

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

จากการดำเนินการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้ว จะได้นำเสนอผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ในรูปแบบตาราง และแผนภูมิรูปภาพต่างๆ ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร ค่าความร้อน และปริมาณซัลเฟอร์ของกากตะกอนน้ำเสีย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารแบบประมาณ แบบแยกธาตุ ค่าความร้อนและปริมาณซัลเฟอร์ของกากตะกอนน้ำเสียที่มีอนุภาคน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งได้จากการร่อนด้วยตะแกรงร่อน Sieve No.20 แสดงดังตาราง 4.1 ส่วนวิธีการคำนวณการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารแบบประมาณ แบบแยกธาตุของกากตะกอนน้ำเสีย แสดงในภาคผนวก ก. และตัวอย่างการคำนวณค่าความร้อนและปริมาณซัลเฟอร์ของกากตะกอนน้ำเสียแสดงในภาคผนวก ง.

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารแบบประมาณ แบบแยกธาตุ ค่าความร้อนและปริมาณซัลเฟอร์ของกากตะกอนน้ำเสียตามมาตรฐาน ASTM

การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารแบบประมาณ	
PARAMETER	(% by weight)*
Moisture	9.21 ± 0.025
Ash	39.95 ± 0.025
Volatile matter	51.46 ± 0.025
Fixed carbon	8.59 ± 0.025

ตาราง 4.1 (ต่อ)

การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ	
PARAMETER	(% by weight)*
Carbon	49.27 ± 0.025
Hydrogen	7.01 ± 0.025
Nitrogen	8.40 ± 0.025
Oxygen	33.99 ± 0.025
Total Sulphur	1.34 ± 0.025
Gross Calorific Value (MJ/Kg)	11.62 ± 0.025

หมายเหตุ: *ฐานการวิเคราะห์แบบ air dry basis

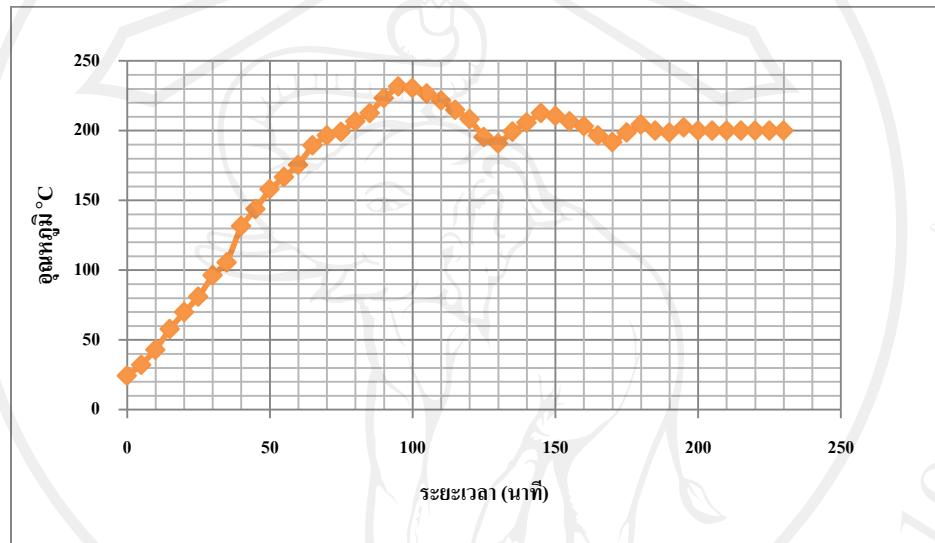
จากผลการวิเคราะห์กลุ่มสารแบบประมาณ และแบบแยกธาตุของกากตะกอนน้ำเสีย อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM ดังตาราง 4.1 พบว่า ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้าที่อยู่ในกากตะกอนน้ำเสีย มีปริมาณค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 51.46 และ 39.95 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำ ซึ่งเถ้าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เจือปนในกากตะกอน ส่วนสารระเหยและคาร์บอนคงตัวเป็นสารประกอบอินทรีย์ หรือส่วนที่เผาไหม้ได้ในกากตะกอนน้ำเสีย

จากผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุและค่าความร้อนของกากตะกอนน้ำเสีย ดังตาราง 4.1 พบว่า กากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณธาตุคาร์บอนค่อนข้างสูงเท่ากับร้อยละ 49.27 โดยน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร เนื่องจากปริมาณสารระเหยในกากตะกอนน้ำเสียสูง เมื่อนำไปใช้ในกระบวนการทำให้สารระเหยถูกปล่อยออกมามาก จึงส่งผลทำให้สัดส่วนของคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนมีสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของต่อเยี่ยม สุคนธ์-สิงห์ (2550) ซึ่งผลิตถ่านกัมมันต์จากกากตะกอนน้ำเสียเช่นกัน แต่แตกต่างกันที่กระบวนการผลิต ทำให้สามารถประเมินได้เบื้องต้นว่า กากตะกอนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในครั้งนี้ น่าจะสามารถนำมาสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะสามารถประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์โดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนเซชันจากวัตถุดิบชนิดเดียวกัน

4.2 ผลไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาคตะกอนน้ำเสีย

4.2.1 ผลอุณหภูมิในเตาปฏิกรณ์

ผลการทดลองตั้งอุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ไว้ที่ 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที คงที่ตลอดการทดลอง แสดงดังภาพ 4.1



ภาพ 4.1 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์

ผลการทดสอบอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์ที่ 200 องศาเซลเซียสแสดงดังภาพ 4.1 พบว่าอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K พบว่าการตั้งอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์ที่ 200 องศาเซลเซียสและด้วยอัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จะใช้เวลาประมาณ 120 นาทีจึงถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ และอุณหภูมิมักมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งจะเริ่มคงที่ที่เวลา 180 นาที ในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันนี้ อุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์อาจมีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมให้คงที่มากที่สุด

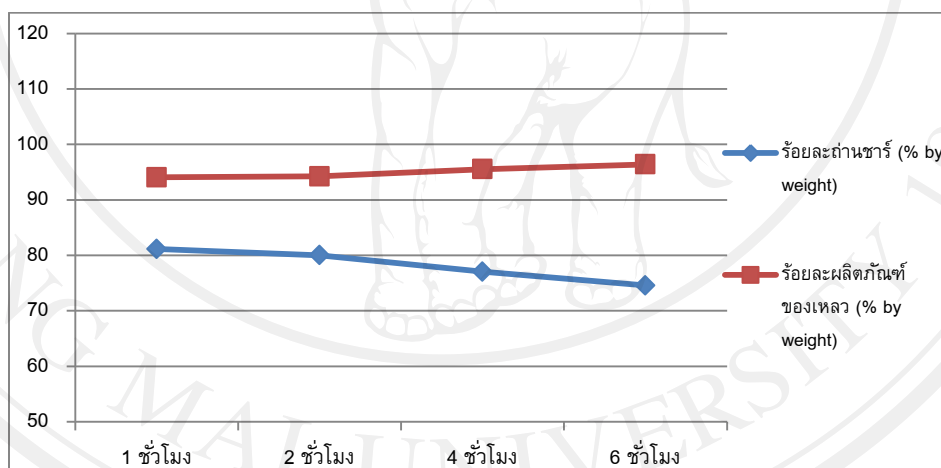
4.2.2 ผลของระยะเวลาต่อการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันกากตะกอนน้ำเสีย

จากผลงานการศึกษาของมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Zurcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften: 2010) พบว่า กระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน โดยทั่วไปใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 - 250 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 - 3 ชั่วโมงแต่อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันคือ 180 - 200 องศาเซลเซียส และงานวิจัยของ Mumme (2010) ได้ทำการศึกษากระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันจากข้าวโพดหมัก และงานวิจัยของ Heilmann (2011) ได้ทำการศึกษากระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันจากกากจากกระบวนการผลิตเอทานอล พบว่าให้ผลดีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส งานวิจัยนี้จึงได้กำหนดให้การศึกษาให้ความร้อนคงที่ตลอดงานวิจัยที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน และกำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันกากตะกอนน้ำเสีย เป็น 1, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง เนื่องจากผลงานการทดลองของ กวินทร์ ศุภวิทย์โยธิน (2011), Antonieit (2010) และ Heilmann (2011) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันดังกล่าว มีผลต่อปริมาณ และ โครงสร้างพื้นผิวของถ่านชาร์ที่อยู่ในช่วง 2 - 4 ชั่วโมง จึงเลือกใช้อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าว

การเปรียบเทียบปริมาณถ่านชาร์ และผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันกากตะกอนน้ำเสียประมาณ 100 กรัม และน้ำประมาณ 300 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง แสดงดังตาราง 4.2 และ ภาพ 4.2 โดยผลการทดลองดังกล่าวเป็นผลเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองซ้ำที่สภาวะต่างๆ ซึ่งผลการทดลองในแต่ละครั้งแสดงในภาคผนวก ข.

ตาราง 4.2 ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนไนเซชันกากตะกอนน้ำเสียตามระยะเวลาต่างๆ

เวลาที่ใช้	ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้			
	ถ่านชาร์ (กรัม)	ร้อยละถ่านชาร์ (% by weight)	ผลผลิตภัณฑ์ของเหลว (กรัม)	ร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของเหลว (% by weight)
1 ชั่วโมง	81.16 ± 0.29	81.16	376.26 ± 0.11	94.07
2 ชั่วโมง	80.01 ± 0.79	80.01	376.93 ± 0.49	94.23
4 ชั่วโมง	77.05 ± 0.67	77.05	382.20 ± 0.40	95.55
6 ชั่วโมง	73.58 ± 0.39	74.58	385.65 ± 0.70	96.41



ภาพ 4.2 แสดงร้อยละผลผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

ผลการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบร้อยละของถ่านชาร์และของเหลวที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว พบว่าการเพิ่มระยะเวลาของกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนไนเซชันทำให้ถ่านชาร์มีแนวโน้มลดลง คือ ลดลงจาก 81.16 กรัม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ไปเป็น 73.58 กรัม ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งลดลงประมาณร้อยละ 9.34 โดยน้ำหนัก และจากแนวโน้มการลดลงของถ่านชาร์ตรงกันข้ามกับปริมาณผลผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือ เพิ่มขึ้นจาก 376.26 กรัม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ไป

เป็น 385.65 กรัม ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2.50 โดยน้ำหนักเนื่องจากโครงสร้างของกากตะกอนน้ำเสียได้รับความร้อนก็จะเกิดการแตกพันธะเป็นสารระเหยได้ ซึ่งสารระเหยได้นั้นเมื่อได้รับความร้อนบางส่วนจะควบแน่น กลายเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวในที่สุด และบางส่วนจะกลายเป็นแก๊ส โดยจะมีปริมาณน้อยมากประมาณ 8 - 9 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมด จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ทำให้ทราบว่ากระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสีย ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ให้ปริมาณถ่านชาร์สูงสุด ซึ่งมีผลต่อการนำถ่านชาร์ที่ได้ไปใช้ในกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ต่อไป

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารของถ่านชาร์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารแบบประมาณ แบบแยกธาตุของถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสีย อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ที่เวลา 1, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง มาทำการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารแบบประมาณและแบบแยกธาตุ ซึ่งแสดงผลดังตาราง 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์ Proximate Analysis ถ่านชาร์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

วิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร Proximate Analysis	ระยะเวลาที่ใช้ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (% by weight)			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
Moisture	2.69 ± 0.025	3.75 ± 0.025	3.97 ± 0.025	3.79 ± 0.025
Ash	51.22 ± 0.025	49.77 ± 0.025	48.71 ± 0.025	48.49 ± 0.025
Volatile matter	39.87 ± 0.025	37.99 ± 0.025	35.67 ± 0.025	37.27 ± 0.025
Fixed carbon	9.01 ± 0.025	12.24 ± 0.025	13.95 ± 0.025	14.25 ± 0.025

จากการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารแบบประมาณของถ่านชาร์ที่ผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสียที่สภาวะดังกล่าว พบว่าเมื่อระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการเพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง 6 ชั่วโมง ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์ Ultimate Analysis ถ่านชาร์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

วิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร Ultimate Analysis	ระยะเวลาที่ใช้ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (% by weight)			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
Carbon	57.60 ± 0.025	56.19 ± 0.025	58.14 ± 0.025	57.12 ± 0.025
Hydrogen	6.84 ± 0.025	6.42 ± 0.025	6.77 ± 0.025	6.43 ± 0.025
Nitrogen	4.23 ± 0.025	3.85 ± 0.025	4.22 ± 0.025	4.57 ± 0.025
Oxygen	29.78 ± 0.025	29.63 ± 0.025	32.69 ± 0.025	30.86 ± 0.025
Total Sulphur	1.05 ± 0.025	1.03 ± 0.025	1.08 ± 0.025	1.02 ± 0.025
Gross Calorific Value (MJ/Kg)	10.64 ± 0.025	11.87 ± 0.025	12.72 ± 0.025	11.23 ± 0.025

กากตะกอนน้ำเสียที่ถูกนำมาผ่านกระบวนการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้าง โดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชัน เพื่อกำจัดองค์ประกอบที่ระเหยง่ายออกนำไปทำการกระตุ้นเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ต่อไป การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในโครงสร้างกากตะกอนดังกล่าวถูกศึกษาด้วยการวิเคราะห์กลุ่มสารแบบแยกธาตุ ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4.4 พบว่าตะกอนน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนนั้น มีองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนได้สูงสุดที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง คือ 58.14 %



ภาพ 4.3 ถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสียตามระยะเวลาต่างๆ

เมื่อนำกากตะกอนน้ำเสียที่มีคาร์บอนในโครงสร้างประมาณ 49.27 % โดยน้ำหนักมาผ่านกระบวนการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้างโดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้สัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้าง เพิ่มขึ้นเป็น 57.60 % โดยน้ำหนักซึ่งปริมาณของคาร์บอนในโครงสร้างนี้สูงเพียงพอสำหรับการนำไปกระตุ้นเป็นถ่านกัมมันต์ เมื่อพิจารณาปริมาณองค์ประกอบอื่นๆ คือ ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ พบว่า สัดส่วนของไฮโดรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่สัดส่วนของไนโตรเจนลดลง แสดงว่าการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้างโดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันทำให้องค์ประกอบที่เป็นไนโตรเจนถูกกำจัดออกไปในสัดส่วนที่มากกว่าธาตุอื่นๆ

กากตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้าง ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ยังคงมีปริมาณคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณ 57.12 % โดยน้ำหนัก ใกล้เคียงกับการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้างที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันในเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้างมากกว่า 1 ชั่วโมง ไม่ทำให้สัดส่วนของคาร์บอนในโครงสร้างเพิ่มขึ้นมากนัก และทำให้ทราบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนได้ว่า เกิดการระเหยของเนื้อสารออกไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

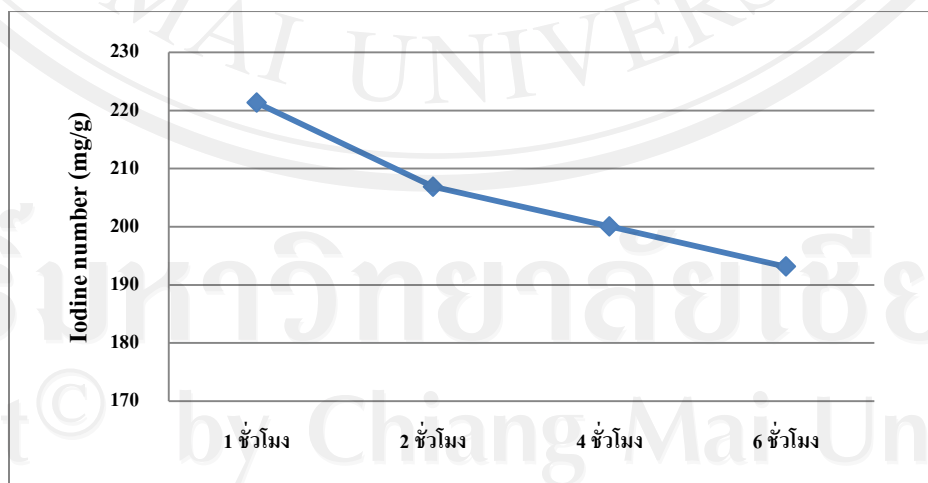
ค่าความร้อนของถ่านชาร์ที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก ระยะเวลา 1 ถึง 4 ชั่วโมง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ห้กลุ่มสาร เนื่องจากมีปริมาณของคาร์บอนคงตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของกระบวนการเช่นกัน หลังจากระยะเวลามากกว่า 4 ชั่วโมง จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของกากตะกอนน้ำเสีย

4.2.4 ผลการดูดซับไอโอดีนถ่านชาร์

ผลการทดลองหาเลขไอโอดีนของ ถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสีย ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ที่เวลา 1, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง แสดงดังตาราง 4.5 และ ภาพ 4.4 โดยวิธีการคำนวณค่าการดูดซับไอโอดีนและเลขไอโอดีนของถ่านชาร์ในแต่ละครั้งแสดงโดยละเอียดดังภาคผนวก จ.

ตาราง 4.5 เลขไอโอดีนของถ่านชาร์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

เลขไอโอดีนของ ถ่านชาร์ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส(มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัม)			
1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
221.32 ± 2.84	206.86 ± 3.33	200.03 ± 0.98	193.13 ± 4.02



ภาพ 4.4 แสดงค่าดูดซับไอโอดีนของถ่านชาร์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

ในการพิจารณาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมของถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสียนั้น จะพิจารณาจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ซึ่งจัดเป็นวิธีการหนึ่งในการหาประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านชาร์ดังกล่าว โดยค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ได้แสดงดังตาราง 4.5 ระยะเวลา 1-6 ชั่วโมง พบว่า ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง คือ 221.32 มิลลิกรัม ไอโอดีนต่อกรัม และค่าไอโอดีนนัมเบอร์มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนั้นอาจเป็นเพราะ ระยะเวลาดังกล่าวความร้อนทำให้สารต่างๆ ในกากตะกอนเกิดการสลายตัว หลุดออกจากโครงสร้างของกากตะกอนทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็กขึ้น ซึ่งส่งผลให้ได้ค่าการดูดซับไอโอดีนได้มากขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นความร้อนทำให้โครงสร้างภายในของกากตะกอนถูกทำลาย เกิดการแตกของโครงสร้างบางส่วน ทำให้รูพรุนขนาดเล็กแตกตัวรวมกันเป็นรูพรุนขนาดใหญ่ขึ้น หรือเกิดการหลอมตัวกันมาปิดรูพรุนที่เกิดขึ้นก่อนหน้า ส่งผลทำให้การดูดซับไอโอดีนของ ถ่านชาร์ดังกล่าวลดลง จึงทำให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ลดลงตามไปด้วย

ดังนั้นในการเลือกตัวอย่างที่จะนำไปใช้ในกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำจะพิจารณาปริมาณผลิตภัณฑ์และค่าไอโอดีนนัมเบอร์ประกอบกัน จากผลการทดลองในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสีย พบว่าที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีความเหมาะสมที่สุด คือให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์และมีปริมาณผลิตภัณฑ์สูงสุด เท่ากับ 221 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

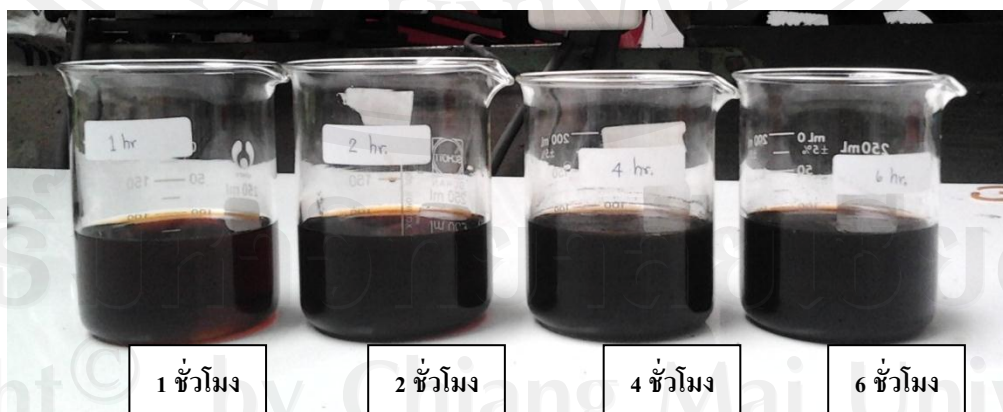
4.2.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของผลิตภัณฑ์ของเหลว

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกากตะกอนน้ำเสียที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงแสดงดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุ ต่างๆ	ระยะเวลาที่ใช้ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)			
	1	2	4	6
Total Nitrogen (%)	23.96 ± 0.05	23.93 ± 0.05	23.92 ± 0.05	24.19 ± 0.05
Phosphorus (%)	8.09 ± 0.05	8.13 ± 0.05	8.11 ± 0.05	8.04 ± 0.05
Potassium (%)	15.17 ± 0.05	15.16 ± 0.05	15.16 ± 0.05	15.19 ± 0.05

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุที่จำเป็นต่อพืช คือ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นผลพลอยได้ในกระบวนการ HTC เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุที่ได้ทั้งสามชนิด พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ประมาณ 24% ซึ่งพบมากกว่าธาตุอีกสองชนิด ส่วนปริมาณธาตุที่พบน้อยที่สุดคือ ฟอสฟอรัส ประมาณ 8% และผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่อระยะเวลาของกระบวนการ ในธาตุแต่ละชนิด พบว่า ปริมาณธาตุที่พบในผลิตภัณฑ์ของเหลวตามระยะเวลานั้น ไม่แตกต่างกันมากนัก ให้ปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (23.96) และปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง (24.19) พบว่าธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเพียง 0.96% เท่านั้น ซึ่งไม่ต่างกันมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่สูญเสียไปในกระบวนการแล้ว ไม่คุ้มค่ากับผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการ HTC กากตะกอนน้ำเสีย เพื่อให้ได้ธาตุที่จำเป็นต่อพืช คือ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม คือที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง



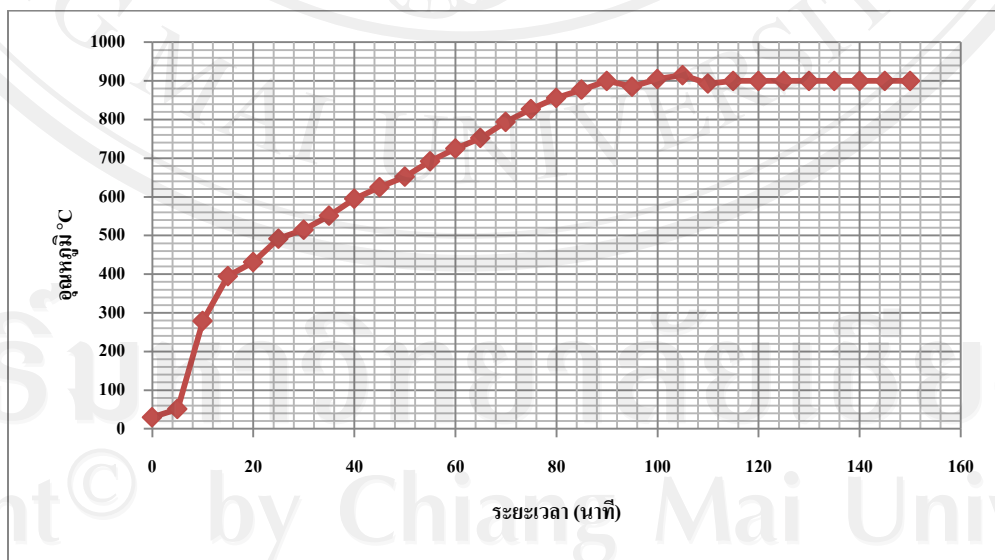
ภาพ 4.5 ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

การพิจารณาภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันนั้น จะพิจารณาถึงปริมาณสารระเหยควบคู่ไป กับปริมาณผลิตภัณฑ์ และคาร์บอนคงตัวแล้ว ยังคงต้องพิจารณาถึงค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ความเหมาะสมด้านพลังงานและการประหยัดพลังงาน มาพิจารณาคู่กันไปด้วย ซึ่งจากการทดลองพบว่า ปริมาณสารระเหยมีปริมาณใกล้เคียงกันในช่วงระยะเวลา 1 - 6 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาปริมาณผลิตภัณฑ์ และค่าไอโอดีนนัมเบอร์แล้ว จะเห็นได้ว่า ภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาคตะกอนน้ำเสียนั้น คือ ที่สภาวะอุณหภูมิ 200 องศา ระยะเวลา 1 ชั่วโมง เนื่องจาก ที่สภาวะดังกล่าวใช้เวลาไม่มากนัก ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ และให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุด

4.3 ผลการกระตุ้นถ่านชาร์ด้วยไอน้ำ

4.3.1 ผลการทดสอบอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง

ผลการทดลองตั้งอุณหภูมิเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่ใช้ในการกระตุ้นถ่านชาร์ด้วยไอน้ำ โดยตั้งอุณหภูมิเตาไว้ที่ 900 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที อัตราการไหลของไนโตรเจน 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหลของไอน้ำเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที คงที่ตลอดการทดลอง แสดงดังภาพ 4.6



ภาพ 4.6 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง

ผลการทดสอบอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่ 900 องศาเซลเซียสแสดงดังภาพ 4.6 อุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง โดยใช้เทอร์โมคัปเบอร์ชนิด Type K พบว่า การตั้งอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์ที่ 900 องศาเซลเซียส และด้วยอัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที อัตราการไหลของไนโตรเจน 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหลของไอน้ำเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที จะใช้เวลาประมาณ 90 นาที จึงถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ และอุณหภูมิมักมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยซึ่งจะเริ่มคงที่ที่เวลา 110 นาที ในกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำนี้ อุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์อาจมีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมให้คงที่มากที่สุด

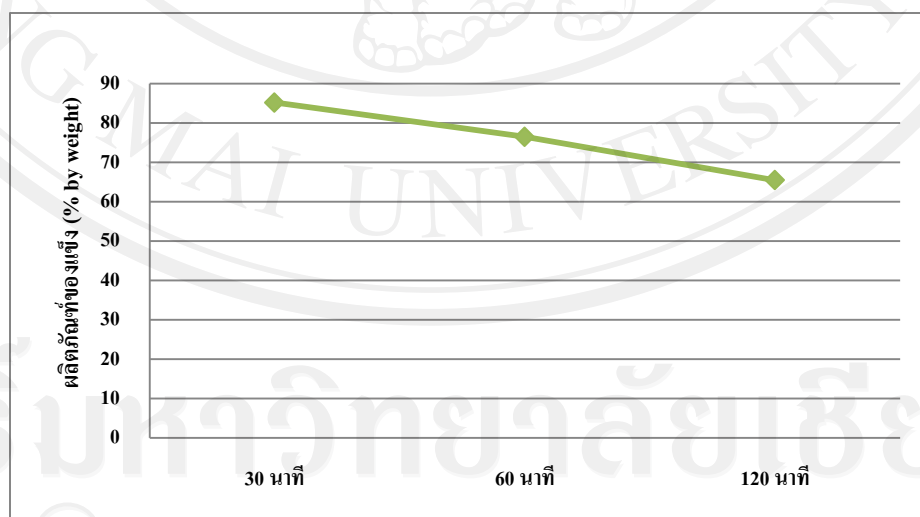
4.3.2 ผลของระยะเวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

จากผลงานวิจัยของไชยยันต์ ไชยยะ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้ การกระตุ้นด้วยไอน้ำ พบว่าการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ให้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติที่ดี จึงมีความเหมาะสมในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยไอน้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดให้อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นด้วยไอน้ำเป็น 900 องศาเซลเซียส ตลอดกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำ และได้กำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นด้วยไอน้ำเป็น 30, 60 และ 120 นาที เนื่องจากผลการทดลองของ วิจิตร จินดาพันธ์ไพโรจน์ (2547) ได้ทำการศึกษาการผลิต ถ่านกัมมันต์ จากไม้ยูคาลิปตัส โดยการกระตุ้นด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส พบว่า ระยะเวลาการกระตุ้นที่เหมาะสมคือ 150 นาที และงานวิจัยของภัทธา ปัญญาวัฒน์กิจ (2540) ได้ทำการศึกษาการผลิต ถ่านกัมมันต์ จากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส พบว่า ระยะเวลาการกระตุ้นที่เหมาะสมคือ 1 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำมีผลต่อปริมาณ และ โครงสร้างพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของแข็ง (ถ่านกัมมันต์) ที่ได้ และเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้เป็นระบบเดียวกัน จึงเลือกใช้อุณหภูมิ และระยะเวลาดังกล่าว

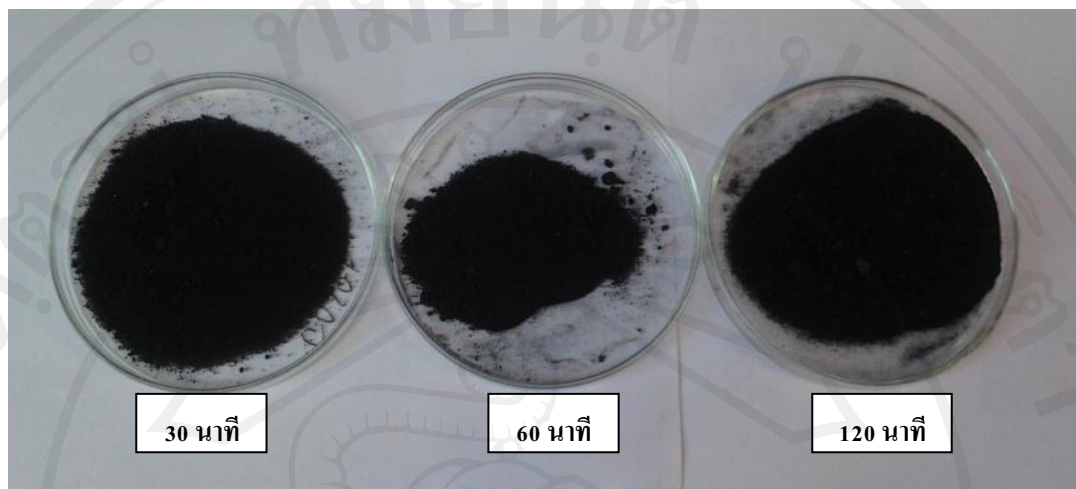
จากการนำถ่านชาร์ที่สภาวะที่เหมาะสมจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเข้ชั้นกาค ตะกอนน้ำเสีย ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มาทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการไหลของไนโตรเจน 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหล ของไอน้ำเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เวลาที่ใช้ในการกระตุ้นคือ 30, 60 และ 120 นาที ซึ่งผล การวิเคราะห์ปริมาณถ่านชาร์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำ แสดงดังตาราง 4.7 และภาพ 4.7 โดยผลการ ทดลองดังกล่าวเป็นผลเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองสภาวะละ 3 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองในแต่ละครั้งแสดง ในภาคผนวก ข.

ตาราง 4.7 ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

เวลาที่ใช้	ถ่านกัมมันต์ที่ได้	
	ถ่านกัมมันต์ (กรัม)	ร้อยละ ถ่านกัมมันต์ (% by weight)
30 นาที	8.52 ± 0.12	85
60 นาที	7.65 ± 0.07	77
120 นาที	6.55 ± 0.04	66



ภาพ 4.7 แสดงร้อยละของถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ



ภาพ 4.8 ถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

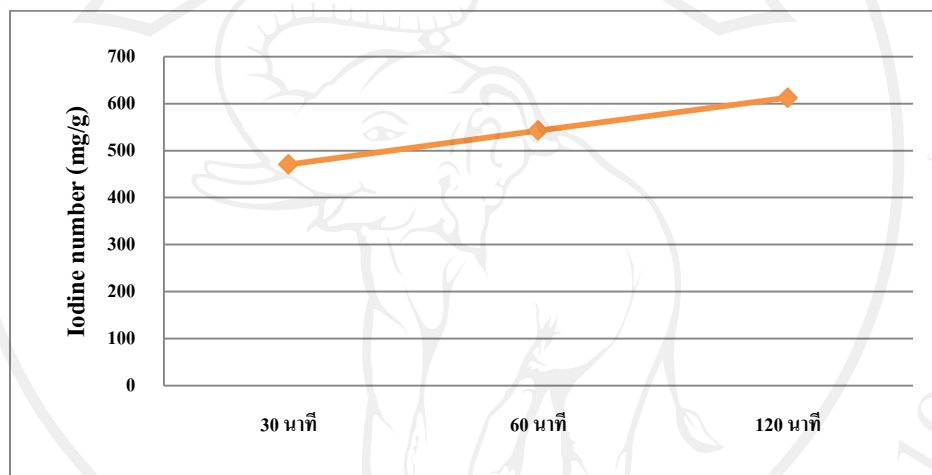
จากภาพ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ได้ กับระยะเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกระตุ้นปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ได้ลดลง เนื่องจากขณะทำการกระตุ้นไอน้ำได้แทรกเข้าไปในเนื้อของถ่านชาร์ได้มากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างผิวของถ่านชาร์กับไอน้ำ ทำให้เกิดการปลดปล่อยสารต่างๆ ออกจากโครงสร้างภายใน ซึ่งส่งผลทำให้ถ่านชาร์เกิดการสูญเสียมวลขึ้น จึงทำให้ร้อยละถ่านกัมมันต์ที่ได้ลดลง

4.3.3 ผลการดูดซับไอโอดีนถ่านกัมมันต์

ผลการทดลองหาเลขไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการนำถ่านชาร์ที่สภาวะที่เหมาะสมจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเข็้นกาศะกอนน้ำเสี่ย ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มาทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการไหลของไนโตรเจน 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหลของไอน้ำเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น คือ 30, 60 และ 120 นาที ซึ่งค่าการดูดซับไอโอดีนที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำ ดังกล่าว แสดงดังตาราง 4.8 และภาพ 4.9 โดยวิธีการคำนวณค่าการดูดซับไอโอดีน และเลขไอโอดีนในถ่านกัมมันต์แสดงดังภาคผนวก จ.

ตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ตามระยะเวลาต่างๆ

เลขไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัม)		
30 นาที	60 นาที	120 นาที
470.59 ± 4.56	562.95 ± 6.24	612.54 ± 2.64



ภาพ 4.9 แสดงค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

พิจารณาผลการทดลองค่าการดูดซับไอโอดีนที่แสดงดังตาราง 4.8 พบว่า เมื่อระยะเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำนานขึ้น ทำให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงขึ้น โดยให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดที่เวลากระตุ้น 120 นาที และให้ค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 682.54 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัม ลักษณะที่เกิดขึ้นดังกล่าวอาจเป็นเพราะ เวลาที่มากขึ้นสารระเหยได้ ที่อยู่ในโครงสร้างของถ่านชาร์ถูกขับไล่ออกไปได้มากขึ้น เนื่องจากระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิที่ใช้สูงถึง 900 องศาเซลเซียสซึ่งสูงกว่าในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนเซชัน อีกทั้งในขั้นตอนการกระตุ้นด้วยไอน้ำมีไอน้ำเป็นตัวพาเอาสารระเหยได้ออกไป และยังช่วยป้องกันการพังทลายของโครงสร้างรูพรุน นอกจากนี้ไอน้ำยังเป็นตัวออกซิไดซ์ทำให้เกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) กับผิวของถ่านชาร์ ส่งผลทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้างถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น

จากภาพ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ได้กับระยะเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำ พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกระตุ้นจาก 30 - 120 นาที ค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จะสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าในโครงสร้างของถ่านชาร์มีรูพรุนขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้นในช่วงนี้สามารถอธิบายได้จากเหตุผลที่สอดคล้องกันจากปริมาณร้อยละถ่านกัมมันต์ที่ได้ เนื่องจากเมื่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับผิวของถ่านชาร์ ทำให้เกิดการปลดปล่อยสารต่างๆออกมามากขึ้น ทำให้รูพรุนเกิดขึ้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้ สามารถดูดซับไอโอดีนได้มากขึ้นด้วย และเนื่องจากไอน้ำเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก จึงจะส่งผลทำให้โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ที่ได้ส่วนใหญ่เกิดรูพรุนขนาดเล็กขึ้นมาก.

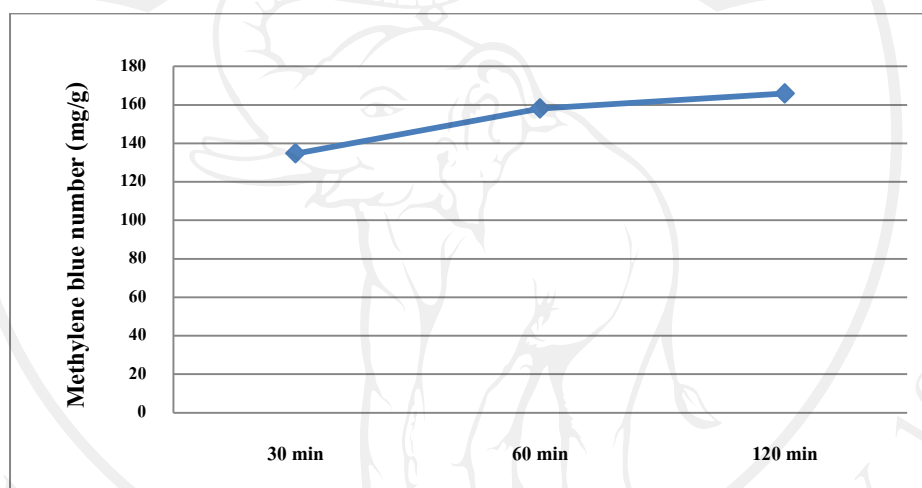
เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.900-2547) ซึ่งกำหนดไว้ว่าค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ต้องไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ได้จากกากตะกอนน้ำเสียสามารถให้ค่าการดูดซับไอโอดีนได้เกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ ที่อุณหภูมิการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 900 องศาเซลเซียสระยะเวลา 2 ชั่วโมง

4.3.4 ผลการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูถ่านกัมมันต์

ผลการทดลองหาค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการนำถ่านชาร์ที่สภาวะที่เหมาะสมจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาทะกอนน้ำเสียที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มาทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการไหลของไนโตรเจน 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหลของไอน้ำเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เวลาที่ใช้ในการกระตุ้นคือ 30, 60 และ 120 นาที ซึ่งค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำดังกล่าว แสดงดังตาราง 4.9 และภาพ 4.10 โดยวิธีการคำนวณค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูในถ่านกัมมันต์แต่ละครั้งแสดงดังภาคผนวก จ.

ตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

ค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (มิลลิกรัมต่อกรัม)		
30 นาที	60 นาที	120 นาที
134.725 ± 1.20	158.024 ± 0.06	162.855 ± 0.27



ภาพ 4.10 แสดงค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

ผลการดูดซับการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลา 30 - 120 นาที พบว่าค่าการดูดซับการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการกระตุ้นที่เพิ่มขึ้น และให้ค่าการดูดซับการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูสูงสุดที่ระยะเวลา 120 นาที ซึ่งสอดคล้องกับค่าการดูดซับไอโอดีนที่ให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดที่ระยะเวลา 120 นาทีเช่นกัน

จากภาพ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ได้กับระยะเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกระตุ้น ค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ได้จะสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มระยะเวลาการกระตุ้น ทำให้

โครงสร้างถ่านกัมมันต์ที่ได้มีรูพรุนขนาดกลางเพิ่มขึ้นด้วย สาเหตุเนื่องจากโครงสร้างของถ่านชาร์มีความแข็งแรงไม่เพียงพอ รูพรุนขนาดเล็กที่เกิดขึ้น จะเกิดการแตกของโครงสร้างบางส่วน ทำให้รูพรุนขนาดเล็กล้วนแตกรวมกันเป็นรูพรุนขนาดกลางขึ้นมา จึงทำให้ค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นด้วย

4.3.5 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการนำถ่านชาร์ที่สภาวะที่เหมาะสมจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาศะกอนน้ำเสียที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มาทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการไหลของไนโตรเจน 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหลของไอน้ำเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น คือ 30, 60 และ 120 นาที ซึ่งปริมาณพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำดังกล่าว แสดงดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ปริมาณพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามระยะเวลาต่างๆ

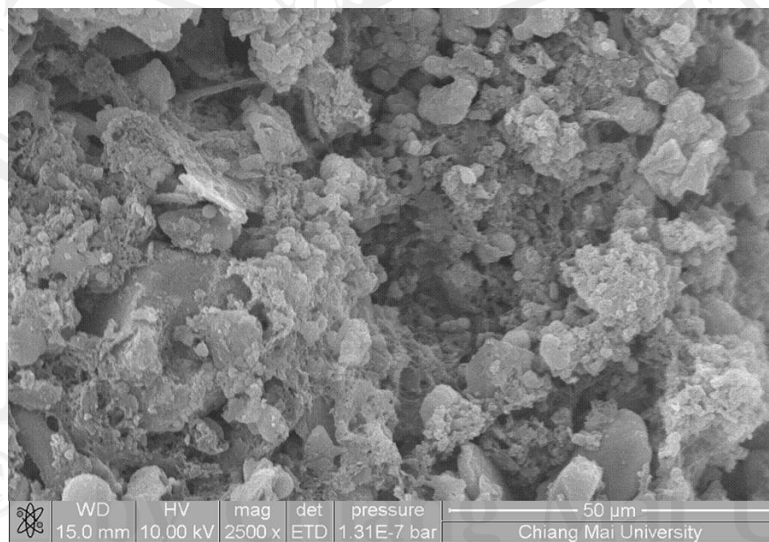
พื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (ตารางเมตรต่อกรัม)		
30 นาที	60 นาที	120 นาที
483 ± 2.35	595 ± 4.03	584 ± 5.05

จากผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระตุ้นด้วยไอน้ำที่สภาวะดังกล่าว แสดงดังตาราง 4.10 พบว่า พื้นที่ผิวจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น และมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุดเท่ากับ 595 ตารางเมตรต่อกรัม ที่ระยะเวลา 60 นาที เมื่อนำค่าพื้นที่ผิวจำเพาะที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าการดูดซับไอโอดีนและค่าการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระตุ้นด้วยไอน้ำดังตาราง 4.8 และตาราง 4.9 พบว่า ณ สภาวะที่ได้ค่าการดูดซับไอโอดีนและค่าการดูด

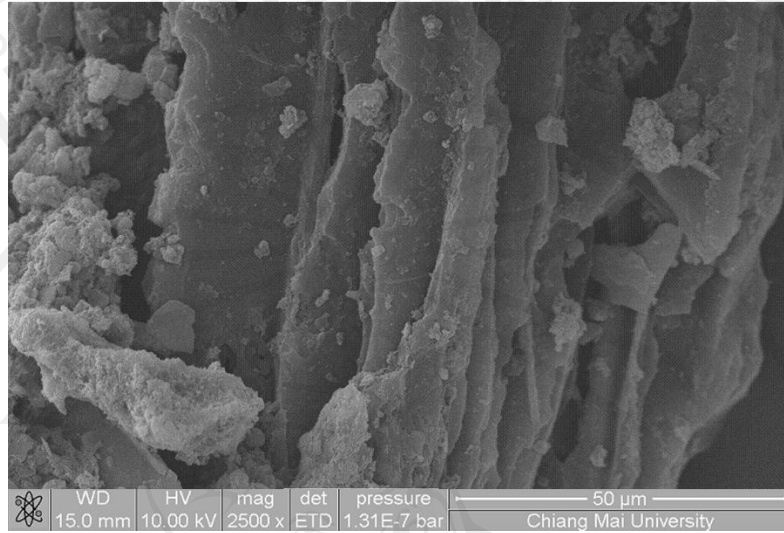
ชั้นสารละลายเมทิลีนบลูสูงสุด คือ ระยะเวลา 120 นาที ต่างจากปริมาณพื้นที่ผิวจำเพาะที่ได้ค่าสูงสุดที่ ระยะเวลา 60 นาที สิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าว เป็นเพราะการวิเคราะห์หาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเป็นการวิเคราะห์ การดูดซับก๊าซไนโตรเจนบนผิวของถ่านกัมมันต์ แต่การหาค่าการดูดซับไอโอดีน และค่าการดูดซับ สารละลายเมทิลีนบลูเป็นการวิเคราะห์การดูดซับสารละลายไอโอดีนและสารละลายเมทิลีนบลู ดังนั้น จะเห็นได้ว่า เมื่อสถานะของตัวดูดซับต่างกัน ความสามารถในการดูดซับก็ต่างกันไปด้วย ดังนั้นการนำ ถ่านกัมมันต์ไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ และได้ผลดี จึงต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานของถ่านกัมมันต์ ด้วย

4.3.6 ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวของถ่านก่อนและหลังการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

ลักษณะพื้นผิวของถ่านชาร์ที่ได้จากจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาค ตะกอนน้ำเสีย ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ ส่องกราด แสดงดังภาพ 4.11 ลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการนำถ่านชาร์ที่สภาวะที่ เหมาะสมจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาคตะกอนน้ำเสีย มาทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการไหลของไนโตรเจน 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และ อัตราการไหลของไอน้ำเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ใช้เวลากระตุ้น 2 ชั่วโมงด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงดังภาพ 4.12



ภาพ 4.11 ลักษณะพื้นผิวของถ่านชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพ 4.12 ลักษณะพื้นผิวของ ถ่านกัมมันต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากการศึกษาลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาคอนน้ำเสีย ที่สภาวะดังกล่าว โดยถ่ายที่ กำลังขยาย 1,000 เท่า ดังภาพ 4.11 พบว่า ลักษณะพื้นผิวขรุขระ และเกิดรอยแตกแยกที่ผิวเกิดขึ้น อาจเนื่องมาจากกาคอนได้รับความร้อนทำให้สารระเหยได้ บางส่วนถูกไล่ออกจากโครงสร้างของกาคอนจึงทำให้ลักษณะพื้นผิวมีลักษณะเหมือนกับรอยแยกและขรุขระ และจากการศึกษาลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่ สภาวะดังกล่าวแล้ว โดยถ่ายที่ กำลังขยาย 1,000 เท่าเช่นกัน ดังภาพ 4.12 พบว่าลักษณะพื้นผิวของ ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำแล้วนั้น ลักษณะมีรูพรุนเพิ่มขึ้น และเมื่อนำรูปภาพทั้งสองมา เปรียบเทียบกันจะพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวเกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน เป็นผลเนื่องจากว่า เมื่อนำ ถ่านกัมมันต์ดังกล่าวมากระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสที่เวลา 120 นาที สารระเหยได้ที่ เหลืออยู่ใน โครงสร้างถูกขับไล่ออกไปเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นการกระตุ้นด้วยไอน้ำนี้ยังมีไอน้ำ เป็นตัวพาเอาสารระเหยต่างๆ ออกไปได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการดูดซับไอโอดีนของถ่านชาร์ จากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันกาคอนน้ำเสียที่ให้ค่าการดูดซับน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระตุ้นด้วยไอน้ำแล้ว

ผลการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์ที่ได้เมื่อพิจารณาชนิดตามขนาดของรูพรุน พบว่าเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดรูพรุนขนาดเล็ก เนื่องจากใช้วิธีการกระตุ้นทางกายภาพด้วยก๊าซออกซิไดซ์ คือ ใช้น้ำร่วมกับความร้อน และผลจากการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ให้ค่าที่มากกว่าค่าเมทิลีนบลูนัมเบอร์ และเมื่อพิจารณาชนิดตามขนาดรูปร่าง พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ได้เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดผง เนื่องจาก เป็นถ่านกัมมันต์ที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 นาโนเมตร ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นผล ซึ่งผลจากการแบ่งชนิดนี้ทำให้ทราบว่า ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ได้นั้น สามารถนำไปใช้ในการดูดซับ สารระเหย หรือใช้ในการฟอกสีและดูดกลิ่นในของเหลว

จากผลการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ค่าเมทิลีนบลู และพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ได้ทำให้สามารถบอกชนิด ประเภทของถ่านกัมมันต์ตามขนาดของรูพรุนที่มีความสามารถในการดูดซับสารละลายไอโอดีน และสารละลายเมทิลีนบลูดังกล่าวข้างต้น ซึ่งการดูดซับสารละลายไอโอดีนที่มากขึ้นตามระยะเวลา สามารถอธิบายได้จากเหตุผลที่สอดคล้องกันจากการเพิ่มของระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการปลดปล่อยสารต่างๆออกมามากขึ้น เกิดเป็น โครงสร้างที่มีรูพรุนมากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับไอโอดีนมากขึ้นด้วย และจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ได้ที่ระยะเวลา 120 นาที คือ 613 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าที่ได้นี้ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ แต่ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง ซึ่งมีบางครั้งที่ได้ค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อต้องการเพิ่มระยะเวลาการกระตุ้นต่อไป ค่าไอโอดีนนัมเบอร์อาจจะมีค่าน้อยลง เนื่องจาก โครงสร้างรูพรุนขนาดเล็กจากการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่มีอยู่นั้น เกิดการแตกรวมกันของโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็ก กลายเป็นรูพรุนขนาดกลาง หรือรูพรุนขนาดใหญ่ จนทำให้ดูดซับไอโอดีนได้น้อยลง ในขณะที่เดียวกันจะสามารถดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารละลายเมทิลีนบลูสามารถดูดซับได้โดยรูพรุนขนาดกลาง ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวสามารถบอกได้ว่า ถ้าต้องการทำให้ถ่านกัมมันต์มีคุณภาพดีขึ้นจากสถานะที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้ อาจทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือระยะเวลาการกระตุ้น แต่ข้อควรระวัง คือ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ หรือระยะเวลาการกระตุ้นมากเกินไปอาจทำให้คุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้เสียไปได้ ซึ่งจะทำการดูดซับไอโอดีนลดลง เนื่องจากรูพรุนขนาดเล็กเปลี่ยนไปเป็นรูพรุนขนาดใหญ่ แต่ทั้งนี้ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการสังเคราะห์ก็เป็นส่วนสำคัญ คือ

สภาวะที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้ให้ผลกับกากตะกอนน้ำเสีย แต่เมื่อนำไปใช้กับวัตถุดิบชนิดอื่นให้ผลไม่ดีก็
เป็นได้ และวิธีการกระตุ้นก็มีผลกับคุณภาพถ่านกัมมันต์เช่นกัน ซึ่งงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางในการ
เลือกใช้อุณหภูมิ และระยะเวลาการกระตุ้นในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำได้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved