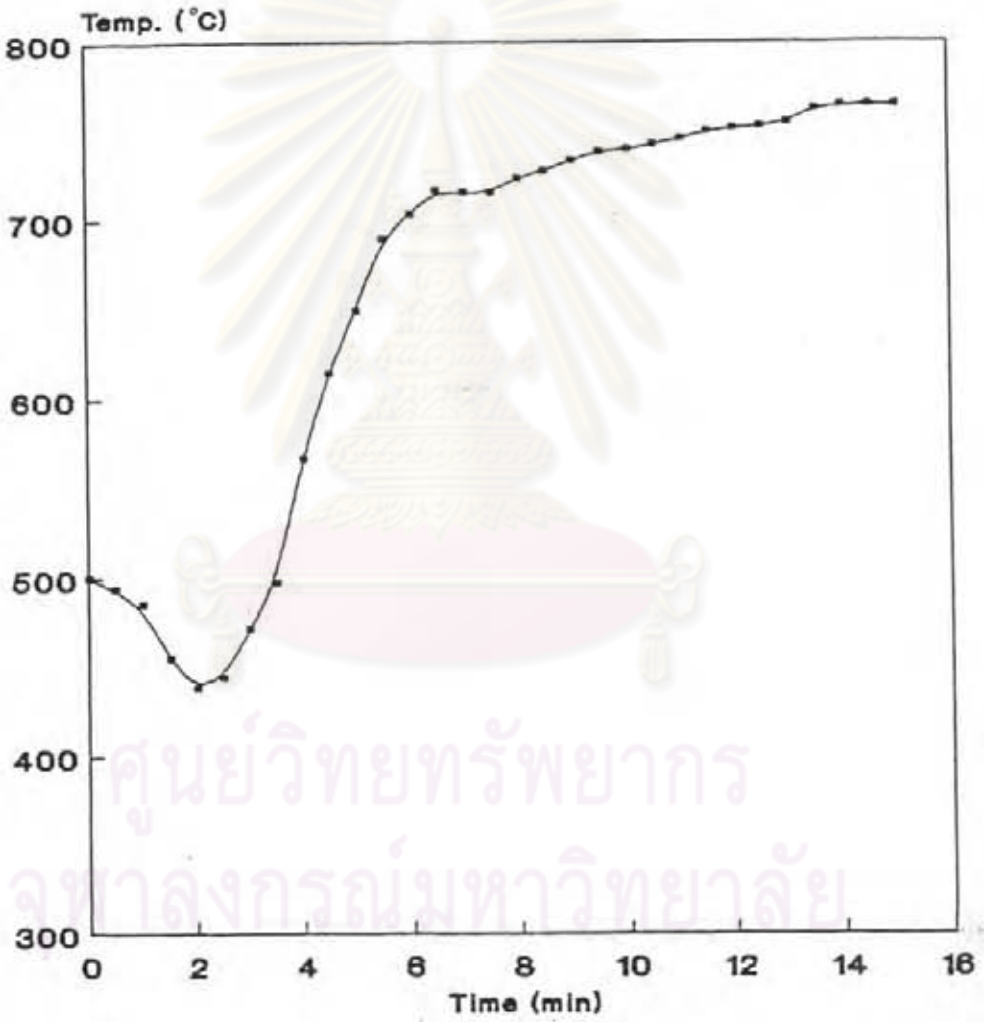


รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัตถุดิบกับผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบด

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบดของในแต่ละการทดลองมีลักษณะคล้ายกัน ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.16 เป็นการรับไอน้ำเป็นเวลา 9 นาที ของวัตถุดิบขนาด 1.0-1.4 มิลลิเมตร ปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ความเร็วลม 3.21 เมตรต่อวินาที (ที่ 700 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิเริ่มรับไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิไอน้ำและก๊าซก่อนเข้าเบดประมาณ 450 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.16 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.10 การกระจายขนาดของผลิตภัณฑ์หลังการกระตุ้น

ศึกษาการกระจายขนาดของผลิตภัณฑ์หลังการกระตุ้น วัตถุดิบเป็นถ่านมีขนาด 1.0-1.4 มิลลิเมตร เวลากระตุ้น 7 นาที อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.6 แสดงการกระจายขนาดของผลิตภัณฑ์หลังการกระตุ้น

ขนาด (มิลลิเมตร)	ร้อยละโดยน้ำหนัก
<0.106	0.11
0.106-0.250	0.04
0.250-0.355	0.06
0.355-0.500	18.87
0.500-1.000	31.96
1.000-1.400	48.27

