

บทที่ 4



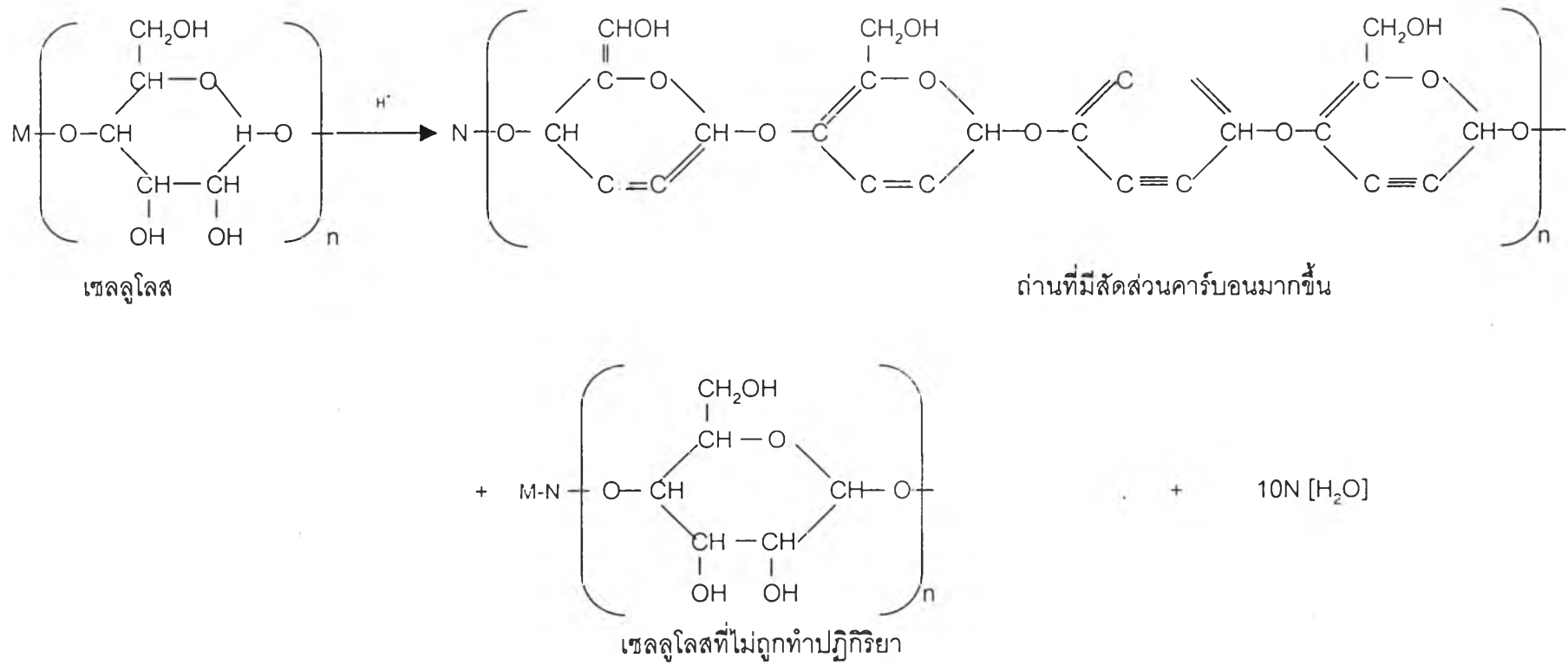
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ลักษณะสมบัติของถ่านดูดซับ

กะลามะพร้าวที่นำมาเป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้มีสีน้ำตาล ความหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร สีของสารละลายซิงค์คลอไรด์เป็นสีใสอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังต้มกะลามะพร้าวกับสารละลายที่อุณหภูมิจุดเดือดของสารละลายที่ 200 องศาเซลเซียส สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เข้มกะลามะพร้าวแปรสภาพเป็นถ่านที่มีลักษณะต่างๆดังนี้

ถ่านดูดซับ 7130 เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่ามีสีดำเฉพาะผิวนอกเหลือส่วนแกนกลางที่ไม่เป็นถ่านหนาประมาณ 2 มม. ถ่านดูดซับ 7200 และถ่านดูดซับ 2130 มีลักษณะเหมือนกันคือเป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่ามีสีดำเฉพาะผิวส่วนนอกเหลือส่วนแกนกลางที่ไม่เป็นถ่านประมาณ 1 มม. ถ่านดูดซับ 7300 และถ่านดูดซับ 2200 มีลักษณะเหมือนกันคือเป็นถ่านหมดแต่ยังมีความแข็งอยู่มาก ถ่านดูดซับ 2300 มีลักษณะเป็นถ่านหมดเปราะหักง่าย

จากลักษณะของถ่านดูดซับที่ได้ข้างต้นพบว่า ด้วยวิธีการเตรียมถ่านดูดซับโดยการต้มกะลามะพร้าวกับสารละลายอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสสามารถทำให้กะลามะพร้าวมีลักษณะเป็นถ่านได้ เมื่อเทียบกับการผลิตถ่านดูดซับในอุตสาหกรรมในขั้นตอนการทำให้เป็นถ่านต้องใช้อุณหภูมิถึง 300 – 600 องศาเซลเซียส[6] จึงจะเกิดการแตกตัวของพันธะเซลลูโลสด้วยความร้อนทำให้อะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่คาร์บอน เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน หรือสารประกอบที่ระเหยง่ายหลุดออกมาในรูปก๊าซ เหลือเพียงปริมาณคาร์บอนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ได้ แต่ในการต้มวัตถุดิบกับสารละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยอาศัยสารละลายที่มีไฮโดรเจนไอออน(เกิดจากการแตกตัวของสารละลายซิงค์คลอไรด์ในน้ำ) เป็นตัวทำปฏิกิริยาทำให้องค์ประกอบในกะลามะพร้าวเช่น เซลลูโลส เป็นต้น เกิดการเปลี่ยนเป็นสารที่ละลายได้ในสารละลาย หรือแตกตัวออกมาในสารละลายทำให้เหลือแต่คาร์บอนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ เนื่องจากกะลามะพร้าวเป็นวัตถุดิบกลุ่มเซลลูโลส[5]จึงเลือกเซลลูโลสในการพิจารณา ปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเซลลูโลสให้เป็นถ่านน่าจะเป็นปฏิกิริยากำจัดโมกุลน้ำออกจากเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 4.1

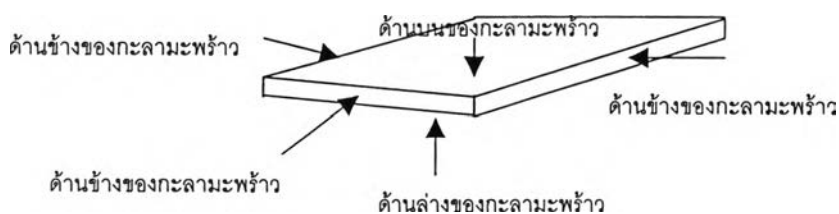


รูปที่ 4.1 ตัวอย่างหนึ่งของปฏิกิริยาการกำจัดน้ำของเซลลูโลส

ลักษณะพื้นฐานอื่นๆของถ่านดูดซับที่เตรียมได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อต้มกะลามะพร้าวกับสารละลายนานขึ้นส่วนที่ไม่เป็นถ่านจะลดลงและเปราะมากขึ้น เป็นผลของปฏิกิริยาการกำจัดน้ำของเซลลูโลสในรูปที่ 4.1 เมื่อเวลานานขึ้นไฮโดรเจนไอออนมีโอกาสทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสมากขึ้นทำให้ส่วนของเซลลูโลสที่ไม่เกิดปฏิกิริยาลดลง เกิดถ่านมากขึ้น

การสูญเสียน้ำของเซลลูโลสจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นทำให้ถ่านดูดซับมีน้ำหนักลดลง ส่งผลในให้ค่าร้อยละของปริมาณถ่านดูดซับที่เหลือมีค่าลดลงที่เวลาการต้มมากขึ้นโดยถ่านดูดซับ 7130 มีค่าร้อยละของปริมาณถ่านดูดซับที่เหลือสูงที่สุดคือร้อยละ 68 โดยน้ำหนัก ถ่านดูดซับ 2300 มีค่าร้อยละของปริมาณถ่านดูดซับที่เหลือต่ำที่สุดคือร้อยละ 49 โดยน้ำหนัก

ลักษณะของกะลามะพร้าวที่นำมาทำการทดลองมีระยะทางด้านบนหรือด้านบนถึงแกนกลางสั้นกว่าระยะทางด้านข้างถึงแกนกลาง แต่ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทิศทางในการเกิดปฏิกิริยาทางด้านข้างของกะลามะพร้าวเกิดได้เร็วกว่าการเกิดปฏิกิริยาทางด้านบนและด้านล่างสู่แกนกลางของกะลามะพร้าว ตัวอย่างทิศทางการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายซิงค์คลอไรด์ แสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างทิศทางการเข้าทำปฏิกิริยาของสารละลายซิงค์คลอไรด์

ถ่านดูดซับ 7200 เมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่ามีส่วนแกนกลางที่ยังไม่เป็นถ่านหนาประมาณ 1 มม. เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านดูดซับ 2200 เตรียมที่สภาวะเดียวกันแต่ใช้กะลามะพร้าวชิ้นเล็กลงเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่ากะลามะพร้าวสามารถเปลี่ยนเป็นถ่านได้หมด จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากะลามะพร้าวขนาดเล็กสามารถเปลี่ยนเป็นถ่านหมดได้เร็วกว่ากะลามะพร้าวขนาดใหญ่ เนื่องจากกะลามะพร้าวขนาดเล็กมีระยะทางด้านข้างถึงแกนกลางสั้นกว่าทำให้สารละลายแพร่เข้าไปทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อดูลักษณะภายนอกของถ่านดูดซับ 2200 เทียบกับถ่านดูดซับ 7300 พบว่ามีลักษณะเป็นถ่านหมดเหมือนกันแสดงให้เห็นว่าถ่านดูดซับที่เตรียมจากกะลามะพร้าวขนาดต่างกันสามารถทำให้มีลักษณะเป็นถ่านหมดเหมือนกันได้แต่ใช้

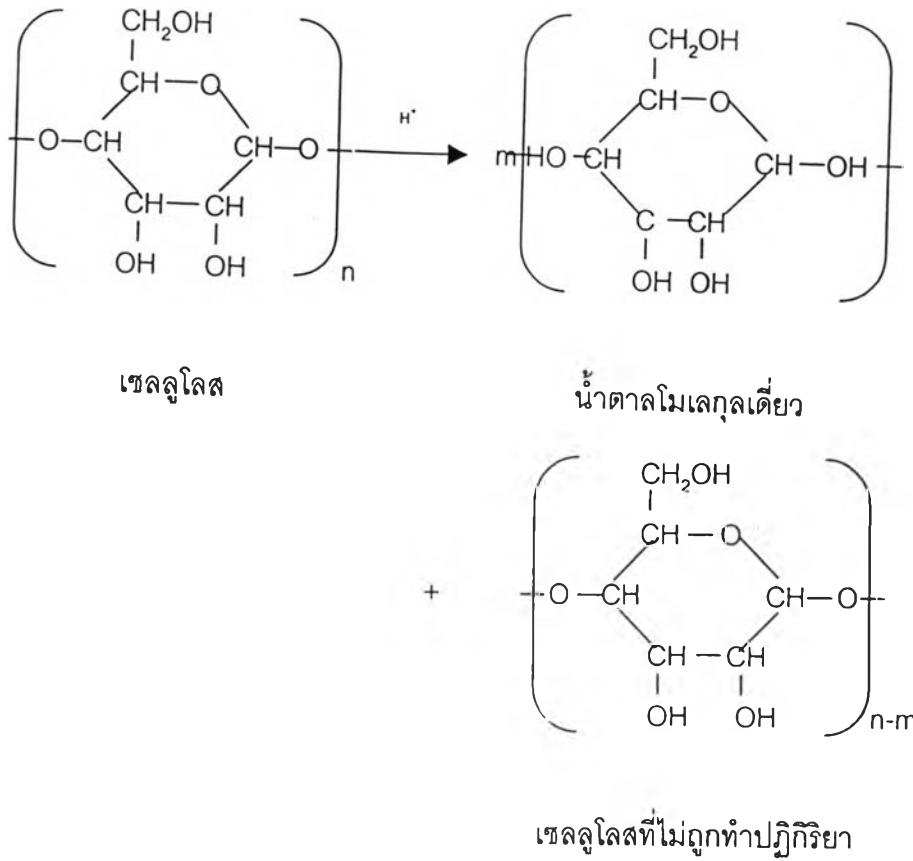
ระยะเวลาในการต้มนานต่างกัน เปรียบเทียบกับถ่านกะลามะพร้าวที่เผา ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และ 350 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 [10] การเผากะลามะพร้าวที่อุณหภูมิ 200 °C 2 ชม. ไม่สามารถทำให้กะลามะพร้าวเป็นถ่านได้เมื่อเทียบกับถ่านดูดซับ 7200 ซึ่งเตรียมที่อุณหภูมิและเวลาเดียวกันถ่าน 7200 มีลักษณะเป็นถ่านมากกว่าเนื่องจากมีสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางเหลือส่วนที่ไม่เป็นถ่านหนาเพียง 1 มม. เมื่อเผากะลามะพร้าวที่อุณหภูมิ 350 °C 3 ชม. ได้ถ่านที่มีลักษณะภายนอกเหมือนถ่านดูดซับ 7300 ซึ่งเตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้ที่อุณหภูมิเพียง 200 °C

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะถ่านกะลามะพร้าวที่เผา ณ อุณหภูมิ 200 °C และ 350 °C

สภาวะการทำให้เป็นถ่าน	ลักษณะทั่วไป
เผาที่ 200 °C 2 ชม.	มีลักษณะคล้ายกับกะลาก่อนเผา โดยมีสีน้ำตาลมากขึ้น
เผาที่ 350 °C 3 ชม.	เมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวาง พบว่ากะลาเปลี่ยนเป็นสีดำทั้งหมดมีปริมาณการดูดซับไอโอดีน 66 มก./ก.

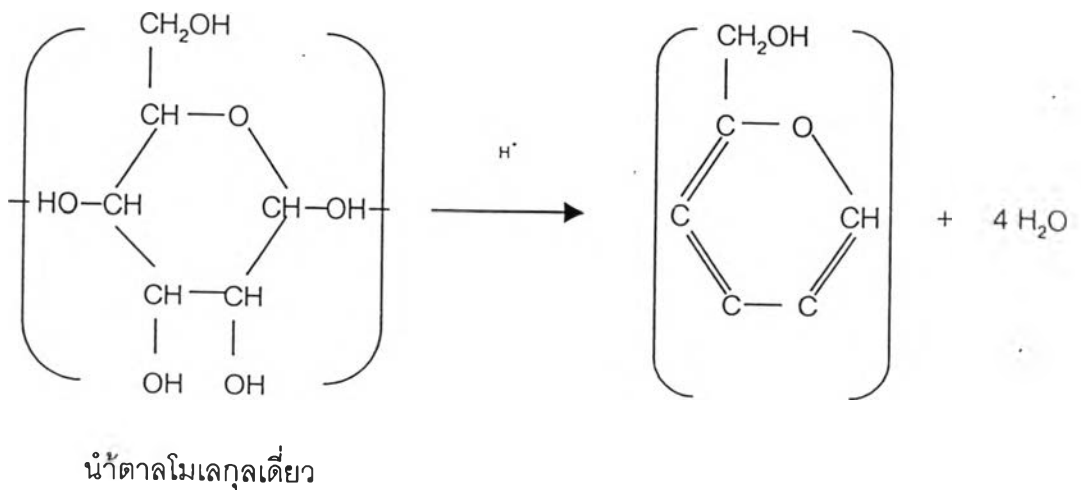
ด้วยวิธีการเผาถึงแม้จะเป็นถ่านได้แต่มีค่าปริมาณการดูดซับไอโอดีนเพียง 66 มก./ก. แต่วิธีการเตรียมถ่านดูดซับในงานวิจัยนี้มีค่าปริมาณการดูดซับไอโอดีนไม่น้อยกว่า 400 มก./ก ดูรายละเอียดในตารางที่ 4.2 จากการเปรียบเทียบผลการทดลองข้างต้นแสดงได้ว่าการเผากะลามะพร้าวเป็นการทำให้กะลามะพร้าวเปลี่ยนสภาพเป็นถ่านได้แต่ถ่านดูดซับที่ได้มีพื้นที่ผิวน้อยทำให้มีปริมาณการดูดซับไอโอดีนต่ำ ส่วนการเตรียมถ่านดูดซับด้วยการต้มกับสารละลายในงานวิจัยนี้สามารถแปรสภาพกะลามะพร้าวให้เป็นถ่านพร้อมกับการเพิ่มพื้นที่ผิวได้ ตัวอย่างหนึ่งของการเกิดรูพรุนของถ่านดูดซับในงานวิจัยนี้ เนื่องจากสารละลายซิงค์คลอไรด์มีสภาวะเป็นกรด จากความรู้พื้นฐานทางเคมีอินทรีย์ สารละลายกรดสามารถย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวการหลุดของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจากเซลลูโลสเป็นตัวอย่างหนึ่งในการอธิบายการเกิดรูพรุนของถ่านดูดซับในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเปรียบเทียบกะลามะพร้าวกับกะลามะพร้าวที่ผ่านการต้มกับสารละลายซิงค์คลอไรด์ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6 พบว่ากะลามะพร้าวที่ผ่านการต้มจะมีรูพรุนเกิดขึ้น เป็นอีกหลักฐานหนึ่งที่สนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างหนึ่งของปฏิกิริยาการแยกตัวของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว

ในขั้นตอนการเตรียมถ่านดูดซับเมื่อต้มสารละลายซิงค์คลอไรด์กับกะหล่ำมะพร้าวสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสารละลายใสเป็นสีน้ำตาลและมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อยๆที่เวลาในการต้มมากขึ้นเป็นผลจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่หลุดออกจากเซลลูโลสเข้าไปอยู่ในสารละลายกรดเกิดปฏิกิริยาเคมีกำจัดโมเลกุลของน้ำออก ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไหม้

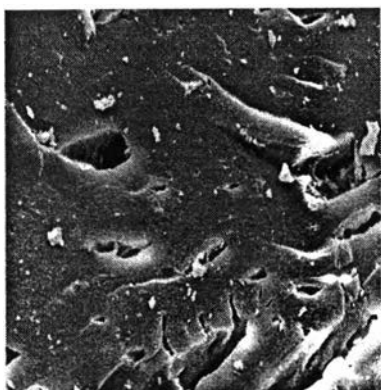


รูปที่ 4.4 ตัวอย่างหนึ่งของปฏิกิริยากำจัดน้ำของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว

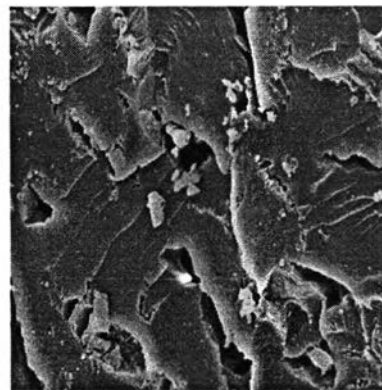
ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะสมบัติของถ่านดูดซับที่เตรียมได้

ชนิดถ่านดูดซับ	ลักษณะที่ได้	ค่าการดูดซับไอโอดีน(มก/ก)	พื้นที่ผิว(ตร.ม./ก)	น้ำหนักถ่านที่เหลือ(%w/w)	ขนาดรูพรุน(ไมโครเมตร)	ปริมาณจำเพาะ(มก./ก)
7130	เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่า มีสีดำเฉพาะผิวนอกเหลือส่วนที่ไม่ เป็นถ่านหนาประมาณ 2 มม.	411	-	68	-	-
7200	เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่า มีสีดำเฉพาะส่วนผิวนอกเหลือที่ไม่ เป็นถ่านหนาประมาณ 1 มม.	434	-	64	-	-
7300	เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่า มีสีดำทั้งหมดแต่ยังมีความแข็ง อยู่มาก	510	253	55	0.02	0.082
2130	เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่า มีสีดำเฉพาะส่วนผิวนอกเหลือที่ไม่ เป็นถ่านหนาประมาณ 1 มม.	474	6	65	-	-
2200	เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่า มีสีดำทั้งหมดแต่ยังมีความแข็ง อยู่มาก	565	7	57	-	-
2300	เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่า มีสีดำทั้งหมดเปราะหักง่าย	636	342	49	0.052	0.0967
PHO	เป็นสีดำเมื่อตัดดูพื้นที่ตัดขวางพบว่า มีสีดำหมด	1100	1050	-	0.0185	0.2372

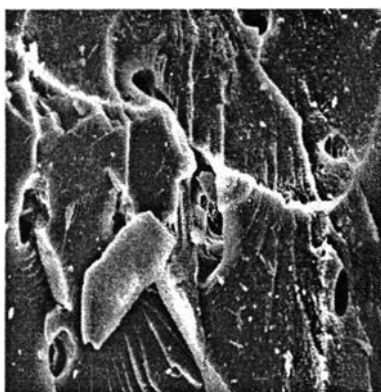
จากผลการวัดขนาดรูพรุนของถ่านดูดซับ 7300 และ 2300 ด้วยปรอท ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าถ่านดูดซับทั้งสองชนิดมีขนาดรูพรุนใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบขนาดรูพรุนของถ่านดูดซับทั้ง 6 ชนิดจากรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่ามีขนาดใกล้เคียงกันซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการวัดขนาดรูพรุนของถ่านดูดซับ 7300 และ 2300 ด้วยปรอท จากผลของขนาดรูพรุนที่ได้ถ่านดูดซับทั้ง 6 ชนิดควรจะให้ปริมาณการดูดซับไอโอดีนใกล้เคียงกันแต่ผลการทดสอบปริมาณการดูดซับไอโอดีนพบว่าปริมาณการดูดซับไอโอดีนมีค่าแตกต่างกันในช่วง 411-636 มิลลิกรัมต่อกรัมซึ่งค่าความต่างที่เกิดขึ้นอาจเนื่องจากถ่านดูดซับทั้ง 6 ชนิดมีส่วนของกะลามะพร้าวที่ไม่เปลี่ยนเป็นถ่านไม่เท่ากัน โดยส่วนที่ไม่เปลี่ยนเป็นถ่านเป็นส่วนที่เซลลูโลสไม่เกิดปฏิกิริยาการกำจัดน้ำและไม่ถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.3 ส่วนที่ไม่เปลี่ยนเป็นถ่านจึงมีความสามารถในการดูดซับต่ำ ถ่านดูดซับ 7130 มีส่วนที่ไม่เปลี่ยนเป็นถ่านมากที่สุดจึงมีปริมาณการดูดซับไอโอดีนน้อยที่สุด ส่วนของถ่านที่ยังมีความแข็งอยู่มากเป็นส่วนของเซลลูโลสที่ถูกทำปฏิกิริยากำจัดน้ำและถูกย่อยเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวน้อย ทำให้ถ่านดูดซับ 7300 และถ่านดูดซับ 2200 มีปริมาณการดูดซับไอโอดีนต่ำกว่าถ่านดูดซับ 2300 ลักษณะถ่านดูดซับที่เป็นถ่านหมดและเปราะเป็นถ่านดูดซับที่เซลลูโลสถูกทำปฏิกิริยามากที่สุดในงานวิจัยนี้จึงทำให้ถ่านดูดซับ 2300 มีปริมาณการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าถ่านดูดซับชนิดอื่นๆในงานวิจัยนี้



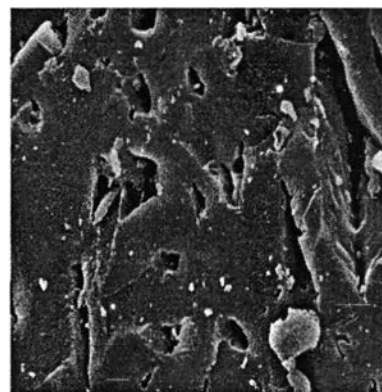
ถ่านดูดซับ 7130



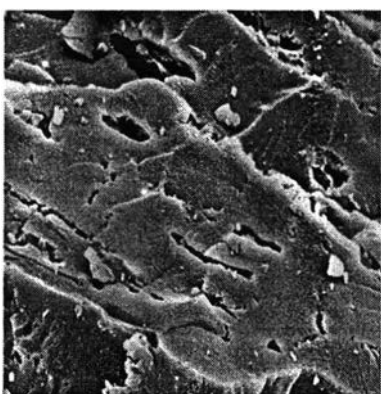
ถ่านดูดซับ 2130



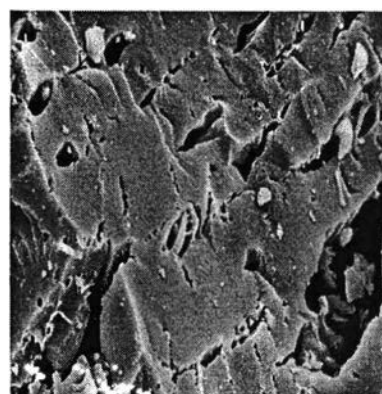
ถ่านดูดซับ 7200



ถ่านดูดซับ 2200

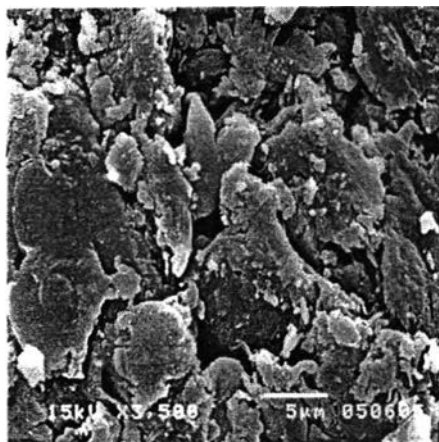


ถ่านดูดซับ 7300

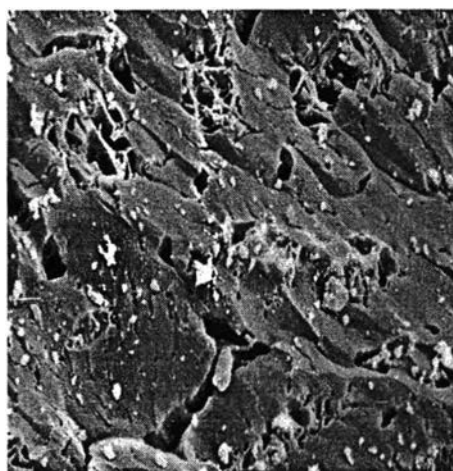


ถ่านดูดซับ 2300

รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะผิวของถ่านดูดซับที่ได้จากการทดลอง(กำลังขยาย 2000 เท่า)



รูปที่ 4.6 ลักษณะพื้นผิวอะลามะพรัว(กำลังขยาย 3500 เท่า)



รูปที่ 4.7 ลักษณะพื้นผิวถ่านPHO (กำลังขยาย 2000 เท่า)

การเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่น

จากการเตรียมถ่านดูดซับจากกะลามะพร้าว โดยการต้มกับสารละลายซิงค์คลอไรด์ที่จุดเดือดของสารละลายโดยการเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ คือ เวลาที่ใช้ในการต้ม และ ขนาดกะลามะพร้าว พบว่าถ่านดูดซับที่เตรียมได้นั้นมีค่าการดูดซับไอโอดีนในช่วง 411-636 มิลลิกรัมต่อกรัม โดย ถ่านดูดซับชนิด2300 ให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดคือ 636 มิลลิกรัมต่อกรัม

การเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาการเตรียมถ่านดูดซับจากกะลามะพร้าวและวัตถุดิบชนิดอื่นๆโดยใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์หรือสารประกอบอื่นๆโดยดูจากค่าการดูดซับไอโอดีนแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของถ่านดูดซับ

งานวิจัยของ	วัตถุดิบ	สารเคมีที่ใช้ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	ค่าไอโอดีนนมเบอร์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
จากการทดลอง	กะลามะพร้าว	ซิงค์คลอไรด์	200	636
เกรียงศักดิ์ กิตติพิมาน[10]	กะลามะพร้าว	-	350	66
	กะลามะพร้าว	ซิงค์คลอไรด์	500	608
Singh and Raman[6]	กะลามะพร้าว	ไอน้ำอิมตัว	600	900
บุญชัย และผู้ร่วมงาน[9]	กะลาตาลโตนด	ไอน้ำอิมตัว	850-900	1000
	กะลาตาลโตนด	ซิงค์คลอไรด์	850-900	1100
มนัด แก้วถาวร[14]	กะลามะพร้าว	ไอน้ำอิมตัว	800	580
	กะลามะพร้าว	ซิงค์คลอไรด์	900	686
กฤติยา เสือสีนาค [11]	กะลามะพร้าว	ซิงค์คลอไรด์	500	898
Khummongkol, Charoenkool and Pongkum[13]	กะลามะพร้าว	โซเดียมคลอไรด์	734	685
สิริพร อติเรกกลาก [6]	กะลามะพร้าว	ซิงค์คลอไรด์	157	354
ยศรักษ์ สุวรรณพันธ์มณี[14]	กะลามะพร้าว	ฟอสฟอริก	112	203
สุทธินนท์ ศักดิ์สวัสดิ์[15]	กะลามะพร้าว	ซัลฟูริก	137	366

จากผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณการดูดซับไอโอดีนที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตถ่านดูดซับในงานวิจัยต่างๆ สามารถแบ่งช่วงอุณหภูมิที่ศึกษาเป็นสองส่วนคือ งานวิจัยที่ศึกษาการผลิตถ่านดูดซับโดยใช้อุณหภูมิในช่วง 500-900 องศาเซลเซียส และงานวิจัยที่ศึกษาการผลิตถ่านดูดซับโดยใช้

อุณหภูมิต่ำในช่วง100-160 องศาเซลเซียส พบว่าถ่านดูดซับที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้ให้ค่าปริมาณการดูดซับไอโอดีนใกล้เคียงกับการเตรียมถ่านดูดซับในงานวิจัยที่ใช้อุณหภูมิในช่วง 500-900 องศาเซลเซียส และมีค่าปริมาณการดูดซับไอโอดีนสูงกว่ากลุ่มที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า160องศาเซลเซียส จากค่าการเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเตรียมถ่านดูดซับด้วยการต้มกะลามะพร้าวกับสารละลายซิงค์คลอไรด์สามารถผลิตถ่านดูดซับที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับถ่านดูดซับที่เตรียมโดยวิธีการเพิ่มพื้นที่ผิวด้วยไอน้ำ และ การใช้สารเคมี แต่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า

4.2 การดูดซับน้ำด้วยแรงตึงผิว

เนื่องจากถ่านดูดซับที่เตรียมได้มีความพรุนน้ำจึงถูกดูดซับเข้าไปในรูพรุนของถ่านได้ด้วยแรงตึงผิว เช่นเดียวกับวัสดุอื่น ๆ ที่มีรูพรุนเช่น ฟองน้ำ เป็นต้น ถ่านดูดซับที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้มีขนาดรูพรุนและปริมาตรจำเพาะใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 4.2 เป็นผลทำให้มีปริมาณการดูดซับน้ำใกล้เคียงกัน การบดถ่านดูดซับให้มีขนาดเล็กทำให้มีผิวสัมผัสกับน้ำได้มากขึ้นจึงมีอัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบถ่านดูดซับที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้กับถ่าน PHO พบว่าถ่าน PHO มีขนาดรูพรุนใกล้เคียงกับถ่านดูดซับที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้แต่มีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าจึงมีปริมาณการดูดซับน้ำมากกว่า

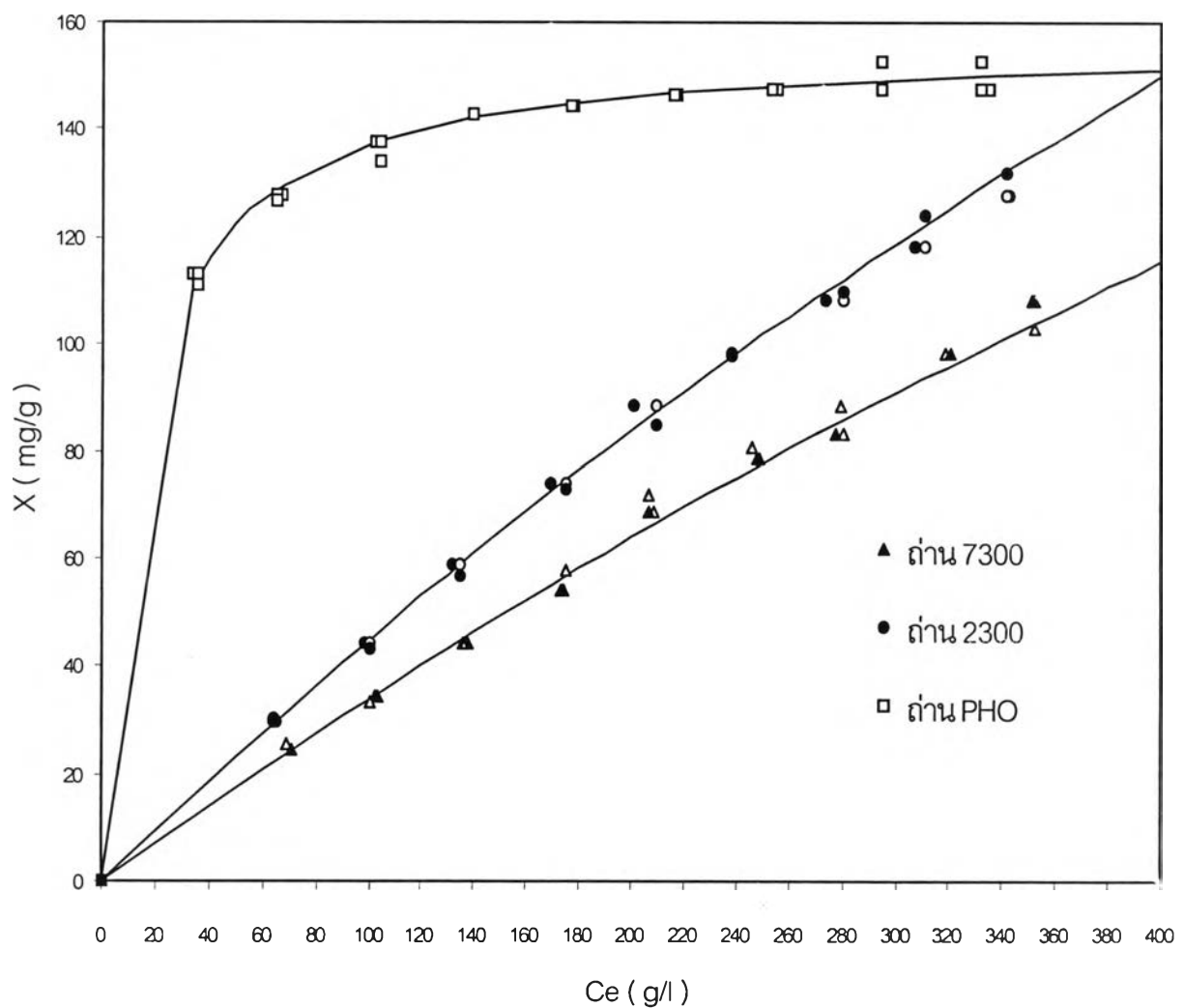
ตารางที่4.4 แสดงปริมาณการดูดซับน้ำและอัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยของถ่านดูดซับชนิดต่างๆ

ชนิดถ่านดูดซับ	ปริมาณการดูดซับน้ำ (ml/g)	อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ย (ml/g.hr)	ระยะเวลาที่สมดุล (hr)
ถ่าน 7300	171	0.5	240
ถ่าน 7300 บด	171	2.4	72
ถ่าน 2300	187	1.1	120
ถ่าน 2300 บด	187	2.5	72
ถ่าน PHO	673	9.4	72

* อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ย คืออัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยที่เวลา 1 ชม.ถึงเวลาที่สมดุล [ภาคผนวก ก3]

4.3 การดูดซับเอทานอลในน้ำ

สมดุลการดูดซับเอทานอลด้วยถ่านดูดซับที่เตรียมจากกะลามะพร้าวต้มกับสารละลายซิงค์คลอไรด์ มีลักษณะโค้งน้อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 จึงน่าจะสอดคล้องกับสมการแบบจำลองสมดุลของเฮนรีและแลงเมียร์ในการเปรียบเทียบสมดุลการดูดซับด้วยถ่านดูดซับจากกะลามะพร้าวที่มีขนาดแตกต่างกัน จึงเลือกเปรียบเทียบค่าคงที่ของสมดุลการดูดซับและปริมาณการดูดซับของถ่านดูดซับดังกล่าว ดังแสดงในตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.8 แสดงสมดุลการดูดซับเอทานอลด้วยถ่านดูดซับชนิด 7300 ,2300 และ PHO

ปริมาณการดูดซับเอทานอลสูงสุดต่อมวลของถ่านดูดซับ, ค่าคงที่เฮนรี และ ค่าคงที่แลงเมียร์ของการดูดซับของถ่านดูดซับ 7300 และถ่านดูดซับ 2300 มีค่าต่างกันเล็กน้อยดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณการดูดซับไอโอดีนของถ่านดูดซับที่ต่างกันเล็กน้อยเช่นกัน จึงสามารถอธิบายความแตกต่างที่เกิดขึ้นของปริมาณการดูดซับเอทานอลสูงสุดต่อมวลของถ่านดูดซับ, ค่าคงที่เฮนรี และ ค่าคงที่แลงเมียร์ของการดูดซับของถ่านดูดซับ ได้เช่นเดียวกับที่ทำให้ปริมาณการดูดซับไอโอดีนของถ่านดูดซับต่างกัน เนื่องจากการดูดซับที่ตัวถูกดูดซับอยู่ในของเหลวเหมือนกัน

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าคงที่สมดุลการดูดซับและปริมาณการดูดซับสูงสุดต่อมวลของถ่านดูดซับ

ชนิดถ่านดูดซับ	ค่าคงที่เฮนรี	ค่าคงที่แลงเมียร์	ปริมาณการดูดซับสูงสุดต่อมวล ถ่านดูดซับ(mg/g)
ถ่าน 7300	0.3119	0.00615	625
ถ่าน 7300 บด	0.3119	0.00615	625
ถ่าน 2300	0.4003	0.00687	714
ถ่าน 2300 บด	0.4003	0.00687	714
ถ่าน PHO	-	0.0812	153

จากผลการวัดปริมาณการดูดซับน้ำ อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ย ปริมาณการดูดซับเอทานอลที่สมดุลต่อมวลของถ่านดูดซับ อัตราการดูดซับเอทานอลเฉลี่ย และ ปริมาณการดูดซับเอทานอลสูงสุดต่อมวลของถ่านดูดซับ สามารถอธิบายกลไกการดูดซับเอทานอลได้ 2 ส่วนคือ

1.เอทานอลที่ผสมอยู่ในน้ำเข้าไปในรูพรุนถ่านดูดซับพร้อมกับน้ำโดยการถูกดูดซับด้วยแรงตึงผิว

2.เอทานอลถูกดูดซับที่ผิวของถ่านดูดซับเนื่องจากหมู่ฮัลติไฮด์(-COH) เนื่องจากหมู่ฮัลติไฮด์ที่ผิวของถ่านดูดซับที่มีความสามารถในการดูดซับเอทานอลได้สูงกว่าน้ำ[2]

ปริมาณการดูดซับเอทานอลที่สมดุลของถ่านดูดซับ 2300 และ 7300 และอัตราการดูดซับเอทานอลเฉลี่ย มีค่าต่ำกว่าถ่านดูดซับPHO มากที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 300 มก/ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.8 เนื่องจากที่ความเข้มข้นต่ำๆมีสัดส่วนของน้ำในของผสมมาก กลไกการดูดซับส่วนที่ 1 จึงเกิดได้มากกว่า ถ่านดูดซับPHO ซึ่งมีอัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยสูงกว่าถ่านดูดซับ 2300 และ 7300 มาก ทำให้เอทานอลที่ผสมอยู่ในน้ำเข้าไปในรูพรุนถ่านดูดซับพร้อมกับน้ำได้มากกว่า ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 300 มก./ล สัดส่วนของน้ำและเอทานอลในของผสมมีปริมาณใกล้เคียงกันทำให้เอทานอลถูกดูดซับที่ผิวของถ่านดูดซับเนื่องจากหมู่ฮัลติไฮด์มากขึ้น ถ่านดูดซับ 2300 และ 7300 เตรียมจากปฏิกิริยาเคมีทำให้มีหมู่ฟังก์ชันฮัลติไฮด์มากกว่าถ่านดูดซับPHOซึ่งเตรียมจากการเพิ่ม

พื้นที่ผิวด้วยแก๊ส ดังนั้นที่ความเข้มข้นสูงขึ้นถ่านPHO จึงมีปริมาณการดูดซับเอทานอลคงที่เนื่องจากมีความจำกัดของหมู่อัลดีไฮด์ ส่วนถ่านดูดซับ 2300 และ 7300 ยังสามารถดูดซับเอทานอลที่ผิวได้เนื่องจากมีหมู่อัลดีไฮด์มากกว่า ทำให้ถ่านดูดซับ 2300 และ 7300 มีปริมาณการดูดซับเอทานอลสูงสุดต่อมวลของถ่านดูดซับมากกว่าถ่านดูดซับ PHO ดังแสดงในตารางที่ 4.5

อัตราการดูดซับเอทานอล

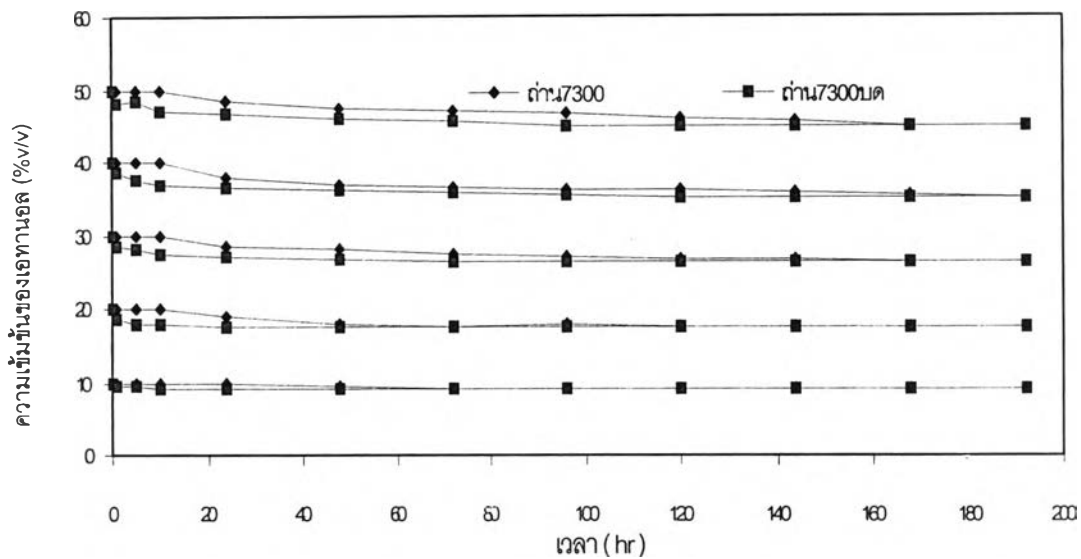
ถ่านดูดซับ7300บดมีอัตราการดูดซับเอทานอลสูงกว่าถ่านดูดซับ 7300 และถ่านดูดซับ 2300บดมีอัตราการดูดซับเอทานอลสูงกว่าถ่านดูดซับ2300 ดังแสดงในตารางที่4.5เป็นผลจากผิวสัมผัสระหว่างถ่านดูดซับกับของเหลวผสมเอทานอลมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการดูดซับเอทานอลของถ่านดูดซับที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้กับถ่านดูดซับPHO พบว่าอัตราการดูดซับเอทานอลของถ่านดูดซับที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยมีค่าใกล้เคียงกันที่ความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ10 ถึงร้อยละ 50 โดยปริมาตร ส่วนถ่านดูดซับ PHO จะมีอัตราการดูดซับแตกต่างกันมากที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของเอทานอลต่างกัน โดยอัตราการดูดซับเอทานอลที่ความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ10โดยปริมาตรสูงกว่าอัตราการดูดซับเอทานอลที่ความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ50โดยปริมาตรถึง 6 เท่า

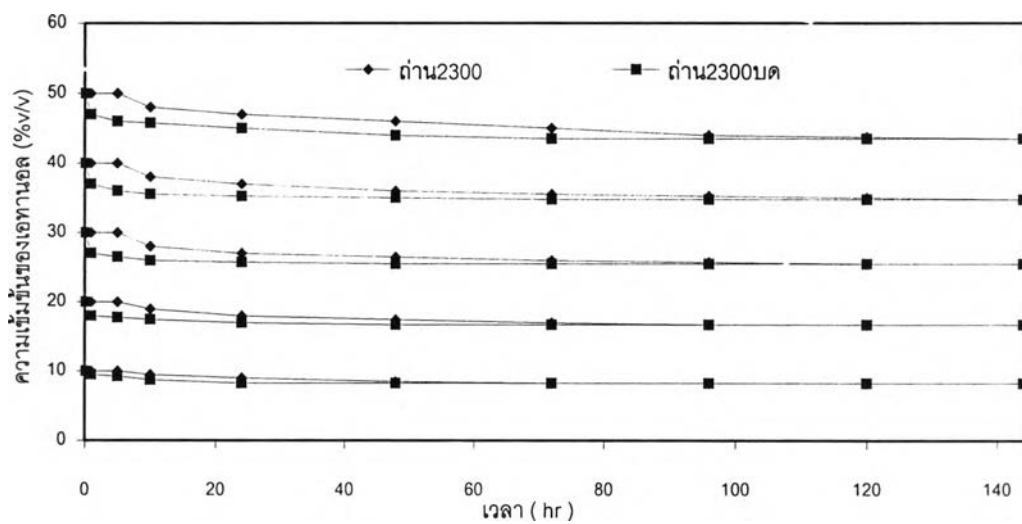
ตารางที่ 4.6 แสดงอัตราการดูดซับเอทานอลต่อมวลของถ่านดูดซับของถ่านดูดซับชนิดต่างๆ

ความเข้มข้นเริ่มต้น (%V/V)	อัตราการดูดซับเอทานอลเฉลี่ย (mg/hr.g)				
	ชนิดถ่านดูดซับ				
	7300	7300 บด	2300	2300บด	PHO
10	0.273	0.789	0.478	1.435	13.936
20	0.410	1.025	0.666	1.599	5.739
30	0.439	1.025	0.738	1.845	3.013
40	0.487	0.974	0.717	1.722	2.459
50	0.538	0.861	0.888	1.640	2.049

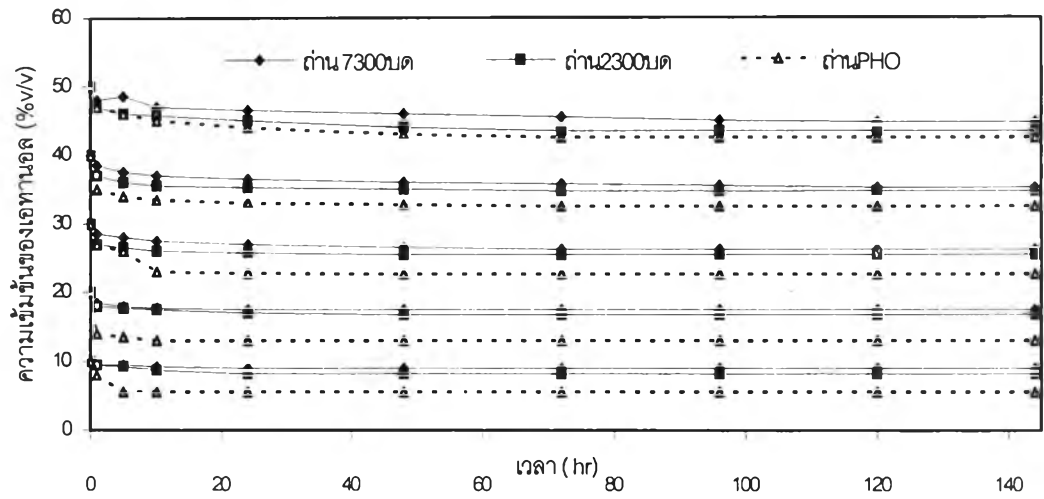
อัตราการดูดซับเอทานอลเฉลี่ย คืออัตราการดูดซับเอทานอลเฉลี่ยที่เวลา 1 ชมจนถึงเวลาที่สมดุล[ภาคผนวก ก3]



รูปที่ 4.9 แสดงความเข้มข้นของเอทานอลที่เหลือในระบบที่เวลาต่างๆของถ่านดูดซับ7300และถ่านดูดซับ7300บด



รูปที่ 4.10 แสดงความเข้มข้นของเอทานอลที่เหลือในระบบที่เวลาต่างๆของถ่านดูดซับ2300และถ่านดูดซับ2300บด



4.11 แสดงความเข้มข้นของเอทานอลที่เหลือในระบบที่เวลาต่างๆของถ่านดูดซับ7300บดและถ่านดูดซับ2300บดและถ่านดูดซับPHO