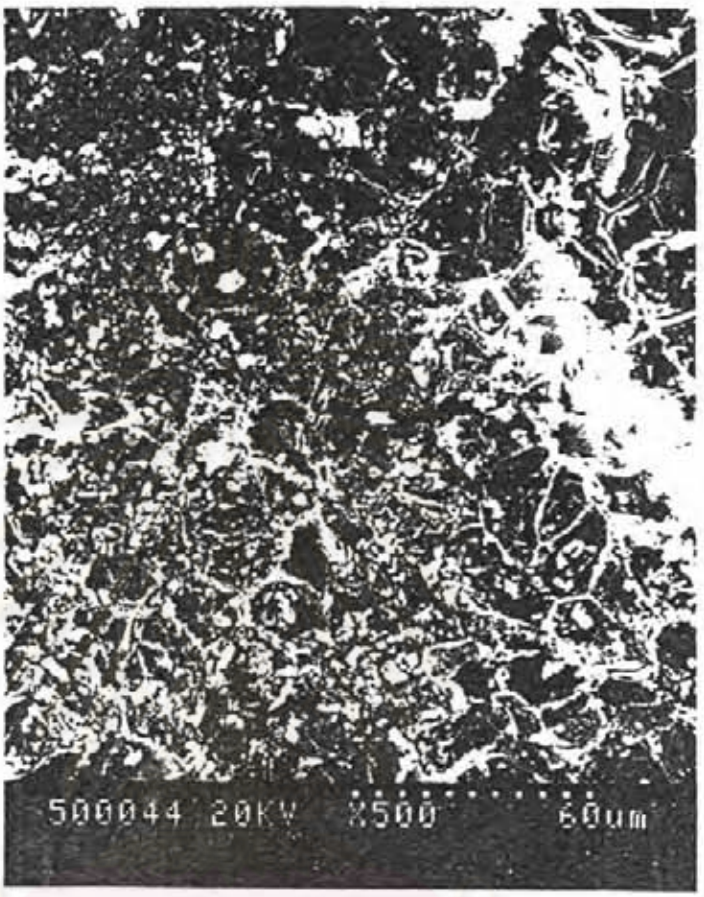
พบว่าผลิตภัณฑ์หลังการกระตุ้นมีขนาดเล็กลงไม่มาก แต่ความหนาแน่นของถ่านหลังจากการกระตุ้นลดลง ถ่านก่อนการกระตุ้นมีความหนาแน่น 0.41 กรัมต่อมิลลิลิตร หลังกระตุ้นถ่านมีความหนาแน่น 0.25 กรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่าถ่านมีขนาดลดลงเล็กน้อยแต่มีความพรุนเพิ่มขึ้นมาก

4.3.11 การศึกษาลักษณะของถ่านกัมมันต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Scanning Microscope)

เป็นการศึกษาลักษณะรูพรุนของถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ในตัวอย่างที่มีค่าพื้นที่ผิวต่างๆ กัน โดยตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ พื้นที่ผิว 764.8, 796.7, 891.5 และ 1,091 ตารางเมตรต่อกรัม ใช้กล้องอิเล็กตรอนที่มีกำลังขยาย 100 และ 1,000 เท่า ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.17 ถึง 4.27 พบว่าถ่านที่ยังไม่ได้กระตุ้นจะมีรูพรุนที่ผิวกระจายไปทั่ว รูพรุนค่อนไม่ลึก ส่วนถ่านหลังจากการกระตุ้นจะมีโครงสร้างรูพรุนที่มีรูลึก และมีความซับซ้อนมาก ประกอบด้วยรูพรุนขนาดใหญ่และเล็กเป็นจำนวนมาก

รูปที่ 4.17 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100 เท่า ของถ่านที่ยังไม่ได้กระตุ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่า ของถ่านที่ยังไม่ได้กระตุ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.19 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า ของตัวอย่างถ่านที่ยังไม่ได้กระตุ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.20 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100 เท่า ของตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 746.8 ตารางเมตรต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.22 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100 เท่า ของตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 796.7 ตารางเมตรต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.23 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า ของตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 796.7 ตารางเมตรต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.24 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100 เท่า ของตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 891.5 ตารางเมตรต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.25 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า ของตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 891.5 ตารางเมตรต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.26 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100 เท่า ของตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 1.091 ตารางเมตรต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.27 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า ของตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 1,091 ตารางเมตรต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.28 แสดงถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย